Campus de São Carlos

**Utilização de bioensaios ecotoxicológicos com *Danio rerio*
(Cypriniformes, Cyprinidae) e análises limnológicas para a
avaliação ambiental dos reservatórios do
Médio e Baixo Tietê (SP)**

RENATA FRACÁCIO

Orientador: Prof. Dr EVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

**Utilização de bioensaios ecotoxicológicos com *Danio rerio*
(Cypriniformes, Cyprinidae) e análises limnológicas para a
avaliação ambiental dos reservatórios do Médio e Baixo rio
Tietê (SP).**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 23 / 08 / 01

Ass.: *Guilherme*

RENATA FRACÁCIO

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

DEDALUS - Acervo - EESC

31100036767

ORIENTADOR: Prof. Dr. Evaldo Luíz Gaeta Espíndola

São Carlos

2001

Class.	TESE - EESC
Crit.	2214
Tombo	T0206/01

1200443

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

F797u Fracácio, Renata
Utilização de bioensaios ecotoxicológicos com *Danio rerio* (Cypriniformes, Cyprinidae) e análises limnológicas para a avaliação ambiental dos reservatórios do médio e baixo Rio Tietê (SP) / Renata Fracácio. -- São Carlos, 2001.

Dissertação. (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2001.
Área: Ciências da Engenharia Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espindola.

1. Reservatórios. 2. Sedimento. 3. Toxicidade. 4. Limnologia. Rio Tietê. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Bacharela **RENATA FRACACIO**

Dissertação defendida e julgada em 29-06-2001 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **EVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA** (Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA

Profa. Dra. **NELSY FENERICH VERANI**
(Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)

Aprovada

Profa. Dra. **ANA LÚCIA FONSECA**
(Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI)

APROVADA

Prof. Doutor **EVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental

JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais, Sônia e José, pelos caminhos ensinados e oportunidades oferecidas...

aos meus irmãos, Júnior, Péricles, Fábio, Fabiana e Karla, pela amizade, companheirismo....

ao Mercival pelo carinho, apoio...

e a todos que contribuíram com a minha formação.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Evaldo L. G. Espíndola, pela oportunidade de trabalho, orientação, amizade e paciência durante o período do mestrado

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental.

A Profa. Dra. Odete Rocha, pela coordenação do projeto PROBIO/MMA, do qual este trabalho faz parte

À Profa. Dra. Nelsy Fenerich Verani, pela confiança e oportunidade de desenvolver parte do trabalho no laboratório de Histologia, na UFSCar, bem como pelas dicas e sugestões.

À CAPES (Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal e Ensino Superior), pela bolsa concedida

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Pião, pelo auxílio na análise estatística,

Aos técnicos Marcelo e Valdecir, pelo auxílio indispensável durante as coletas e a todos os funcionários do CRHEA que contribuíram para a realização deste trabalho,

A Claudete e a Mara, por todos os serviços prestados e também pela amizade, carinho e atenção

A amiga Cristina Criscuolo, pela ajuda indispensável na elaboração dos mapas, e também pela sua amizade desde o início do mestrado

Aos amigos de laboratório, pelo auxílio, descontração e alegria que proporcionaram durante o nosso convívio (Fabiano, Juliana, Ana Paula, Clarice, Maria Helena, Andréia, Ricardo, Luci, Carol, Maurício, Diana, Gisele...).

Aos amigos da UFSCar, pelo agradável ambiente que me proporcionaram (Evelise, Claudia, Fátima, Fernando, Amáble, Mara, Lisandro). Agradeço particularmente a Odila pela dedicação e ensino do manuseio com historesina e ao amigo Cássio pela ajuda na identificação de células

Ao meu namorado, Mercival, pelo companheirismo e ajuda em inúmeros momentos deste trabalho.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram com a realização deste trabalho

.... e em ESPECIAL,

Agradeço a amiga Suzelei, com a qual compartilhei momentos de alegria e dificuldades durante o desenvolvimento deste trabalho, e a qual eu devo minha gratidão, amizade, respeito e carinho, sempre.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS-----	vii
LISTA DE TABELAS-----	xiv
RESUMO-----	xviii
ABSTRACT-----	xix
 1. INTRODUÇÃO-----	 1
1.1. Bioensaios ecotoxicológicos como ferramenta para a avaliação da qualidade ambiental-----	4
 2. JUSTIFICATIVA-----	 7
 3. OBJETIVOS-----	 9
3.1. Objetivo geral-----	9
3.2. Objetivos específicos-----	9
 4. MATERIAIS E MÉTODOS-----	 10
4.1. Área de estudo-----	10
4.1.1.-UGRHI (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos) 5 - Bacia do rio Piracicaba-----	12
4.1.2. <u>UGRHI 10 (Bacia do Tietê Médio-Superior)</u> -----	12
4.1.3. Sexto grupo de UGRHIS - (Bacia do Médio Tietê Inferior)-----	15
4.1.3.1. <u>UGRHI 13-Tietê/Jacaré</u> -----	15
4.1.3.1.1. <i>Reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri)</i> ----	16
4.1.3.1.2. <i>Reservatório de Ibitinga</i> -----	17
4.1.3.2. <u>UGRHI 16 - Tietê/ Batalha</u> -----	18
4.1.3.2.1. <i>Reservatório Mário Lopes Leão (Promissão)</i> --	19
4.1.4 UGRHI 19 (Bacia do Baixo Tietê)-----	20

4.1.4.1 Reservatório de Nova Avanhandava-----	21
4.1.4.2. Reservatório de Três Irmãos-----	22
4.2. Período de amostragem e pontos de coleta-----	23
4.3. Variáveis hidrodinâmicas dos reservatórios-----	26
4.4. Análise química, física e biológica (clorofila a), da água-----	26
4.5. IET (Índice de Estado Trófico)-----	27
4.6. Análise física e química do sedimento-----	28
4.7. Estudos ecotoxicológicos do sistema-----	29
4.7.1. Coleta das amostras de sedimento -----	29
4.7.2. Organismo - teste-----	29
4.7.3. Manutenção dos organismos-teste-----	30
4.7.4. Homogeneidade dos organismos-teste-----	30
4.7.5. Teste de sensibilidade-----	31
4.7.6. Bioensaios de toxicidade crônico parcial com <i>Danio rerio</i> -----	31
4.7.7. Avaliação crônica dos resultados-----	32
4.8. Estudos histológicos com <i>Danio rerio</i> -----	32
4.9. Análise numérica dos dados-----	33
5. RESULTADOS-----	34
5.1. Variáveis hidrológicas-----	34
5.1.1. Vazão e tempo de residência da água-----	34
5.2. Análise das variáveis limnológicas-----	36
5.2.1. Transparência da água-----	36
5.2.2. Temperatura e concentração de oxigênio dissolvido-----	38
5.2.3. Condutividade e pH-----	39
5.2.4. Concentração dos compostos nitrogenados-----	41
5.2.5. Concentração dos compostos fosfatados-----	44
5.2.6. Concentração de silicato reativo-----	47
5.2.7. Concentração de material em suspensão-----	47
5.2.8. Concentração de clorofila <u>a</u> total-----	49

5.2.9.Avaliação da taxa de decaimento de algumas variáveis limnológicas-----	50
5.2.10.Índice de Estado Trófico (IET)-----	56
5.2.11.Metais-----	58
5.3.Análise física e química do sedimento-----	64
5.3.1.Porcentagem de matéria orgânica e inorgânica-----	64
5.3.2.Composição granulométrica dos sedimentos-----	66
5.3.3.Fósforo total-----	70
5.3.4.Nitrogênio orgânico total-----	71
5.3.5.Metais-----	72
5.4.Avaliação da toxicidade dos sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê-SP-----	79
5.4.1.Relação peso-comprimento dos organismos teste - fase larval-----	79
5.4.2.Testes de sensibilidade ao dicromato de potássio-----	82
5.4.3.Bioensaio de toxicidade crônica parcial-----	84
5.4.4.Biometria final dos organismos teste em relação ao lote controle--	91
5.4.5.Monitoramento das características físicas e químicas da água extraída dos bioensaio de toxicidade crônica - parcial-----	93
5.4.5.1.Compostos nitrogenado-----	93
5.4.5.2.Compostos fosfatados-----	95
5.4.5.3.Metais-----	97
5.5. Análises histológicas-----	103
5.6. Análise numérica-----	113
 6.DISSCUSSÃO-----	 117
6.1.Caracterização limnológica dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP)-----	117
6.1.1.Aspectos físicos, químicos e biológicos das águas do Sistema Tietê-----	117

6.2.Caracterização dos sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP)	140
6.3.Avaliação ecotoxicológica nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP)	149
<i>6.3.1.Avaliação da mortalidade e crescimento dos organismos teste utilizados em bioensaios de toxicidade crônica parcial com sedimento</i>	149
<i>6.3.2.Avaliação histológica como instrumento de análise dos estudos ecotoxicológicos</i>	158
<i>6.3.3.Análises limnológicas das águas extraídas dos bioensaios com amostras de sedimento: uma avaliação da interação água/sedimento e seus efeitos nos organismos teste.</i>	163
7.CONCLUSÕES	169
8.BIBLIOGRAFIA	171
ANEXO A: Variáveis físicas e químicas da água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP)	184
ANEXO B: Variáveis químicas dos sedimentos coletados nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê	215
ANEXO C: Toxicidade	220

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Mapa do Estado de São Paulo, mostrando os 11 grupos de UGRHIS (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos) principais, contendo as 22 UGRHIS secundárias -----	11
FIGURA 02 - Mapa das UGRHIS correspondentes a área de estudo: UGRHI 5 (Bacia do Rio Piracicaba), UGRHI 10 (Bacia do Médio Tietê Superior), UGRHIs 13 e 16 (Bacia do Médio Tietê Inferior) e UGRHI 19 (Bacia do Baixo Tietê), cada qual com os reservatórios que contém.-----	11
FIGURA 03 - Barragem do reservatório de Barra Bonita-----	14
FIGURA 04 - Reservatório de Barra Bonita à montante da barragem, enfatizando a presença de um banco de macrófitas.-----	15
FIGURA 05 - Barragem do reservatório de Álvaro de Souza Lima (Bariri)-----	16
FIGURA 06 - Área de entorno do reservatório de Bariri, demonstrando a ausência de vegetação marginal.-----	17
FIGURA 07 - Barragem do reservatório de Ibitinga-----	18
FIGURA 8 - Reservatório de Ibitinga com detalhe dos bancos de macrófitas submersos-----	18
FIGURA 09 - reservatório de Promissão com detalhes da vegetação circundante-----	20
FIGURA 10 - barragem do reservatório de Promissão-----	20
FIGURA 11 - Barragem do reservatório de Nova Avanhandava-----	21
FIGURA 12 - Barragem do reservatório de Três Irmãos-----	23
FIGURA 13 - Reservatório de Três Irmãos com enfoque no "bloom algal".-----	23
FIGURA 14 - Mapa do estado de São Paulo, mostrando os pontos de coleta-----	25
FIGURA 15 - Organismo testes utilizado nos bioensaios com sedimento-----	29
FIGURA 16 - Valores de vazão e tempo de retenção (TR) nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê em diferentes períodos de amostragem.-----	35

FIGURA 17 - Valores de profundidade máxima e visualização do disco de Secchi ao longo do sistema Tietê, em diferentes épocas de coleta-----37 e 38

FIGURA 18 - Variação espacial e temporal da concentração do íon amônio nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----41

FIGURA 19 - Variação espacial e temporal da concentração de nitrato , nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----42

FIGURA 20 - Variação espacial e temporal da concentração de nitrito , nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----42

FIGURA 21 - Variação espacial e temporal da concentração de nitrogênio orgânico total nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----43

FIGURA 22 - Variação espacial e temporal de fósforo total nas amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----44

FIGURA 23 - Variação espacial e temporal de fosfato total dissolvido nas amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----45

FIGURA 24 - Variação espacial e temporal de fosfato inorgânico nas amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----46

FIGURA 25 - Variação temporal e espacial da concentração de silicato reativo nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----47

FIGURA 26 - Variação temporal e espacial da concentração de material em suspensão orgânico, inorgânico e total nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----49

FIGURA 27 - Variação temporal e espacial da concentração de clorofila *a* e feofitina nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----50

FIGURA 28 - Variação da composição química da água em relação a distância das Barragens no período de outubro de 1999.-----51

FIGURA 29 - Variação da composição química das águas em relação as distâncias das barragens no período de fevereiro/00.-----52

FIGURA 30 - Variação da composição química das águas em relação as distâncias das barragens no período de maio/00.-----53

FIGURA 31 - Variação da composição química das águas em relação as distâncias das barragens no período de julho/00.-----54

FIGURA 32 - Taxa de decaimento dos diferentes parâmetros analisados em diferentes períodos de amostragem.-----	55
FIGURA 33 - Variação do grau de trofia nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP) em fevereiro, maio e julho de 2000.-----	56
FIGURA 34 - Variação temporal e espacial da concentração de cádmio nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----	59
FIGURA 35 - Variação temporal e espacial da concentração de cobalto nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----	59
FIGURA 36 - Variação temporal e espacial da concentração de cobalto nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----	60
FIGURA 37 - Variação temporal e espacial da concentração de cromo nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----	61
FIGURA 38 - Variação temporal e espacial da concentração de ferro nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----	62
FIGURA 39 - Variação temporal e espacial da concentração de magnésio nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----	62
FIGURA 40 - Variação temporal e espacial da concentração de manganês nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----	63
FIGURA 41 - Variação temporal e espacial da concentração de zinco nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----	64
FIGURA 42 - Porcentagem de matéria orgânica e inorgânica nas amostras do sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----	65
FIGURA 43 - Variação espacial da composição granulométrica nos sedimentos dos reservatórios do médio e Baixo Tietê (SP), no período de fevereiro/00.-----	67
FIGURA 44 - Variação espacial da composição granulométrica nos sedimentos dos reservatórios do médio e Baixo Tietê (SP), no período de maio/00.-----	68
FIGURA 45 - Variação espacial da composição granulométrica nos sedimentos dos reservatórios do médio e Baixo Tietê (SP), no período de julho/00.-----	69
FIGURA 46 - Variação espacial e temporal na concentrações de fósforo total nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----	71

FIGURA 47 - Variação espacial e temporal na concentrações de nitrogênio orgânico total nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----72

FIGURA 48 - Variação espacial e temporal na concentrações de cádmio nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----73

FIGURA 49 - Variação espacial e temporal na concentrações de chumbo nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----74

FIGURA 50 - Variação espacial e temporal na concentrações de cobalto nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----75

FIGURA 51 -Variação espacial e temporal na concentrações de cobre nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----75

FIGURA 52 - Variação espacial e temporal na concentrações de cromo nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----76

FIGURA 53 - Variação espacial e temporal na concentrações de ferro nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----77

FIGURA 54 - Variação espacial e temporal na concentrações de magnésio nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----78

FIGURA 55 - Variação espacial e temporal na concentração de manganês nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----78

FIGURA 56 - Variação espacial e temporal na concentração de zinco nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).-----79

FIGURA 57 - Correlação peso-comprimento dos organismos utilizados em bioensaio de toxicidade crônica referente a coleta de outubro/99.-----80

FIGURA 58 - Correlação peso-comprimento dos organismos utilizados em bioensaio de toxicidade crônica referente a coleta de fevereiro/00.-----80

FIGURA 59 - Correlação peso-comprimento dos organismos utilizados em bioensaio de toxicidade crônica em duas etapas referentes a coleta de maio/00.-----81

FIGURA 60 - Correlação peso-comprimento dos organismos utilizados em bioensaio de toxicidade crônica em duas etapas referentes a coleta de julho/00.-----81

FIGURA 61 - Faixa de sensibilidade ao dicromato de potássio para larvas de *Danio rerio*-----83

FIGURA 62 - Mapa da toxicidade nos pontos de coleta em diferentes períodos de amostragem-----	85
FIGURA 63 - Porcentagens de mortalidade ao longo do sistema Tietê, em diferentes períodos de coleta-----	90
FIGURA 64 - Concentrações do íon amônio na água dos bioensaios de toxicidade com amostras de sedimento (maio e julho de 2000)-----	94
FIGURA 65 - Concentração de nitrato na água dos bioensaios de toxicidade com amostras de sedimento (maio e julho de 2000)-----	94
FIGURA 66 - Concentração de nitrito na água dos bioensaios de toxicidade com amostras de sedimento (maio e julho de 2000)-----	95
FIGURA 67 - Concentração das formas de fósforo na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).-----	96
FIGURA 68 - Concentração de cádmio na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).-----	97
FIGURA 69 - Concentração de cobalto na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).-----	98
FIGURA 70 - Concentração de cobre na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).-----	98
FIGURA 71 - Concentração de cromo na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).-----	99
FIGURA 72 - Concentração de ferro na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).-----	100
FIGURA 73 - Concentração de magnésio na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).-----	100
FIGURA 74 - Concentração de manganês na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).-----	101
FIGURA 75 - Concentração de zinco na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).-----	102
FIGURA 76 - Corte transversal à brânquia de um peixe controle no período de fevereiro/00-----	103

FIGURA 77 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Ibitinga montante-----	104
FIGURA 78 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento do rio Piracicaba-----	105
FIGURA 79 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento do rio Tietê-----	105
FIGURA 80 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Barra Bonita montante-----	106
FIGURA 81 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Barra Bonita jusante-----	106
FIGURA 82 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento do rio Bariri montante-----	107
FIGURA 83 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento do rio Bauru-----	108
FIGURA 84 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Bariri jusante-----	108
FIGURA 85 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Ibitinga jusante-----	109
FIGURA 86 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Promissão montante-----	109
FIGURA 87 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Promissão jusante-----	110
FIGURA 88 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Nova Avanhandava montante-----	111
FIGURA 89 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Nova Avanhandava jusante-----	111
FIGURA 90 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Três Irmãos montante-----	112
FIGURA 91 - Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Três Irmãos jusante-----	112

FIGURA 92 - Agrupamento dos pontos de coleta baseado nas similaridades observadas através das análises realizadas em outubro/99-----113

FIGURA 93 - Agrupamento dos pontos de coleta baseado nas similaridades observadas através das análises realizadas em fevereiro/00-----114

FIGURA 94 - Agrupamento dos pontos de coleta baseado nas similaridades observadas através das análises realizadas em maio/00-----115

FIGURA 95 - Agrupamento dos pontos de coleta baseado nas similaridades observadas através das análises realizadas em julho/00-----116

FIGURA 96 - Comparação entre as concentrações de metais obtidas nas águas dos reservatórios do sistema Tietê e na água proveniente dos bioensaios com sedimentos-164

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Características físicas do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê-S.P).-----	14
TABELA 02 - Características físicas do reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri) Médio-Tietê-S.P).-----	16
TABELA 03 - Características físicas do reservatório de Ibitinga -----	17
TABELA 04 - Características físicas do reservatório de Promissão.-----	19
TABELA 05 - Características físicas do reservatório de Nova Avanhandava.-----	21
TABELA 06 - Características físicas do reservatório de Três Irmãos (Médio-Tietê-S.P).-----	22
TABELA 07 - Parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água-----	26
TABELA 08 - Variáveis físicas e químicas da água obtidas no período de outubro/99-----	185
TABELA 09 - Variáveis físicas e químicas da água obtidas no período de fevereiro/00-----	189
TABELA 10 - Variáveis físicas e químicas da água obtidas no período de maio/00---	194
TABELA 11 - Variáveis físicas e químicas da água obtidas no período de julho/00--	199
TABELA 12 - Formas de nitrogênio na água ao longo do sistema Tietê, em diferentes períodos de amostragem.-----	205
TABELA 13 - Formas de fósforo na água ao longo do sistema Tietê, em diferentes períodos de amostragem.-----	205
TABELA 14 - Silicato reativo na água dos reservatórios em diferentes períodos de amostragem-----	206
TABELA 15 - Resultados de material em suspensão correspondente as coletas de fevereiro, maio e julho de 2000.-----	207
TABELA 16 - Resultados de clorofila a referentes as coletas de fevereiro, maio e julho de 2000-----	207

TABELA 17 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de outubro/99, calculado com amostra de água de coluna integrada-----208

TABELA 18 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de outubro/99, calculado com amostra de água de coluna integrada-----208

TABELA 19 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de maio/00, realizado com amostra de água de superfície.-----209

TABELA 20 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de maio/00, realizado com as amostras de água de coluna integrada-----209

TABELA 21 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de julho/00, calculados com amostras de água de superfície.-----210

TABELA 22 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de julho/00, calculados com amostras de água de coluna integrada.-----210

TABELA 23 - Comparação dos estados tróficos obtidos para amostras de coluna de água integrada e apenas de superfície, nos períodos de coleta correspondente a maio e julho de 2000.-----57

TABELA 24 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de outubro/99, calculado com amostra de água de coluna integrada-----58

TABELA 25 - Concentração de metais pesados na água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de outubro de 1999-----211

TABELA 26 - Concentração de metais pesados na água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de fevereiro de 2000-----212

TABELA 27 - Concentração de metais pesados na água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de maio de 2000-----213

TABELA 28 - Concentração de metais pesados na água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de julho de 2000.-----214

TABELA 29 - Concentração de matéria orgânica e inorgânica nos sedimentos em diferentes períodos de amostragem-----	216
TABELA 30 - Composição granulométrica dos reservatórios do sistema Tietê, em diferentes períodos de amostragem.-----	216
TABELA 31 - Valores de fósforo total obtidos nos sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê em diferentes períodos de amostragem.-----	217
TABELA 32 - Valores de nitrogênio orgânico total obtidos nos sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê em diferentes períodos de amostragem.-----	217
TABELA 33 - Concentração de metais nos sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê no período de outubro de 1999.-----	218
TABELA 34 - Concentração de metais nos sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê no período de fevereiro/00.-----	218
TABELA 35 - Concentração de metais nos sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê no período de maio/00-----	219
TABELA 36 - Concentração de metais nos sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê no período de julho/00-----	219
TABELA 37 - Biometria (peso e comprimento total) dos organismos teste utilizados em bioensaios de toxicidade crônica no período de outubro de 1999.-----	221
TABELA 38 - Biometria (peso e comprimento total) dos organismos teste utilizados em bioensaios de toxicidade crônica no período de fevereiro/00-----	222
TABELA 39 - Biometria (peso e comprimento total) dos organismos teste utilizados em bioensaios de toxicidade crônica no período de maio/00.-----	223
TABELA 40 - Biometria (peso e comprimento total) dos organismos teste utilizados em bioensaios de toxicidade crônica no período de julho/00.-----	224
TABELA 41 - Valores de CL50 referentes aos testes de sensibilidade preliminares ao dicromato de potássio-----	82
TABELA 42 - valores de CL50 obtidos nos testes de sensibilidade definitivos ao dicromato de potássio, em 24horas.-----	83
TABELA 43 - Resultados dos bioensaios de toxicidade crônicos parciais, com amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, referente a coleta do mês de outubro/99.-----	86

TABELA 44 - Monitoramento das características físicas e químicas das águas dos bioensaios de toxicidade crônica e porcentagens de mortalidade no período de outubro de 1999.	225
TABELA 45 - Resultados dos bioensaios de toxicidade crônicos parciais, com amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, referente a coleta do mês de fevereiro/00.	87
TABELA 46 - Monitoramento das características físicas e químicas das águas dos bioensaios de toxicidade crônica e porcentagens de mortalidade no período de fevereiro/00.	227
TABELA 47 - Resultados dos bioensaios de toxicidade crônicos parciais, com amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, referente a coleta do mês de maio/00.	88
TABELA 48 - Monitoramento das características físicas e químicas das águas dos bioensaios de toxicidade crônica e porcentagens de mortalidade no período de maio/00.	229
TABELA 49 - Resultados dos bioensaios de toxicidade crônicos parciais, com amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, referente a coleta do mês de julho/00.	89
TABELA 50 - Monitoramento das características físicas e químicas das águas dos bioensaios de toxicidade crônica e porcentagens de mortalidade no período de julho/00.	231
TABELA 51 - Comparação da toxicidade proposta por MELETTI (1997) e análise estatística baseada no teste do Qui-quadrado (χ^2).	91
TABELA 52 - Análise estatística (Teste de Mann-Whitney) do resultado comprimento total (mm), pós teste, em relação ao lote controle	92
TABELA 53 - Análise estatística (Teste de Mann-Whitney) do peso total após o teste, em relação ao lote controle	93
TABELA 54 - Concentrações das diferentes formas de nitrogênio extraídas dos bioensaios de toxicidade nos períodos de maio/00 e julho/00.	233
TABELA 55 - Concentrações das diferentes formas de fósforo extraídas dos bioensaios de toxicidade nos períodos de maio/00 e julho/00.	233
TABELA 56 - Principais alterações branquiais e estágio da lesão correspondente.	162

RESUMO

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). São Carlos. 233p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Os reservatórios de água são sistemas artificiais rasos destinados à múltiplos usos. Estes usos associados as atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica acarretam impactos nos corpos d'água, principalmente nos sedimentos, os quais representam um depósito e também uma fonte de contaminantes sob determinadas condições ambientais. O tipo de construção dos reservatórios é bastante relevante no contexto de poluição e contaminação. Teoricamente os reservatórios construídos em cascata tendem a apresentar uma melhora na qualidade das águas e sedimentos ao longo da construção, pois o reservatório acima retém parte dos poluentes e contaminantes que entrariam no reservatório subsequente. Para avaliar a qualidade dos seis reservatórios construídos em cascata no rio Tietê (SP), foram realizadas quatro coletas (outubro/99, fevereiro/00, maio/00 e julho/00) nas quais foram amostrados água e sedimento para realização de análises físicas, químicas, biológica e ecotoxicológica, em 15 pontos deste sistema. Os resultados em geral demonstraram uma melhora nas condições físicas e químicas da água, sedimento e da toxicidade (% de mortalidade) nos últimos reservatórios (Nova Avanhandava e Três Irmãos), sendo que os rios Piracicaba e Tietê apresentaram as piores condições ambientais. A toxicidade variou com o período de coleta, sendo que as maiores porcentagens de mortalidade ocorreram em outubro/99 e as menores em maio/00. As análises histológicas realizadas com organismos expostos aos sedimentos coletados em fevereiro, confirmaram alterações branquiais de primeiro grau em sete dias de exposição. As análise químicas das águas extraídas dos bioensaios em maio/00 também demonstraram a presença de nutrientes e metais em concentrações elevadas, confirmando então a importância dos sedimentos como liberadores de poluentes para a coluna de água, prejudicando os organismos de coluna de água.

PALAVRAS-CHAVE: reservatórios; sedimento, toxicidade, limnologia, rio Tietê.

FRACÁCIO, R. (2001). An assessment of sediments quality in Tietê river (SP) reservoirs by ecotoxicological bioassays using *Danio rerio* (Cypriniformes, Cyprinidae) and limnological analysis. São Carlos. 228p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Water reservoirs are shallow artificial systems which can be constructed for many purposes. The use of these reservoirs and the different activities developed in the hydrographic basin, can result in alterations in these border water, mainly in the sediments, which represent a storage and a contaminant source under specific ambient conditions. The position of the reservoir along the river is very significant in relation to pollution and contamination. Cascade reservoirs are prone to raise the water and sediment quality downstream, because contaminants and pollution are retained in the upstream reservoirs. In order to assess the water and sediment quality in six Tietê river cascade reservoirs, we realized chemical, physical, biological and ecotoxicological analysis in 15 locations. Samples were collected in October/1999, February, May and July/2000. The overall results showed that water and sediments physical and chemical conditions, as well as the toxicity (% mortality), were improved in direction to the last reservoirs (Nova Avanhandava e Três Irmãos). Piracicaba and Tietê rivers presented the worst ambient conditions. The toxicity presented seasonal variation, in the manner that higher mortality percentage occurred in October and the lower in May. Hystological analysis of test organism exposed to sediments collected in February showed branchial alterations after seven days. Chemical analysis of the water used in the bioassays showed high metal and nutrients concentrations in May, suggesting the importance of these sediments, since they are able to release pollutants to the water column.

KEY WORDS: Reservoirs, sediment, toxicity, limnology, Tietê river.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a partir das décadas de 60 e 70, a construção de grandes reservatórios de água passaram a ter uma importância acentuada quanto a geração de energia hidrelétrica e abastecimento de água, o que relaciona-se com a grande quantidade de rios com elevado potencial para este aproveitamento. Enquanto em termos mundiais as usinas hidrelétricas são responsáveis por 25% da geração de energia, no Brasil esta cifra tem atingido 97% nos últimos anos (KELMAN *et al*, 1999). No entanto, outros usos de importância econômica e social têm sido atribuídos a tais ecossistemas, destacando-se entre eles o uso de água para a irrigação de culturas, lazer, fonte de alimentação, processamento de manufaturados, transporte e outros.

Os reservatórios são complexos sistemas intermediários entre os rios e lagos, cuja evolução depende da entrada de várias informações no tempo e espaço, ou seja, são partes integrantes de uma bacia hidrográfica e, portanto, excelentes detetores de todos os impactos das atividades antropogênicas que nela se desenvolvem (TUNDISI 1986; 1996; TUNDISI *et.al*. 1999 a).

Assim, o uso inadequado do solo e determinados tipos de atividades que se instalam na bacia hidrográfica, comprometem a qualidade dos recursos hídricos. Os principais fatores desencadeadores da degradação da qualidade da água são as fontes de poluição pontual, introduzidas diretamente no ambiente, tais como os despejos de esgotos domésticos e industriais, e as fontes de poluição difusa, difíceis de visualizar e quantificar, como o escoamento urbano e agrícola, além da precipitação atmosférica (TUNDISI, 1986; LLOYD, 1992).

O escoamento agrícola é bastante preocupante, pois geralmente é rico em compostos fosfatados e nitrogenados e juntamente com os despejos domésticos e industriais aceleram o processo de eutrofização dos corpos de água. A eutrofização, segundo MARGALEF (1983), caracteriza um estado de tensão, acelerando os ciclos de nitrogênio e fósforo, eliminando o excesso de nitrogênio para a atmosfera e o excesso de fósforo para o sedimento. As conseqüências são refletidas nas características químicas, físicas e biológicas do sistema.

O aporte de material aloctone por meio das fontes difusas e pontuais comprometem não somente a qualidade da água (aumentando o grau de trofia ou

promovendo o efeito sinérgico ao se associarem com outros compostos químicos orgânicos e inorgânicos) e à biota aquática mas também ao se acumularem no fundo dos reservatórios, contribui para o assoreamento, diminuindo a vida útil dos mesmos (TUNDISI, 1986; GEYSE & HOKE, 1989; REYNOLDSON & DAY, 1993, TUNDISI *et al.*, 1999 a).

Dentro deste contexto, os sedimentos desempenham um importante papel, tanto como depósito quanto como uma fonte de contaminantes, os quais podem se tornar biodisponíveis à coluna de água dependendo das condições ambientais, das propriedades dos poluentes e do solo (PLETTE *et al.*, 1999; CHEN *et al.*, 1999). Assim, podem apresentar efeitos diretos e adversos sobre os organismos nectônicos e bentônicos, tratando-se, portanto, de uma fonte de poluição difusa em potencial dentro do compartimento aquático (BAUDO & MUNTAU, 1990; ADAMS, 1995; MUNAWAR *et al.*, 1999; SOARES *et al.*, 1999). Por isto, além da avaliação das substâncias químicas e efluentes industriais, tem sido avaliado o papel do sedimento, verificando-se o quanto ele contribui para o processo de contaminação e eutrofização dos recursos hídricos.

Outra importante condição para análise de impactos nos recursos hídricos é a posição do reservatório em um rio contínuo ou em cascata. Nestes, é preciso considerar o efeito da descarga do reservatório acima no subsequente, uma vez que são construídos em série e a influência do reservatório acima é direta no reservatório abaixo (TUNDISI, 1996, TUNDISI *et al.*, 1999 b; STRASKRABA, 1994). No Brasil, vários grandes rios foram completamente aproveitados para a construção de barragens em cascata, o que é uma característica de países com grandes dimensões territoriais e rios extensos (TUNDISI *et al.*, 1999 c).

Dentre as possíveis formas de degradação dos recursos hídricos, acima relatados, os despejos industriais e escoamentos contendo agrotóxicos são os mais prejudiciais, uma vez que introduzem produtos químicos sintéticos estranhos nos ecossistemas aquáticos, os quais são difíceis de serem assimilados, interferindo na estrutura e funcionamento de tal sistema.

Os sistemas aquáticos naturais e artificiais funcionam em grande parte impulsionados por flutuações de curta ou longa duração, que tem impacto na organização das comunidades, nos ciclos biogeoquímicos e na sucessão espacial e

temporal, denominados pulsos. Estes são definidos como qualquer tipo de flutuação, natural ou induzida pelo homem, que afetem os sistemas aquáticos naturais ou artificiais. Os pulsos de origem natural são resultantes de mudanças climáticas, tais como vento e precipitações. Quanto aos pulsos de origem artificial, no caso de represas, eles ocorrem com a manipulação dos níveis de água no reservatório e a abertura de comportas, com efeitos na perda de populações planctônicas, diminuição na produtividade primária e impactos na sucessão de espécies (TUNDISI, 1996, 1999; STRASKRABA, 1994).

Segundo ODUM (1983), os ecossistemas naturais exibem notável resistência ou elasticidade a perturbações periódicas ou agudas porque estão naturalmente adaptadas a elas, como é o caso dos pulsos, mas no caso de uma perturbação crônica, com elevadas cargas de produtos sintéticos tóxicos diários, os efeitos podem ser pronunciados e prolongados, uma vez que os organismos não possuem um período evolutivo de adaptação. A menos que os resíduos tóxicos sejam reduzidos ou isolados de alguma forma dos sistemas globais de manutenção de vida, estes ameaçarão diretamente a saúde e constituirão um fator limitante para a humanidade.

Atualmente, tem sido identificado um número aproximado de quatro milhões de produtos químicos sintéticos. Mais de 60.000 destes produtos são usados diariamente na forma de combustível, solventes industriais, drogas, pesticidas, fertilizantes etc. Além disso, a cada ano são acrescentados em torno de 500 a 1000 novos produtos (DIKSHITH, 1988; KRISTENSEN, 1994).

Diante deste quadro, tem ocorrido um aumento significativo no número de parâmetros necessários à avaliação da qualidade da água. Hoje, são aproximadamente 130 e acredita-se que em 2020 tal número atinja cerca de 200, o que não assegurará que se disporá de uma água tão segura como aquela disponível em 1925, caracterizada por uma quantidade irrisória de parâmetros (HESPANHOL, 1999).

Entre os parâmetros de qualidade de água que se tornaram clássicos e de uso generalizado em todo o mundo, podem ser citados os números mais prováveis de coliformes, a demanda bioquímica de oxigênio e, de uso mais recente e em fase de generalização, os bioensaios para a determinação de toxicidade potencial, cujo uso, entretanto, ainda não foi oficializado no Brasil (BRANCO, 1999).

1.1. Bioensaios ecotoxicológicos como ferramenta para a avaliação da qualidade ambiental:

Os Bioensaios de toxicidade devem ser considerados como uma análise indispensável ao controle da poluição hídrica, pois fundamentam-se na utilização de organismos vivos que são diretamente afetados pelos desequilíbrios que eventualmente ocorrem nos ecossistemas aquáticos onde vivem, uma vez que as análises químicas apenas identificam e quantificam as substâncias presentes na água ou sedimento, mas não detectam os efeitos sobre a biota (HOFFMAN, 1995; ZAGATTO, 1999).

De acordo com LEEUWEN (1988) e ADAMS (1995), existem os testes agudos, definidos como os efeitos severos sofridos pelos organismos a um curto período de exposição ao agente tóxico ou amostra ambiental (água e sedimento), os quais medem mais frequentemente os efeitos na sobrevivência dos organismos no período de 24 a 96 horas para invertebrados e peixes, respectivamente. O objetivo deste teste é medir a degradação biológica produzida por um estímulo químico e, a partir das observações, calcular a concentração letal a 50% da população (CL 50).

De forma contrária, os testes crônicos caracterizam-se por serem de longa duração, pois utilizam o ciclo de vida inteiro do organismo a ser testado. Usualmente medem-se os efeitos indiretos do agente, como alterações no crescimento, reprodução e efeitos subletais, os quais incluem mudanças no comportamento (dificuldade de movimentação; aumento na frequência da abertura do opérculo), aspectos fisiológicos, bioquímicos e histológicos. Os testes crônicos parciais utilizam apenas uma parte do ciclo de vida dos organismos e geralmente duram sete dias, sendo que as mesmas avaliações são feitas (BURTON, 1995). Através da mortalidade ou alterações subletais, é possível estabelecer o grau de toxicidade do ambiente em questão ou concentração do químico testado nos organismos teste.

Não somente as respostas visíveis das espécies biológicas, mas também as análises teciduais e moleculares têm sido utilizadas como bioindicadores de qualidade das águas, substâncias de referência e, mais recentemente, de amostras ambientais como a água e o sedimento de locais provavelmente degradados. (LLOYD, 1992; BRAUNBECK, 1994; MELANCON *et al*, 1995; RIGOLIM-SÁ, 1998 e AU *et al*, 1999; ADAMS, 1999).

Os biomarcadores celulares (indicadores histológicos, fisiológicos e bioquímicos), por exemplo, geralmente analisam os efeitos mecânicos dos agentes tóxicos aos organismos. A partir destas avaliações é possível extrapolar os resultados de crescimento, sobrevivência e reprodução para a estrutura e funcionamento do ambiente em questão (DAY *et al*, 1997).

De acordo com HAWKINS *et al* (1995), estudos têm demonstrado que substâncias químicas no meio ambiente têm causado câncer em peixes de pequeno porte (de aquário) submetidos a curtos períodos de exposição a sedimentos e água de diversos locais. Neste sentido, as técnicas histológicas permitem detectar as alterações morfológicas, como alterações no desenvolvimento, presença de neoplasia, hiperplasia, hipertrofia, fibrose, necrose, dentre outras, em diferentes órgãos, refletindo os resultados para a saúde humana.

Quanto à escolha de um organismo teste, existem alguns critérios a serem considerados, tais como: ampla taxa de sensibilidade; abundância e disponibilidade; se possível a espécie deve ser endógena para a melhor representatividade dos ecossistemas; importância comercial, recreacional ou ecológica; facilidade de cultivo em laboratório; grande quantidade de informações literárias a respeito da biologia da espécie e ciclo de vida relativamente curto (RAND & PETROCELLI 1985).

No entanto, é praticamente impossível encontrar uma espécie com todas estas propriedades ideais. Por isso, muitas espécies padronizadas podem ser utilizadas em laboratório. Nos estudos desenvolvidos com peixes, numerosas espécies de água doce padronizadas são freqüentemente usadas em trabalhos de ecotoxicologia, como *Salmo gairdneri*, *Salvelinus fontinalis*, *Pimephales promelas*, *Ictalurus punctatus*, *Lepomis macrochirus*, *Danio rerio* e *Poecilia reticulada* (BOUDOU & RIBEIRE, 1989). Além dos peixes, outros organismos têm sido utilizados em testes de toxicidade, como bactérias, algas, microcrustáceos, anfíbios e macrófitas, procurando-se quando possível, utilizar mais de um organismo nos estudos ambientais.

Alguns autores têm utilizado peixes em testes de toxicidade com amostras ambientais e substâncias de referência, tais como LEBLANC & SUPRENANT (1985); NORBERG & MOUNT (1985) MELETTI (1997), RIGOLIM-SÁ (1998); TONISSI, (1999); MUNAWAR *et.al* (1999); SOARES *et.al.* (1999) dentre outros.

A importância de se utilizar espécies de diferentes níveis tróficos em testes ecotoxicológicos reside no fato de que os diferentes processos metabólicos respondem diferentemente aos contaminantes presentes e são informações adicionais para o monitoramento de um determinado local a ser estudado (BURTON & MacPHERSON, 1995).

Diante disso, torna-se bastante claro o papel fundamental da ecotoxicologia na detecção e avaliação da qualidade ambiental, bem como no auxílio de elaboração de leis específicas no que diz respeito a manutenção da qualidade do ambiente aquático. Quanto mais informações a respeito de um determinado ecossistema, mais fácil se torna a elaboração de um plano de monitoramento visando atenuar os principais impactos, através de técnicas de controle da poluição ou mesmo a elaboração de planos para a recuperação de ecossistemas aquáticos, tendo em vista o carácter limitado deste recurso em contraposição ao aumento da demanda e deteriorização da sua qualidade pelos usos múltiplos.

2-JUSTIFICATIVA

O momento atual é de grande preocupação com o meio ambiente uma vez que a poluição e a contaminação vêm aumentando devido a crescente carga de poluentes lançados em toda a biosfera, sendo que os corpos de água, principalmente os sedimentos, são o destino final para a maioria deles (RIGOLIM-SÁ, 1998). Diante dos fatos atuais, programas que visem o monitoramento da qualidade da água necessitam ser desenvolvidos. Neste sentido, BOHRER (1995), menciona que o monitoramento avalia a resposta dos organismos face às alterações ambientais (biomonitoramento) apresenta vantagens, pois informações mais complexas sobre o estresse sofrido pelos ecossistemas são fornecidos.

Embora vários estudos tenham sido desenvolvidos nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, geralmente foram realizados de forma isolada ou com enfoque comparativo entre as represas, avaliando-se apenas as características químicas, físicas e biológicas da água, sendo poucos os trabalhos que avaliam os reservatórios do ponto de vista ecotoxicológico, principalmente no que diz respeito ao compartimento sedimento, o qual é o principal depósito de contaminantes, refletindo de forma mais precisa, o que está ocorrendo na bacia hidrográfica (ESTEVES, 1981). Este tipo de estudo é escasso e necessário porque o rio Tietê deságua no sistema Paraná, considerado ainda não poluído, mas que, de alguma forma, pode estar sofrendo a influência do sistema Tietê, como verificado pelos imensos bancos de macrófitas a jusante do encontro do rio Tietê com o rio Paraná, em área próxima a Usina Hidrelétrica de Jupia, comprometendo a própria geração de energia elétrica, além da qualidade ambiental.

Além disso, esta área inclui uma das regiões de maior crescimento econômico e populacional do Estado de São Paulo, na qual está se investindo atualmente no turismo por conter atrações como eclusas nas diferentes represas, praias artificiais e naturais além de outras paisagens propiciando não só o turismo clássico de lazer e cultura, mas também o turismo fluvial e o agroturismo. A área brasileira de influência turística dos rios Tietê e Paraná excede 800.000 km², com uma população acima de 40 milhões de habitantes. Em muitos pontos destes rios, as áreas dos reservatórios são freqüentadas por mais de 5.000 pessoas nos finais de semana sendo a pesca uma prática comum ao longo dos mesmos (CESP, 1997). Outro fator

adicional é a hidrovia Tietê-Paraná, a qual possibilita o escoamento de produtos entre os países do MERCOSUL, mas também insere diversos riscos ambientais.

Enquanto permanecer o turismo, haverá atividade geradora de emprego e rendas. No entanto, isto somente ocorrerá se um determinado padrão de qualidade das águas for mantido. Estas atividades tornam mais necessários os estudos que detectam os problemas, de modo a alertar a população sobre os possíveis riscos presentes no ambiente, os quais podem refletir sobre a saúde humana quando em contato com o ambiente contaminado.

Visando contribuir com a geração de informações científicas adicionais para melhor avaliar e monitorar as condições das represas do Médio e Baixo Tietê - S.P, este trabalho pretende avaliar a qualidade do sedimento dos reservatórios em cascata, o qual não é monitorado pelos órgãos acima citados, utilizando como organismo teste larvas de *Danio rerio*. Os bioensaios de toxicidade foram conduzidos com o sedimento, uma vez que é nele que os elementos tóxicos não solúveis em água, ou pouco solúveis, depositam-se e eventualmente tornam-se biodisponíveis à coluna de água. Além dos bioensaios, as análises histológicas e a determinação de variáveis físicas e químicas da água e sedimento também serviram de subsídio à presente avaliação.

3. OBJETIVOS

3.1. *Objetivo geral*

Avaliar a qualidade do sedimento das represas do Médio e Baixo Tietê, SP, através da realização de bioensaios de toxicidade crônico-parcial, utilizando como organismo teste larvas pós-eclodidas de *Danio rerio* (paulistinha), além de estudos limnológicos envolvendo água e sedimento.

3.2. *Objetivos específicos*

- Analisar física e quimicamente a água e sedimento em 15 (quinze) pontos de amostragem distribuídos nos rios Piracicaba e Tietê, e à montante e à jusante de cada reservatório, avaliando-se não somente o grau de eutrofização mas também a relação com a disposição dos reservatórios construídos em série no sistema Tietê;
- Avaliar a adequabilidade de larvas pós-eclodidas de *Danio rerio* para bioensaios de toxicidade crônico parcial com amostras de sedimento;
- Avaliar as respostas da espécie *Danio rerio* e os efeitos de toxicidade através de alterações corpóreas (peso e comprimento) e análise histológica (brânquias).

4. MATERIAIS E MÉTODOS:

4.1. Área de Estudo

Este trabalho foi realizado nas represas do Médio e Baixo Tietê – S.P, que foram construídas a partir da década de 60 com o objetivo principal de geração de energia hidrelétrica. Os reservatórios são os de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos, os quais estão dispostos em uma grande cascata ao longo do rio Tietê (BARBOSA *et al*, 1999)

Segundo a “Política Estadual de Recursos Hídricos” (Lei Estadual nº 7663 de dezembro de 1991), o Estado de São Paulo foi dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIS) (CETESB, 1995). O rio Piracicaba está inserido na UGRHI 5, que inclui as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. O rio Tietê, na UGRHI 10, que corresponde às bacias do rio Sorocaba e Tietê Médio Superior, sendo que o reservatório de Barra Bonita está contido em ambas as UGRHIS (CETESB, 1998)

Os demais reservatórios estão inseridos no sexto grupo de UGRHIS. Este grupo contém três UGRHIS: UGRHI 13-Tietê/Jacaré (reservatório de Bariri e Ibitinga), UGRHI 16-Tietê/Batalha (reservatório de Promissão), ambas incluindo a bacia do Médio Tietê Inferior, e a UGRHI 19-Baixo Tietê (reservatórios de Nova Avanhandava e Três Irmãos), a qual inclui a bacia hidrográfica do Baixo Tietê (CETESB, 1995; 1996; 1997; 1998).

As principais características dos rios Piracicaba e Tietê e dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, serão descritas de acordo com as características próprias e das respectivas UGRHIS (bacias hidrográficas), as quais podem ser visualizadas nas **FIGURAS 1 e 2.**

FONTE: CETESB, 1995

FIGURA 1: Mapa do Estado de São Paulo, mostrando os 11 grupos de UGRHIS (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos) principais (números vermelhos), contendo as 22 UGRHIS secundárias (números azuis).

FONTE: CETESB, 1995

FIGURA 2: Mapa das UGRHIS correspondentes à área de estudo: UGRHI 5 (Bacia do Rio Piracicaba), UGRHI 10 (Bacia do Médio Tietê Superior), UGRHIs 13 e 16 (Bacia do Médio Tietê Inferior) e UGRHI 19 (Bacia do Baixo Tietê), cada qual com os reservatórios que contém.

4.1.1. UGRHI 5 (Bacia do rio Piracicaba)

A bacia do rio Piracicaba apresenta como principais constituintes os rios Atibaia, Corumbataí, Jaguarí e Piracicaba (115 km), que tem sua foz no Reservatório de Barra Bonita. O rio Piracicaba é o principal tributário do rio Tietê, antes da barragem do Reservatório de Barra Bonita.

As principais atividades desenvolvidas na bacia são pastagem, agricultura (principalmente cana-de-açúcar e café), seguidos pela fruticultura (citrus) e milho, além de hortifruticultura. As áreas urbanas são densamente ocupadas, relacionadas principalmente ao elevado desenvolvimento industrial. Quanto as atividades industriais, destacam-se as indústrias de papel e celulose; alimentícia; sucro-alcooleira, têxtil, curtumes, metalúrgicas, químicas e refinaria de petróleo.

As águas são destinadas ao abastecimento público e industrial; recepção de efluentes domésticos e industriais e irrigação de plantações (CETESB, 1998)

4.1.2. UGRHI 10 (Bacia do Tietê Médio-Superior)

O principal contribuinte desta bacia é o rio Tietê, desde a sua saída do Reservatório de Pirapora até a barragem de Barra Bonita, numa extensão de 376 km. Nesta região, as áreas urbanas apresentam uma concentração de aproximadamente 400.000 habitantes. Quanto a área rural, cerca de 22% caracteriza-se pelas plantações de cana-de-açúcar, café, citrus, hortaliças e frutas; 31% de pastagem cultivada e 22% de pastagem natural. O restante da área corresponde a matas, capoeiras, reflorestamento e atividades granjeiras (CETES, 1996).

Quanto as atividades industriais, existem cerca de 1020 indústrias instaladas, sendo que apenas 10% delas são significativas para a poluição das águas, destacando-se as indústrias têxteis, alimentícias, papel e papelão, abatedouros, engenhos e uma usina de açúcar e álcool.

As águas são destinadas ao abastecimento público, recepção de efluentes domésticos e industriais e abastecimento industrial, sendo que nesta bacia está inserido o Reservatório de Barra Bonita.

O Reservatório de Barra Bonita é o primeiro grande aproveitamento hidrelétrico da CESP, formado em 1962 a partir do represamento realizado à jusante do encontro dos rios Piracicaba e Tietê e seus tributários (**FIGURAS 3 e 4**). Este

reservatório localiza-se entre os municípios de Barra Bonita e Iguaçu do Tietê (22°90'S e 48°34'W), a 430 m de altitude. A área de inundação é de 31.000 ha e o tempo médio de residência da água é de 90,3 dias (volume total). O reservatório recebe forte influência antrópica das bacias de drenagem dos rios Tietê e Piracicaba (CESP, 1998).

O reservatório está localizado em uma região de transição entre os climas tropical e subtropical, onde as estações anuais não são bem definidas, mas ocorrem diferenças nítidas entre verão chuvoso e inverno seco (CALHEIROS, 1993). A precipitação anual desta região compreende, em média, 1.100mm, sendo as temperaturas médias anuais de 21°C (PARAGUASSU *et al*, 1988). As taxas de fluxo de água no reservatório de Barra Bonita variam de 1500m³/s (na época de cheia) a 200m³/s (na época seca). No período seco a vazão é apenas turbinada, com descargas de massa de água provenientes do fundo (TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, 1990).

De acordo com CALIJURI (1999), o solo em torno do reservatório é laterítico com grande contribuição de íons ferro (Fe⁺⁺). A bacia de drenagem é constituída principalmente por latossolo roxo eutrófico e distrófico, de textura argilosa e, em alguns pontos, brunizem avermelhado de textura argilosa. O tipo de rocha predominante na região é basalto e na região do reservatório propriamente dito afloram várias formações pertencentes à bacia sedimentar do rio Paraná e, mais próximo a barragem, afloram rochas vulcânicas dispostas em derrames basálticos pertencentes a formação Serra Geral. A montante do reservatório predominam rochas pertencentes à formação Botucatu (arenitos de granulação média e fina), Pirambóia (arenitos finos a médios com lâminas ricas em argilas e siltes), Corumbataí (argilitos, folhelhos e siltitos) e grupo Tubarão (corpos arenosos).

As principais características do reservatório de Barra Bonita encontram-se na **TABELA 1.**

TABELA 1: Características físicas do reservatório de Barra Bonita Médio-Tietê-S.P).

Reservatório	Barra Bonita
Área alagada (ha)	31.000
Área de drenagem (Km ²)	32.330
Vazão média anual (m ³ /s)	402
Tempo de residência (dias)	90.3
Volume total (10 ⁶ m ³)	3.135
Volume útil (10 ⁶ m ³)	2.600
Perímetro (km)	525
Profundidade média (m)	10.2
Profundidade máxima (m)	30.2

FONTE: CESP, 1998; CETESB, 1998; SANDES, 1998

FIGURA 3: Barragem do reservatório de Barra Bonita

FIGURA 4: Reservatório de Barra Bonita à montante da barragem, demonstrando a presença de um banco de macrófitas.

4.1.3. Sexto Grupo de UGRHIS – (Bacia do Médio Tietê Inferior)

4.1.3.1. UGRHI 13-Tietê/Jacaré

Esta região tem como constituinte principal o rio Tietê desde a barragem de Barra Bonita até a barragem de Ibitinga (150 Km), além dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira. Os principais reservatórios são os de Bariri e Ibitinga.

As áreas são destinadas as atividades urbanas, industriais e agropecuárias; com grandes centros de pastagens e culturas, destacando-se café, cana-de-açúcar, milho e citrus. As atividades industriais destinam-se as usinas de açúcar e álcool, engenhos, curtumes e indústrias alimentícias. A população é de aproximadamente 1.233.458 habitantes, sendo a população urbana de 1.144.282 habitantes e a rural de 89.176 habitantes.

Os recursos hídricos são destinados ao abastecimento público e industrial, recepção de efluentes domésticos e industriais, além da irrigação de plantações.

4.1.3.1.1 Reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri)

O reservatório de Bariri é o segundo aproveitamento hidrelétrico da CESP, formado pelo barramento do Tietê. Recebe água de fundo do reservatório de Barra Bonita o qual, durante o verão, apresenta estratificação térmica, exportando água com baixa concentração de oxigênio e altos níveis de material orgânico. Possui três tributários significativos: rio Lençóis, rio Jaú e rio Bauru que também contribuem com água poluída por efluentes domésticos e industriais (FIGURAS 5 e 6).

O enchimento do reservatório ocorreu a partir de 20/09/1965, apresentando uma área alagada de 5.546 hectares, com tempo de residência de 14,2 dias, sendo considerado um reservatório “fio d’água”.

As características físicas do reservatório de Bariri estão resumidas na TABELA 2.

TABELA 2: Características físicas do reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri).

Reservatório	Bariri
Área alagada (ha)	5.546
Área de drenagem (Km ²)	35.430
Vazão média anual (m ³ /s)	443
Tempo de residência (dias)	14.2
Volume total (10 ⁶ m ³)	542
Volume útil (10 ⁶ m ³)	60

FONTE: CESP, 1998; CETESB, 1998; SANDES, 1990

FIGURA 5: Barragem do reservatório de Álvaro de Souza Lima (Bariri)

FIGURA 6: Área de entorno do reservatório de Bariri, demonstrando a ausência de vegetação marginal.

4.1.3.1.2. Reservatório de Ibitinga

O reservatório de Ibitinga é o terceiro empreendimento hidrelétrico do rio Tietê, sendo formado a partir de 10/01/1969. Possui área alagada de 12.216 ha e tempo médio de residência de 21,6 dias com três tributários significativos: rios Claro, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira (CETESB, 1996; 1997; 1998) (**FIGURAS 7 e 8**). Algumas características físicas do reservatório de Ibitinga encontram-se na tabela 3.

TABELA 3: Características físicas do reservatório de Ibitinga

Reservatório	Ibitinga
Área alagada (ha)	12.216
Área de drenagem (Km ²)	43.500
Vazão média anual (m ³ /s)	525
Tempo de residência (dias)	21.6
Volume total (10 ⁶ m ³)	981
Volume útil (10 ⁶ m ³)	56

FONTE: CESP, 1998; CETESB, 1998

FIGURA 7: Barragem do reservatório de Ibatinga

FIGURA 8: Reservatório de Ibatinga demonstrando bancos de macrófitas submersos, freqüentes a partir deste sistema.

4.1.3.2. UGRHI 16-Tietê/Batalha

Esta UGRHI tem como constituinte principal o rio Tietê, desde a barragem da usina hidrelétrica (UHE) de Ibatinga até a barragem da UHE de Promissão (140 Km), englobando o reservatório de Promissão.

As áreas são destinadas as atividades urbanas, industriais e agropecuárias, com grandes centros de pastagens e culturas, destacando-se café, cana-de-açúcar, milho e citrus. As atividades industriais destinam-se as usinas de açúcar e álcool,

engenhos, curtumes e indústrias alimentícias. A população é de aproximadamente 437.707 habitantes, sendo a urbana de 1375.899 habitantes e a rural de 61.808 habitantes (CETESB, 1997; 1998)

4.1.3.2.1. Reservatório Mário Lopes Leão (Promissão)

O reservatório de Promissão é o quarto aproveitamento hidrelétrico de uma série de seis, sob concessão da CESP. Foi formado a partir de 01/07/1974, confrontando-se a montante com a barragem de Ibitinga e a jusante com o reservatório de Nova Avanhandava. Possui uma área de 58.548 ha e tempo médio de residência de 141,1 dias, estando a uma altitude de 380 m. Além do rio Tietê, o reservatório recebe influência de vários tributários, sendo o rio Dourado, Cervo Grande, Batalha e Ribeirão dos Porcos, os maiores contribuintes (**FIGURAS 9 e 10**).

Apresenta solos arenosos provenientes da Formação Adamantina, com alguns trechos de solo de origem basáltica tais como na cabeceira do reservatório. Insere-se na zona climática do tipo tropical sub-quente e úmido. A vegetação perimetral mais comum é a pastagem, campos de cultivo (milho, soja, arroz, café etc.), capoeiras e áreas de reflorestamento.

Este reservatório sofre influência de ação antrópica, seja pela profunda alteração da sua vegetação como pelo aporte de esgoto e resíduos industriais. No entanto, o nível de poluição é baixo devido a depuração ocorrida nos três reservatórios acima (CESP, 1989; 1991 e 1998).

As principais características do reservatório de Promissão são apresentadas na **TABELA 4**.

TABELA 4: Características físicas do reservatório de Promissão.

Reservatório	Promissão
Área alagada (ha)	58.548
Área de drenagem (Km ²)	57.610
Vazão média anual (m ³ /s)	640
Tempo de residência (dias)	134.1
Volume total (10 ⁶ m ³)	7.418
Volume útil (10 ⁶ m ³)	2.128
Perímetro (km)	1.423
Profundidade média (m)	12

FONTE: CESP, 1989; 1991; 1998

FIGURA 9: Reservatório de Promissão com detalhes da vegetação circundante

FIGURA 10: Barragem do reservatório de Promissão

4.1.4. UGRHI 19 – Bacia do Baixo Tietê:

Os principais constituintes desta bacia são o rio Tietê desde a barragem de Promissão até sua foz no rio Paraná, contendo os reservatórios de Nova Avanhandava e Três Irmãos, além do rio Paraná desde a barragem em Ilha Solteira até a ilha denominada “Ilha Comprida”.

O solo é destinado as atividades urbanas e industriais, além de extensa área de pastagens cultivadas. As principais atividades industriais são as usinas de cana-de-açúcar e álcool, indústrias alimentícias e curtumes.

Quanto ao uso das águas, servem para o abastecimento público e industrial, recepção de efluente doméstico e industrial, irrigação de plantações, geração de energia hidrelétrica e navegação (CETESB, 1998).

4.1.4.1. Reservatório de Nova Avanhandava

Este reservatório é o quinto sob concessão da CESP. Foi formado em 1982, com uma área de inundação de 21.750 ha. Possui tempo de residência médio de 45,7 dias e recebe contribuição de 4 tributários principais: rio dos Patos, ribeirão dos Ferreiros, ribeirão Bonito e ribeirão Lajeado (CESP, 1998) (**FIGURA 11**)

As principais características do sistema são apresentadas na **TABELA 5**

TABELA 5: Características físicas do reservatório de Nova Avanhandava.

Reservatório	Nova Avanhandava
Área alagada (ha)	21.700
Área de drenagem (Km ²)	62.300
Vazão média anual (m ³ /s)	688
Tempo de residência (dias)	45.7
Volume total (10 ⁶ m ³)	2.720

FONTE: CESP 1998

FIGURA 11: Barragem do reservatório de Nova Avanhandava

4.1.4.2. Reservatório de Três Irmãos

Este reservatório foi o mais recentemente construído (1990), possuindo área inundada de 81.700 ha. É o maior reservatório e o último aproveitamento hidrelétrico do rio Tietê, apresentando um tempo médio de residência da água de 217,9 dias, tendo sido inaugurado em 12/03/1991 (CESP, 1998) (**FIGURA 12**).

Apesar de ser o último reservatório do sistema em cascata do rio Tietê, encontra-se em processo de eutrofização, com florescimento freqüente de algas cianofíceas (**FIGURA 13**).

O reservatório de Três Irmãos está localizado a Oeste do Estado de São Paulo, aproximadamente a 28 km da foz do rio Tietê no rio Paraná e a 25km da cidade de Pereira Barreto que, por sua vez, fica a 630 km da cidade de São Paulo (VILLELA, 1992).

Este reservatório apresenta uma característica inédita no país e na América do Sul, que é a sua interligação ao reservatório de Ilha Solteira através de um canal artificial “canal de Pereira Barreto”, visando incrementar o transporte fluvial de 345km para 1.700 km (VILLELA, op.cit)

As principais características do reservatório de Três Irmãos são apresentadas na **TABELA 6**.

TABELA 6: Características físicas do reservatório de Três Irmãos (Médio-Tietê-S.P).

Reservatório	Três Irmãos
Área alagada (ha)	81.700
Área de drenagem (Km ²)	70.600
Vazão média anual (m ³ /s)	733
Tempo de residência (dias)	217.9
Volume total (10 ⁶ m ³)	13.800

FONTE: CESP 1998; VILLELA, 1992

FIGURA 12: Barragem do reservatório de Três Irmãos

FIGURA 13: Florescimento de algas cianofíceas em áreas marginais do reservatório de Três Irmãos

4.2. Período de amostragem e pontos de coleta

Foram realizadas quatro coletas (outubro/99, fevereiro/00, maio/00 e julho/00), em 15 pontos de amostragem (**FIGURA 14**), incluindo os rios Piracicaba e Tietê e a montante e a jusante das barragens dos seis reservatórios em cascata do Médio e Baixo Tietê - S.P (Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos), sendo também efetuadas coletas no rio Bauru, um

tributário bastante impactado e consequentemente significativo quanto à degradação dos recursos hídricos no reservatório de Bariri. Estes pontos de amostragem foram escolhidos em função de estudos prévios desenvolvidos por ESPÍNDOLA *et al* (1999), BARBOSA *et al* (1999) e GUNTZEL (2000), os quais encontraram as maiores diferenças em relação as características físicas, químicas e biológicas ocorriam normalmente em função da contribuição de cada reservatório para o sistema em cascata. (FIGURA 14).

1 - Piracicaba, 2 - Tietê, 3 - Barra Bonita Montante (BBN), 4 - Barra Bonita Jusante (BBJ), 5 - Rio Bauru (B), 6 - Bariri Montante (BM), 7 - Bariri Jusante (BJ), 8 - Ibitinga Montante (IM), 9 - Ibitinga Jusante (IJ), Promissão Montante (pm), 11 - Promissão Jusante (PJ), 12 - Nova Avanhandava Montante (NAM), 13 - Nova Avanhandava Jusante (NAJ), 14 - Três Irmãos Montante (TIM), 15 - Três Irmãos Jusante (TIJ).

4.3. Variáveis hidrodinâmicas dos reservatórios.

Somente a vazão média defluente (mensal) foi obtida junto a antiga CESP. A partir destes dados foram calculados o tempo de residência da água para os seis reservatórios através da equação:

$$TR = V/86.400 \times Q$$

Onde:

TR - tempo de residência

V - volume do reservatório ($\times 10^6 \text{ m}^3$)

Q - vazão média defluente para cada período considerado (m^3/s)

86.400 - fator de conversão de segundos para dias.

4.4. Análise química, física e biológica (clorofila *a*) da água

Para a caracterização do ambiente de estudo foram efetuadas algumas análises da água as quais encontram-se listadas na tabela abaixo:

TABELA 7: Variáveis utilizadas na avaliação da qualidade da água

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	Teixeira <i>et al.</i> (1978)
pH	PH	-	U-10 Horiba	-
Condutividade	Cond	$\mu\text{S}/\text{cm}$	U-10 Horiba	-
Nitrito	NO ₂ -N	$\mu\text{g}/\text{L}$	Espectrofotometricamente	Machereth <i>et al</i> (1978)
Nitrato	NO ₃ -N	$\mu\text{g}/\text{L}$	Espectrofotometricamente	Machereth <i>et al</i> (1978)
Amônia	NH ₄ -N	$\mu\text{g}/\text{L}$	Espectrofotometricamente	Koroleff (1976)
Nitrog. org. total	N.T	mg/L	Espectrofotometricamente	Standard Methods (1995)
Fosf. Total dissolvido	P.T.D	$\mu\text{g}/\text{L}$	Espectrofotometricamente	Strickland & Parson (1960)
Fosf. Inorg. Dissolvido	P.I.D	$\mu\text{g}/\text{L}$	Espectrofotometricamente	Strickland & Parson (1960)
Fósforo total	P.T	$\mu\text{g}/\text{L}$	Espectrofotometricamente	Strickland & Parson (1960)
Silicato	SiO ₂	mg/L	Espectrofotometricamente	Golterman (1978)
Clorofila	Chl	$\mu\text{g}/\text{L}$	Espectrofotometricamente	Nush (1980)

Amostras de água também foram coletadas para análise de metais, sendo pré tratadas de acordo com a 16ª edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995).

As medidas das variáveis ambientais obtidas com o water chek-up (HORIBA), foram feitas a cada 0,5 m ou 1 m, de profundidade, da superfície até próximo ao sedimento, obtendo-se um perfil vertical. As demais análises foram obtidas integrando-se a coluna de água (da superfície ao fundo), com auxílio de uma bomba de sucção, obtendo-se, desta forma, uma única amostra integrada para cada estação de coleta.

4.5. IET (Índice De Estado Trófico):

O Índice de Estado Trófico utilizado foi o de TOLEDO *et. al.* (1983), o qual introduziram algumas modificações em relação aos trabalhos anteriores de CARLSON (1974) e KRATZER & BREZONIK (1981), com o objetivo de melhor adaptá-los as condições climáticas e ambientais. TOLEDO *et. al.* (op.cit.) além de acrescentarem uma nova expressão matemática para o parâmetro fosfato inorgânico, recalcularam o índice proposto pelos outros autores.

As relações baseiam-se fundamentalmente na transformação da transparência da água (S), das concentrações de fósforo total (P) e fosfato inorgânico (PO₄), além da clorofila (CL), cujas expressões são dadas respectivamente pelas equações (1), (2), (3) e (4) abaixo:

$$\text{IET (S)} = 10 \times \{ 6 - [(0,64 + \ln S) / \ln 2] \} \quad (1)$$

$$\text{IET (P)} = 10 \times \{ 6 - [\ln (80,32/P) / \ln 2] \} \quad (2)$$

$$\text{IET (PO}_4\text{)} = 10 \times \{ 6 - [\ln (21,67 / \text{PO}_4) / \ln 2] \} \quad (3)$$

$$\text{IET (CL)} = 10 \times \{ 6 - [(2,04 - 0,695 \ln \text{CL}) / \ln 2] \} \quad (4)$$

Onde:

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

P = concentração de fósforo total (ug/L)

PO₄ = concentração de fosfato inorgânico (ug/L)

CL = concentração de clorofila (ug/L)

De acordo com TOLEDO *et al.* (1983), a profundidade do disco de Secchi é muito afetada pela elevada turbidez dos reservatórios na maior parte do ano. Assim, para controlar tal problema, os autores sugerem ponderar o IET médio, de forma a dar menos peso a variável disco de Secchi, ao invés de eliminá-lo. Tal ponderação é feita de acordo com a equação (5), citada abaixo:

$$\text{IET (médio)} = \text{IET (S)} + 2 [\text{IET(P)} + \text{IET (PO4)} + \text{IET (CL)}] / 7 \quad (5)$$

A partir do IET médio, o critério de classificação seria:

Oligitrófico se: $\text{IET} \leq 44$

Mesotrófico se: $44 < \text{IET} < 54$

Eutrófico se: $\text{IET} \geq 54$

O índice de estado trófico para os meses de outubro e fevereiro foram realizados com as amostras de água da coluna integrada, sendo que os meses de maio e julho, tanto amostras da coluna integrada como amostras somente de superfície foram utilizadas para o cálculo do índice de estado trófico.

4.6. Análise física e química do sedimento

As amostras de sedimento para as análises físicas e químicas foram obtidas com uma draga do tipo Eckman-Birge, as quais foram transferidas para potes plásticos e acondicionadas em isopor com gelo, até o laboratório, onde permaneceram em temperatura ambiente (para secagem) para posterior análise. Para cada ponto de coleta foram obtidas três amostras, as quais foram homogeneizadas, retirando-se uma determinada alíquota para estocagem. Posteriormente foram determinadas as concentrações de metais biodisponíveis (ROSA & AZCUE, 1997), matéria orgânica (TRINDADE, 1980), granulometria (CAMARGO *et al.*, 1986), fósforo total (ANDERSON, 1976) e nitrogênio orgânico total (APHA, 1995).

4.7. Estudos ecotoxicológicos do sistema

4.7.1. Coleta das amostras de sedimento

As amostras de sedimento para os bioensaios de toxicidade foram obtidas com uma draga do tipo Eckman - Birge, de maneira semelhante a coleta para análises químicas e físicas, as quais permaneceram em geladeira a aproximadamente 4°C para posterior utilização em bioensaios de toxicidade.

4.7.2. Organismo-teste

A escolha da espécie *Danio rerio* como organismo teste (**FIGURA 15**), deveu-se à facilidade de obtenção, baixo custo, fácil manutenção em laboratório, fácil reprodução em condições apropriadas com obtenção de elevado número de ovos não aderentes e transparentes, além de uma vasta informação literária a respeito de sua biologia (BARRIONUEVO, 1995), sendo ainda uma espécie sensível e recomendada pelas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (1993); CETESB (1991) e IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) (1990). Trata-se de uma espécie padronizada internacionalmente, não endêmica e com características epibentônicas.

Fonte: The Zebrafish Book

FIGURA 15: Organismo-teste, 24hs após eclosão, utilizado nos bioensaios de toxicidade crônico-parcial

De acordo com KRISTENSEN (1994), estudos relatados na literatura desde 1967 têm demonstrado que os primeiros estágios de vida dos peixes (embriões, larvas e juvenis) são os mais sensíveis aos impactos ambientais, decorrendo daí a escolha da fase larval para a realização dos bioensaios. Estes organismos podem ser utilizados para a avaliação de elutriato, água intersticial ou sedimento total.

Os testes com embriões e larvas são de elevada importância no que se refere ao comprometimento das fases de crescimento, reprodução e sobrevivência dos organismos em ambientes poluídos, além de ser uma ferramenta importante para um adequado monitoramento ambiental. Além disso, testes realizados com as fases embrionárias ou larvais prevêm a melhor informação possível de decisões de proteção ambiental, ao contrário de testes reativos com indivíduos adultos que apenas comprovam os problemas previamente existentes (ZAGATTO, 1999; KRISTENSEN, *op.cit*).

4.7.3. Manutenção dos organismos teste (*Danio rerio*)

Os ovos de *Danio rerio* foram obtidos na estação de piscicultura de Muriaé (MG), os quais foram mantidos em aquários de 60 litros contendo uma parte de água do próprio cultivo e outra parte com água de manutenção recomendada pelas normas ABNT (1993). Os ovos foram mantidos em água aerada com a temperatura controlada em torno de $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até o momento da eclosão.

4.7.4. Homogeneidade dos organismos teste

Após a eclosão, 10% do total de organismos utilizados nos bioensaios foram avaliados biometricamente. O peso total dos organismos individuais foi obtido através de uma balança Micronal, Modelo B 3600, com o auxílio de um vidro de relógio pequeno (com o peso tarado). O comprimento das larvas foi obtido através do uso de um paquímetro, visando maior precisão dos resultados. As larvas medidas inicialmente foram descartadas, pois o seu manuseio desencadeava um processo de estresse nestes organismos, não sendo possível a sua utilização em bioensaios.

4.7.5. Teste de sensibilidade

Cada lote de organismos teve a sua sensibilidade avaliada através de uma substância de referência, que no caso de peixes é recomendado o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) (IBAMA, 1990; ABNT, 1993). Este teste assegurará que a mortalidade nos bioensaios de toxicidade, seja atribuída somente às substâncias tóxicas presentes, e não por problemas relativos à saúde dos organismos teste. Os peixes permaneceram nesta substância por 24 horas, geralmente em dez concentrações diferentes, onde foi avaliada a mortalidade ou imobilização (ABNT, op.cit). Para larvas desta espécie não foi estabelecida a faixa de sensibilidade ao dicromato de potássio. Para isso, foram realizados um total de quatro testes preliminares e dezesseis definitivos, sendo que o valor da CL50 foi obtida utilizando-se o programa computacional Spearman-Kärber (HAMILTON, 1977). A faixa de sensibilidade foi estabelecida a partir das recomendações da USEPA (1985).

4.7.6. Bioensaios de toxicidade crônico-parcial com *Danio rerio*

Os bioensaios seguiram a metodologia descrita por BURTON & MacPERSON (1995) para larvas de peixes. De acordo com esta metodologia, a montagem dos bioensaios consiste na manutenção da proporção 1:4 de sedimento e água reconstituída, respectivamente (neste trabalho foram 200g de sedimento e 800 ml de água reconstituída). Esta água foi preparada a partir de água de torneira não clorada e alguns sais, como descrito na ABNT (1993). Após o preparo, a solução foi aerada por um período de 24 horas sendo que os parâmetros pH, dureza total e condutividade devem corresponder a 7,4 (+ou- 0,2), 40 a 48 mg $CaCO_3$ e 160 $\mu S/cm$, respectivamente.

Cada amostra conteve geralmente 3 réplicas com 10 organismos em cada (dependendo da disponibilidade dos mesmos). O controle foi feito com água de cultivo e sedimento proveniente de uma fonte considerada limpa (Três Irmãos à jusante da barragem) sendo que a duração do bioensaio foi de sete dias, sob condições de temperatura e fotoperíodo controlados (25°C e 12:12hs claro/escuro) e aeração constante. Os parâmetros pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido e mortalidade foram acompanhados a cada 48hs.

Os bioensaios foram montados em sacos plásticos descartáveis, os quais foram colocados em um béqueres de vidro com capacidade para 1L, evitando-se, deste modo, a contaminação por vidros contendo possíveis resíduos tóxicos. Não foi fornecido alimento durante os bioensaios uma vez que nesta fase as larvas se alimentam das próprias reservas vitelínicas (BERTOLETTI, comunicação pessoal).

De acordo com o acompanhamento das larvas após a eclosão, pode-se verificar que a abertura da boca ocorre no oitavo dia .

4.7.7. Avaliação dos resultados de toxicidade

Após o termino dos bioensaios, os organismos mortos foram retirados e contados, para a obtenção das porcentagens de mortalidade e grau de toxicidade dos diferentes pontos amostrados. A avaliação seguiu a classificação adotada por MELETTI (1997), onde o autor considerou baixa toxicidade (até 25% de mortalidade); média toxicidade (entre 26 e 50%) de mortalidade e alta mortalidade (acima de 51% de mortalidade).

Os organismos sobreviventes nos bioensaios foram avaliados biometricamente quanto ao peso e comprimento total. Estes parâmetros foram comparados estatisticamente em relação ao lote controle para a avaliação de efeitos crônicos no desenvolvimento dos organismos. O teste estatístico utilizado foi o teste de Mann-Whitney, não paramétrico.

4.8. Estudos histológicos com *Danio rerio*

Muitas vezes a exposição prolongada dos organismos a agentes tóxicos não provoca diretamente a morte, mas afeta a estrutura e função de alguns órgãos vitais como brânquias, gônadas, rins, fígado, dentre outros, comprometendo a viabilidade do indivíduo. Por isso, as mudanças morfológicas devem ser avaliadas a nível microscópico de tecidos e células (POLEKSIC & MITOROVIC-TUTUNDZIC, 1994; MUNOZ *et al*, 1994; SÁ, 1998 e AU *et al*, 1999).

Os estudos histológicos foram realizados nos organismos submetidos aos testes crônicos parciais que sobreviveram em fevereiro/00. Após o término dos testes, cerca de 10 organismos de cada ponto foram selecionados aleatoriamente, sendo 5 fixados em MacDowel e 5 em Glutaraldeído 2,5% (GTA 2,5%). Após um

período de 24hs, as amostras em MacDowel foram transferidas para álcool 70% e as de GTA 2,5% passaram a GTA 0,5%. Após a fixação, as amostras de ambos os fixadores foram lavadas em álcool 70% (2hs) e desidratadas em banhos sucessivos de álcool 95%. Após a desidratação, as amostras foram incluídas em historesina LKB, na proporção 1:1 de resina-álcool 95% por quatro horas em temperatura ambiente. As amostras foram incluídas em moldes apropriados e colocadas em estufa à 50°C durante dois dias. Após a polimerização da resina, a peça foi fixada com araldite em blocos de madeira e efetuada a trimagem dos blocos para a obtenção de cortes seriados de 1,5 - 2,0 micrômetros. Os cortes foram efetuados em micrótomo MICRON HM 340E, com navalha de aço, e corados com HE e Floxina, Azul de Toluidina mais Fuccina ácida e básica, Alcian Blue, Azul de Metileno e PAS e posteriormente analisados em microscopia óptica (SÁ, 1998).

4.9. Análise numérica dos dados:

A análise estatística foi realizada com base teórica de PISANI *et. al* (1969). Através deste método pode-se obter o agrupamento ou "Cluster" dos diferentes pontos de coleta, com base na similaridade dos mesmos. Este método é baseado em uma matriz de correlação que tenha entre si o mais alto coeficiente de correlação médio.

5. RESULTADOS

5.1. VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

5.1.1. VAZÃO E TEMPO DE RESIDÊNCIA

De acordo com os resultados obtidos (**FIGURA 16**) verifica-se que em geral os reservatórios apresentaram os maiores valores de vazão no período chuvoso (fevereiro/00), com o valor máximo de $670 \text{ m}^3/\text{s}$ (em Nova Avanhandava) e o mínimo de $341 \text{ m}^3/\text{s}$ (em Barra Bonita). Neste período também ocorreram os menores valores de tempo de residência da água. Exceções foram verificadas nos reservatórios de Promissão e Três Irmãos, nos quais obteve-se valores máximos de vazão no período de outubro/99, com $624 \text{ m}^3/\text{s}$ e $1894,4 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente

No período seco (julho/00), foram registrados os menores valores de vazão, com exceção do reservatório de Três Irmãos, o qual apresentou a menor vazão e o maior tempo de retenção em fevereiro de 2000, com $658,8 \text{ m}^3/\text{s}$ e 242 dias, respectivamente.

No reservatório de Bariri verificou-se os menores valores do tempo de residência da água nos diferentes períodos de coleta. As maiores vazões foram registradas no reservatório de Três Irmãos, com exceção de fevereiro/00, cuja maior vazão foi registrada no reservatório de Nova Avanhandava ($670 \text{ m}^3/\text{s}$).

FIGURA 16: Valores de vazão e tempo de residência da água (TR) nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê em diferentes períodos de amostragem.

5.2. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

5.2.1. TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA

Nos rios Piracicaba, Tietê e Bauru, além dos pontos a jusante das barragens, por apresentarem maior correnteza, não foi possível determinar a profundidade total e nem as medidas do disco de Secchi em alguns períodos do ano. Foram registrados os menores valores para os rios Piracicaba em fevereiro (com 0,10m) e Tietê em julho de 2000, (com 0,35m). Os valores máximos obtidos a jusante foram encontrados nos meses de maio e julho para Nova Avanhandava jusante (6,20 e 6,40m) e Três Irmãos jusante (5,20 e 8,30m). Em relação aos pontos a montante das barragens, foram verificados valores máximos de 4,0 m para Promissão montante e Três Irmãos montante (em outubro/99), 3,5 m em Nova Avanhandava montante (no mês de fevereiro/00), 6,20 m para Promissão montante (em maio/00) e 9,30 m para Três Irmãos montante (em julho). Os valores mínimos foram registrados em Barra Bonita montante nos meses de fevereiro e julho, com valores de 1,60 m e 2,20 m, respectivamente, e em Bariri montante nos meses de outubro e maio, com valores iguais a 1,10 m e 2,30 m, respectivamente.

De um modo geral, pode-se verificar os maiores valores do disco de Secchi no período intermediário de chuva para seca (maio/00) e no período seco (julho/00), principalmente a partir de Promissão montante em direção à Três Irmãos (**FIGURA 17; ANEXO A - TABELAS 8, 9, 10 e 11**).

FIGURA 17: Valores de profundidade máxima e visualização do disco de Secchi ao longo do sistema Tietê, em diferentes épocas de coleta

FIGURA 17. CONTINUAÇÃO : Valores de profundidade máxima e visualização do disco de Secchi ao longo do sistema Tietê, em diferentes épocas de coleta.

5.2.2. VARIAÇÃO DA TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO:

Verificou-se no período chuvoso (fevereiro/00) as temperaturas mais elevadas na coluna de água. O valor máximo detectado na superfície foi 31,8°C em Três Irmãos Montante e o mínimo foi 24,3 °C no rio Piracicaba. Pode-se observar que, em geral, ocorreram estratificações com tendência a diminuir a temperatura em direção ao hipolímnio, com exceção de alguns pontos de coleta como o rio Piracicaba, cuja tendência foi aumentar nas camadas mais profundas e Bariri Montante, com a temperatura constante em toda a coluna de água. As variações de temperatura na coluna de água foram pequenas, apresentando uma amplitude máxima de variação correspondente a 4,5°C em Três Irmãos Montante.

No período intermediário da estação chuvosa para seca (maio/00), verificou-se o mesmo padrão descrito para fevereiro, porém com uma diminuição das temperaturas, com valor máximo e mínimo de superfície igual a 27,1 e 23,2°C para Três Irmãos montante e Bariri montante, respectivamente.

Em julho de 2000 foram registrados os menores valores para temperatura, sendo o valor máximo e mínimo para superfície igual a 22,8 e 18,7°C para Três Irmãos montante e rio Piracicaba, respectivamente. Em geral, não ocorreram grandes variações da temperatura na coluna de água para os diferentes pontos de coleta em direção ao hipolímnio, cujos valores de temperatura máximo e mínimo foram de 22,3 e 19,3 °C para Três Irmãos montante e rio Piracicaba, respectivamente. Foi observado neste período de coleta estratificação térmica nos pontos à montante das

barragens, com tendência a diminuir a temperatura em direção ao hipolímnio, com exceção de Barra Bonita montante e Nova Avanhandava montante, cuja temperatura aumentou. A amplitude máxima de variação na coluna de água foi de 0,5 °C para Três Irmãos montante.

Em outubro de 1999, período intermediário da estação seca para a chuvosa, foram registradas temperaturas próximas as de julho, porém, não foram observados padrões de estratificação mas oscilações constantes na temperatura da coluna de água. Os valores máximo e mínimo obtidos foram 26,3 e 21 °C correspondendo, respectivamente, aos pontos Bariri montante e rio Piracicaba na superfície.

Pode-se notar que as menores temperaturas coincidiram com as épocas mais frias e a tendência a estratificação ocorreu nos períodos mais quentes (**ANEXO A - TABELAS 8, 9, 10 e 11**).

Quanto ao oxigênio dissolvido, as concentrações foram elevadas em todos os períodos de coleta, com exceção do rio Tietê e rio Bauru em outubro/99 e julho/00. As concentrações detectadas na superfície foram 2,02 e 2,71 mg/L para o rio Tietê e 0,37 e 2,73mg/L para o rio Bauru. Os valores de fundo (próximo ao sedimento) foram de 1,59 e 0,007mg/L no rio Tietê e 0,00 e 2,85 mg/L para outubro/99 e julho/00, respectivamente. No ponto de amostragem do rio Piracicaba também obteve-se valores muito baixos em julho/00, com uma concentração de 3,48mg/L na superfície e 2,90 mg/L no fundo.

5.2.3. CONDUTIVIDADE E pH

Os valores mais elevados de condutividade foram obtidos em outubro/99 e julho/00 nos rios Piracicaba e Tietê, Barra Bonita Montante, Barra Bonita Jusante, rio Bauru, Bariri Montante, Bariri Jusante, Três Irmãos Montante e Três Irmãos Jusante. No rio Tietê foram obtidos valores máximos de 415µS/cm e 417µS/cm para superfície e fundo (respectivamente) no mês de outubro e 407µS/cm e 415µS/cm para superfície e fundo (respectivamente) no mês de julho. Os valores mínimos foram obtidos para Três Irmãos montante (em outubro/00, com 90µS/cm na superfície e 89µS/cm no fundo) e em Três Irmãos Jusante (no mês de julho/00, com 56µS/cm e 48µS/cm na superfície e fundo respectivamente).

Os valores máximos em Ibitinga montante ocorreram em fevereiro/00 (período chuvoso) com 176 μ S/cm e 260 μ S/cm para superfície e fundo, respectivamente. No período seco (julho/00), foram registrados os valores mínimos (128 μ S/cm e 215 μ S/cm, para superfície e fundo, respectivamente). Em Ibitinga jusante os valores máximos ocorreram em outubro/99 (199 μ S/cm) e mínimos em julho/00 (73 μ S/cm).

Nas estações de Promissão montante, Nova Avanhandava montante e Nova Avanhandava jusante os valores máximos ocorreram no período intermediário (chuva para seca), em maio/00, sendo o valor mais elevado obtido em Promissão montante (140 μ S/cm e 95 μ S/cm, na superfície e fundo, respectivamente). Na estações Nova Avanhandava montante e Nova Avanhandava Jusante os valores máximos foram semelhantes (130 μ S/cm na superfície).

Em geral, no último reservatório do sistema em cascata (Três Irmãos) observou-se os menores valores de condutividade em todos os períodos de coleta, verificando-se em outubro /99, uma tendência ao aumento da condutividade no hipolímnio. Nos diferentes períodos de amostragem não foram observadas alterações acentuadas nos valores de condutividade na coluna de água, com exceção das camadas mais profundas (próximas ao sedimento), e em alguns pontos, onde os valores de condutividade tenderam a diminuir (Três Irmãos montante-outubro/99; Ibitinga montante-maio/00; Promissão montante-maio/00; Três Irmãos montante-maio/00; Barra Bonita jusante-julho/00; Três Irmãos montante-julho/00)

Em relação ao pH foram registrados os maiores valores no período intermediária da seca para chuva (outubro/99), com exceção de Promissão montante, Nova Avanhandava montante, Nova Avanhandava jusante e Três Irmãos montante. O valor máximo obtido na superfície foi 9,21 para Bariri montante e o mínimo foi 6,86 para o rio Bauru. Em relação ao fundo (próximo ao sedimento), o valor máximo registrado foi 7,33 para Ibitinga jusante e o mínimo foi 6,13 para Promissão montante. No período chuvoso foram registrados os menores valores de pH, com o mínimo de 5,52 em Ibitinga jusante e o máximo de 6,78 em Promissão jusante. O valor máximo de pH obtido no fundo foi 5,72 (para Barra Bonita montante e Rio Bauru) e 6,55 para Promissão jusante.

A tendência geral do pH foi diminuir com a profundidade nos diferentes pontos e períodos de coleta, com exceção de Três Irmãos montante-out/99; Ibitinga jusante-fev/00 e rio Piracicaba; Barra Bonita montante, Bariri jusante e Três Irmãos jusante - julho/00, cujos valores tenderam a aumentar. Não foram verificadas mudanças acentuadas de pH na coluna de água (maior homogeneidade vertical) (ANEXO A - TABELAS 8, 9, 10 e 11).

5.2.4. COMPOSTOS NITROGENADOS

Os resultados obtidos para as diferentes formas de nitrogênio demonstraram em geral, maiores concentrações de nitrato (NO_3^-) nos diferentes pontos de coleta e épocas de amostragem, seguido pelo íon amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) (FIGURAS 18, 19 e 20; ANEXO A - TABELA 12) e nitrogênio orgânico total (FIGURA 21; ANEXO A - TABELA 12).

Pode-se verificar o predomínio do íon amônio (NH_4^+) em outubro/99 para os rios Piracicaba, Tietê e Bauru, com valores correspondentes a 1532,5 $\mu\text{g/L}$, 2450,095 $\mu\text{g/L}$ e 1876,51 $\mu\text{g/L}$, respectivamente (FIGURA 18).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 18: Variação espacial e temporal da concentração do íon amônio, nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

Para os demais pontos e períodos de amostragem, a forma de nitrato (NO_3^-) predominou sobre as demais, com as maiores concentrações ocorrendo em maio/00 para Bariri jusante, Promissão montante, Promissão jusante, Nova Avanhandava montante, Nova Avanhandava jusante e Três Irmãos jusante, com o valor máximo de

1036,25µg/L para Bariri jusante. Em julho, nos rios Tietê e Piracicaba, Barra Bonita jusante Bariri montante, rio Bauru, Ibitinga montante e Três Irmãos montante obteve-se as concentrações mais elevadas, sendo o valor máximo de 1795,7 µg/L obtido para o rio Tietê. Em outubro, o valor máximo foi encontrado em Barra Bonita montante (2.743,30 µg/L) (FIGURA 19).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 19: Variação espacial e temporal da concentração de nitrato , nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

Em relação ao nitrito (NO_2^-), as concentrações sempre foram baixas quando comparadas ao íon amônio e ao nitrato, com exceção de Bariri montante, Três Irmãos montante e Três Irmãos jusante em fevereiro e julho de 2000, nos quais obteve-se valores superiores ao íon amônio (FIGURA 20)

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 20: Variação espacial e temporal da concentração de nitrito , nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

O nitrogênio orgânico total foi a forma que apresentou as menores concentrações para os diferentes períodos de coleta e pontos de amostragem. O mês de julho foi caracterizado por apresentar as maiores concentrações de nitrogênio orgânico total, com o valor máximo de 5,32mg/L no rio Tietê, com exceção de Ibitinga montante, Promissão jusante, Nova Avanhandava montante e Três Irmãos Jusante (**FIGURA 21**)

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 21: Variação espacial e temporal da concentração de nitrogênio orgânico total nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

Em geral, a forma de nitrato prevaleceu sobre as demais. No período chuvoso (fevereiro/00) foram observadas as menores concentrações para os diferentes parâmetros apresentados sendo que nos últimos reservatórios geralmente obtiveram-se as concentrações mais baixas. Em relação ao nitrato, pode-se verificar no mês de julho uma diminuição gradual da concentração ao longo do sistema de reservatórios em cascata.

Considerando as formas de nitrogênio avaliadas e o sistema de reservatórios em cascata verificou-se do reservatório de Barra Bonita em direção a Três Irmãos, uma redução de 57%, 73%, 74,5%, 69,1% e 99,8% para a concentração do íon amônio; 90,6%, 81,3%, 74,6% e 84,1% para o nitrato; 94,3%, 91,7%, 78,2% e 87,7% para o nitrito, correspondente aos meses de outubro/99 e fevereiro, maio e julho de 2000 (respectivamente). Para o nitrogênio orgânico total verificou-se uma redução de 34,3% (fevereiro/00), 10,23% (maio/00) e 57,94% (julho/00)

5.2.5. COMPOSTOS FOSFATADOS

Os resultados de fósforo total demonstraram que as concentrações mais elevadas para o rio Bauru, Bariri jusante, Ibitinga montante, Três Irmãos montante e Três Irmãos jusante ocorreram no mês de outubro/99. Neste período, os valores máximo e mínimo foram 196,4 $\mu\text{g/L}$ e 23,17 $\mu\text{g/L}$ para o rio Bauru e Nova Avanhandava montante respectivamente. No mês de fevereiro/00 foram registradas as maiores concentrações para Barra Bonita montante, Barra Bonita jusante, Bariri montante, Ibitinga jusante, Promissão montante, Promissão jusante, Nova Avanhandava montante e Nova Avanhandava jusante, com uma amplitude de variação correspondente a 166,59 $\mu\text{g/L}$, sendo o valor máximo de 189,49 $\mu\text{g/L}$ obtido no rio Tietê e o valor mínimo de 22,9 $\mu\text{g/L}$ encontrado em Três Irmãos montante. No mês de julho/00, nos rios Piracicaba e Tietê foram obtidas as concentrações mais elevadas, correspondentes a 750,37 $\mu\text{g/L}$ e 348,67 $\mu\text{g/L}$, respectivamente. Neste mês, o valor mínimo encontrado foi de 8,98 $\mu\text{g/L}$ em Promissão jusante, com a maior amplitude de variação (correspondente a 741,39 $\mu\text{g/L}$) (FIGURA 22; ANEXO A - TABELA 13)

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 22: Variação espacial e temporal de fósforo total nas amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

Em relação ao fosfato total dissolvido, a maior concentração obtida no mês de outubro/99, foi de 48,35 $\mu\text{g/L}$ (rio Bauru) e 39,15 $\mu\text{g/L}$ (Promissão jusante). O valor máximo e mínimo encontrado foi 48,35 $\mu\text{g/L}$ e 1,86 $\mu\text{g/L}$ para Bariri jusante e Três

Irmãos montante, respectivamente. Em fevereiro/00, nos pontos correspondentes ao rio Piracicaba, Barra Bonita montante, Barra Bonita jusante, Bariri montante, Ibitinga montante e Ibitinga jusante, obteve-se as concentrações mais elevadas em relação aos demais períodos de coleta. O valor máximo obtido foi de 73,21 $\mu\text{g/L}$ para o rio Tietê e o valor mínimo foi de 3,60 $\mu\text{g/L}$ para Nova Avanhandava montante. O rio Bauru e Promissão montante apresentaram concentrações máximas no mês de maio/00, com valores correspondentes a 68,7 $\mu\text{g/L}$ e 14,271 $\mu\text{g/L}$, respectivamente. Em relação ao rio Tietê, Nova Avanhandava montante, Nova Avanhandava jusante, Três Irmãos montante e Três Irmãos jusante, no mês de julho/00 obteve-se as maiores concentrações, podendo-se verificar um aumento na concentração nos dois últimos reservatórios (Nova Avanhandava e Três Irmãos), ao contrário dos demais resultados, cuja tendência foi diminuir (FIGURA 23 -ANEXO A -TABELA 13).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAI-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 23: Variação espacial e temporal de fosfato total dissolvido nas amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

Quanto aos resultados obtidos para o fosfato inorgânico, o período chuvoso (fevereiro/00), foi caracterizado por apresentar as maiores concentrações, com exceção de Promissão montante, Promissão jusante e Nova Avanhandava montante, que apresentaram valores máximos em outubro/99 (6,73 $\mu\text{g/L}$), e Bariri jusante em maio/00 (49,93 $\mu\text{g/L}$). O valor máximo obtido no mês de fevereiro/00 foi 26,08 $\mu\text{g/L}$ (em Barra Bonita montante) e o mínimo foi de 2,60 $\mu\text{g/L}$ (em Nova Avanhandava montante). O mês de julho foi caracterizado por apresentar as menores concentrações

(FIGURA 24; ANEXO A -TABELA 13), com variação de 0,09 a 8,01 $\mu\text{g/L}$ (Promissão montante e Bariri montante, respectivamente)

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 24: Variação espacial e temporal de fosfato inorgânico nas amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

Em geral, as concentrações obtidas nos últimos reservatórios foram mais baixas, com algumas oscilações, para os diferentes períodos de amostragem. Considerando as formas de fósforo avaliadas e o sistema de reservatórios em cascata verificou-se do reservatório de Barra Bonita em direção a Três Irmãos, uma redução de 47,3%, 87,8%, 14,7% e 62,3% para o fósforo total, nos meses de outubro/99, fevereiro, maio e julho de 2000, respectivamente; de 41%, 78,6% e 72,5% para o fosfato total dissolvido, em outubro/99, fevereiro e maio de 2000, respectivamente sendo que em julho houve um acréscimo nesta concentração de 54,2%, 77,1%, 78,2% e 61% para o fosfato inorgânico nos mesmos meses.

Deve-se mencionar, no entanto, a contribuição dos tributários no aporte de materiais ao sistema Tietê, como é o caso do rio Bauru, que contribuiu, em média, com 120,5 $\mu\text{g/L}$ de fósforo total; 25,4 $\mu\text{g/L}$ de fosfato total dissolvido e 15,6 $\mu\text{g/L}$ para o fosfato inorgânico.

As concentrações mais elevadas de silicato reativo ocorreram no período seco (julho/00), com exceção do rio Tietê e Três Irmãos montante em outubro/99 e Bariri montante e Jusante em maio/00. A concentração máxima obtida foi de 8,22 mg/L em Três Irmãos jusante no mês de julho, e o valor mínimo registrado neste mês foi de 5,29 mg/L em Bariri montante. Em geral no período chuvoso (fevereiro/00) obteve-se as menores concentrações e no mês de outubro/99, a maior amplitude de variação, com valor máximo e mínimo igual a 2,27 mg/L e 7,5 mg/L em Barra Bonita montante e Três Irmãos jusante, respectivamente. Foi observado ainda que as concentrações tenderam a aumentar nos últimos reservatórios do sistema Tietê em todas as épocas de coleta, porém com pouca variação nas concentrações (FIGURA 25; ANEXO A -TABELA 14).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 25: Variação temporal e espacial da concentração de silicato reativo nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

5.2.7. MATERIAL EM SUSPENSÃO

Pode-se observar que as concentrações mais elevadas de material em suspensão orgânico, inorgânico e total ocorreram no período chuvoso (fevereiro/00), com exceção do rio Tietê para material em suspensão orgânico, que ocorreu no mês de maio/00 e Barra Bonita jusante e Bariri montante, que ocorreram em julho/00. Em relação ao material em suspensão inorgânico, em Promissão jusante e Três Irmãos jusante obtiveram-se os valores máximos em maio/00 e Ibitinga montante, Promissão

montante, Nova Avanhandava montante, Nova Avanhandava jusante e Três Irmãos montante, em julho/00.

No mês de fevereiro, o valor máximo de material em suspensão orgânico foi 7,42 mg/L em Bariri jusante e o valor mínimo de 1,30mg/L ocorreu em Três Irmãos jusante. A concentração máxima de material em suspensão inorgânico foi de 47,92 mg/L no rio Piracicaba e a mínima de 0,15 mg/L em Nova Avanhandava jusante. Foi observado a predominância de material inorgânico nos primeiros pontos de coleta, do rio Piracicaba até o rio Bauru, com exceção de Barra Bonita montante, a partir do qual passou a prevalecer matéria orgânica. As concentrações de material em suspensão total também apresentaram-se mais elevados em fevereiro, com a concentração máxima de 53,20 mg/L no rio Piracicaba e a mínima de 1,68 mg/L em Três Irmãos montante. Os pontos correspondentes a Promissão jusante, Nova Avanhandava montante e Três Irmãos jusante foram exceções por apresentarem os valores máximos totais de 6,21mg/L, 1,82mg/L e 2,38mg/L, respectivamente, em maio/00.

Em maio/00, pode-se verificar a maior contribuição de material inorgânico sobre o orgânico nos primeiros pontos de coleta, do rio Piracicaba até Bariri montante, com exceção do rio Tietê, prevalecendo a matéria orgânica (3,92 mg/L), semelhante ao ocorrido em fevereiro/00.

No mês de julho (época seca), pode-se verificar o padrão inverso, havendo predomínio de matéria orgânica nos primeiros reservatórios, de Piracicaba até Bariri montante, com exceção do rio Tietê, sendo que a partir do rio Bauru passou a prevalecer a fração de material inorgânico, com exceção de Ibitinga montante (0,96 mg/L de matéria orgânica) (**FIGURA 26; ANEXO A - TABELA 15**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 26: Variação temporal e espacial da concentração de material em suspensão orgânico, inorgânico e total nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

5.2.8-CLOROFILA a TOTAL

No mês de fevereiro/00 obteve-se as maiores concentrações de clorofila desde o rio Piracicaba até Bariri jusante, com exceção do rio Tietê e Bariri montante. A partir de Ibitinga montante até Três Irmãos montante, no mês de maio/00 obteve-se as concentrações máximas. No rio Tietê e Três Irmãos jusante obteve-se o valor máximo em Julho/00 (**FIGURA 27 - ANEXO A - TABELA 16**).

Na época chuvosa (fevereiro/00), a máxima concentração obtida foi de 25,36 $\mu\text{g/L}$ em Bariri jusante e a mínima de 2,65 $\mu\text{g/L}$ em Três Irmãos jusante. Nesta época, pode-se observar as concentrações mais baixas nos dois últimos reservatórios da cascata. Em maio/00, o valor máximo foi encontrado em Promissão montante, com concentração igual a 72,5 $\mu\text{g/L}$, e o valor mínimo foi de 3,9 $\mu\text{g/L}$, obtido em Três Irmãos jusante. Pode-se verificar um aumento bastante significativo na concentração de clorofila nos três últimos reservatórios da cascata (Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava) em relação aos primeiros pontos de coleta e demais épocas de amostragem.

O mês de julho/00, caracterizado pela época seca, apresentou os menores concentrações, com exceção do rio Tietê e Três Irmãos jusante, com valores de 55,97 $\mu\text{g/L}$ e 6,83 $\mu\text{g/L}$, respectivamente.

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 27: Variação temporal e espacial da concentração de clorofila a e feofitina nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

5.2.9-AVALIAÇÃO DA TAXA DE DECAIMENTO DE ALGUMAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

ARMENGOL *et. al* (1999), verificando a mudança na composição química da água em relação as distância da barragem do reservatório Sau (Espanha), através das funções de decaimento, observou pequenas mudanças no comportamento de alcalinidade, clorofila e condutividade devido a diluição por tributários menores, por mudanças na morfologia da bacia ou por precipitação. Em comparação, outras variáveis apresentaram elevada taxa de decaimento por causa da sedimentação (turbidez), transformação (nitrificação e amonificação) e precipitação (fosfato), atividades nas quais os organismos desempenham importantes papéis.

No presente estudo a correlação inversa mais significativa em relação as distâncias das barragens ocorreu em outubro/99 para o nitrato ($r^2=0,87$) e condutividade ($r^2 = 0,93$). Em fevereiro/00, o fósforo total ($r^2 = 0,86$), o fosfato total dissolvido ($r^2= 0,86$), o fosfato inorgânico ($r^2 = 0,71$) e o nitrogênio orgânico total ($r^2 = 0,85$) apresentaram as maiores correlações. Em maio/00, apenas o fosfato total dissolvido apresentou correlação tão elevada quanto em fevereiro ($r^2 = 0,87$). Em julho, o íon amônio ($r^2=0,75$), a condutividade ($r^2=0,84$), o fosforo total ($r^2=0,78$) e o nitrato ($r^2=0,92$) apresentaram as maiores correlações (**FIGURAS 28, 29, 30 e 31**).

FIGURA 28: Variação na composição química da água em relação a distância das barragens no período de outubro/99.

FIGURA 29: Variação da composição química das águas em relação as distâncias das barragens no período de fevereiro/00.

FIGURA 30: Variação da composição química das águas em relação as distâncias das barragens no período de maio/00.

FIGURA 31: Variação da composição química das águas em relação as distâncias das barragens no período de julho/00.

As variáveis nitrato, nitrito, amônio, fósforo total e condutividade apresentaram as maiores taxas de decaimento no mês de julho/00. Destes, apenas o íon amônio apresentou caráter conservativo nos demais meses. O nitrato e o nitrito, apresentaram as menores taxas de decaimento no período chuvoso (fevereiro/00). As demais variáveis apresentaram variações na taxa de decaimento. O silicato reativo não apresentou decaimento nos diferentes períodos de coleta (**FIGURA 32**).

NH4 - íon amônio; NO2 - nitrito; PT - fósforo total; NOT - nitrogênio orgânico total; NO3 - nitrato; PO4I - fosfato inorgânico; PTD - fosfato total dissolvido; Cond - condutividade; SiO2 - silicato reativo.

FIGURA 32: Taxa de decaimento das diferentes variáveis analisadas em diferentes períodos de amostragem.

5.2.10-ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

Os resultados do índice de estado trófico médio demonstraram que alguns pontos de amostragem estão eutrofizados como aqueles correspondentes ao rio Tietê em maio/00 (53), rio Piracicaba em fevereiro/00 e maio/00 (64 e 57 respectivamente) e Barra Bonita montante e jusante em fevereiro/00 (54 e 55, respectivamente). Os pontos correspondentes ao rio Bauru em maio/00 (52), Bariri montante em fevereiro e maio/00 (51 e 47), Bariri jusante em julho/00 (48), Ibitinga montante em julho/00 (48), Ibitinga jusante em maio/00 (47) e Promissão montante e Nova Avanhandava jusante em fevereiro/00 (44), apresentaram-se mesotróficos. Os demais pontos de coleta em distintos períodos de amostragem, apresentaram-se como oligotróficos. Nos pontos de amostragem correspondentes a Promissão jusante, Nova Avanhandava montante, Três Irmãos montante e Três Irmãos jusante, apresentaram-se como oligotrófico, nos diferentes períodos de amostragem (**FIGURA 33; ANEXO A - TABELAS 17, 18, 19, 20, 21 e 22**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 33– Variação do grau de trofia nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP) em fevereiro, maio e julho de 2000, na coluna integrada.

Comparando-se os valores de índice de estado trófico médio, obtidos com a água de superfície e com a água da coluna integrada, pode-se verificar que não ocorreu alteração significativa, com exceção do rio Tietê e Barra Bonita montante,

cuja classificação em maio/00 foi mesotrófica (53 e 49 respectivamente) para as amostras de superfície e eutrófica para a coluna de água integrada (55) no rio Tietê e oligotrófica (42) em Barra Bonita montante (**TABELA 23**).

TABELA 23: Comparação dos Índices de Estados Tróficos obtidos para amostras de água integrada e de superfície, nos períodos de coleta correspondente a maio e julho de 2000.

Pontos de coleta	Maio/2000				Julho/2000			
	superfície		integrada		superfície		integrada	
	IET (M)	ET	IET (M)	ET	IET (M)	ET	IET (M)	ET
Piracicaba	57	e	56	e	-	-	-	-
Tietê	53	m	55	e	-	-	-	-
BBM	49	m	42	o	50	m	-	-
BBJ	36	o	-	-	33	o	-	-
BM	52	m	52	m	56	e	-	-
B	51	m	47	m	-	-	-	-
BJ	58	e	60	e	-	-	48	m
IM	45	m	47	m	32	o	41	o
IJ	48	m	47	m	36	o	36	o
PM	44	o	37	o	34	o	26	o
PJ	34	o	42	o	27	o	36	o
NAM	30	o	38	o	39	o	29	o
NAJ	44	o	36	o	35	o	34	o
TIM	34	o	41	o	34	o	36	o
TIJ	35	o	36	o	33	o	34	o

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

IET (M) - índice de estado trófico médio; ET - estado trófico; e -eutrófico; m-mesotrófico; o-oligotrófico.

No período de coleta correspondente a outubro de 1999, não foi obtida a concentração de clorofila *a*, necessário para a obtenção do índice de estado trófico médio. Por este motivo, apenas foram obtidos os índices de estado trófico para os parâmetros Secchi, fósforo total e fósforo inorgânico, isoladamente, com amostras de coluna de água integrada.

Nos rios Piracicaba, Tietê e Bauru, todos os parâmetros se enquadraram como eutróficos. Apenas Nova Avanhandava jusante apresentou-se como oligotrófico para todos os parâmetros. Os demais pontos de amostragem ora apresentaram-se

como eutrófico, mesotrófico e oligotróficos para os diferentes parâmetros em questão
(TABELA 24)

TABELA 24: Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de outubro/99, calculado com amostra de água de coluna integrada

Estações de coleta	IET (Secchi)	ET	IET (P total)	ET	IET (PO ₄)	ET
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
NAM	34	o	42	o	43	o
NAJ	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

5.2.11-METAIS

CÁDMIO:

Em corpos de água destinados ao uso classe 2, como é o caso de todo o sistema Tietê (SP), a concentração máxima permitida pelas normas do CONAMA 20 é 0,001 mg/L. Os resultados obtidos demonstraram concentrações acima da permitida para todos os pontos de coleta nos meses de outubro/99, maio e julho/00. Na época chuvosa verificou-se valores acima do permitido no rio Tietê, Barra Bonita montante, Barra Bonita jusante, Bariri montante, Ibitinga montante, Promissão jusante, Nova Avanhandava montante, Nova Avanhandava jusante, Três Irmãos montante e Três Irmãos jusante.

Em geral, as concentrações mais elevadas ocorreram no mês de outubro/99, com valor máximo de 0,038 mg/L no rio Tietê, e o mínimo de 0,0048 mg/L em

Ibitinga montante. No mês de fevereiro/00 foram registradas as menores concentrações com exceção de Barra Bonita montante e Nova Avanhandava jusante. O valor máximo obtido foi de 0,0092 mg/L em Barra Bonita montante.

Foram registradas concentrações elevadas de cádmio ao longo de todo o sistema Tietê nas diferentes épocas de amostragem (FIGURA 34; ANEXO A - TABELAS 25, 26, 27 e 28).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 34: Variação temporal e espacial da concentração de cádmio nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

COBALTO

Pode-se observar, nos diferentes pontos de coleta e estações de amostragem, concentrações abaixo da recomendada pelas normas do CONAMA 20 (0,20 mg/L). O valor máximo obtido foi de 0,172 mg/L em Bariri jusante no mês de fevereiro/00. As concentrações variaram ao longo do sistema Tietê, sendo o mês de maio caracterizado por apresentar as menores concentrações. Não foi realizada a leitura deste metal no mês de outubro/99 (FIGURA 35; ANEXO A - TABELA 25, 26, 27 e 28)

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 35: Variação temporal e espacial da concentração de cobalto nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

COBRE

Os resultados demonstraram ausência de cobre nos meses de fevereiro e maio de 2000, com exceção do rio Tietê em fevereiro, o qual foi detectado em concentração igual a 0,0082, abaixo da concentração recomendada pelo CONAMA 20 (0,02 mg/L). O mês de outubro/99, foi o único com concentrações acima do limite determinado pelo CONAMA 20, no rio Piracicaba, Nova Avanhandava montante e Três Irmãos jusante, com valores correspondentes a 0,036, 0,0204 e 0,032 mg/L, respectivamente.

Em Barra Bonita montante, Bariri montante, rio Bauru e Ibitinga montante só foi detectado a presença de cobre no mês de julho/00. Três Irmãos jusante só apresentou tal metal no mês de outubro/99.(FIGURA 36; ANEXO A - TABELA 25, 26, 27 e 28).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 36: Variação temporal e espacial da concentração de cobalto nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

CROMO

Não foi detectada a presença de cromo nos meses de fevereiro e julho de 2000, com exceção do rio Tietê que apresentou concentrações abaixo da recomendada pelo CONAMA 20 em ambos os meses, com valores iguais a 0,0564 mg/L e 0,0084 mg/L, respectivamente.

Em outubro/99, foi detectada a presença de cromo nos pontos correspondentes ao rio Piracicaba, Tietê e Nova Avanhandava montante, com valores abaixo da recomendada pelo CONAMA 20 (0,05 mg/L), ao contrário de Ibitinga montante, Ibitinga jusante, Três Irmãos montante e Três Irmãos jusante, os quais apresentaram

concentrações acima do limite, com valores correspondentes a 0,1596 mg/L, 0,0704 mg/L, 1,896 mg/L e 0,3616 mg/L, respectivamente.

No mês de maio/00, verificou-se para todos os pontos de coleta, concentrações acima da recomendada, com valor máximo de 0,2502 mg/L em Nova Avanhandava jusante e mínimo de 0,1014 mg/L para Barra Bonita montante (**FIGURA 37; ANEXO A - TABELA 25, 26, 27 e 28**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 37: Variação temporal e espacial da concentração de cromo nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

FERRO

Em geral, as concentrações de ferro na água foram mais elevadas em fevereiro/00. Nesta época, os valores estiveram acima do limite recomendado pelas normas do CONAMA 20 (0,3 mg/L) para todos os pontos de coleta, com exceção de Três Irmãos jusante. O valor máximo obtido foi de 5,4233 mg/L no rio Tietê.

No mês de outubro verificou-se o valor máximo dentre todos os meses para Três Irmãos montante, com uma concentração de 7,50mg/L. Pode-se perceber que os últimos reservatórios do sistema Tietê apresentaram as concentrações mais baixas, com exceção de Três Irmãos montante em outubro/99 (**FIGURA 38; ANEXO A - TABELA 25, 26, 27 e 28**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 38: Variação temporal e espacial da concentração de ferro nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

MAGNÉSIO

Este elemento apresentou concentrações variando de 1,0 mg/L (obtido no ponto correspondente ao rio Piracicaba em julho/00) a 3,96 mg/L (em Ibitinga jusante no período de maio/00). Em geral, foi observado uma pequena diminuição nas concentrações correspondente aos últimos pontos da cascata, embora tenham ocorrido algumas exceções, como no rio Piracicaba em fevereiro e julho/00, cujas concentrações foram de 2,27mg/L e 1 mg/L respectivamente, com porcentagens reduzidas em 15,39% e 58, 34% em relação a Três Irmãos jusante nos mesmos períodos (**FIGURA 39; ANEXO A - TABELA 25, 26, 27 e 28**)

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 39: Variação temporal e espacial da concentração de magnésio nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

MANGANÊS

Para a maioria dos pontos amostrados, em diferentes períodos de coleta, foi observado a presença do elemento manganês, em concentrações inferiores a recomendada pelo CONAMA 20/1986. O ponto correspondente a Ibitinga montante, no mês de fevereiro/00, apresentou a maior concentração de todo o sistema, com um pico de 0,714 mg/L. Pode-se verificar também uma diminuição das concentrações em direção aos últimos reservatórios da cascata.

Foi na época chuvosa que os picos nas concentrações deste elemento ocorreram para a maioria dos pontos amostrados, com concentrações entre 0,006 e 0,26 mg/L (FIGURA 40; ANEXO A - TABELAS 25, 26, 27 e 28).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga Jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão Jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 40: Variação temporal e espacial da concentração de manganês nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

ZINCO

Pode-se verificar, em geral, que as concentrações detectadas nos diferentes períodos de coleta e pontos de amostragem estiveram abaixo dos valores recomendados para este parâmetro em corpos de água destinado ao uso de Classe 2, com exceção do rio Piracicaba em fevereiro/00, cuja concentração foi de 1,2 mg/L ou seja, 83,3% mais elevado do que o permitido.

Para este elemento, foi observado que no mês de outubro/99, a tendência geral foi aumentar a concentração cascata abaixo, sendo que nos demais meses, os valores demonstraram-se praticamente constante ao longo de todo o sistema (FIGURA 41; ANEXO A - TABELA 25, 26, 27 e 28).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 41: Variação temporal e espacial da concentração de zinco nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

5.3-ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SEDIMENTO

5.3.1-PORCENTAGEM DE MATÉRIA ORGÂNICA E INORGÂNICA

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se a maior contribuição de material inorgânico nos diferentes pontos de coleta e épocas de amostragem. As porcentagens de matéria orgânica e inorgânica não variaram de forma acentuada entre os períodos de amostragem, com exceção de Barra Bonita jusante, Bariri jusante, Promissão jusante, Nova Avanhandava montante e Nova Avanhandava jusante. Em Barra Bonita jusante, o valor máximo obtido para matéria orgânica foi em outubro/99 (com 13,98%), e o mínimo foi de 1,93% (em maio/00). Em Bariri jusante o valor máximo e mínimo (de 11,54 % e 0,30%) ocorreram em fevereiro e julho/00, respectivamente. Em Promissão montante o valor máximo e mínimo de 16,73 % e 0,6 % ocorreram em julho e outubro respectivamente. Em Nova Avanhandava montante o valor máximo foi de 12,80% (em fevereiro/00) e o mínimo igual a 0,5% (em julho/00). Em Nova Avanhandava jusante o valor máximo (5,83 %) ocorreu em julho/00 e o mínimo (0,1%) em fevereiro/00.

Pode-se observar também que nos dois últimos reservatórios foram registradas as menores porcentagens de matéria orgânica nos diferentes períodos de amostragem,

ocorrendo o inverso com as porcentagens de matéria inorgânica (**FIGURA 42 - ANEXO B - TABELA 29**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM -Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 42: Porcentagem de matéria orgânica e inorgânica nas amostras do sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

5.3.2-COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SEDIMENTOS

A composição granulométrica dos sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê apresentou alterações nas diferentes épocas de amostragem, bem como ao longo do sistema Tietê, com exceção de Três Irmãos montante e Três Irmãos jusante (nos quais predominou areia fina em todas as épocas de amostragem) e dos rios Piracicaba e Tietê (nos quais predominou argila nos diferentes períodos de amostragem) (**FIGURAS 43, 44 e 45; ANEXO B - TABELA 30**).

Houve predominância de argila no rio Piracicaba nos meses de fevereiro, maio e julho/00 com valores iguais a 65% e 50% e 47%. No rio Tietê os resultados foram semelhantes ao Piracicaba, com porcentagens de argila correspondentes a 70%, 69% e 60%, nos meses de fevereiro, maio e julho/00. Em Bariri montante e Ibitinga montante, nos meses de maio e julho/00, a argila também foi o componente principal, com porcentagens de 47% e 50%, respectivamente.

O fração silte prevaleceu em Barra Bonita montante e Ibitinga jusante nos meses de fevereiro e julho/00. Os valores obtidos foram de 85% e 47% em fevereiro e julho/00 para Barra Bonita montante e de 40% e 33% em Ibitinga jusante nos mesmos meses.

Nos demais pontos (Barra Bonita Jusante, Bariri jusante, Promissão montante, Nova Avanhandava jusante, Três Irmãos montante e Três Irmãos jusante), a areia fina foi o componente com maior porcentagem na constituição dos sedimentos nas diferentes épocas de amostragem, com exceção de Bariri jusante e Promissão montante em fevereiro/00, onde prevaleceu silte. Dentre os pontos de coleta e épocas de amostragem que predominou areia fina, as porcentagens máximas e mínimas obtidas foram 95% em Três Irmãos montante e Três Irmãos jusante (em fevereiro e maio/00) e 27% em Promissão montante (no mês de julho/00).

Verifica-se, portanto, que a composição do sedimento varia ao longo do sistema Tietê, sendo que a partir de Promissão jusante passa a predominar areia fina.

AG-areia grossa; AM- areia média; AF - areia fina; S -silte; A - argila; PD- pedregulho.

FIGURA 43: Variação espacial da composição granulométrica nos sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), em fevereiro/00.

AG-areia grossa; AM- areia média; AF - areia fina; S -silte; A - argila; PD- pedregulho

FIGURA 44: Variação espacial da composição granulométrica nos sedimentos dos reservatórios do médio e Baixo Tietê (SP), em maio/00.

AG-areia grossa; AM- areia média; AF - areia fina; S -silte; A - argila; PD- pedregulho

FIGURA 45: Variação espacial da composição granulométrica nos sedimentos dos reservatórios do médio e Baixo Tietê (SP), em de julho/00.

5.3.3-FÓSFORO TOTAL

As maiores concentrações de fósforo total no sedimento ocorreram no mês de outubro/99, com valor máximo e mínimo de 100,17 µg/g e 19,43 µg/g no rio Tietê e em Três Irmãos montante, respectivamente. As estações correspondentes a Ibitinga montante (no mês de fevereiro/00), Ibitinga Jusante, Promissão montante e Promissão jusante (no mês de maio) e Nova Avanhandava jusante (no mês de julho/00), foram exceções, por apresentarem as maiores concentrações nos respectivos períodos, correspondentes a 51,3 µg/g; 93,2 µg/g; 50,8 µg/g, 99,8 µg/g e 34,8 µg/g, respectivamente.

No mês de julho/00 as menores concentrações, com valores máximo e mínimo de 69,38 µg/g e 2,8 µg/g, ocorreram em Barra Bonita montante e Três Irmãos montante, respectivamente. Em Barra Bonita montante, rio Bauru, Ibitinga jusante e Três Irmãos jusante as menores concentrações ocorreram em fevereiro/00, com valores correspondentes a 62,0 µg/g; 47,8 µg/g; 44,9 µg/g e 3,0 µg/g, respectivamente. Exceções também ocorreram no mês de maio para Barra Bonita Jusante, Nova Avanhandava Jusante e Três Irmãos montante, com os menores valores correspondentes a 18,7 µg/g, 3,1 µg/g e 1,36 µg/g.

Foi observado para os sedimentos dos últimos reservatórios uma tendência a diminuir a concentração de fósforo em relação aos rios e primeiros reservatórios, sendo que no mês de outubro ocorreu a maior amplitude de variação entre o rio Tietê e Três Irmãos montante, com 19,4% de diferença entre a concentração máxima e mínima. Nos diferentes períodos de amostragem pode-se verificar uma variação nas concentrações de fósforo total ao longo da cascata (**FIGURA 46; ANEXO B - TABELA 31**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 46: Variação espacial e temporal na concentrações de fósforo total nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

5.3.4-NITROGÊNIO ORGÂNICO TOTAL

As maiores porcentagens de nitrogênio orgânico total ocorreram no mês de outubro/99 em Barra Bonita jusante, Bariri jusante, Ibitinga montante, Promissão jusante, Nova Avanhandava montante, Três Irmãos montante e jusante, com valores correspondentes a 34,5%, 19,0%, 28,1%, 11,8%, 46,0%, 6,5% e 7,0%, respectivamente. Neste período, os valores máximo e mínimo obtidos foram de 46,0% e 3,7% em Nova Avanhandava montante e Nova Avanhandava jusante, respectivamente.

O rio Tietê foi a única estação que apresentou valor máximo em fevereiro/00, com porcentagem correspondente a 21,8%. Em maio/00, no rio Piracicaba, Barra Bonita montante, Bariri montante e Promissão montante verificou-se as máximas concentrações em relação aos demais períodos amostrados, com valores de 24,7%, 38,1%, 31,6% e 39,0%.

No rio Bauru, Ibitinga jusante e Nova Avanhandava jusante, foi no mês de julho que ocorreu as porcentagens mais elevadas, correspondentes a 32,8%, 44,4% e 7,9%, respectivamente.

Foi observado para os diferentes períodos de amostragem que as menores porcentagens de nitrogênio ocorrem nos últimos reservatórios da cascata, e que os valores oscilaram, não havendo uma diminuição gradual ao longo do sistema Tietê.

No gradiente temporal, Nova Avanhandava montante apresentou a maior amplitude de variação de outubro em relação a julho, com 45% de diferença (FIGURA 47; ANEXO B - TABELA 32).

-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 47: Variação espacial e temporal na concentrações de nitrogênio total nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

5.3.5-METAIS

CÁDMIO

O mês de julho/00 foi caracterizado por apresentar as concentrações mais elevadas de cádmio no sedimento ao longo do sistema Tietê, com exceção de Bariri montante, cujo valor máximo foi registrado no mês de maio/00, com a concentração de 2,0 mg/Kg. O valor máximo obtido foi de 5,0 mg/Kg no rio Bauru e em Três Irmãos jusante, sendo o valor mínimo de 1,67 mg/Kg registrado no rio Tietê.

Para as estações correspondentes ao rio Piracicaba, Ibitinga jusante, Promissão montante, Promissão jusante e Nova Avanhandava jusante, não foi detectado cádmio no mês de outubro/99. Neste período, o valor máximo foi de 2,0

mg/Kg em Barra Bonita jusante e o mínimo de 0,20 mg/Kg foi registrado em Três Irmãos jusante.

No período chuvoso (fevereiro/00), Três Irmãos montante apresentou a maior concentração, correspondente a 1,80 mg/Kg, sendo o valor mínimo de 0,40 mg/Kg obtido em Nova Avanhandava jusante.

No mês de maio/00 o valor máximo de 2,67 mg/Kg ocorreu no rio Bauru e em Ibitinga montante e mínimo de 0,47 mg/Kg foi obtido no rio Tietê.

De uma maneira geral, detectou-se a presença de cádmio ao longo do sistema Tietê em concentrações variáveis (**FIGURA 48; ANEXO B - TABELAS 33, 34, 35 e 36**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 48: Variação espacial e temporal na concentrações de cádmio nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

CHUMBO

Foi detectado chumbo nos sedimentos ao longo do sistema Tietê nos diferentes períodos de amostragem, sendo que as maiores concentrações foram registradas no mês de julho/00, com valores máximo e mínimo de 183,33 mg/Kg e 83,33 mg/Kg, no rio Bauru e Bariri jusante, respectivamente. A estação correspondente ao rio Tietê foi exceção por apresentar a máxima concentração de chumbo no mês de maio/00, com valor de 186,66 mg/Kg.

Nos meses de outubro/99 e maio/00 verificou-se concentrações baixas em relação aos meses de maio/00 e julho/00. Em outubro/99 a concentração máxima foi de 16,00 mg/Kg (em Bariri montante e jusante) e a concentração mínima foi de 2,00

mg/L (em Ibitinga montante). Neste período não foram registradas a presença deste metal em Ibitinga jusante.

Em fevereiro/00, a concentração máxima foi de 46 mg/Kg obtida no rio Bauru e o valor mínimo foi de 2,00 mg/Kg detectado em Promissão montante. No mês de maio/00 detectou-se concentrações semelhantes ao longo do sistema Tietê, com pequenas oscilações nas concentrações, com valores máximo e mínimo de 186,6 mg/Kg e 60,00 mg/Kg no rio Tietê e em Bariri jusante respectivamente.

Pode-se observar que no mês de maio/00 todos os pontos de coleta apresentaram concentrações semelhantes e, no mês de julho/00, as concentrações mais elevadas foram registradas nos últimos reservatórios da cascata (**FIGURA 49; ANEXO B - TABELAS 33, 34, 35 e 36**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 49: Variação espacial e temporal na concentrações de chumbo nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

COBALTO

Para a maioria dos pontos de coleta as maiores concentrações de cobalto nos sedimentos ocorreram em outubro/99, com valores máximo e mínimo de 192 mg/Kg e 0,80 mg/Kg em Bariri jusante e Ibitinga montante, respectivamente. Embora tenha sido detectada a presença deste elemento nos diferentes períodos de coleta, pode-se perceber uma tendência a diminuição das concentrações em direção aos últimos reservatórios da cascata (**FIGURA 50; ANEXO B - TABELAS 33, 34, 35 e 36**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 50: Variação espacial e temporal na concentrações de cobalto nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

COBRE

O cobre foi detectado em todo o sistema Tietê nos diferentes períodos de amostragem, com as maiores concentrações obtidas em julho de 2000, para a maioria dos pontos amostrados. Neste período, as concentrações máxima e mínima foram de 100,00 mg/Kg e 2,00 mg/Kg em Bariri montante e Três Irmãos jusante respectivamente. Em outubro/99 foram obtidas em geral, as menores concentrações, as quais variaram de 2,00 mg/Kg (em Nova Avanhandava montante) a 36,20 mg/Kg (em Bariri montante).

Pode-se observar, também, uma pequena diminuição das concentrações deste metal em direção aos últimos pontos de coleta, com oscilações dos valores (FIGURA 51; ANEXO B - TABELAS 33, 34, 35 e 36).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 51: Variação espacial e temporal na concentrações de cobre nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

CROMO

Nos períodos correspondentes a maio/00 e outubro/99, pode-se verificar uma maior evidência destes metais nos sedimentos. Os valores máximo e mínimo no período correspondente a outubro/99 foi de 74,00 mg/Kg (no rio Bauru) e 4,40 mg/Kg (em Ibitinga montante), respectivamente.

Em maio/00, o valor máximo foi de 88,33 mg/Kg (em Três Irmãos jusante) e o valor mínimo foi de 42,67 mg/Kg (no rio Piracicaba). Pode-se verificar, neste período, uma tendência a aumentar as concentrações em direção aos últimos pontos de coleta.

No mês de julho/00, este metal só foi detectado nos rios Piracicaba, Tietê e Bauru, além de Bariri montante, com valores de 6,67 mg/Kg; 10,00 mg/Kg; 2,33 mg/Kg e 1,33 mg/Kg, respectivamente.

Em geral as menores concentrações foram obtidas no período correspondente a fevereiro/00, com concentrações máxima e mínima de 1,80 mg/Kg (em Três Irmãos montante) e 0,40 mg/Kg (em Nova Avanhandava jusante), respectivamente (FIGURA 52; ANEXO B - TABELAS 33, 34, 35 e 36).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 52: Variação espacial e temporal na concentrações de cromo nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

FERRO

O elemento químico ferro esteve presente em todo o sistema Tietê nos diferentes períodos de amostragem, com picos de concentração em maio/00, no rio Tietê (29.363,71 mg/Kg), Bariri montante (15.055,85 mg/Kg), Ibitinga montante

(16.961,16 mg/Kg), Ibitinga jusante (16.485,17 mg/Kg) e Promissão montante (14102,53 mg/Kg).

Em geral as menores concentrações ocorreram no período de outubro/99, com concentrações máxima e mínima de 4.537,60 mg/Kg (em Nova Avanhandava montante) e 94,80 mg/Kg (em Nova Avanhandava jusante), respectivamente.

A tendência observada foi a diminuição das concentrações em direção aos últimos pontos de coleta, embora perceba-se algumas variações dos valores (**FIGURA 53; ANEXO B - TABELAS 33, 34, 35 e 36**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibatinga Montante; IJ-Ibatinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 53: Variação espacial e temporal na concentrações de ferro nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

MAGNÉSIO

Em geral, verificou-se que em julho ocorreram as maiores concentrações de magnésio, com valores máximo e mínimo de 999,9 mg/Kg e 93,3 mg/Kg em Nova Avanhandava jusante e Nova Avanhandava montante, respectivamente.

No rio Piracicaba detectou-se um pico de concentração correspondente a 1320,1 mg/Kg, no período de maio/00, representando a máximo valor de todo o período de estudo.

Os dois últimos pontos de coleta apresentaram, em comparação aos pontos anteriores, as concentrações mais baixas em todos os períodos de coleta (**FIGURA 54; ANEXO B - TABELAS 33, 34, 35 e 36**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 54: Variação espacial e temporal na concentrações de magnésio nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

MANGANÊS

Pode-se verificar que as concentrações tenderam a aumentar do rio Piracicaba em direção a Bariri montante, a partir do qual ocorre uma diminuição dos valores até Três Irmãos jusante.

De todo o período de estudo e pontos amostrados, foi em maio/00 que se obteve tanto o valor máximo como o mínimo de 4.618,62 mg/Kg (em Bariri montante) e 6,33 mg/Kg (em Três Irmãos montante), respectivamente (**FIGURA 55; ANEXO B - TABELAS 33, 34, 35 e 36**).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 55: Variação espacial e temporal na concentração de manganês nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

ZINCO

As maiores concentrações de zinco ocorreram em julho/00 nos pontos correspondentes ao rio Piracicaba até Ibitinga montante, com valores máximo e mínimo de 223,3 mg/Kg (no rio Tietê) e 18,7 mg/Kg (em Barra Bonita jusante), respectivamente.

A partir de Ibitinga jusante são verificados picos de concentração no mês de maio/00, com valores máximo e mínimo de 444,56 mg/Kg (Promissão jusante) e 82,93 mg/Kg (Três Irmãos montante), respectivamente.

Com exceção do mês de maio/00, a partir do reservatório de Promissão as concentrações tenderam a diminuir (FIGURA 56; ANEXO B - TABELAS 33, 34, 35 e 36).

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 56: Variação espacial e temporal na concentração de zinco nas amostras de sedimentos dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP).

5.4-AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DOS SEDIMENTOS DOS RESERVATÓRIOS DO MÉDIO E BAIXO TIETÊ

5.4.1-RELAÇÃO PESO - COMPRIMENTO DOS ORGANISMOS - TESTE - FASE LARVAL

Foi verificado que a relação peso - comprimento dos organismos - teste foi satisfatória para todos os períodos de amostragem. O primeiro lote de organismos obtido em de outubro/99, apresentou o maior coeficiente de correlação correspondente a 0,9454. O primeiro lote de *Danio rerio* obtido em maio/00 foi o

que apresentou menor homogeneidade dos organismos, com o coeficiente de correlação correspondente a 0,8391, valor que também demonstra boa correlação (FIGURAS, 57, 58, 59 e 60; ANEXO C - TABELAS, 37, 38, 39 e 40).

FIGURA 57: Correlação peso-comprimento dos organismos utilizados em bioensaios de toxicidade crônica parcial referente a coleta de outubro/99.

FIGURA 58: Correlação peso-comprimento dos organismos utilizados em bioensaios de toxicidade crônica referente a coleta de fevereiro/00.

FIGURA 59: Correlação peso-comprimento dos organismos utilizados em bioensaios de toxicidade crônica parcial em duas etapas referentes a coleta de maio/00.

FIGURA 60: Correlação peso-comprimento dos organismos utilizados em bioensaios de toxicidade crônica parcial em duas etapas referentes a coleta de julho/00.

5.4.2-TESTES DE SENSIBILIDADE AO DICROMATO DE POTÁSSIO

Para a avaliação da sensibilidade ao dicromato de potássio em larvas de *Danio rerio*, foram realizados 20 (vinte) testes, sendo 4 (quatro) de caráter preliminar e 16 de caráter definitivo (TABELAS 41 e 42)

TABELA 41: Valores de CL50 referentes aos testes de sensibilidade preliminares utilizando dicromato de potássio como substância de referência

Substância de referência	Data do teste		Concentrações (mg/L)	Organismos		% mortalidade	CL50
	inicial	final		Inicial	final		
Dicromato de potássio	15/10/99	16/10/99	0,5	12	0	0	—
			1,0	12	0	0	
			5,0	12	0	0	
			10,0	12	0	0	
			15,0	12	0	0	
			20	12	2	16,6	
	17/10/99	18/10/99	15	12	0	0	—
			16	12	0	0	
			17	12	0	0	
			18	12	0	0	
			19	12	0	0	
			20	12	1	8,3	
	19/10/99	20/10/99	20	12	1	8,3	52,21
			30	12	3	25,0	
			40	12	3	25,0	
			50	12	5	41,6	
			60	12	5	41,6	
			70	12	8	66,6	
			80	12	10	83,3	
			90	12	12	100,0	
			100	12	12	100,0	
	21/10/99	22/10/99	20	12	1	8,3	48,47
			25	12	2	16,0	
			30	12	3	25,0	
			35	12	3	25,0	
			40	12	5	41,6	
			45	12	5	41,6	
			50	12	6	50,0	
			60	12	6	50,0	
			70	12	8	66,6	
			80	12	11	91,6	

TABELA 42: Valores de CL50 obtidos nos testes de sensibilidade (24 horas) definitivos, para larvas de *Danio rerio*, utilizando dicromato de potássio como substância de referência.

TESTES DE SENSIBILIDADE					
Número do teste	DATA		LC50 (mg/L)	LIMITE DE CONFIANÇA (95%)	
	Inicial	Final		INFERIOR	SUPERIOR
1	24/10/99	25/10/99	49,25	42,03	57,72
2	26/10/99	27/10/99	53,96	44,40	65,59
3	28/10/99	29/10/99	50,18	43,51	57,9
4	29/10/99	30/10/99	55,44	36,60	83,98
5	5/11/99	6/11/99	57,94	44,83	74,88
6	7/11/99	8/11/99	52,86	44,10	63,27
7	9/11/99	10/11/99	49,25	44,89	54,03
8	11/11/99	12/11/99	69,21	56,09	85,42
9	2/03/00	3/03/00	51,25	44,59	58,92
10	4/03/00	5/03/00	50,77	45,43	56,74
11	6/03/00	7/03/00	61,76	49,98	76,32
12	8/03/00	9/03/00	64,88	50,29	83,52
13	25/05/00	26/05/00	45,21	40,45	50,54
14	26/05/00	27/05/00	50,7	44,02	58,39
15	12/08/99	13/08/00	44,06	36,97	52,51
16	26/08/00	27/08/00	36,26	30,93	42,51

Aplicando-se o modelo proposto pela USEPA (1994), a média (x) dos valores obtidos para a CL50, 24horas, foi igual a 52,68 mg/L de dicromato de potássio. O desvio padrão (DP) foi igual a 8,085, sendo o limite superior (X+2DP) situado em 68,87mg/L e o limite inferior (X-2DP) em 36,53 mg/L. Apenas os testes de número 8 e 16 apresentaram-se fora da faixa de sensibilidade estabelecida, com valores de CL50, 24 horas, igual a 69,21mg/L e 36,26mg/L, respectivamente (**FIGURA 61**).

CL50 - concentração letal a 50% da população; M - média; DP - Desvio Padrão

FIGURA 61: Faixa de sensibilidade ao dicromato de potássio para larvas de *Danio rerio*.

5.4.3- BIOENSAIOS DE TOXICIDADE CRÔNICA PARCIAL

Os resultados dos bioensaios de toxicidade demonstraram uma variação espacial e temporal na toxicidade do sedimento no sistema Tietê (**FIGURA 62**). No mês de outubro/99 foi verificada elevada toxicidade para todo o sistema, com exceção de Nova Avanhandava montante e jusante e Três Irmãos montante e jusante, os quais tiveram porcentagens de mortalidade correspondentes a 13,33% (baixa toxicidade), 26,66% (média toxicidade), 13,33%(baixa toxicidade), e 16,66% (baixa toxicidade), respectivamente. A porcentagem máxima de mortalidade foi de 95% em Barra Bonita montante e jusante e a mínima de 6,66% foi detectada em Três Irmãos jusante. A tendência geral foi uma variação nas porcentagens de mortalidade, com a diminuição da toxicidade nos últimos reservatórios do sistema em cascata (**TABELA 43, FIGURA 63; ANEXO C - TABELA 44**).

Figura 2: Toxicidade Crônica ao longo do sistema Tietê em diferentes Estações de Amostragem

1 - Piracicaba, 2 - Tietê, 3 - Barra Bonita Montante (BBN), 4 - Barra Bonita Jusante (BBJ), 5 - Rio Bauru (B), 6 - Bariri Montante (BM), 7 - Bariri Jusante (BJ), 8 - Ibitinga Montante (IM), 9 - Ibitinga Jusante (IJ), Promissão Montante (pm), 11 - Promissão Jusante (PJ), 12 - Nova Avanhandava Montante (NAM), 13 - Nova Avanhandava Jusante (NAJ), 14 - Três Irmãos Montante (TIM), 15 - Três Irmãos Jusante (TIJ).

TABELA 43: Resultados dos bioensaios de toxicidade crônicos parciais, com amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, referente a coleta do mês de outubro/99.

Data inicial: 15/10/1999 – 10:30hs - 20 organismos por ponto Data final: 22/10/1999 – 10:30hs										
Pontos de Coleta	pH		Condutividade (µS/cm)		Dureza (mgCaCO ₃ /L)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)		Mortalidade (%)	Toxicidade
	I	F	I	F	I	F	I	F		
Controle	7,5	7,43	160	291	44	48	8,6	8,1	15,0	ACEITO
P	7,5	6,71	160	187	44	26	8,6	8,1	90,0	AT
T	7,5	4,76	160	245	44	52	8,6	8,0	90,0	AT
BBM	7,5	6,32	160	173	44	35	8,6	8,3	95,0	AT
BBJ	7,5	6,77	160	182	44	31	8,6	8,0	95,0	AT
Data Inicial: 24/10/1999 – 9:00hs - 30 organismos por ponto Data final: 31/10/1999 – 9:00hs										
Pontos de Coleta	pH		Condutividade (µS/cm)		Dureza (mgCaCO ₃ /L)		Oxigênio dissolvido (mg/L)		Mortalidade (%)	Toxicidade
	I	F	I	F	I	F	I	F		
Controle	7,0	7,3	49,6	61,9	36	46,0	8,8	8,4	6,66	ACEITO
BM	7,4	6,0	187	334	48	32,6	9,2	8,8	93,33	AT
B	7,4	6,7	187	316	48	40,6	9,2	8,7	93,33	AT
BJ	7,4	7,4	187	300	48	37,3	9,2	8,3	80,00	AT
IM	7,4	6,6	187	278,6	48	30,0	9,2	8,7	76,66	AT
IJ	7,4	6,7	187	298	48	37,3	9,2	8,9	73,33	AT
PM	7,4	6,4	187	239	48	37,3	9,2	8,9	63,33	AT
PJ	7,4	7,6	187	304	48	33,3	9,2	8,8	100,00	AT
Data inicial: 5/11/1999 - 30 organismos por ponto Data final: 12/11/1999										
Pontos de Coleta	pH		Condutividade (µS/cm)		Dureza (mgCaCO ₃ /L)		Oxigênio dissolvido (mg/L)		Mortalidade (%)	Toxicidade
	I	F	I	F	I	F	I	F		
Controle	7,4	7,38	187	318	72	74	9,0	8,9	6,66	ACEITO
NAM	7,4	5,59	187	201	48	46,6	9,2	8,6	13,33	BT
NAJ	7,4	7,13	187	160,3	48	31,3	9,2	8,6	26,66	BT
TIM	7,4	7,57	187	229	48	55,3	9,2	8,7	13,33	BT
TIJ	7,4	7,84	187	323	48	62	9,2	8,5	6,66	BT

AT-alta toxicidade; BT-baixa toxicidade

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

Em fevereiro/00 verificou-se uma diminuição nas porcentagens de mortalidade em todo o sistema em relação ao mês de outubro/99, com exceção de Nova Avanhandava montante e jusante, que apresentaram um aumento de 30% e 16,67% nas taxas de

mortalidade, respectivamente. Neste período de amostragem, os rios Piracicaba e Tietê, Barra Bonita montante e jusante e o rio Bauru apresentaram alta toxicidade com porcentagens de mortalidade correspondentes a 60,0%, 66,6%, 93,3%, 60% e 66,6% respectivamente. A baixa toxicidade foi detectada em Três Irmãos montante e jusante, com 10% e 6,6% de mortalidade, respectivamente. Os demais pontos apresentaram média toxicidade, com valor máximo de 43,3% em Promissão montante, Nova Avanhandava montante e jusante e mínimo de 26,6% em Bariri jusante (TABELA 45, FIGURA 64; ANEXO C - TABELA 46)

TABELA 45: Resultados dos bioensaios de toxicidade crônicos parciais, com amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, referente a coleta do mês de fevereiro/00.

Pontos de Coleta	pH		Condutividade (µS/cm)		Dureza (mgCaCO ₃ /L)		Mortalidade (%)	Toxicidade
	I	F	I	F	I	F		
Controle	7,52	7,14	164	126,9	40	26	6,66	ACEITO
P	7,52	5,76	136	166,9	40	40	60,00	AT
T	7,52	5,78	136	198,0	40	38	66,66	AT
BBM	7,52	5,65	136	223,0	40	24	93,33	AT
BBJ	7,52	6,33	136	142,3	40	38	60,00	AT
BM	7,52	6,09	136	133,7	40	30	33,33	MT
B	7,52	6,03	136	199,0	40	28	66,66	AT
BJ	7,52	7,14	136	126,9	40	26	26,66	BT
IM	7,52	6,77	136	131,5	40	32	33,33	MT
IJ	7,52	6,88	136	128,3	40	26	33,33	MT
PM	7,52	6,38	136	93,7	40	20	43,33	MT
PJ	7,52	7,06	136	214	40	68	30,00	BT
NAM	7,52	6,83	136	125,2	40	36	43,33	MT
NAJ	7,52	7,09	136	143,8	40	36	43,33	MT
TIM	7,52	7,22	136	195,3	40	56	10,00	BT
TIJ	7,52	7,13	136	130,7	40	34	6,66	BT

AT-alta toxicidade; BT-baixa toxicidade

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

Não foi detectada alta toxicidade no mês de maio/00, com exceção do rio Bauru, que apresentou uma mortalidade de 100% dos organismos expostos a amostras de sedimento. Em geral, as taxas de mortalidade foram inferiores as duas coletas antecedentes, com exceção do rio Bauru e de Bariri jusante, que apresentou maior porcentagem em relação a fevereiro/00. Os pontos correspondentes aos rios Piracicaba e Tietê, Barra Bonita montante e jusante, Bariri montante e jusante e Nova Avanhandava jusante foram caracterizados por apresentar em média toxicidade, sendo a porcentagem

máxima de mortalidade igual a 50% nos rios Piracicaba e Tietê e em Barra Bonita montante e a mínima de 33,33% para os demais pontos acima citados. Foi registrada baixa toxicidade em Ibitinga jusante, Promissão montante, Promissão jusante e Nova Avanhandava montante, com a porcentagem de mortalidade correspondente a 16,66%. Em Três Irmãos montante e Três Irmãos jusante não verificou-se toxicidade (0% de mortalidade) (FIGURA 63, TABELA 47; ANEXO C - TABELA 48).

TABELA 47: Resultados dos bioensaios de toxicidade crônicos parciais, com amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, referente a coleta do mês de maio/00

Início do teste: 25/5/00-10:00hs - 24 organismos por teste Término do teste: 31/5/00-10:00hs								
Pontos de Coleta	pH		Condutividade (µS/cm)		Dureza (mgCaCO ₃ /L)		Mortalidade (%)	Toxicidade
	I	F	I	F	I	F		
Controle	7,98	7,61	59,80	58,8	24	24	0	ACEITO
P	7,37	7,09	128,40	128,2	42	30	50,00	MT
T	7,2	6,05	136	209	40	30	50,00	MT
BBM	7,1	5,94	128	170,2	28	28	50,00	MT
BM	7,0	6,10	122	137,5	36	30	33,33	MT
IM	6,8	6,05	101	123,8	28	32	0	BT
PM	7,1	6,04	99	111,7	28	28	16,66	BT
NAM	6,85	6,60	123	143,7	38	48	16,66	BT
TIM	7,0	6,75	130	142,4	40	46	0	BT
Início do teste: 26/5/00-10hs - 24 organismos por teste Término do teste: 1/06/00 -10hs								
Pontos de Coleta	pH		Condutividade (µS/cm)		Dureza (mgCaCO ₃ /L)		Mortalidade (%)	Toxicidade
	I	F	I	F	I	F		
Controle	7,42	7,16	57	54,1	24	26	0	ACEITO
BBJ	6,04	7,55	179,7	183,5	60	64	33,33	MT
BJ	6,33	7,02	137	156,4	48	54	33,33	MT
B	6,58	7,16	146,1	158,3	28	30	100	AT
IJ	6,39	6,88	123,6	112,7	32	26	16,66	BT
PJ	6,22	6,70	145	110	44	62	16,66	BT
NAJ	6,42	6,97	131	216	44	68	33,33	MT
TIJ	6,64	7,06	119,6	130,5	32	38	0	BT

AT-alta toxicidade; MT-média toxicidade; BT-baixa toxicidade

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibatinga Montante; IJ-Ibatinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

No período seco (julho/00), verificou-se as maiores porcentagens de mortalidade em relação aos demais períodos de amostragem nos pontos correspondentes ao rio Tietê, Barra Bonita montante e Bariri montante, que demonstraram alta toxicidade com porcentagens de mortalidade correspondentes a 100%. O rio Piracicaba, Barra Bonita

jusante e o rio Bauru também apresentaram elevada toxicidade, sendo as porcentagens de mortalidade de 90%, 60% e 60%, respectivamente. Os demais pontos apresentaram baixa toxicidade com porcentagem de mortalidade máxima de 20% em Bariri jusante, Promissão montante e Promissão jusante, e mínima de 10% em Ibitinga montante, Nova Avanhandava jusante e Três Irmãos montante. Nova Avanhandava montante e Três Irmãos jusante não apresentaram toxicidade (TABELA 49, FIGURA 63; ANEXO C - TABELA 50).

TABELA 49: Resultados dos bioensaios de toxicidade crônicos parciais, com amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, referente a coleta do mês de julho/00

Data Inicial: 12/08/00 -10:00hs,- 20 organismos por teste								
Data Final: 19/08/00 -10:00hs -								
Pontos de Coleta	pH		Condutividade (µS/cm)		Dureza (mgCaCO ₃ /L)		Mortalidade (%)	Toxicidade
	I	F	I	F	I	F		
Controle	7,01	7,44	59,10	60,8	20	24	10	ACEITO
P	5,96	5,80	142,70	194	32	36	90	AT
T	6,02	5,50	144	318	38	22	100	AT
BBM	6,16	5,84	170,30	269	32	20	100	AT
BBJ	6,87	6,67	157,0	191	42	52	60	AT
BM	6,76	5,40	153	203	28	16	100	AT
B	6,65	5,80	159,80	207	30	40	60	AT
Data Inicial: 26/08/00-9:00hs -20 organismos por teste								
Data Final: 2/09/00 -9:00hs								
Pontos de Coleta	pH		Condutividade (µS/cm)		Dureza (mgCaCO ₃ /L)		Mortalidade (%)	Toxicidade
	I	F	I	F	I	F		
Controle	7,26	7,38	160,8	168	42	36	10	ACEITO
BJ	6,85	7,52	207	291	48	40	20	BT
IM	7,09	7,10	153	204	50	32	10	BT
IJ	7,03	6,74	151,1	280	42	36	50	MT
PM	7,15	7,11	123,6	184,8	30	26	20	BT
PJ	7,24	7,47	154,1	199	50	32	20	BT
NAM	7,34	7,10	168,2	203	56	38	0	BT
NAJ	7,41	7,37	108,5	214	56	46	10	BT
TIM	7,43	7,47	139	236	52	44	10	BT
TIJ	7,46	7,41	194,5	269	56	46	0	BT

AT-alta toxicidade; MT-média toxicidade; BT-baixa toxicidade

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante,

C-contrôle; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 63: Porcentagens de mortalidade ao longo do sistema Tietê, em diferentes períodos de coleta

Através da análise estatística Qui-quadrado (χ^2), as porcentagens de mortalidade que apresentaram diferença significativa em relação ao controle estiveram entre o intervalo de 26,66% a 100%, ou seja as diferenças em relação ao controle que poderiam ser preocupantes correspondem aos graus de toxicidade média e alta propostos por MELETTI. (1997), conforme a TABELA 51.

TABELA 51: Comparação da toxicidade proposta por MELETTI (1997) e análise estatística baseada no teste do Qui-quadrado (χ^2).

Período de amostragem ⇒	Outubro/99		Fevereiro/00		Maio/00		Julho/00	
Classificação comparativa da toxicidade ⇒ Pontos de coleta ⇓	Meletti (97)	χ^2	Meletti (97)	χ^2	Meletti (97)	χ^2	Meletti (97)	χ^2
C	15		6,66		0		10	
P	90 (AT)		60 (AT)		50 (MT)		90 (AT)	
T	90 (AT)		66,66 (AT)		50 (MT)		100 (AT)	
BBM	95 (AT)		93,33 (AT)		50 (MT)		100 (AT)	
BBJ	95 (AT)		60 (AT)		33,33 (MT)		60 (AT)	
BM	93,33 (AT)		33,33 (MT)		33,33 (MT)		100 (AT)	
B	93,33 (AT)		66,66 (AT)		100 (AT)		60 (AT)	
BJ	80 (AT)		26,66 (MT)		33,33 (MT)		20 (BT)	
IM	76,66 (AT)		33,33 (MT)		0 (NT)		10 (BT)	
IJ	73,33 (AT)		33,33 (MT)		16,66 (BT)		50 (MT)	
PM	63,33 (AT)		43,33 (MT)		16,66 (BT)		20 (BT)	
PJ	100 (AT)		30 (MT)		16,66 (BT)		20 (BT)	
NAM	13,33 (BT)		43,33 (MT)		16,66 (BT)		0 (NT)	
NAJ	26,66 (MT)		43,33 (MT)		33,33 (MT)		10 (BT)	
TIM	13,33 (BT)		10 (BT)		0 (NT)		10 (BT)	
TIJ	6,66 (BT)		6,66 (BT)		0 (NT)		0 (NT)	

Significativo em relação ao lote controle

AT-alta toxicidade; MT - média toxicidade BT - baixa toxicidade, NT - não tóxico

C-contrôle; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

5.4.4- BIOMETRIA FINAL DOS ORGANISMOS TESTE EM RELAÇÃO AO LOTE CONTROLE

Pode-se verificar através da análise estatística Mann-Whitney a diferenciação nos parâmetros peso e comprimento total dos organismos controle em relação aos peixes utilizados em bioensaios de toxicidade crônica-parcial com sedimentos coletados em alguns pontos do sistema Tietê.

Em relação ao comprimento total no mês de fevereiro/00 verificou-se diferença significativa em relação ao lote controle para os organismos expostos aos rios Piracicaba, Tietê, Barra Bonita jusante, Bariri montante, rio Bauru, Ibitinga montante e

jusante. Em maio/00, houve diferenciação significativa nos pontos correspondentes aos rios Piracicaba, Tietê, Barra Bonita montante e jusante e Bariri jusante. Apenas o rio Bauru apresentou diferença em relação aos organismos controle no mês de julho/00 (TABELA 52).

Não foi possível aplicar a análise estatística nos pontos onde ocorreram porcentagens de mortalidade entre 90% e 100%, devido a pequena quantidade de organismos.

TABELA 52:Análise estatística (Teste de Mann-Whitney) do resultado comprimento total (mm), pós teste, em relação ao lote controle

Parâmetro→ Pontos de coleta↓	COMPRIMENTO TOTAL (mm)											
	Outubro/99			Fevereiro/00			Maio/00			Julho/00		
	P	S	NS	P	S	NS	P	S	NS	P	S	NS
P	-	-	-	<0,001	X		<0,001	X	-	-	-	-
T	-	-	-	<0,001	X		<0,01	X	-	-	-	-
BBM	--	-	-	-	-	-	<0,05	X	-	-	-	-
BBJ	-	-	-	<0,001	X		<0,05	X		>0,05		X
BM	-	-	-	<0,001	X		>0,05		X	-	-	-
B	-	-	-	<0,001	X		>0,05		X	<0,001	X	
BJ	0,3688		X	>0,05		X	<0,001	X		>0,05		X
IM	0,3688		X	<0,001	X		>0,05		X	>0,05		X
IJ	0,3688		X	<0,05	X		>0,05		X	>0,05		X
PM	0,3688		X	>0,05		X	>0,05		X	>0,05		X
PJ	0,385		X	>0,05		X	>0,05		X	>0,05		X
NAM	0,385		X	>0,05		X	>0,05		X	>0,05		X
NAJ	0,385		X	>0,05		X	>0,05		X	>0,05		X
TIM	0,385		X	>0,05		X	>0,05		X	>0,05		X
TIJ	0,385		X	>0,05		X	>0,05		X	>0,05		X

C-controle; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.
S-significativo; NS- Não significativo; X-Alta toxicidade; X-Média toxicidade

Quanto ao peso total (g), foi detectada a diferença significativa em relação ao lote controle em fevereiro/00 para os rios Piracicaba, Tietê e Bauru e no período correspondente a maio/00 para os mesmos pontos, além de Bariri jusante e em julho/00 para Barra Bonita jusante e rio Bauru (TABELA 53),

TABELA 53: Análise estatística (Teste de Mann-Whitney) do peso total após o teste, em relação ao lote controle

Parâmetro⇒ Pontos de coleta⇓	PESO TOTAL (g)											
	Outubro/99			Fevereiro/00			Maio/00			Julho/00		
	P	S	NS	P	S	NS	P	S	NS	P	S	NS
P	-	-	-	<0,01	X		<0,05	X		-	-	-
T	-	-	-	<0,01	X		<0,001	X		-	-	-
BBM	-	-	-	-	-	-	>0,05		X	-	-	-
BBJ	-	-	-	>0,05		X	<0,05	X		<0,05	X	
BM	-	-	-	>0,05		X	>0,05		X	-	-	-
B	-	-	-	<0,01	X		>0,05		X	<0,01	X	
BJ	0,30		X	>0,05		X	<0,001	X		0,059		X
IM	0,30		X	>0,05		X	>0,05		X	0,059		X
IJ	0,30		X	>0,05		X	>0,05		X	0,059		X
PM	0,30		X	>0,05		X	>0,05		X	0,059		X
PJ	0,1004		X	>0,05		X	>0,05		X	0,059		X
NAM	0,1004		X	>0,05		X	>0,05		X	0,059		X
NAJ	0,1004		X	>0,05		X	>0,05		X	0,059		X
TIM	0,1004		X	>0,05		X	>0,05		X	0,059		X
TIJ	0,1004		X	>0,05		X	>0,05		X	0,059		X

S-significativo; NS- Não significativo; X-Alta toxicidade; X-Média toxicidade

P-piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ- Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga Jusante; PM- Promissão Montante; PJ- Promissão Jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ -Três Irmãos Jusante,

5.4.5- MONITORAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA EXTRAÍDA DOS BIOENSAIOS DE TOXICIDADE CRÔNICA - PARCIAL.

5.4.5.1 - Compostos nitrogenados

A água extraída ao final dos bioensaios de toxicidade crônica nos meses de maio e julho/00, demonstraram elevadas concentrações de compostos nitrogenados provenientes dos sedimentos.

O íon amônio apresentou as maiores concentrações no mês de maio/00 para os rios Bauru e Tietê, com valores correspondentes a 2.700,0 µg/L e 2.292,0µg/L respectivamente. Neste período, o menor valor obtido foi de 4,9 µg/L em Bariri jusante.

Em julho/00, o valor máximo obtido foi para o rio Tietê, seguido por Bariri jusante e rio Piracicaba, com valores correspondentes a 3.557,0 µg/L, 2.931,0 µg/L e 2.200,0 µg/L, respectivamente. Neste período, Ibitinga montante apresentou a menor concentração, correspondente a 14,2 µg/L.

Pode-se observar uma tendência a diminuir as concentrações de íon amônio ao longo da cascata, nos diferentes períodos de amostragem (FIGURA 64; ANEXO C - TABELA 54).

C - controle; P-piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ- Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ- Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga Jusante; PM- Promissão Montante; PJ- Promissão Jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ -Três Irmãos Jusante,

FIGURA 64 :Concentrações do íon amônio na água dos bioensaios de toxicidade com amostras de sedimento (maio e julho de 2000)

Em relação ao nitrato, com exceção de Bariri jusante, todos os pontos apresentaram as maiores concentrações no mês de maio/00. A concentração máxima detectada foi de 2.597,0 $\mu\text{g/L}$ no rio Bauru em maio/00, e o valor mínimo de 16,8 $\mu\text{g/L}$ foi detectado em Ibitinga montante em julho/00. Ao longo do sistema em cascata, foi observada uma variação das concentrações, com tendência a diminuição das mesmas na escala espacial (FIGURA 65; ANEXO C- TABELA 54).

C - controle; P-piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ- Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ- Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga Jusante; PM- Promissão Montante; PJ- Promissão Jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ -Três Irmãos Jusante,

FIGURA 65 :Concentração de nitrato na água dos bioensaios de toxicidade com amostras de sedimento (maio e julho de 2000)

A variável nitrito apresentou concentrações baixas em todos os pontos e períodos de amostragem com exceção de Bariri jusante, Promissão montante e Nova Avanhandava jusante no mês de maio/00, que apresentaram concentrações correspondentes a 224,14µg/L, 145,87µg/L e 277,55µg/L, respectivamente. Em geral os valores oscilaram, não havendo a tendência na diminuição das concentrações ao longo da cascata (FIGURA 66; ANEXO C- TABELA 54).

C -controle; P-piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ- Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ- Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga Jusante; PM- Promissão Montante; PJ- Promissão Jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ -Três Irmãos Jusante,

FIGURA 66 :Concentração de nitrito na água dos bioensaios de toxicidade com amostras de sedimento (maio e julho de 2000)

5.4.5.2 -COMPOSTOS FOSFATADOS

As diferentes formas de fósforo puderam ser detectadas na água dos bioensaios demonstrando a presença dos mesmos nos sedimentos. As concentrações de fósforo total oscilaram ao longo do sistema em cascata. No mês de maio/00, as concentrações máximas e mínimas foram de 299,9 µg/L e 54,8 µg/L no rio Bauru e em Três Irmãos jusante respectivamente. Em julho/00, Nova Avanhandava jusante e Três Irmãos jusante apresentaram as concentrações máximas e mínimas correspondente a 332,0 µg/L e 51,4 µg/L, respectivamente (FIGURA 67 ANEXO C- TABELA 55).

O fósforo total dissolvido também oscilou, apresentando maior concentração em maio para o rio Piracicaba (274,01 µg/L), sendo o valor mínimo igual a 12,93 µg/L detectado em Três Irmãos montante. No mês de julho/00, pode-se verificar dois aumentos registrados em Bariri montante e em Nova Avanhandava jusante, cujas concentrações corresponderam a 297,3 µg/L e 261,6 µg/L, respectivamente. Neste

período, o valor mínimo foi de 17,13 $\mu\text{g/L}$ registrado em Três Irmãos jusante (**FIGURA 67 ANEXO C- TABELA 55**).

Quanto ao fósforo inorgânico dissolvido, o rio Piracicaba e Três Irmãos jusante apresentaram as concentrações máximas e mínimas no mês de maio/00, correspondente a 174,7 $\mu\text{g/L}$ e 3,4 $\mu\text{g/L}$ respectivamente. Em julho, a concentração máxima de 180,0 $\mu\text{g/L}$ foi obtida em Nova Avanhandava jusante e a mínima de 9,0 $\mu\text{g/L}$ foi encontrada em Três Irmãos jusante. (**FIGURA 67 ANEXO C- TABELA 55**). As concentrações oscilaram ao longo da cascata, sendo as concentrações mais baixas detectadas no reservatório de Três Irmãos.

C-controle; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 67: Concentração das formas de fósforo na água dos bioensaio de toxicidade crônica parcial com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).

5.4.5.3-METAIS

CÁDMIO

Foi detectada a presença de cádmio na água dos bioensaios referentes a todos os pontos de coleta no mês de maio/00. Neste período, verificou-se dois aumentos de concentrações correspondentes a 0,080 mg/L e 0,076 mg/L em Ibitinga jusante e Barra Bonita montante, respectivamente. O valor mínimo detectados foi de 0,032 mg/L em Promissão jusante.

Em julho/00, as concentrações obtidas foram baixas, com valores máximo e mínimo de 0,014 mg/L e 0,002 mg/L no rio Bauru e em Promissão montante, respectivamente. Neste período, as águas dos bioensaios não apresentaram cádmio nos pontos correspondentes a Bariri jusante, Ibitinga jusante, Promissão jusante, Nova Avanhandava montante, Nova Avanhandava jusante e Três Irmãos montante (**FIGURA 68; ANEXO A - TABELAS 27 e 28**).

C-control; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibatinga Montante; IJ-Ibatinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 68: Concentração de cádmio na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).

COBALTO

As concentrações de cobalto foram baixas nas águas extraídas dos bioensaios correspondentes aos quinze pontos de coleta no sistema Tietê. Foram registrados dois picos de concentração com valores correspondentes a 0,51 mg/L e 0,44 mg/L em Barra Bonita montante e Promissão jusante no mês de maio/00.

A água dos bioensaios correspondentes a coleta de julho/00, apresentaram concentrações mais baixas em relação a maio/00, com valores máximo e mínimo de

0,088 mg/L e 0,0036 mg/L respectivamente (FIGURA 69; ANEXO A - TABELAS 26 e 27).

C-control; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 69: Concentração de cobalto na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).

COBRE

A presença de cobre na água dos bioensaios com sedimentos correspondente a coleta de maio/00 ocorreu somente nos rios Piracicaba e Bauru, Ibitinga jusante (que apresentou a menor concentração correspondente a 0,006 mg/L) e Promissão montante (o qual apresentou a concentração máxima de 0,152 mg/L), além de Nova Avanhandava jusante e Três Irmãos montante. A água dos bioensaios referentes a coleta de julho/00, apresentaram cobre em todos os pontos, com exceção de Barra Bonita montante, Barra Bonita jusante e Bariri montante. Neste período, as concentrações máxima e mínima foram de 0,0004 mg/L e 0,16 mg/L, respectivamente (FIGURA70; ANEXO A - TABELAS 26 e 27).

C-control; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 70: Concentração de cobre na água dos bioensaios de toxicidade crônica parcial com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).

CROMO

O cromo foi detectado na água de todos os bioensaios realizados com amostras de sedimento coletado em maio/00. Neste período a tendência foi o aumento das concentrações nos últimos reservatórios. Em julho/00, verificou-se um padrão inverso, com a diminuição das concentrações ao longo do sistema Tietê. Neste período, não foi detectado cromo em Bariri jusante, Ibitinga jusante e Três Irmãos montante.

As concentrações máxima e mínima obtidas em maio/00 foram de 2,2 mg/L e 1,7 mg/L em Promissão jusante e Barra Bonita montante, respectivamente. Em julho/00, o rio Bauru apresentou a máxima concentração, correspondente a 1,04 mg/L, e a concentração mínima de 0,02 mg/L foi obtida em Nova Avanhandava montante (FIGURA 71; ANEXO A - TABELAS 26 e 27)

FIGURA 71: Concentração de cromo na água dos bioensaios de toxicidade crônica parcial com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).

FERRO

O ferro esteve presente na água extraída dos bioensaios em maio e julho de 2000. Em geral, as maiores concentrações ocorreram em maio/00, com valor máximo de 76,93 mg/L (em Promissão montante) e valor mínimo de 0,4 mg/L em Nova Avanhandava montante. Apenas Nova Avanhandava montante e jusante apresentaram as maiores concentrações em julho/00, com valores correspondentes a 1,3 mg/L e 18,4 mg/L, respectivamente (FIGURA 72; ANEXO A - TABELAS 26 e 27)

C-contrôle; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 72: Concentração de ferro na água dos bioensaios de toxicidade crônica parcial com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).

MAGNÉSIO

No mês de maio/00, as concentrações apresentaram-se mais elevadas nos bioensaios, inclusive nos últimos pontos de coleta, com valores máximo e mínimo de 18,6 mg/L (em Barra Bonita jusante) e mínimo de 1,9 mg/L (no rio Piracicaba). Em relação ao período de julho/00, as concentrações foram baixas e semelhantes ao longo dos pontos, com pouca oscilação entre os valores. Neste período, Barra Bonita jusante também apresentou o valor máximo correspondente a 4,52 mg/L, e no rio Piracicaba o mínimo de 0,52 mg/L (**FIGURA 73; ANEXO A - TABELAS 26 e 27**).

C-contrôle; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 73: Concentração de magnésio na água dos bioensaios de toxicidade crônica parcial com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).

MANGANÊS

Nos pontos correspondentes ao rio Piracicaba, Barra Bonita jusante e Nova Avanhandava jusante, as maiores concentrações ocorreram em julho/00, com valores de 2,2 mg/L, 0,9 mg/L e 0,5 mg/L, respectivamente. Nos demais pontos, foi em maio que ocorreram as maiores concentrações, com valores máximo e mínimo de 17,4 mg/L (no rio Piracicaba) e 0,006 mg/l (em Três Irmãos jusante), respectivamente. Em geral, pode-se perceber uma tendência a diminuição dos valores em direção aos últimos pontos de coleta, nas águas dos bioensaios de maio e julho/00 (**FIGURA 74; ANEXO A - TABELAS 26 e 27**).

C-contrôle; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 74: Concentração de manganês na água dos bioensaios de toxicidade crônica com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).

ZINCO

O zinco foi detectado nas águas dos bioensaios de maio e julho/00 em todos os pontos coletados. Com exceção de Ibitinga jusante e Promissão jusante que apresentaram as concentrações máximas em julho/00, correspondentes a 0,23 mg/L e 0,14mg/L, respectivamente, os demais bioensaios apresentaram os valores mais elevados no período de maio/00, sendo que o rio Tietê apresentou o valor máximo de 0,35 mg/L e o valor mínimo de 0,13 mg/L ocorreu em Barra Bonita jusante, Promissão jusante e em Nova Avanhandava montante (**FIGURA 75; ANEXO A - TABELAS 26 e 27**).

C-controle; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante.

FIGURA 75: Concentração de zinco na água dos bioensaios de toxicidade crônica parcial com amostras de sedimento (maio e julho de 2000).

5.5. ANÁLISES HISTOLÓGICAS

Os resultados das análises histológicas realizadas com organismos expostos ao sedimento coletado na época chuvosa (fevereiro/00) demonstraram algumas alterações teciduais em relação aos organismos controle, confirmando a degradação ambiental.

Foi observado nos cortes histológicos dos organismos controle as condições normais da estrutura branquial, com os espaços entre as lamelas bastante definidos e a área respiratória com a presença das flanges (terminações de vasos sanguíneos por onde ocorrem as trocas gasosas). Em relação a porção não respiratória, foi verificada a presença das cartilagens em formação, pequenas quantidades de células mucosas e tecido muscular. (FIGURA 76).

FIGURA 76: corte transversal à brânquia de um organismo controle no período de fevereiro/00, com detalhes das cartilagens (*) e células mucosas (^) na porção não respiratória, além do comprimento da porção respiratória I I, contendo as flanges (→) e o detalhe dos espaços interlamelares (→) (coloração: azul de toluidina).

Escala: 34 μ m

Em geral, pode-se verificar uma redução da porção respiratória nos organismos expostos aos sedimentos dos diferentes pontos de coleta, ou seja em relação ao lote controle, houve pouco desenvolvimento das brânquias, com exceção dos organismos expostos ao bioensaio de Ibitinga montante (**FIGURA 77**), o qual parece ter se desenvolvido melhor, no entanto com proliferação de células e diminuição do espaço interlamelar.

FIGURA 77: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Ibitinga montante por sete dias, com detalhe das cartilagens (*), musculatura (M) proliferação de células na área respiratória (➡) e diminuição do espaço interlamelar (⤿)
Escala: 34 μ m

Já as brânquias dos organismos expostos aos sedimentos dos rios Piracicaba e Tietê, apresentaram proliferação excessiva de células entre as lamelas, bem como junção lamelar. Em Barra Bonita montante, o desenvolvimento das brânquias foi prejudicado, não sendo observada a formação das cartilagens em todas as lamelas, além da proliferação de células nos espaços interlamelares (**FIGURAS 78, 79 e 80**).

FIGURA 78: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento do rio Piracicaba por sete dias, com detalhe da cartilagem (*) proliferação de células (seta grossa), junção de duas lamelas secundárias (→) e músculo (M).

Escala: 34 μm

FIGURA 79: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento do rio Tietê por sete dias, com detalhe da cartilagem (*) proliferação de células (*) e junção de duas lamelas secundárias (→)

Escala: 34 μm

FIGURA 80: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Barra Bonita montante por sete dias com detalhe da proliferação celular (◊), diminuição dos espaços interlamelares (◈) e redução da área respiratória (I I)

Nos organismos de Barra Bonita jusante, ocorreu proliferação desordenada da células com acentuada redução dos espaços interlamelares (**FIGURA 81**).

FIGURA 81: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Barra Bonita jusante por sete dias com detalhe da proliferação celular(◊) e diminuição dos espaços interlamelares (→). Escala: 34 μ m

Em Bariri montante, foi verificada a descaracterização das brânquias, por reduzida ocorrência de cartilagem, excesso de células mucosas e predomínio de tecido muscular na porção não respiratória das lamelas. Nos organismos expostos ao rio Bauru, Bariri jusante, Ibitinga montante, Promissão montante e jusante, foram detectadas proliferações de células nas lamelas branquiais com acentuada diminuição dos espaços interlamelares na porção respiratória, sendo que em Bariri jusante, estes espaços foram mais nítidos (FIGURAS, 82, 83, 84, 85, 86 e 87).

FIGURA 82: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Bariri montante por sete dias, demonstrando a proliferação de células no ápice das lamelas (◆), junção de duas lamelas (→) predomínio de tecido muscular (M) e excesso de células mucosas (▲) na área não respiratória

Escala: 34 um

FIGURA 83: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento do rio Bauru por sete dias demonstrando o desenvolvimento da cartilagem (*) a proliferação de células (→) e a diminuição dos espaços interlamelares (→)

FIGURA 84: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Bariri jusante por sete dias demonstrando o desenvolvimento da cartilagem (*), a proliferação de células nas lamelas secundárias (→) e a diminuição do espaço interlamelar (→)

Escala: 34 μ m

FIGURA 85: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Ibitinga jusante por sete dias, com detalhe da cartilagem (*) e proliferação celular (seta). Escala:34 μ m

FIGURA 86: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Promissão montante por sete dias indicando a proliferação celular e diminuição do espaço interlamelar (→). Na área não respiratória, observa-se a cartilagem bem desenvolvida (*). Escala:34 μ m

FIGURA 87: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Promissão jusante por sete dias, indicando a diminuição do espaço entre duas lamelas (↗).
Escala: 34 μ m

Em Nova Avanhandava montante e jusante e Três Irmãos montante e jusante, as mesmas alterações ocorreram porém com menor intensidade, uma vez que os espaços interlamelares são mais nítidos. (FIGURAS, 88, 89, 90 e 91).

FIGURA 88: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Nova Avanhandava montante por sete dias, indicando proliferação celular em algumas lamelas (seta).

Escala: 34 μ m

FIGURA 89: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Nova Avanhandava jusante por sete dias indicando proliferação celular em algumas lamelas (seta), com tendência a fusão dos ápices. Cartilagem (*). Escala: 34 μ m

FIGURA 90: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Três Irmãos montante por sete dias, indicando a proliferação celular (seta)
Escala: 17 μ m

FIGURA 91: Corte transversal da brânquia de um organismo exposto ao sedimento de Três Irmãos jusante por sete dias, indicando a proliferação celular (seta). Escala: 17 μ m

Em geral as lesões teciduais que ocorreram foram consideradas de primeiro grau, o que prejudica de alguma forma a função respiratória das brânquias, mas podem ser reversíveis. A tendência seria a fusão completa das lamelas e excesso de produção mucosa, além do desenvolvimento de neoplasias e aneurismas culminando com a asfixia e morte dos peixes se as condições desfavoráveis permanecessem, podendo ou não serem reversíveis.

5.6. ANÁLISE NUMÉRICA

O tratamento estatístico dos dados foi realizado separadamente para cada período de coleta podendo-se observar um comportamento distinto, principalmente em relação ao mês de outubro/99, quanto a similaridade dos diferentes pontos de coleta.

No período de coleta correspondente ao mês de outubro de 1999, pode-se observar dois grupos bastante distintos entre si. De um lado os rios Piracicaba, Tietê e Bauru apresentaram maior semelhança entre si, em relação aos demais pontos amostrados. Dentre estes, os pontos correspondentes a Nova Avanhandava jusante e Três Irmãos montante e jusante, apresentaram-se mais próximos (**FIGURA 92**).

FIGURA 92: agrupamento dos pontos de coleta baseado nas similaridades observadas através das análises realizadas neste sistema em outubro/99.

Em relação ao período correspondente a fevereiro/00, foi verificada a formação de três grandes grupos. O primeiro é representado pelos pontos correspondentes a Três Irmãos montante e jusante, em contraposição aos demais pontos. Destes, observa-se uma característica particular do rio Tietê, isolado de todo o sistema. Do restante dos pontos amostrados também pode-se verificar, através da análise de agrupamento, que o rio Piracicaba também se encontra de certa forma isolado dos demais pontos. Percebe-se que neste período, ao contrário do período anterior, os rios Piracicaba e Tietê passam a não apresentarem características próximas, mas particulares em relação ao sistema Tietê (FIGURA 93).

FIGURA 93: agrupamento dos pontos de coleta baseado nas similaridades observadas através das análises realizadas neste sistema em fevereiro/00.

Em maio/00, Três Irmãos jusante e montante permaneceram agrupados e mantendo uma distância dos demais pontos, os quais apresentam características mais semelhantes, com exceção do rio Piracicaba, o qual permaneceu isolado. O rio Tietê (ponto 1) apresentou características diferenciadas dos demais grupos e pontos, permanecendo isolado, de modo semelhante ao rio Piracicaba (FIGURA 94).

FIGURA 94: agrupamento dos pontos de coleta baseado nas similaridades observadas através das análises realizadas neste sistema em maio/00

Em relação ao último período de coleta (julho/00), foi observado uma semelhança em relação aos períodos de coleta correspondentes a fevereiro e maio de 2000, quanto a três Irmãos montante e jusante, os quais mantiveram uma maior semelhança de acordo com a análise de agrupamento, apresentam esta relação bastante nítida. Em relação aos demais pontos, embora haja uma ligação, é menos acentuada. O rio Tietê novamente apresenta-se bastante distante, ou isolado dos demais pontos de coleta, o mesmo ocorrendo para o rio Piracicaba, sendo que esta apresenta alguma ligação com Barra Bonita jusante e rio Bauru (**FIGURA 95**)

FIGURA 95: agrupamento dos pontos de coleta baseado nas similaridades observadas através das análises realizadas neste sistema em julho/00.

De uma maneira geral, os rios Piracicaba e Tietê estiveram agrupados, demonstrando semelhanças ou apresentaram-se isolados dos demais pontos de coleta realizados neste sistema. Os dois últimos pontos de coleta independentemente do período de amostragem, sempre estiveram agrupado. Os demais pontos formaram pequenos agrupamentos entre eles, variando com o período de amostragem.

Portanto, é possível detectar as condições mais críticas do sistema, que se encontra nos rios formadores, as condições intermediárias nos reservatórios deste sistema, com exceção de Três Irmãos, o qual apresenta as condições mais satisfatórias de todo o sistema em cascata.

6. DISCUSSÃO

6.1. CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DOS RESERVATÓRIOS DO MÉDIO E BAIXO RIO TIETÊ (SP).

6.1.1. Aspectos físicos, químicos e biológicos das águas do sistema Tietê.

Os estudos limnológicos no sistema Tietê tiveram início na década de 70 com o projeto temático " Tipologia de Reservatórios", visando a obtenção de informações a respeito da evolução de ecossistemas artificiais para o futuro manejo e controle da qualidade da água. A partir deste projeto, outras pesquisas foram e estão sendo realizadas nesta área possibilitando a geração de um banco de dados que permitirá a avaliação da qualidade ambiental e o manejo dos recursos hídricos do sistema Tietê, na área que corresponde aos reservatórios de Barra Bonita e Três Irmãos.

No presente trabalho, procurou-se contribuir com os estudos desenvolvidos na região, disponibilizando informações limnológicas obtidas a partir de um estudo com abordagem espacial e temporal, procurando-se compreender o funcionamento do sistema de reservatórios construídos em cascata quanto a qualidade da água, incluindo-se não somente as variáveis físicas, químicas e biológicas (clorofila) da água, mas também um avaliação do compartimento sedimento, o qual representa um coletor de informações a respeito do funcionamento das bacias hidrográficas, bem como a realização de bioensaios de toxicidade com amostras de sedimento.

Considerando-se as variáveis limnológicas usualmente analisadas nos estudos de ecossistemas aquáticos, muitas delas refletem diretamente as modificações ambientais que ocorrem na bacia hidrográfica. A transparência da água, por exemplo, trata-se de um parâmetro diretamente relacionado com a quantidade de material em suspensão particulado e dissolvido encontrado nos corpos de água, os quais mantem relação direta com entradas alóctone e autóctone que ocorrem no sistema. Em concentrações elevadas, estes materiais dificultam a passagem de radiação solar no campo subaquático implicando em alterações na produtividade do sistema. A concentração do material em suspensão na coluna de água mantém relação direta com o regime de chuvas, o qual, além de acarretar a entrada de material atmosférico, propicia o escoamento urbano e agrícola para dentro do compartimento aquático.

Esta situação é agravada pela ausência de vegetação, a qual, quando presente, reteria boa parte deste material. As fontes pontuais de poluição também contribuem significativamente para a diminuição da transparência e aumento da turbidez (ESTEVES, 1998; WETZEL, 1993; GOLDMAN & HORNER, 1983).

Nos reservatórios do sistema Tietê, os resultados de transparência foram maiores no período intermediário de chuva para seca, correspondendo ao mês de maio/00, sendo que estes resultados coincidiram com as menores concentrações de material em suspensão total na mesma época. Tal situação provavelmente pode explicar, juntamente com outros fatores (como concentração de nutrientes), os elevados valores de clorofila *a* obtidos para os reservatórios de Bariri (montante), Ibitinga (montante), Ibitinga (jusante), Promissão (montante), Nova Avanhandava (montante) e Três Irmãos (montante), uma vez que quanto maior a transparência, maior é a penetração de luz no campo subaquático, o que estimula a produtividade do sistema. Devido à diminuição das chuvas, a tendência normal em relação à operação da barragem é diminuir a vazão, o que, conseqüentemente, propicia o aumento no tempo de retenção da água nos reservatórios, favorecendo ainda o aumento da produtividade. Este período pode ser caracterizado pela ausência de chuvas e pouco vento, permitindo, deste modo, que o material suspenso na coluna de água sedimentasse.

Em fevereiro/00 (período chuvoso) foram detectadas as concentrações mais elevadas de material em suspensão, na maioria dos reservatórios, associadas à diminuição da transparência. Provavelmente os elevados índices pluviométricos acarretaram a entrada de material orgânico e inorgânico para o interior dos corpos de água, os quais, ao longo de todo o sistema, apresentaram ausência de vegetação marginal, agravando tal situação. Neste período, os valores de clorofila *a*, em relação ao mês de maio/00, tenderam a diminuir em alguns pontos (Bariri montante, Ibitinga montante e jusante, Promissão montante e jusante, Nova Avanhandava montante e jusante e Três Irmãos montante e jusante), provavelmente em decorrência da maior dificuldade da luz em atingir pequenas profundidades, associado ao aumento da vazão, os quais prejudicam a reprodução dos organismos clorofilados do sistema.

No período seco, embora tenha ocorrido um aumento da transparência ao longo do sistema em cascata, as reduções de temperatura provavelmente

contribuíram para a diminuição da clorofila em função de alterações metabólicas ou modificações na estrutura da comunidade de fitoplâncton (substituição de espécies). Outro fator a ser considerado relaciona-se com o consumo de algas por parte do zooplâncton herbívoro (MAYBECH, 1992)

Relação semelhante entre a concentração de material em suspensão e precipitação também foi verificada por ZANATA (1999) que, estudando as populações de Cladocera no reservatório de Salto Grande (Americana -SP), verificou que os valores mais elevados de material em suspensão ocorreram no período chuvoso, coincidindo com os menores valores de transparência. Os valores máximo e mínimo obtidos para o material em suspensão nos períodos chuvoso e seco foram de 64,9mg/L e 13,8 mg/L, respectivamente. Esta autora verificou ainda uma diminuição na concentração de material em suspensão no eixo longitudinal do sistema a medida que se distanciava do rio Atibaia (altamente poluído). TONISSI (1999), avaliando a toxicidade deste sistema, confirmou a mesma relação, com valores máximos de material em suspensão no período chuvoso correspondendo a 85,5 mg/L e 11,3 mg/L no período seco. Este autor também registrou a maior contribuição de material orgânico no período seco, correlacionando com a maior entrada de luz, a qual propiciou o florescimento algal. No presente estudo, a concentração de matéria orgânica foi mais elevada no período chuvoso e a inorgânica no período seco.

NOGUEIRA & MATSUMURA-TUNDISI (1994), avaliando as características limnológicas de um sistema artificial raso (represa do Monjolinho, São Carlos, SP), encontraram os maiores valores de transparência no período seco, os quais foram relacionados com os baixos índices de pluviosidade e conseqüentemente a diminuição do material suspenso. O valor máximo de transparência foi de 1,20 m em julho e o mínimo de 0,70 m ocorreu nas demais épocas do ano.

TUNDISI *et. al.* (1993) ao avaliarem a qualidade da água dos reservatórios do rio Tietê em julho de 1989, obtiveram valores de transparência crescentes ao longo do sistema em cascata, porém com valores inferiores aos detectados em julho de 2000 (observados no presente trabalho), enquanto foi registrado a menor transparência (1,90 metros de profundidade) na represa de Barra Bonita em 1989, no presente trabalho registrou-se 4,20m a jusante desta mesma barragem. Já o maior valor registrado em 1989 foi de 3,0 metros para a represa de Nova Avanhandava,

enquanto no presente trabalho obteve-se 8,30 m à jusante da barragem. Os resultados obtidos entre 1999 e 2000, embora com variações acentuadas nos valores de transparência (espacial e temporalmente), também demonstraram que os últimos reservatórios do sistema em cascata apresentaram maior transparência da água, chegando a atingir 9,0 metros na represa de Três Irmãos (montante).

BARBOSA *et. al* (1999), ao estudarem os reservatórios em cascata do sistema Tietê em fevereiro de 1998, obtiveram valores relativamente elevados de material em suspensão quando comparados aos resultados detectados no presente trabalho. Os valores máximos e mínimos foram de 144,2 mg/L no rio Tietê e 4,2 mg/L no reservatório de Promissão, respectivamente, enquanto registrou-se 14,2 mg/L no rio Tietê e 2,3mg/L em Promissão (jusante da barragem) entre 1999 e 2000. O valor máximo obtido foi de 53 mg/L no rio Piracicaba e o valor mínimo foi de 2,05 mg/L na represa de Três Irmãos. Ao longo do sistema em cascata, ambos trabalhos registraram, com tendência geral, a diminuição na concentração de material em suspensão.

Outra variável analisada nas pesquisas limnológicas é a condutividade, a qual, de acordo com ESTEVES (1998), representa a capacidade de uma solução em conduzir corrente elétrica. Neste estudo, os valores de condutividade apresentaram correlação com os períodos de amostragem, verificando-se que em outubro/99 e julho/00 foram detectados os maiores valores, provavelmente em decorrência do maior tempo de retenção da água, que possibilitou o aumento da concentração iônica e ainda da precipitação. De fato, no mês de fevereiro/00, onde foram obtidos os maiores índices pluviométricos, verificou-se os menores valores de condutividade em todo o sistema, uma vez que a precipitação tende a diluir os íons presentes na água, diminuindo consequentemente a condutividade.

A condutividade está mais diretamente relacionada com a presença de macronutrientes como Ca, Mg, K, Na, CO₃, SO₄ e Cl⁻, sendo que as diferentes formas de fósforo e nitrogênio, com exceção do íon amônio em concentrações elevadas, pouco interferem nestes resultados. Segundo ESTEVES (1998), em regiões tropicais as condições biogeoquímicas do local e a sazonalidade apresentam maior relação com os resultados de condutividade do que o próprio estado trófico do corpo de água estudado. Dentre os macronutrientes analisados neste estudo, o magnésio foi

o único elemento quantificado, verificando-se concentrações elevadas em todos os períodos de coleta.

Os resultados de condutividade obtidos por TUNDISI *et. al.* (1988), referentes a quatro períodos de amostragem no ano de 1979, demonstraram uma tendência a diminuição da condutividade do reservatório de Barra Bonita em direção ao de Nova Avanhandava, com respectivos valores iguais a 103,25 $\mu\text{S/cm}$ e 80 $\mu\text{S/cm}$. BARBOSA *et. al.* (1999), estudando este mesmo sistema, verificou em fevereiro de 1998 a mesma tendência, ou seja, a diminuição dos valores ao longo do sistema em cascata. Porém, verificou um aumento significativo dos valores em cada reservatório, com valor máximo de 184 $\mu\text{S/cm}$ e mínimo de 105 $\mu\text{S/cm}$ em Barra Bonita e Três Irmãos, respectivamente. De acordo com este autor, o aumento da condutividade deve estar relacionado principalmente as elevadas cargas de substâncias orgânicas e inorgânicas provenientes do rio Tietê. Em fevereiro/00 (presente trabalho), verificou-se variações dos valores de condutividade ao longo da sequência de reservatórios, sendo que nos primeiros reservatórios (Barra Bonita, Bariri Ibitinga e Promissão) foram obtidos valores médios (da coluna de água) de aproximadamente 120 $\mu\text{S/cm}$ e nos últimos (Nova Avanhandava e Três Irmãos) em torno de 70 $\mu\text{S/cm}$, os quais representam valores menores em comparação aos dados obtidos em fevereiro /98 por BARBOSA *et al* (1999).

A variação da temperatura no sistema Tietê também esteve correlacionada com a sazonalidade, verificando-se temperaturas mais elevadas no período chuvoso em decorrência da maior insolação e presença de partículas suspensas capazes de absorver a energia solar e acumular calor. As menores temperaturas foram obtidas em julho/00, correspondente a época seca. Isto ocorre em decorrência da área de estudo estar localizada em uma região de transição entre o clima tropical e subtropical, caracterizada pelo inverno seco (com chuvas escassas ou ausente) e por um verão chuvoso (GUNTZEL, 2000).

Segundo SANDES (1990), o efeito combinado da morfometria, fatores climatológicos (radiação solar, vento, precipitação) e fatores hidrológicos (tempo de retenção, vazão, altura da saída de água para as turbinas), bem como as suas conseqüências físicas, químicas e biológicas, é determinante nos mecanismos de funcionamento dos reservatórios, dando, a estes, características específicas nas suas

qualidades dinâmicas. TUNDISI (1996), considerou os fatores climatológicos como pulsos naturais e o processo de operação das barragens como pulsos artificiais, ambos interferindo no funcionamento dos reservatórios e ecossistemas a jusante.

A ação do vento é predominante nos padrões de circulação da maioria dos reservatórios do estado de São Paulo em virtude da baixa declividade dos rios e conseqüente formação de sistemas rasos e largos, o que favorece o processo de mistura da água (TUNDISI *et. al.*, 1988). Assim, os reservatórios do sistema Tietê são caracterizados como polimíticos, com circulação completa no inverno e no verão. Durante estas estações, algumas estratificações diurnas ocorrem, mas somente por curtos períodos de tempo (TUNDISI, 1990),

Pode-se verificar, neste trabalho, a ocorrência de estratificação térmica com formação de termoclinas temporárias em estações e épocas restritas, tais como no reservatório de Barra Bonita montante em outubro/99, Barra Bonita montante e jusante em Fevereiro/00, e Barra Bonita Montante, Bariri Montante e Promissão Montante em maio/00. No mês de julho/00 não verificou-se termoclinas em decorrência provavelmente dos fortes ventos ocorridos. Tais reservatórios são sistemas rasos que sofrem forte influencia dos ventos, os quais desestratificam e homogeneizam térmicamente e quimicamente a coluna de água (TUNDISI *et.al*, 1991). Segundo ESTEVES (1998), a baixa diferença de temperatura entre o epilímnio e o hipolímnio também são responsáveis pela desestratificação.

Alguns estudos têm demonstrado o efeito do vento na circulação vertical dos ecossistemas aquáticos. NOGUEIRA & MATSUMURA-TUNDISI (1994), por exemplo, encontraram estratificação com formação temporária de termoclina nos meses de março e abril, no final do verão e início do outono, associado ao predomínio de baixas intensidades de vento e elevada radiação solar. A área de estudo (represa do Monjolinho), também é caracterizada pela alta intensidade de vento e por ser um sistema raso.

GENTIL (1984), avaliando comparativamente cinco reservatórios de diferentes bacias hidrográficas no estado de São Paulo, verificou no reservatório de Barra Bonita perfis térmicos heterogêneos encontrados em duas épocas do ano, podendo ser considerada ocasional ou restrita a curtos períodos de tempo.

PAMPLIN (1999), verificou estratificação térmica bastante nítida no verão, embora o reservatório de Salto Grande (Americana) seja caracterizado como polimítico por ARCIFA *et.al.* (1991). ZANATA (1999), verificou estratificação mais evidente no período seco.

Segundo GENTIL (*op.cit.*), a distribuição vertical do oxigênio dissolvido é bem similar à distribuição vertical da temperatura e, portanto, acoplado a estratificação térmica. A distribuição do oxigênio também está acoplada a outros fatores tais como os processos de circulação e estratificação térmica, além da carga de matéria orgânica acoplada ao aumento da DBO.

A variável oxigênio dissolvido é importante uma vez que é indispensável aos processos fisiológicos dos organismos vivos. Segundo ESTEVES (*op.cit.*), nos ambientes aquáticos as principais fontes são as atividades fotossintéticas das algas e macrófitas, difusão e turbulência.

Em geral, os reservatórios do sistema Tietê apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido elevadas em todas as épocas de coleta, principalmente em fevereiro e maio/00, quando verificou-se, em toda a coluna de água, valores semelhantes de oxigênio em termos de concentrações. Este fato pode estar relacionado com os maiores índices pluviométricos, os quais promovem a maior circulação da água no reservatório e também com a elevada vazão. A contribuição fotossintética pode ocorrer na superfície, porém em baixas quantidades, uma vez que apesar da intensa radiação solar, predomina o material em suspensão inorgânico, o qual dificulta a penetração da luz no campo subaquático.

No período intermediário de seca para chuva (outubro/99), verificou-se maiores concentrações de oxigênio nos primeiros metros da coluna de água, com diminuição nas camadas mais profundas nos reservatórios de Barra Bonita e Bariri, em virtude da menor vazão e precipitação, dificultando a maior circulação das camadas de água, além do maior consumo do mesmo em virtude da maior decomposição de matéria orgânica próximo ao sedimento. A partir do reservatório de Ibitinga as concentrações de oxigênio estiveram mais elevadas em toda a coluna de água.

Em julho, foram detectadas altas concentrações de oxigênio dissolvido em toda a coluna de água a partir de Bariri Jusante (reservatório de Ibitinga),

provavelmente em decorrência dos ventos fortes e baixo nível de água, contribuindo para a melhor homogeneização da coluna de água. Exceções ocorreram nos rios Piracicaba até Bariri montante em julho e rios Tietê e Bauru em outubro, os quais apresentaram concentrações reduzidas de oxigênio em toda a coluna de água, com anoxia nos primeiros metros.

ALTAFIN *et. al* (1995) *apud* HENRY (1999), verificou no reservatório Paranoá, considerado eutrofizado, concentrações muito baixas de oxigênio dissolvido em toda a coluna de água, no período inicial de desestratificação (junho e julho), atribuindo a ressuspensão da matéria orgânica dos sedimentos com aumento da demanda bioquímica de oxigênio em toda profundidade, o que é similar aos valores obtidos para os rios Piracicaba, Tietê e Bauru em julho/00, os quais recebem elevadas cargas de esgotos domésticos e industriais. Em reservatórios oligotróficos, como a represa de Três Marias, no período de estratificação termal ocorreu uma certa redução de oxigênio, mas sem anoxia. O reservatório de Jurumirim, apresentou estratificação termal no período de outubro a março, com redução do oxigênio nas camadas mais profundas (HENRY *op.cit.*), de modo semelhante aos primeiros reservatórios do sistema Tietê em outubro/99, sendo que no período de isoterminia (julho/00), verificou-se elevada oxigenação em toda a coluna, semelhante ao detectado para a maioria dos reservatórios da cascata em julho/00 do presente trabalho.

De acordo com GUNTZEL (2000), a partir de dados obtidos por HINO em 1979 (não publicados), independente do período estudado, a coluna de água esteve relativamente homogênea a partir do reservatório de Promissão, coincidindo com os resultados obtidos no presente estudo, com exceção do mês de outubro/99, no qual pode-se observar uma diminuição gradativa na concentração de oxigênio na coluna de água nos primeiros reservatórios da cascata.

GUNTZEL (*op.cit.*), avaliando as alterações limnológicas dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê em um período de 20 anos (1979 e 1998), verificou a redução do nível de oxigênio nos três primeiros reservatórios da cascata (Barra Bonita, Bariri e Ibitinga), possivelmente em decorrência do aumento do aporte orgânico provenientes do rio Tietê, além das atividades do entorno de cada reservatório.

ZANATTA (1999) detectou no reservatório de Salto Grande (Americana-SP), anoxia nas camadas mais profundas no período chuvoso, relacionada a presença de material em suspensão e ao processo de decomposição da matéria orgânica. Porém, registrou maior evidência da diminuição na concentração de oxigênio dissolvido na época seca, em decorrência do maior tempo de residência.

HENRY *et. al.*(1997) estudando o lago Dom Helvécio (Minas Gerais), verificou homogeneidade térmica e da concentração de oxigênio dissolvido no período de inverno (julho), obtendo elevadas concentrações, coincidindo com os resultados obtidos no presente estudo.

A dinâmica do oxigênio dissolvido em toda a coluna de água, bem como o pH é capaz de influenciar outras variáveis ambientais, como por exemplo, as formas predominantes do nitrogênio (ESTEVES, 1998).

De acordo com diferentes autores (ESTEVES, *op.cit.*; WETZEL, 1993; GOLDMAN & HORNER, 1983), as principais fontes de nitrogênio em um ambiente aquático são os produtos de excreção animal e a decomposição de matéria orgânica. A importância destes elementos está relacionada com a constituição protéica das células biológicas. As formas correspondentes ao nitrato (NO_3^-) e o íon amônio (NH_4^+) são as formas diretamente utilizadas pelos organismos autótrofos e, portanto, extremamente importantes nos ecossistemas aquáticos. Em ambientes com pH variando de neutro a moderadamente ácido, a amônia (NH_3), altamente tóxica, passa a íon amônio (NH_4^+), forma hidratada e menos tóxica, ou permanece como hidróxido de amônio (NH_4OH). Em condições de baixas concentrações de oxigênio e elevada concentração de matéria orgânica, o que ocorre é o processo de amonificação, que consiste na redução de NO_3^- (forma mais oxidada do nitrogênio) a NH_4^+ (forma mais reduzida de nitrogênio).

No presente trabalho, esta relação pode ser observada nos rios Tietê e Bauru, nos meses de outubro/99 e julho/00. As concentrações de oxigênio dissolvido nestes rios foram extremamente baixas, com valores inferiores a 3,0 mg/L, em decorrência provavelmente da redução no processo fotossintético e aumento do processo respiratório além da ressuspensão da matéria orgânica, sendo que os valores de pH variaram de 5,0 a 6,5. Estes dados demonstram que possivelmente o processo de amonificação está ocorrendo, pois ao mesmo tempo foram detectados picos de

concentração para o íon amônio e concentrações extremamente baixas de nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-).

No rio Piracicaba, foram registradas baixas concentrações de oxigênio dissolvido em julho/00 em toda a coluna de água e o pH permaneceu moderadamente ácido. No entanto, a concentração de íon amônio, ao contrário do que era esperado, esteve extremamente baixa e houve predomínio de nitrato. Tal fato pode estar relacionado ao consumo do íon amônio por organismos fitoplanctônicos e macrófitas aquáticas no processo fotossintético.

Em relação a Barra Bonita jusante, em julho, as concentrações de oxigênio dissolvido foram baixas (variando de 4,49 mg/L a 5,77mg/L), pH moderadamente ácido e concentração de íon amônio relativamente alto. Observou-se também elevada concentração de nitrato, o que pode estar relacionada com a baixa produtividade do sistema, uma vez que a concentração de clorofila *a* foi de 4,6 µg/L

Nos demais reservatórios foram registradas condições normais de oxigênio dissolvido, baixas concentrações de íon amônio e elevadas concentrações de nitrato, indicando boas condições da água. Em Barra Bonita Montante e Bariri Jusante, no mês de outubro/99 (época intermediária de seca para chuva), foram registrados picos de concentração para o nitrato, o que provavelmente está relacionado com as elevadas concentrações de oxigênio dissolvido e o pH neutro. Estas condições estimulam o processo de nitrificação.

As concentrações de nitrito foram reduzidas em todos os reservatórios. No período chuvoso, as concentrações das diferentes formas de nitrogênio foram baixas, principalmente nos reservatórios de Nova Avanhandava e Três Irmãos. As baixas concentrações associadas as elevadas temperaturas provavelmente aceleram os processos metabólicos, estimulando a decomposição da matéria orgânica e o processo de nitrificação, o qual está associado as boas condições de oxigênio no ambiente, que por sua vez consiste na maior vazão, circulação e produção fitoplanctônica. Esta, analisada quanto a concentração de clorofila, não foi muito alta em decorrência da grande quantidade de material particulado em suspensão. As baixas concentrações também podem estar relacionadas com a diminuição do tempo de retenção, além da precipitação, que dilui a concentração das substâncias presentes na água.

TUNDISI (1991) detectou em julho de 1989, nos reservatórios do sistema Tietê, predominância de nitrato em relação as demais formas nitrogenadas, havendo sempre uma tendência a diminuição das concentrações. Obtendo-se um valor médio de toda a coluna de água, os valores máximo e mínimo de nitrato foram 598,11 $\mu\text{g/L}$ e 377 $\mu\text{g/L}$ em Barra Bonita e Nova Avanhandava, respectivamente. Comparativamente, o presente trabalho apresentou concentrações bem mais elevadas em julho de 2000, com valores correspondentes a 1630 $\mu\text{g/L}$ em Barra Bonita e 388 $\mu\text{g/L}$ em Nova Avanhandava. A partir de 1991, foi construído o reservatório de Três Irmãos, que apresentou a menor concentração de nitrato (correspondente a 277,0 $\mu\text{g/L}$). No presente trabalho, a diminuição da concentração ao longo da cascata de reservatórios pode ser observada, com oscilações nas concentrações em alguns reservatórios, relacionadas com as atividades desenvolvidas na área de entorno.

BARBOSA *et. al* (1999), observou em fevereiro de 1998, nos reservatórios do rio Tietê, valores inferiores de nitrato aos obtidos no mesmo período para o ano de 2000, no presente trabalho. Os valores máximo e mínimo em 1998 foram de 974,5 e 9,3 $\mu\text{g/L}$ no rio Tietê e em Três Irmãos, respectivamente. Em 2000, no reservatório de Barra Bonita jusante e Três Irmãos montante foram obtidas concentrações máximas e mínimas de 746,3 e 132,83 $\mu\text{g/L}$, respectivamente.

Embora nos dois períodos tenha sido verificada uma tendência geral a diminuição das concentrações das diferentes formas de nitrogênio ao longo da cascata de reservatórios, algumas variações foram observadas, o que provavelmente apresenta relação com as atividades desenvolvidas na área de entorno de cada reservatório.

De acordo com SMITH (1999), as entradas de nitrogênio e fósforo nos sistemas aquáticos está relacionada com as diversas atividades antropogênicas, principalmente devido ao escoamento de fertilizantes utilizados em áreas agrícolas. Neste sentido, HENRY & GOUVEIA (1993), avaliando o fluxo de nutrientes no Alto Paranapanema (São Paulo) e sua relação com os usos de solo e morfologia da bacia de drenagem, concluíram que o material transportado pelos rios não é inteiramente proveniente do desmatamento das bacias de drenagem, mas também de outras fontes como precipitação seca e úmida, fixação biológica de nitrogênio e resíduos de atividades antropogênicas.

Outro elemento de fundamental importância para os organismos biológico é o fósforo, uma vez que este participa do metabolismo energético dos seres vivos no que se refere ao armazenamento de energia (ATP) e na estrutura da membrana celular (fosfolipídeos). Nos ecossistemas aquáticos, o elemento ferro é extremamente importante na dinâmica dos fosfatos.

Segundo ESTEVES (1998), o elemento ferro na sua forma oxidada é insolúvel e apresenta a capacidade de adsorver fosfato através da atração oposta de cargas. Assim, em ambientes com altas concentrações de oxigênio e rico em ferro, ocorre baixas concentrações de fosfato. Em ambientes pobres em oxigênio dissolvido, o Fe^{+3} (forma oxidada) insolúvel passa a Fe^{+2} solúvel, incapaz de precipitar o fosfato, além de acarretar a diminuição na camada oxidada do sedimento tornando-o reduzido, possibilitando a liberação do fosfato para a coluna de água. No sistema Tietê, o elemento ferro esteve presente em todas as épocas de coleta e, em alguns pontos, em concentrações acima do recomendado pelas normas do CONAMA 20 (0,3mg/L).

Das diferentes formas de fósforo analisadas (fósforo total, fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico dissolvido), foram observadas as concentrações mais elevadas no período chuvoso, para a maioria dos pontos de coleta, sendo obtida uma maior concentração de fosfato total e fosfato inorgânico no pontos correspondentes aos rios Tietê e Piracicaba (em julho/00), em decorrência dos despejos de esgotos domésticos e industriais provenientes de grandes centros urbanizados. Os menores valores detectados para as diferentes formas de fósforo, principalmente de ortofosfato, ocorreram em julho de 2000, coincidindo com as elevadas concentrações de oxigênio dissolvido. Provavelmente, deve ter ocorrido a precipitação do fosfato pelo íon ferro, o qual, nestas condições, se apresenta na sua forma insolúvel. Esta tendência foi observada por TUNDISI (1988) e CHALAR & TUNDISI (1999).

A tendência geral observada durante o período de estudo foi a diminuição ao longo da cascata de reservatórios para as diferentes formas de fósforo, em decorrência da maior distância dos rios poluidores, com conseqüente melhoria da qualidade da água. Situação semelhante foi verificada por AGOSTINHO & GOMES (1997) nos reservatórios em cascata do rio Iguaçu, onde foi detectado, já no segundo

reservatório (reservatório de Segredo), uma redução de 36% de fósforo em relação ao primeiro.

BARBOSA *et. al* (1998), estudando as cargas de fósforo e nitrogênio em um reservatório eutrofizado de Minas Gerais (Pampulha), verificou uma diminuição gradual dos nutrientes em direção a saída do reservatório, tanto no período seco como no chuvoso, relacionando este fato principalmente a assimilação pelos produtores primários, sedimentação por complexação com íon ferro e diluição pelo grande volume de água a medida que se distancia da fonte de poluição primária.

De acordo com os valores de nutrientes obtidos pela CESP (1998) na avaliação temporal entre 1990 e 1995 e espacial para a maioria dos reservatórios do sistema Tietê, com exceção de Bariri (apenas avaliado limnologicamente em 1991), foram verificadas oscilações com tendências ao aumento das concentrações ao longo dos anos para a maioria dos nutrientes. Porém, foi verificada a capacidade autodepurativa do sistema Tietê, sendo as variações dos parâmetros mais abruptos no reservatório de Barra Bonita e menos pronunciados à jusante de Três Irmãos.

No presente trabalho, a capacidade autodepurativa ao longo dos reservatórios foi verificada para a maioria dos parâmetros na seqüência de reservatórios, uma vez que, de acordo com TUNDISI *et. al* (1999 b), o reservatório acima funciona como verdadeiro quimiostato, retendo parte dos compostos para o reservatório subsequente. No entanto, foram verificadas variações que podem ser explicadas com base em TUNDISI (1996), que enfatiza a heterogeneidade espacial dos nutrientes como resultado das fontes não pontuais de poluição provenientes da bacia hidrográfica.

GUNTZEL (2000), também verificou que as diferenças espaciais no estado trófico ao longo da cascata de reservatórios do rio Tietê foram mais conspícuas do que as variações temporais, atribuindo ao processo de retenção, aos gradientes decrescente de condutividade, fósforo total, nitrato, nitrito, amônia e clorofila *a*.

Em relação aos valores de silicato reativo, os maiores valores foram encontrados nos últimos reservatórios, porém com pouca variação ao longo do sistema Tietê e nos diferentes períodos amostrados. De acordo com ESTEVES (1998), não há diferença significativa entre a concentração de sílica nos diferentes ecossistemas brasileiros analisados em decorrência da abundância deste elemento nos

solos tropicais, principalmente devido a frequência de aluminossilicatos. De fato, ZANATA(1999) e TONISSI (1999), encontraram valores próximos ao obtido no presente estudo ao avaliarem a concentração de silicato no reservatório de Salto Grande, Americana-SP.

Em termos gerais, reservatórios construídos em cascata tem uma tendência a apresentar uma melhoria na qualidade no sentido montante-jusante. De acordo com STRASKRABA (1994), por exemplo, o sistema em cascata localizado ao longo do rio Vltava, com seis (6) reservatórios, apresentou uma redução de 80% - 90% de fósforo total e fosfato solúvel reativo durante a passagem da água através dos mesmos, sendo que esta diminuição apresentou correlação com o tempo de retenção de cada reservatório. Este mesmo autor verificou que os primeiros reservatórios tendem a acumular sedimento, produzir gases e apresentar condições anóxicas. A região subsequente apresenta condições diferentes, com elevada oxigenação, indicando melhores condições rio abaixo e a melhoria na qualidade da água.

ELSER & KIMMEL (1985) apud STRASKRABA *et. al.* (1993), no entanto, verificaram a tendência do aumento da concentração de nutrientes ao longo da cascata de reservatórios no rio Savannah, em decorrência da liberação de materiais pelo hipolímnio.

ARMENGOL *et. al* (1999), avaliando a mudança na composição química da água em relação as distância das barragem do reservatório Sau (Espanha), por meio das funções de decaimento, observou pequenas mudanças no comportamento de alcalinidade, clorofila e condutividade devido a diluição dos tributários menores, por mudanças na morfologia da bacia ou por precipitação. Em comparação, outras variáveis apresentaram elevada taxa de decaimento, por causa da sedimentação (turbidez), transformação química (nitrificação e amonificação) e precipitação (fosfato), atividades que os organismos desempenham importantes papéis.

No presente estudo a correlação inversa mais significativa em relação as distâncias das barragens ocorreu em outubro/99 para o nitrito ($r^2=0,87$) e condutividade ($r^2 = 0,93$). Em fevereiro/00, o fósforo total ($r^2 = 0,86$), o fosfato total dissolvido ($r^2= 0,86$), o fosfato inorgânico ($r^2 = 0,71$) e o nitrogênio orgânico total ($r^2 = 0,85$) apresentaram as maiores correlações. Em maio/00, apenas o fosfato total dissolvido apresentou correlação tão elevada quanto em fevereiro ($r^2 = 0,87$). Em julho, o íon

amônio ($r^2=0,75$), a condutividade ($r^2=0,84$), o fósforo total ($r^2=0,78$) e o nitrato ($r^2=0,92$) apresentaram as maiores correlações.

As maiores taxas de decaimento foram obtidas para os parâmetros nitrato, nitrito, amônio, fósforo total e no mês de julho/00. Destes, apenas o íon amônio apresentou caráter conservativo nos demais meses. As menores taxas de decaimento foram obtidas para nitrato e o nitrito no período chuvoso (fevereiro/2000). As demais variáveis apresentaram variações na taxa de decaimento, com exceção do silicato reativo, o qual não apresentou taxa de decaimento. Portanto, pode-se verificar resultados semelhantes ao observado por ARMENGOL (1999) e ZANATA (1999).

Quanto ao estado trófico do sistema Tietê, foi observado uma melhoria na escala espacial e temporal, sendo os últimos reservatórios geralmente mesotrófico ou oligotrófico e nos meses de maio e julho/00 com condições oligotróficas para os três últimos reservatórios, tanto com a água superficial como integrada. Em relação aos rios e primeiros reservatórios, estes apresentaram-se ora mesotrófico ora eutrófico nos diferentes períodos de amostragem.

No presente trabalho, optou-se por utilizar o Índice de Estado Trófico de TOLEDO *et. al* (1983), em virtude das restrições do índice de CALRSON (1977) em regiões tropicais, quanto a utilização do disco de Secchi.

De acordo com MEYBECH *et. al.* (1990), a eutrofização de um corpo de água pode ser definida como o enriquecimento de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, por meio de fontes de poluição pontual ou difusa, os quais são essenciais para o desenvolvimento e crescimento de vegetais. Os resultados são a proliferação excessiva de algas além da formação de banco de macrófitas. Isto conduz a uma elevada carga de matéria orgânica no sistema e, conseqüentemente, há uma depleção de oxigênio, culminando com a mortalidade de peixes, produção de gases, aumento na quantidade de substâncias tóxicas e conseqüente morte do sistema, inutilizando os serviços de tal recurso (LEAF & CATTERJEE, 1999).

São várias as funções de força que determinam o estabelecimento da eutrofização. De importância fundamental são a radiação solar incidente e a presença de nutrientes, mas há outros fatores a serem considerados, tais como a penetração da luz, a temperatura, a vazão, o processo de mistura, a pastagem por predadores, a

química da água, o CO₂ disponível, as características morfológicas do corpo de água e a sua localização geográfica (NOGUEIRA, 1991).

Em decorrência dos rios Piracicaba, Tietê e Bauru receberem diariamente cargas elevadas de matéria orgânica (esgoto doméstico principalmente) provenientes de grandes centros urbanizados, é de se esperar que nestes corpos de água a quantidade de nutrientes seja realmente maior. De fato, em outubro de 1999, para amostras da coluna de água integrada, todos estes rios apresentaram elevados índices de estado trófico para o disco de Secchi, fósforo total e fosfato inorgânico, enquadrando-se como sistemas eutrofizados, segundo a classificação proposta por TOLEDO *et. al.* (1983).

Em fevereiro/00, foram realizadas as análises de clorofila, a qual permitiu o enquadramento dos rios Tietê e Piracicaba até o reservatório de Bariri, como eutrófico, juntamente com o parâmetro fosfato inorgânico. Em relação ao parâmetro fósforo total, foi verificado para a maioria do sistema condições oligotróficas. Tal fato pode estar relacionado com a época chuvosa, elevada vazão e aumento da atividade fotossintética. Em maio/00, os corpos de água em questão apresentaram-se entre mesotróficos a eutróficos, o mesmo ocorrendo em julho/00 para a maioria dos parâmetros.

Em todas as épocas de coleta, independentemente da amostra ser de superfície ou integrada, a partir de Promissão montante a condição predominante para o índice de estado trófico médio foi a oligotrofia. Em julho/00, esta condição foi observada também para Ibatinga montante e jusante. Tais condições comprovam uma melhoria da qualidade da água ao longo da cascata, indicando os rios Piracicaba e Tietê como os principais responsáveis pelo impacto observado nos reservatórios de Barra Bonita e Bariri. Este reservatório ainda sofre a contribuição impactante proveniente do rio Bauru.

A partir destes resultados, pode-se dizer que a área de entorno, com certeza, provoca alguma interferência nos reservatórios em virtude das atividades antropogênicas exercidas, mas com intensidade muito menor se comparada a contribuição dos rios formadores de todo o sistema em cascata. A melhoria da qualidade das águas nos últimos reservatórios relaciona-se principalmente com a

construção de reservatórios em série deste sistema, principalmente quanto a retenção dos nutrientes.

Segundo TUNDISI *et. al.* (1988), todos os reservatórios do sistema Tietê foram classificados como eutróficos, para o parâmetro clorofila. Em relação ao fósforo total dissolvido, os reservatórios de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga foram considerados mesotróficos, sendo os de Promissão e Nova Avanhandava oligotróficos. Quanto ao disco de Secchi, os três primeiros foram considerados eutróficos e os dois últimos mesotróficos. Neste trabalho, o autor considerou os reservatórios do rio Tietê como os mais eutrofizados em relação aos demais sistemas analisados, baseando-se no índice de estado trófico de CARLSON (1977).

Em comparação com os dados obtidos por TUNDISI *et. al* (*op. cit.*), que analisou o estado trófico de diferentes represas do estado de São Paulo, pode-se verificar, no presente trabalho, uma melhoria das condições tróficas no Sistema Tietê, principalmente quanto aos valores do disco de Secchi, que apresentaram-se em geral oligotróficos para todos os reservatórios.

Segundo LEAF & CATTERJEE (1999), as condições tróficas dos corpos de água podem melhorar ou não ao longo do tempo. Por exemplo, em decorrência da diminuição do uso de detergente na Inglaterra houve uma diminuição da carga de fósforo nos efluentes. Por outro lado, em algumas regiões, as condições tróficas se agravaram em decorrência do uso de fertilizantes agrícolas, os quais são perdidos para os corpos de água. Assim, foram registradas variações nas condições tróficas dos lagos ingleses, em decorrência principalmente do fósforo.

ZANATTA (1999) e TONISSI (1999), cada qual abordando enfoques específicos do reservatório de Salto Grande (Americana - SP), também avaliaram o estado trófico deste sistema por meio do índice proposto por TOLEDO *et. al* (1993) e verificaram condições de eutrofização para a maioria dos pontos amostrados, com tendência a mesotrófico e eutrófico, dependendo da amostragem no eixo longitudinal e da sazonalidade. Estes autores atribuíram tal classificação trófica as funções climatológicas (principalmente precipitação) e antrópicas.

AGOSTINHO & GOMES (1997), analisando a qualidade da água do reservatório de Segredo, o segundo de uma série de quatro no médio rio Iguaçu (Paraná), construídos em cascata de modo semelhante ao sistema Tietê, verificaram

uma diminuição da concentração de fósforo total no sentido rio barragem, atestando a capacidade que os reservatórios apresentam em acumular fósforo. No rio Iguaçu, a presença do reservatório Foz do Areia, a montante do reservatório de Segredo, provavelmente reduz o aporte de fósforo e ferro para este último. Segundo os autores, talvez o fenômeno de maior interesse limnológico seja a redução na concentração das formas de fósforo nos reservatórios por este ser o fator primordial da eutrofização de um corpo de água. Este fator é um dos mais importantes para manter o bom estado trófico deste reservatório

RECHNAGEL *et.al* (1998), avaliando o estado trófico de três reservatórios em cascata no sul da Austrália, verificou que o primeiro reservatório (Warren Reservoir) apresentou-se eutrofizado e os dois subseqüentes (South Para Reservoir e Barrosa Reservoir) apresentaram condições mesotróficas. De acordo com o autor, o primeiro reservatório sofre influência de elevadas cargas de nutrientes e carbono orgânico dissolvido provenientes da sua bacia hidrográfica, tendendo a melhorar nos últimos reservatórios que apresentam também menores tempo de retenção. Este autor verificou a ocorrência de variação na qualidade da água em épocas chuvosa e seca. No período chuvoso, verificou-se elevação do nível de fosfato nos dois últimos reservatórios, associando tal fato com a ressuspensão deste elemento dos sedimentos. Este fato altera consequentemente o estado trófico dos reservatórios. No presente trabalho, a melhoria das condições tróficas ocorreram no período de seca em decorrência do menor aporte de nutrientes provenientes da bacia.

PUTZ & BENNDORF (1998), avaliando a importância dos pré-reservatórios em relação a qualidade da água do reservatório subsequente, na Alemanha, verificou uma melhoria na qualidade da água uma vez que o pré reservatório retém parte dos nutrientes. No caso da construção do pré-resevatório Schonheid, em relação ao reservatório Eibenstoch, foi verificada uma melhoria do estado trófico, passando de mesotrófico a oligotrófico. Os pré - reservatórios se assemelham aos reservatórios construídos em cascata, com a mesma limitação, a qual, de acordo com os autores, é a incapacidade de reter os resíduos gerados ao entorno da bacia. Esta melhoria pode ser vista nas condições tróficas ao longo da cascata de reservatórios.

O lago Balaton (Europa Central), foi outro exemplo de ecossistema aquático que sofreu as conseqüências da eutrofização cultural, cuja maior influência era o rio

Zala, e têm retornado a condição trófica natural com o auxílio da construção de pré-reservatórios no rio formador. Segundo SZILÁGYI *et. al.* (1995), a construção do reservatório Hidvég apresentou uma remoção de aproximadamente 60% dos nutrientes em relação ao lago Balaton.

Segundo SMITH *et. al.* (1999), as condições de eutrofização de um corpo de água podem ser revertidas a partir do controle interno e externo de nutrientes. O exemplo clássico ocorreu no lago Maggiore, na Itália. O processo de eutrofização passou a se instalar a partir da década de 50, com o desenvolvimento econômico e social, utilização de detergentes e fertilizantes, além dos despejos de esgotos domésticos no lago. A instalação de áreas de tratamento de efluentes em 60 a 70% da população na área da bacia de drenagem, reduzindo principalmente as cargas de fósforo, permitiu que o lago retornasse ao estado trófico original de oligotrofia.

Verifica-se, portanto, que a classificação do estado trófico dos corpos de água é uma ferramenta extremamente importante para o manejo de lagos e reservatórios (LIND *et. al.*, 1993). De uma maneira geral, os diferentes corpos de água do mundo apresentaram uma modificação acelerada das condições tróficas, e muitos têm sido classificados como eutrofizados em decorrência de um fator comum: a interferência humana nos ecossistemas. A remediação desta situação já está ocorrendo em algumas regiões do mundo e deverá se tornar mais abrangente, uma vez que tal recurso está se esgotando em termos qualitativos no que diz respeito ao seu uso mais nobre: o abastecimento humano.

6.1.2. Avaliação da qualidade da água em relação a concentração de metais

Considerando-se os valores estabelecidos para alguns parâmetros biológicos, físicos e químicos, incluindo determinados poluentes, a legislação Brasileira enquadrando os corpos de água em cinco classes, baseando-se no uso primordial destinado a tal recurso. Os limites estabelecidos para cada parâmetro constam na Resolução CONAMA 20 (1986) - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

A primeira classe é denominada especial e o uso primordial é para o abastecimento humano. A classe 4 (quatro) é destinada aos usos menos exigentes e a

principal restrição é dada para o parâmetro oxigênio dissolvido, cuja concentração não deve ser inferior a 4,0mg/L, evitando-se assim odores desagradáveis.

Os corpos de água do sistema Tietê estão enquadrados na classe 2, sendo estes destinados ao abastecimento humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural ou extensiva de espécies destinadas à alimentação humana (CONAMA 20, 1986).

Dentre os metais estudados o cádmio, em todos os períodos de coleta, principalmente no mês de outubro/99 apresentou concentrações acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA 20/1986 (0,001mg/L) para rios de Classe 2. Foi detectado em Três Irmão montante uma concentração de 0,0357mg/L, o que é aproximadamente 36 vezes superior à recomendada pelo CONAMA 20/86. Apenas no mês de fevereiro/00 verificou-se uma diminuição das concentrações, provavelmente em decorrência do aumento da vazão, diluição destes elementos por precipitação ou incorporação vegetal (macrófitas).

O cádmio, por apresentar concentrações elevadas em todo o sistema em apenas alguns períodos do ano, pode estar relacionado com atividades restritas a alguns meses, como por exemplo, a utilização de agrotóxicos em culturas específicas.

Em geral, as concentrações de cobalto, cobre, manganês e zinco, estiveram abaixo dos valores permitidos para corpos de água de classe 2 nos diferentes períodos de amostragem e pontos de coleta, com exceção de alguns pontos. Portanto, tais elementos não se mostraram problemáticos para este sistema.

Quanto ao ferro, foram observadas concentrações em desacordo com os padrões de qualidade em relação aos valores estipulados, nos rios e primeiros reservatórios da cascata, principalmente no mês de fevereiro/00, o que pode estar associado com a ressuspensão deste elemento dos sedimentos. Enquanto o valor recomendado é de 0,3mg/L, no rio Tietê, em fevereiro, houve a maior diferença, com uma concentração 20 vezes superior ao estabelecido pelo CONAMA 20. As concentrações de cromo estiveram acima do limite apenas no mês de maio/00 para todos os pontos amostrados, provavelmente também relacionado com alguma atividade restrita a determinadas épocas.

Dentre os metais analisados, o magnésio foi o único a não apresentar um limite estabelecido pela resolução CONAMA 20/1986. Este elemento apresentou-se em concentrações variando de 1mg/L a 4,0mg/L e esteve presente em todas as épocas de amostragem e pontos de coleta. Nos últimos reservatórios houve uma leve diminuição das concentrações, as quais apresentaram-se em maior evidência na época chuvosa, de modo semelhante ao ferro.

Os dados obtidos pela CETESB (1997) indicaram, por meio de uma média anual, que no sistema Tietê foram constatados alguns valores superiores aos recomendados pelo CONAMA 20. O manganês e o cromo apresentaram-se em concentrações excedentes no rio Piracicaba, próximo ao reservatório de Barra Bonita. Além dos elementos citados, o cádmio, mercúrio e o zinco excederam os limites no rio Tietê. Em relação ao reservatório de Barra Bonita (corpo central), foram obtidos valores excedentes para o cádmio, manganês e zinco, o que foi atribuído as cargas provenientes dos rios Piracicaba e Tietê. Nos pontos à jusante dos reservatórios de Barra Bonita e Bariri, correspondentes aos amostrados no presente trabalho, não foram verificados problemas com metais, o que foi atribuído a elevada capacidade autodepurativa destes corpos de água. Tais resultados não condizem com os valores registrados no presente trabalho, principalmente quanto ao cádmio.

Em relação aos reservatório de Promissão e Ibitinga, também não foram detectados valores de metais em desacordo com os padrões de qualidade. Apenas a concentração de fenol, em Promissão, estava fora dos padrões estabelecidos pela resolução. No reservatório de Três Irmãos, o níquel foi o único parâmetro que excedeu os valores permitidos. Este metal, no entanto, não foi analisado no presente trabalho.

De um modo geral, os resultados obtidos para o presente trabalho, demonstram um quadro mais impactado em relação aos estudos realizados pela CETESB (1997). Neste relatório, embora estejam sendo apresentados uma média anual, não foi citado problema específico com algum parâmetro dentro de cada mês, supondo não ocorrer grandes discrepância nas diferentes épocas de coleta.

De acordo com os dados demonstrados pela CESP (1998), através de um programa de monitoramento da qualidade da água no reservatório de Barra Bonita no ano de 1994, ficou evidente que nos últimos 10 (dez) anos houve a tomada de

medidas corretivas quanto ao destino dos efluentes industriais tóxicos, uma vez que as concentrações de chumbo, tanto na água como nos peixes e sedimentos, estavam abaixo do limite máximo permissível em 1984. Os valores de chumbo correspondiam a 50µg/L e em 1994 foi obtida uma concentração de 0,70µg/L. No entanto, para o mercúrio ocorreu o oposto, com concentrações de 0,20 e 0,66 µg/L em 1984 e 1994, respectivamente.

TONISSI (1999), ao avaliar a concentração de metais na água para o reservatório de Salto Grande (Americana -SP), considerado como Classe 4, detectou valores máximos de 0,008mg/L para o Manganês, 0,03mg/L de chumbo; 0,12mg/L de zinco; 0,002 mg/L de cádmio; 0,06mg/L de cobre e 1,8mg/L de ferro, sendo que o único metal que apresentou-se em concentrações acima do permitido foi o níquel.

MELETTI (1997), avaliando a concentração de metais pesados nas amostras de água em diferentes localidades da bacia do rio Piracicaba, os quais se enquadram nas águas de uso Classe 2, verificou concentrações excedentes à recomendada (0,18 mg/L) para o zinco em Sumaré (0,25mg/L) e Limeira (2,52mg/L). Em Sumaré, este autor também detectou valores acima do recomendado para cádmio (0,03mg/L) e chumbo (0,0010mg/L), obtendo-se concentração iguais a 0,051mg/L e 0,0017 mg/L, respectivamente. Este autor concluiu que Sumaré apresenta-se mais impactado em relação aos demais locais estudados.

BARRETO (1999), avaliando a qualidade da água em diferentes localidades do rio Monjolinho (São Carlos -SP), verificou, em relação aos metais, uma piora nas condições da qualidade da água em um gradiente espacial a medida em que se afastava da nascente. De acordo com esta autora, a presença do cádmio sempre esteve associada a presença do chumbo. O zinco e o ferro estiveram presentes em todas as amostras coletadas.

EYSINK *et.al* (1988), ao estudarem a contaminação do rio Ribeira e do complexo estuarino-lagunar Iguape-Cananéia por metais pesados e pesticida, nos compartimentos água e sedimento, verificaram contaminação no rio Ribeira por zinco, cobre e chumbo. A partir destes resultados, foi verificado que, em relação aos metais, o rio Ribeira de Iguapé é um contribuinte significativo para o complexo, principalmente no que diz respeito ao chumbo. Foi detectado fontes pontuais de chumbo num dos afluentes do próprio rio, o ribeirão das rochas, o qual apresentou

concentração de até 730 vezes superior ao recomendado para a preservação da vida aquática. No complexo Iguape-Cananéia, os peixes apresentaram acúmulo de metais nos tecidos. Em comparação, os rios Tietê e Piracicaba são os principais contribuintes de metais, principalmente cádmio para os reservatórios, além da possível contribuição dos afluentes não estudados no presente trabalho.

AVILÁ-PEREZ (1999), avaliando a concentração de metais pesados no reservatório José Antonio Alzate (México), observou uma diminuição das concentrações na seguinte sequência: Fe > Hg > Cr > Cu > Zn > Pb > Ni. Foi verificado alguns valores em desacordo com os critérios de qualidade de água. As maiores concentrações de chumbo, ferro, cromo e zinco ocorreram na entrada do rio Lerma no reservatório, com posterior diminuição, demonstrando a contribuição dos metais provenientes do rio para o reservatório, bem como o processo de sedimentação, uma vez que é verificada a diminuição das concentrações para a maioria dos elementos analisados.

SALÁNKI & LICKSCÓ (1995), verificaram no lago Balaton (Hungária) que as concentrações de metais solúveis estavam, em geral, abaixo dos limites recomendados para ingestão humana. Os valores máximos e mínimos foram de 0,01 a 0,2 µg/L para o cádmio; 0,1 a 1,0 µg/l para o chumbo; 0,3 a 4,6 µg/L para o cobre e 0,5 a 5,4 µg/L para o zinco, concluindo-se que os metais pesados do lago Balaton e dos seus tributários não são significantes.

Em maior ou menor grau, os ambientes aquáticos têm sido caracterizados por apresentarem valores próximos aos limites estabelecidos aos usos nobres ou acima, principalmente os corpos de água localizados próximos as grandes centros urbanos e industriais. Tal situação é preocupante uma vez que a maioria destes elementos é tóxico aos animais e seres humanos, podendo sofrer o processo de bioacumulação ou biomagnificação.

No caso do sistema Tietê, o cádmio, que apresentou o maior problema, é conhecido por ser de caráter cumulativo em tecidos de peixes, além de provocar modificações enzimáticas, fisiológicas, reprodutivas hematológicas e histológicas.

6.2. CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS DOS RESERVATÓRIOS DO MÉDIO E BAIXO RIO TIETÊ (SP)

Com a ampliação dos conceitos ecológicos relacionados aos estudos de ecossistemas aquáticos, verificou-se, entre outros fatores, que para a real análise deste sistema era necessário desenvolver um estudo com abordagem holística, procurando-se evidenciar as relações da qualidade da água com os usos e ocupação da bacia hidrográfica. Por outro lado, verificou-se, ainda, que muitos dos mecanismos e processos de funcionamento dos ecossistemas aquáticos eram relacionados com outro compartimento, o sedimento lacustre, que refletem não somente as atividades antropogênicas exercidas na área de entorno, mas também relaciona-se com os fatores naturais como a geologia, condições climáticas da região e as condições físicas, químicas e biológicas do sistema.

No presente estudo, verificou-se uma variação na composição e qualidade dos sedimentos ao longo da cascata de reservatórios, com tendência a melhoria a medida em que aumenta a distância dos reservatórios dos centros primários de poluição: os rios Tietê e Piracicaba. Neste sistema em cascata, os reservatórios de Nova Avanhandava e Três Irmãos, os dois últimos reservatórios, foram caracterizados por apresentarem a predominância de areia fina na composição granulométrica ao mesmo tempo em que foram detectadas as menores porcentagens de nitrogênio orgânico total, matéria orgânica e concentração de fósforo total. De acordo com SOARES (1999) e FORSTNER (1990), o tamanho das partículas do sedimento estão diretamente relacionadas com a capacidade de adsorver poluentes. Assim, quanto menor o tamanho das partículas que compõem o sedimento, maior a superfície de contato e, portanto, maior a capacidade de ligação. As partículas com maior capacidade adsorptiva são o silte e argila, enquanto a areia (fina, média e grossa) e pedregulho apresentam poucos sítios de ligação aos poluentes.

Nestes reservatórios, além das condições acima citadas (sedimento predominantemente arenoso), também ocorreu a diminuição da carga orgânica alóctone proveniente principalmente dos despejos domésticos e industriais de grandes centros urbanizados. Foi verificado, em todos os pontos de coleta e períodos de amostragem, o predomínio de material inorgânico em relação a fração orgânica,

principalmente nos últimos reservatórios. Tal fato pode estar associado a maior retenção de matéria orgânica no reservatório de Barra Bonita, o primeiro do sistema, e também pelas atividades desenvolvidas às margens dos demais reservatórios, as quais compreendem agricultura e pecuária, sendo visível grandes extensões de áreas desmatadas. SAIJO *et. al.* (1997), estudando quatro lagoas do Vale do Rio Doce, também verificaram o aumento da fração inorgânica na lagoa Amarela, relacionando tal fato com o processo de desmatamento associado ao intemperismo, principalmente em épocas chuvosas.

As baixas porcentagens de matéria orgânica, a qual é conhecida pela sua propriedade em quelar e adsorver poluentes e nutrientes, evita que o compartimento sedimento retenha estes elementos, os quais foram caracterizados pelas baixas concentrações de fósforo (principalmente) e nitrogênio nos últimos reservatórios. De acordo com SOARES (1999), a capacidade dos metais de se ligarem a matéria orgânica tende a diminuir com a seguinte seqüência $Cu > Zn > Pb > Cr > Ni > Cd$.

O tipo de construção, em cascata, possibilita a retenção de tais elementos nos reservatórios acima melhorando a qualidade da água e sedimento dos reservatórios abaixo. Além disso, a construção relativamente recente dos últimos reservatórios evidencia que os impactos são menos intensos e a produtividade provavelmente é baixa, contribuindo para a menor porcentagem de matéria orgânica no sedimento.

Ao contrário, nos primeiros reservatórios da cascata houve predomínio de silte e argila, coincidindo com valores mais elevados de matéria orgânica, fósforo e nitrogênio. Isto quer dizer que o elevado acúmulo destes elementos no sedimento reflete as atividades da bacia hidrográfica, uma vez que as partículas de sedimento possuem a capacidade adsortiva em relação aos nutrientes e poluentes em geral.

GUERESCHI (1995), observou ao estudar o rio Monjolinho que o sedimento era arenoso (com predomínio da fração grosseira) e relacionou a este a baixa capacidade de adsorver fósforo e nitrogênio, uma vez que ambos apresentaram baixas concentrações. Ao mesmo tempo, foi detectada baixa porcentagem de matéria orgânica (máximo de 3,5%), coincidindo com as condições detectadas nos reservatórios de Nova Avanhandava e Três Irmãos.

Em relação ao fósforo total no sedimento, de acordo com ESTEVES (1998), está diretamente relacionado com as concentrações de oxigênio, ou seja, quanto

maior a concentração de oxigênio na água, maior a precipitação de fósforo para o sedimento. No entanto, tal relação foi difícil de ser visualizada, principalmente no mês de outubro/99, nos rios Piracicaba, Tietê e Bauru, além de Barra Bonita montante até Ibitinga montante, onde os valores de oxigênio foram baixos em toda a coluna de água, inclusive próximo ao sedimento, mas foi registrado os maiores valores de fósforo total no sedimento em relação aos demais pontos e épocas de amostragem.

Em fevereiro/00 e maio/00, pode-se verificar concentrações relativamente altas de fósforo no compartimento sedimento. Nestes períodos de amostragem, também foi registrado boas condições de oxigênio dissolvido em toda a coluna de água. Provavelmente este fator contribuiu para a precipitação de fosfato juntamente com o íon ferro, com exceção dos últimos reservatórios.

Porém, em julho/00, a partir de Ibitinga montante (com valores mais elevados de oxigênio em toda coluna de água), foi verificado uma diminuição do conteúdo de fósforo no sedimento em relação aos demais meses, com exceção de Nova Avanhandava jusante. Tal fato pode estar relacionado com os fortes ventos predominantes neste período, acarretando a ressuspensão de tais elementos para a coluna de água e consequentemente provocando a diminuição dos mesmos no sedimento.

RYDING & FORSBERG (1977) estudando a dinâmica dos nutrientes em sedimentos de três lagos, observaram que em condições aeróbias naturais ocorreram as maiores taxas de liberação de fósforo do sedimento em comparação com as condições anaeróbias em experimentos laboratoriais, e relacionaram este fato aos fortes ventos, correnteza e atividades animais, responsáveis por liberarem estes elementos para a coluna de água. FUKUARA *et.al.* (1997), ao estudarem o sedimento da Lagoa Carioca (MG), também verificaram que em condições aeróbias ocorria a liberação de fósforo para a coluna de água.

O fato dos primeiros reservatórios da cascata apresentarem as maiores concentrações de fósforo e porcentagem de matéria orgânica podem estar relacionadas as elevadas cargas alóctones, provenientes dos rios Piracicaba e Tietê, e também ao processo de retenção em relação aos reservatórios subsequentes.

TONISSI (1999), verificou para o fósforo total no sedimento, concentrações entre 400 $\mu\text{g/g}$ e 800 $\mu\text{g/g}$, no reservatório de Salto Grande (Americana-SP). Já no presente trabalho, as concentrações variaram entre de 1,36 $\mu\text{g/g}$ a 100,17 $\mu\text{g/g}$, independente do período de coleta. De acordo com THOMAS (1987), os sedimentos com concentrações inferiores a 420 ppm, podem ser considerados não poluídos.

De acordo com ESTEVES (1998), em regiões tropicais raramente a concentração de matéria orgânica e nutrientes refletem o nível de produção do sistema. Devido às elevadas temperaturas, a matéria orgânica é rapidamente decomposta, não permanecendo por muito tempo no sedimento. Outro fator é a turbulência que propicia a decomposição na coluna de água antes mesmo da matéria orgânica alcançar o sedimento. Diante destes fatos, fica difícil classificar os sedimentos de regiões tropicais quanto ao teor de nutrientes.

Segundo ESTEVES (1982), os sedimentos são conhecidos pela elevada capacidade de reciclar os nutrientes, principalmente o carbono, fósforo e nitrogênio. Este autor, caracterizando os sedimentos de 17 reservatórios de diferentes regiões do estado de São Paulo, verificou a maior porcentagem dos teores de nitrogênio nas camadas superficiais e pouca diferença entre os reservatórios estudados. Os valores detectados foram relativamente baixos, o que segundo o autor, é devido as elevadas temperaturas, oxigênio presente em toda a coluna de água e profundidade média acima de 10m, condições que favorece o processo de mineralização. Outro fator que poderia explicar os baixos teores de nitrogênio seria o baixo tempo de retenção da água. Neste trabalho, o autor detectou para os reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga e Promissão, porcentagens médias de 0,29%, 0,52%, 0,34% e 0,26% respectivamente.

No presente trabalho (aproximadamente 20 anos depois), as porcentagens detectadas no sistema Tietê foram bem maiores, variando de 0,61% em Três Irmãos montante em maio/00 a 45,97% em Nova Avanhandava montante em outubro/99. Esta variável apresentou concentrações bastante variáveis entre os pontos e épocas de amostragem, porém sempre com as menores porcentagens registradas nos últimos reservatórios.

Esta variação pode estar diretamente relacionada com o tipo de partículas predominantes no sedimento, tempo de residência da água em cada reservatórios,

retenção do nitrogênio em cada reservatório, atividades desenvolvidas ao entorno de cada corpo de água, condições climáticas (precipitação, vento, temperatura), atividades biológicas e oxigenação do sistema.

De acordo com YAMAMOTO & KOIKE (1998), ao estudarem o teor de nitrogênio em diferentes tipos de sedimentos, verificaram as menores porcentagens de nitrogênio orgânico em sedimentos arenosos e o predomínio dos mesmos em tipos lamosos (silte e argila). Este resultado coincide de certa forma com os obtidos no presente trabalho para os últimos reservatórios da cascata nos quais predominam areia fina, e apresentam as menores porcentagens de nitrogênio orgânico total.

De acordo com LIND & DAVOLAS-LIND (1999), a capacidade adsortiva do silte e argila pode transportar nutrientes e poluentes, muitas vezes tóxicos, para os sedimentos. Estes elementos podem entrar na cadeia alimentar desencadeando o processo de bioacumulação e biomagnificação ou também podem afetar diretamente os organismos aquáticos. Os sedimentos contaminados podem ser derivados de sólidos suspensos que entram nos corpos de água associados a substâncias tóxicas, através do escoamento urbano ou agrícola (LLOYD, 1992).

Os metais pesados são exemplos clássicos de contaminantes que se ligam a partículas de sedimento. Segundo FORSTNER (1990), os sedimentos são importantes compartimentos de estocagem dos metais devido a sua elevada capacidade em "seqüestrar" tais elementos. Estes, existem no ambiente natural em pequenas quantidades e por isto são denominados também de elementos traço (ESTEVES, 1998). Atualmente as intensas atividades industriais associadas ao escoamento urbano e agrícola têm provocado um aumento nos sistemas naturais, afetando a estrutura e funcionamento destes (SORENSEN, 1991; LLOYD, op.cit.). Nestas condições, os elementos naturais passam a ser denominados de poluentes (LIJLEMA & PORTIELJE, 1993).

O estudo dos sedimentos são importantes por serem menos variáveis do que a coluna de água e por armazenarem numerosos compostos poluentes como os metais. Atualmente, os metais têm um grande significado ecológico devido as suas propriedades tóxicas e comportamento cumulativo

De acordo com SOARES (1999), os metais pesados resultantes das atividades antropogênicas podem estar associadas a fração orgânica presente no sedimento, associados aos íons ferro e manganês ou precipitados nas formas de sulfato, carbonato e hidróxidos. Muitos dos poluentes adsorvidos aos sedimentos não são disponíveis aos organismos aquáticos, mas sob determinadas variações físicas e químicas da coluna de água, estes elementos podem tornar-se biodisponíveis, representando uma importante fonte de poluição.

No presente trabalho foi detectada apenas a fração biodisponível de metais, ao invés dos metais totais. A fração biodisponível é aquela que está pronta para interagir com a parte biótica do sistema. De acordo com MOALLA *et.al.* (1998), para a avaliação do impacto dos sedimentos poluídos, a determinação da concentração de metais totais é insuficiente porque não prevê o comportamento e mobilidade dentro do compartimento em questão.

Os metais biodisponíveis analisados foram o Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mg, Mn e Zn. Dentre estes elementos, o cádmio, o chumbo e o cromo estiveram presentes em todo o sistema Tietê, com as concentrações mais elevadas nos últimos reservatórios do sistema, predominantemente em julho/00 para o cádmio e em maio para o cromo. O cádmio foi o elemento traço que apresentou a menor concentração.

O fato dos últimos reservatórios apresentarem concentrações biodisponíveis mais elevadas destes elementos quando comparadas com os rios Tietê e Piracicaba além dos primeiros reservatórios da cascata, deve estar relacionado com atividades pontuais ao entorno destes sistemas, como por exemplo a utilização de determinados agrotóxicos em larga escala. Além deste fato, é importante destacar que nos últimos reservatórios alguns elementos traço apresentaram a maior concentração biodisponível devido a baixa capacidade do sedimento em aprisioná-los, uma vez que são predominantemente arenosos e possuem baixas concentrações de matéria orgânica. TONISSI (1999), verificou que a maior disponibilidade de alguns íons ocorreram próximo a barragem e relacionou com o predomínio da fração arenosa do sedimento, em decorrência desta apresentar menor quantidade de sítios de ligações aos metais.

Os demais elementos em geral tenderam a diminuir ao longo da cascata. O ferro, seguido pelo manganês, apresentaram as maiores concentrações em relação aos

demais metais. Estes elementos, em condições naturais (ausência da interferência humana), geralmente se apresentam em concentrações elevadas. De acordo com AVILA-PÉREZ *et. al* (1999), as elevadas concentrações de ferro encontradas no sedimento do reservatório Alzate (México), relacionam-se principalmente com a influência litológica, devido a formação sedimentar rica em ferro.

De acordo com MOORE & RAMAMOORTHY (1984), em regiões naturais não impactadas as concentrações de metais no sedimento são de 0,2 mg/Kg para o cádmio, 0,2 mg/Kg para o cobre, 0,3 mg/Kg para o cromo, 7,4 mg/Kg a 53,8 mg/Kg para o chumbo e de 47 mg/Kg a 50 mg/Kg para o zinco. Dentre estes elementos, apenas o chumbo nos meses de outubro/99 (2 mg/Kg a 16 mg/Kg) e fevereiro/00 (2 mg/Kg a 46 mg/Kg), estiveram dentro do intervalo estabelecido para condições naturais.

As concentrações de zinco também estiveram próximas as encontradas em ambientes naturais em alguns pontos, nas diferentes épocas de amostragem. Os demais elementos apresentaram-se em concentrações bastante superiores às estabelecidas para ambientes naturais. Uma vez que os valores obtidos no presente estudo são referentes apenas a fração biodisponível, é esperado que a concentração total de metais no sedimento seja ainda superior, e sabendo-se que os sedimentos são coletores de informações, detectando todas as atividades que ocorrem na bacia hidrográfica, torna-se evidente a forte influência antropogênica nestes ecossistemas.

ESTEVES (1986), analisando um grupo de represas do estado de São Paulo quanto a composição química dos sedimentos, enquadrou os reservatórios do sistema Tietê no grupo A, caracterizado por apresentar as concentrações mais elevadas de elementos químicos, dentre eles o Fe, Cr, Cd, Ni e Zn. O reservatório de Promissão foi o único do sistema Tietê a se enquadrar no grupo C, caracterizado por apresentar as menores concentrações dos mesmos elementos químicos analisados. Atualmente, tal reservatório já apresenta valores relativamente elevados para metais biodisponíveis.

Em comparação com os resultados obtidos por TONISSI (1999) no reservatório de Salto Grande (Americana - SP), o sistema Tietê apresentou a fração biodisponível inferior em alguns pontos, superior ou semelhante em outros. Este autor detectou valores de cádmio variando de 0,25 a 0,50 mg/Kg enquanto este metal

apresentou um intervalo de 0,20 mg/Kg a 5,0mg/Kg. O chumbo detectado pelo autor variou de 5,0 mg/Kg a 15,75 mg/Kg, já no presente trabalho o intervalo obtido foi de 2,0 mg/Kg a 186,0 mg/Kg. Em relação ao cobre foi observada uma grande diferença entre os intervalos, sendo este de 1,75 mg/Kg a 146,50 mg/Kg no reservatório de Salto Grande, enquanto no sistema Tietê, a variação foi de 1,20 mg/Kg a 100,00 mg/Kg. O cromo em Salto Grande variou de 0,25 mg/Kg a 30,81 mg/Kg, já no presente trabalho, os valores oscilaram entre 1,33 mg/Kg e 88,33 mg/Kg.

Destes elementos, o cádmio, o cromo, o ferro, o manganês e o chumbo apresentaram concentrações mais elevadas em relação aos intervalos obtidos para o reservatório de Salto Grande, não levando em consideração a época de coleta. O cobre foi o único metal que apresentou-se em concentrações inferiores no sistema Tietê e o zinco apresentou valores semelhantes, havendo uma maior amplitude de variação ao longo da cascata de reservatórios do rio Tietê

O íon ferro foi o que apresentou as diferenças mais nítidas, com valores mínimo e máximo e mínimos de 87,50 mg/Kg e 2.345,00 mg/Kg e, enquanto no presente estudo este elemento apresentou-se com valores entre 5,64 mg/Kg e 16.961,16mg/Kg. O zinco e o manganês também apresentaram concentrações bastante inferiores quando comparados aos resultados obtidos por TONISSI (*op.cit.*) Este autor detectou valores mínimos de manganês e zinco correspondentes a 10 mg/Kg e 7,50 mg/Kg, respectivamente. No sistema Tietê, os valores mínimos dos mesmos elementos corresponderam a 6,33 mg/Kg e 0,33 mg/Kg.

ESTEVES (1981), detectou nos 10 primeiros centímetros do sedimento do reservatório de Ibitinga, através de uma extração fraca (fração biodisponível) valores de 1,05 mg/Kg, 45,7 mg/Kg, 14,65 mg/Kg, 14,65 mg/Kg; 2.860,5 mg/Kg, 726 mg/Kg, 30,15 mg/Kg e 36,0 mg/Kg para Cd, Cu, Cr, Co, Fe, Mn, Pb e Zn, respectivamente. Em geral, estes elementos apresentaram valores semelhantes ou superiores aos obtidos por este autor, no reservatório de Ibitinga. No presente trabalho, alguns metais, como por exemplo o chumbo sofrem uma nítida influência da época do ano, com valores baixos em outubro/99 e fevereiro/00, e valores altos em maio/00 e principalmente em julho/00.

MOALLA *et.al* (1998), realizando diferentes formas de extração de metais nos sedimentos do Lago Nasser, verificou através de extrações fracas com acetato de

amônio e com ácido acético, pH 7,0 e 5,0 respectivamente, diferentes comportamentos entre os elementos analisados. Em relação ao cádmio, em ambas as condições foram verificadas elevadas porcentagens de extração (17% e 77,1%), indicando a fraca ligação com óxidos de ferro e manganês, além de formar complexos instáveis com a matéria orgânica. Este metal é fortemente extraído na fase sólida. Este resultado não condiz com o obtido no presente trabalho, onde o cádmio foi o metal que se apresentou em menor concentração em extração fraca. No entanto, os dados corroboram com os obtidos por SOARES *et. al* (1999) e TONISSI *et al* (1999) que verificaram baixas concentrações em extrações fracas. O cobalto e cromo apresentaram baixas porcentagens de extração, indicando a forte associação a matéria orgânica e coberturas metálicas (óxido de ferro e manganês), além de partículas de cristais.

Em relação ao cobre, houve baixa extração na fase A e alta extração na fase B, indicando forte correlação com o ferro e matéria orgânica, além da capacidade de coprecipitação com sulfato de ferro. O chumbo apresentou extração moderada em A e B, indicando a boa correlação com óxidos de ferro e manganês, associação que é favorecida pela elevação do pH.

VIEIRA (1996), detectando a fração biodisponível de alguns elementos no reservatório de Ibatinga, encontrou valores médios para diferentes épocas de coleta correspondente a 14.300,4mg/Kg de ferro, 971,00 mg/Kg de Mn e 327,66 mg/Kg de magnésio. Dentre estes valores, o magnésio é o que mais se assemelha aos resultados obtidos no presente estudo para os diferentes reservatórios em cascata. O ferro, apresentou valor bastante superior aos obtidos com exceção do reservatório de Ibatinga no mês de maio/00. Quanto ao manganês, os valores foram baixos em relação aos primeiros reservatórios e elevados em relação aos últimos, estando mais próximo ao reservatório de Bariri.

BARRETO (1999), avaliando a biodisponibilidade de metais nos sedimentos do rio Monjolinho (São Carlos-SP), verificou concentrações elevadas para o ferro (de 139 a 4,34 mg/Kg); cobre (0,4 a 23 mg/Kg), cromo (0,3 a 9,0 mg/Kg) e chumbo (0,0 a 17,9 mg/Kg), principalmente nos pontos correspondentes a área urbana.

Diante do exposto, torna-se evidente a influência antropogênica nas condições encontradas nos sedimentos dos primeiros reservatórios do sistema Tietê,

os quais apresentaram as maiores concentrações de nutrientes e metais biodisponíveis. Se por um lado este fato é bom por melhorar a qualidade da água dentro de cada reservatório e para o subsequente, por outro é ruim uma vez que sob determinadas condições ambientais o compartimento sedimento funciona como uma fonte de poluição difusa para a coluna de água.

Em relação aos últimos reservatórios, embora tenha sido detectado, de um modo geral, uma melhoria na composição do sedimento, é evidente que algum impacto já está ocorrendo com tendência a progredir. Isto pode ser facilmente visualizado através dos resultados obtidos para cromo, chumbo e cádmio, com elevadas concentrações nos últimos pontos, além de valores elevados para o fósforo e nitrogênio. Em relação a matéria orgânica, ainda não pode-se perceber a degradação ambiental.

6.3. AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DOS RESERVATÓRIOS DO MÉDIO E BAIXO TIETÊ

6.3.1. Avaliação da mortalidade e crescimento dos organismos teste utilizados em bioensaios de toxicidade crônica parcial com sedimento

Estudos ambientais envolvendo a ecotoxicologia têm sido freqüentes nas últimas décadas, permitindo uma avaliação mais ampla nos ecossistemas naturais a partir de experimentos laboratoriais ou *in situ*, nos quais são utilizadas espécies de diferentes níveis tróficos. Entre as espécies normalmente utilizadas, e já padronizadas pelos órgãos de controle ambiental, está a espécie *Danio rerio*, a qual têm sido amplamente submetida a bioensaios agudo, crônico e crônico-parcial, ou mesmo *in situ*, para caracterizar o estado de contaminação do sistema hídrico.

Para tanto, diversos requisitos são avaliados, como por exemplo, a homogeneidade dos lotes a serem testados. No presente estudo, a boa correlação observada entre peso e comprimento dos diferentes lotes de peixes adquiridos comercialmente indicaram a homogeneidade dos organismos. De acordo com a ABNT (1993), os organismos para serem utilizados na avaliação toxicológica devem

ser homogêneos e não apresentar qualquer tipo de mal formação. Outra condição requerida é a utilização de uma espécie sensível. No presente trabalho os valores de CL50 permaneceram dentro da faixa de sensibilidade obtida. Tal situação indicou condições saudáveis e satisfatórias dos diferentes lotes de peixes, permitindo a sua utilização nos bioensaios de toxicidade.

Em relação a sensibilidade das larvas desta espécie, não foi encontrado na literatura uma faixa de sensibilidade descrita, fato que exigiu um grande número de testes de sensibilidade para a realização dos bioensaios. A faixa de sensibilidade detectada para a substância de referência dicromato de potássio, recomendada pelas normas da ABNT (1993) e IBAMA (1990), teve como limite inferior e superior, respectivamente, os valores de 36,53 mg/L e 68,87 mg/L, com valor médio da CL50 correspondente a 52,68 mg/L.

Para os organismos adultos da mesma espécie, BARBOSA (1999) e FRACÁCIO *et al.* (1999), obtiveram o valor da CL50 de aproximadamente 90,9 mg/L, com limites superiores e inferiores correspondentes a 87mg/L e 100mg/L de dicromato de potássio respectivamente, em 24horas, tempo este recomendado pelas normas da ABNT (1993).

De acordo com TECAM - Empresa de Tecnologia Ambiental - SP (comunicação pessoal), os testes de sensibilidade para larvas da mesma espécie, as quais são reproduzidas e cultivadas na própria empresa, geralmente apresentam o valor da CL50 na concentração de 115 mg/L de dicromato de potássio, com limite inferior e superior de aproximadamente 76 mg/L e 115 mg/L, respectivamente, para testes com sete dias de duração. BERTOLETTI (comunicação pessoal), obteve o valor da CL50 correspondente a 70 mg/L, com limite inferior e superior de 50 mg/L e 90 mg/L, respectivamente, em testes de sensibilidade com duração de 24 horas utilizando larvas de *Danio rerio* e também dicromato de potássio como substância de referência. Os dados obtidos por pelo autor foram os mais próximos aos obtidos no presente trabalho. Deve-se considerar, no entanto, que a sensibilidade é um fator intrínseco a cada organismo por estar diretamente ligada a fatores genéticos, o qual apresenta uma elevada variabilidade entre organismos, inclusive os provenientes de uma mesma prole. Assim, as diferenças interlaboratoriais quanto à sensibilidade dos organismos são esperadas.

Quanto aos bioensaios de toxicidade crônica parcial, verificou-se nos primeiros pontos de coleta uma maior percentagem de mortalidade dos organismos teste nos diferentes períodos de amostragem. Isto provavelmente esteve relacionado com a presença de elementos tóxicos ou poluentes nos sedimentos, os quais se desprenderam sob determinadas condições laboratoriais e afetaram de alguma forma os organismos da coluna de água. Os últimos reservatórios apresentaram, em geral, de média a baixa toxicidade. Em algumas períodos de coleta não verificou-se toxicidade no reservatório de Três Irmãos.

Os reservatórios de Nova Avanhandava e Três Irmãos foram, na maioria dos meses, caracterizados por apresentarem baixa toxicidade ou ausência de toxicidade, principalmente nos meses de maio e julho de 2000. Os sedimentos de tais reservatórios são predominantemente arenosos (e recentes), provavelmente ligados a pequenas quantidades de poluentes, o que pode estar relacionado à fraca disponibilidade de substâncias tóxicas nos bioensaios, com pequenas porcentagens de mortalidade. No entanto, em relação aos metais biodisponíveis, as concentrações de cádmio, cromo e chumbo foram elevadas nestes reservatórios, sendo os dois primeiros metais encontrados principalmente em maio e julho de 2000 e o cromo em maio de 2000, os quais, porém, não foram suficientes para acarretar a mortalidade dos organismos teste e demonstrar um potencial tóxico nestes ambientes.

Além da variação espacial, verificou-se modificação no grau de toxicidade das amostras ambientais em relação ao gradiente temporal. Os valores de toxicidade mais elevados ocorreram no mês de outubro de 1999 em todo o sistema e julho de 2000, principalmente nos rios e primeiros pontos amostrados nos reservatórios, sendo o mês de maio de 2000 caracterizado pelas menores porcentagens de mortalidade, com ausência de alta toxicidade.

De acordo com SPRAGUE (1985), vários são os fatores que influenciam a toxicidade dos compostos orgânicos e inorgânicos. A dureza, quanto menor, torna os compostos químicos inorgânicos mais tóxicos. Em geral, com o aumento da dureza, tem sido observado uma diminuição da toxicidade para várias espécies em relação ao cádmio, cobalto, cobre, zinco e misturas de elementos traço. Nestas condições ainda tem sido observada a diminuição na concentração de chumbo e zinco em tecidos de peixes.

Segundo MAYER (1994), o pH tem maior influencia na toxicidade da maioria dos compostos químicos do que o parâmetro dureza. Este autor enfatiza que os compostos químicos não dissociados são menos tóxicos do que as formas iônicas livres. Em pH ácido a dissociação é favorecida, aumentando a toxicidade principalmente em relação aos metais. Em condições de pH e dureza baixos, ocorre o aumento da permeabilidade da membrana celular, principalmente em relação aos metais.

A temperatura e o oxigênio dissolvido são fatores que também interferem na toxicidade. Em condições de elevada temperatura o processo metabólico dos organismos é acelerado, ocorrendo maior adsorção das substâncias presentes na água (MAYER 1994). Quanto ao oxigênio, este interfere no ciclo dos nutrientes e metais, variando entre os diferentes elementos.

Em outubro de 2000 as condições de alta toxicidade obtidas nos bioensaios do rio Piracicaba até Promissão jusante, em decorrência das elevadas porcentagens de mortalidade, indicaram condições preocupantes em relação as possíveis substâncias acumuladas em tal compartimento, as quais podem eventualmente prejudicar as espécies presentes na coluna de água do próprio ambiente. Concentrações elevadas de metais biodisponíveis foram encontradas nos sedimentos, principalmente em relação ao cobalto. As elevadas mortalidade nos bioensaios correspondentes aos rios e três primeiros reservatórios da cascata podem estar relacionadas com a presença de outros compostos tóxicos no sedimento não avaliados no presente estudo.

Analisando-se as características físicas e químicas da água no início e término destes bioensaios, verificou-se uma tendência geral a diminuição do pH e da dureza, sugerindo o aumento da toxicidade nos bioensaios ao longo dos dias. O aumento da condutividade no decorrer dos bioensaios confirmou a presença de substância na água provenientes dos sedimentos. Nos pontos correspondentes a Nova Avanhandava e Três Irmãos verificou-se baixa toxicidade, e valores de pH e dureza elevados em relação aos primeiros pontos, indicando uma melhoria das condições tóxicas no sentido do reservatório de Barra Bonita a Três Irmãos.

Pode-se verificar ainda no mês de outubro de 1999, o efeito da construção de reservatórios em cascata no rio Tietê, ou seja, a melhoria das condições tóxicas de

um reservatório em relação ao anterior. No reservatório de Promissão (jusante), apesar de ter sido verificado 100% de mortalidade, provavelmente não correspondeu as condições que realmente ocorrem no ambiente, uma vez que foi observada a presença de bivalves deteriorados nos sedimentos. Provavelmente o excesso de matéria orgânica contribuiu para a mortalidade dos organismos teste.

No mês de fevereiro de 2000, ao contrário dos demais meses, a condutividade tendeu a diminuir a partir do reservatório de Bariri, demonstrando que em um primeiro momento ocorreu a ressuspensão e tais substâncias não tenderam a permanecer na coluna de água, mas provavelmente retornaram ao sedimento, interferindo com menor intensidade na sobrevivência dos organismos. De fato, as porcentagens de mortalidade foram inferiores a outubro de 2000 no sistema todo e inferiores a julho de 2000 nos primeiros pontos, do rio Piracicaba até o rio Bauru, os quais ainda permaneceram classificados como sendo de alta toxicidade. Nestes bioensaios, ocorreu uma diminuição dos valores de pH e dureza em relação as medidas iniciais, contribuindo para a toxicidade dos compostos químicos.

Neste período, não foi evidenciado o efeito da construção de reservatórios em série, embora os dois últimos pontos tenham sido classificados como sendo de baixa toxicidade. A irregularidade nas porcentagens foi observada nos bioensaios talvez pelo fato dos sedimentos terem sofrido alterações com a chuva, ora revolvendo e lavando os elementos químicos dos sedimentos, ora depositando poluentes, o que levou a coletar um material bastante heterogêneo neste período. As chuvas também podem ter contribuído para a entrada de cargas tóxicas nos reservatórios isoladamente, afetando a quantidade de substâncias químicas disponíveis nos sedimentos

No mês de maio de 2000 não verificou-se alta toxicidade no sistema Tietê, com exceção do rio Bauru, onde registrou-se 100% de mortalidade. Este rio, em relação as amostras de água e sedimento, bem como em relação aos bioensaios de toxicidade, apresentou características de ambiente altamente impactado, podendo estar influenciando o reservatório de Bariri. No entanto, no reservatório de Bariri não verificaram-se altos valores de mortalidade, com classificação de média a baixa toxicidade (com exceção do mês de outubro/00), provavelmente em decorrência da

elevada vazão e baixo tempo de retenção da água (aproximadamente 17 dias), não permitindo o acúmulo de poluentes no sedimento.

Em geral, em maio de 2000 foram registradas as menores porcentagens de mortalidade nos diferentes pontos de amostragem, embora tenha sido observado o mesmo padrão em relação a toxicidade no sentido do primeiro ao último reservatório, ou seja, maior mortalidade nos primeiros pontos de coleta do sistema Tietê, com tendência a diminuição da mortalidade nos últimos reservatórios. No entanto, não foi evidenciado o “efeito cascata”, o que indica não só o impacto dos tributários, mas também o mal uso dos recursos naturais na área de entorno de cada reservatório.

As características das águas monitoradas durante o período dos bioensaios em maio de 2000 demonstram uma leve tendência a diminuição do pH, nos rios e pontos a montante das barragens, porém com valores menos ácidos se comparados aos de julho de 2000, além da tendência a diminuição do parâmetro dureza, o que favorece a toxicidade. A jusante, em geral, houve um aumento destes valores. A condutividade apresentou-se mais elevada ao final dos bioensaios em todos os pontos, evidenciando a ressuspensão de substâncias para a coluna de água. Embora nesta época tenham sido obtidas as menores porcentagens de mortalidade, os valores de condutividade demonstraram estar ocorrendo a liberação de substâncias do sedimento para o compartimento água.

Já em julho de 2000, as análises químicas dos sedimentos demonstraram que cobalto, cobre, zinco, chumbo e manganês estavam em concentrações biodisponíveis mais elevadas em relação aos demais meses. Neste período, em decorrência da menor vazão, os sedimentos tendem a acumular mais substâncias tóxicas, as quais podem ter sido liberadas para a água durante os bioensaios, resultando na mortalidade dos organismos teste através da perturbação do funcionamento normal dos órgãos vitais. Em julho de 2000, verificou-se 100% de mortalidade nos pontos correspondentes ao rio Tietê e aos reservatórios de Barra Bonita (montante) e Bariri (montante).

Em relação ao monitoramento das características físicas e químicas da água dos bioensaios no mês de julho de 2000, verificou-se uma tendência a diminuição nos valores de pH, o qual manteve-se levemente ácido, do rio Piracicaba até o rio Bauru, pontos que apresentaram a maior porcentagem de mortalidade provavelmente

em decorrência de toxicidade dos elementos químicos. Ao contrário, nos demais pontos a tendência foi o aumento do pH, registrando-se baixas porcentagens de mortalidade, as quais estiveram próximas aos valores obtidos em maio de 2000. Em todos os pontos foi verificada uma diminuição dos valores de dureza e um aumento nos valores de condutividade, o que confirma a liberação de substâncias para a coluna de água. É importante destacar que os pontos correspondentes ao reservatório de Promissão (jusante) em direção ao de Três Irmãos (jusante) geralmente apresentaram condições satisfatórias em relação a toxicidade neste período de coleta.

Os resultados obtidos nos bioensaios com amostras de sedimento demonstram a importância destes na avaliação da toxicidade dos ecossistemas aquáticos, pois embora algumas espécies não apresentem relação direta com os sedimentos, muitos dos materiais são disponibilizados à coluna d'água por meio de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na interface água/sedimento. Neste sentido, a espécie *Danio rerio*, considerando-se este e outros estudos de avaliação ambiental, tem sido considerada um organismo-teste e bom indicador da qualidade do sedimento, principalmente quando são utilizadas larvas da espécie. TONISSI (1999), por exemplo, avaliando a toxicidade do sedimento do reservatório de Salto Grande (Americana -SP) com a espécie de peixe *Danio rerio*, verificou que em bioensaios agudos com sedimento (com peixes adultos) não foi verificada mortalidade em nenhuma época de coleta. Já durante uma única avaliação crônica com larvas do mesmo peixe, tal autor obteve desde indícios de toxicidade até a constatação de pontos extremamente tóxicos. Tal fato foi atribuído as maiores condições de adaptação dos organismos adultos em relação aos elementos tóxicos e a maior sensibilidade das larvas a estes elementos que são liberados durante a fase de teste. O autor também verificou que os pontos que apresentaram toxicidade foram os primeiros do sistema, que recebem toda a carga proveniente de indústrias e esgotos da região.

Outras espécies também têm sido utilizadas na avaliação do sedimento, como aquelas submetidas aos estudos ecotoxicológicos por MELETTI (1997). O autor, avaliando a toxicidade dos sedimentos de diferentes locais da bacia do rio Piracicaba, verificou que tanto para as espécies de peixes na fase adulta (*Cheirodon stenodon* e *Hyphessobrycon bifasciatus*) como para espécies na fase larval (*Prochilodus scrofa*),

as amostras de sedimento do ponto correspondente a Sumaré apresentaram alta toxicidade. Este mesmo autor verificou que diferentes espécies foram sensíveis a diferentes amostras de sedimento.

Portanto, uma vez que os sedimentos realmente liberam substâncias tóxicas para a coluna de água, torna-se clara a importância da avaliação da toxicidade dos sedimentos também com organismos aquáticos, principalmente com peixes, que são animais de topo de cadeia alimentar.

Os resultados de mortalidade discutidos anteriormente referem-se a classificação proposta por MELETTI (1997). As faixas de mortalidade entre 31% e 100% (média e alta toxicidade) apresentaram correlação significativa em comparação com a análise estatística do Qui-Quadrado. Isto revela uma situação realmente preocupante em sistemas ambientais, uma vez que indica condições não satisfatórias à sobrevivência e desenvolvimento dos organismos aquáticos. Este fato foi evidenciado pela diferença significativa dos números de organismos mortos em relação ao lote controle na análise estatística.

Dos organismos que sobreviveram a exposição crônica em número igual ou superior a cinco, foi verificado, pela análise estatística Mann-Whitney, a diferença de peso e comprimento em relação ao lote controle para a avaliação do efeito crônico em relação ao crescimento. Do rio Piracicaba até o ponto correspondente ao rio Bauru, em outubro de 1999, e de Piracicaba até o rio Bauru em julho, as porcentagens de mortalidade variaram de 90% a 100%, não restando quantidade de organismos suficientes para aplicação da análise estatística.

Em fevereiro de 2000, diferenças significativas do parâmetro comprimento total em relação ao lote controle ocorreram desde o rio Piracicaba até o reservatório de Ibitinga (jusante), com exceção do reservatório de Bariri (jusante). Em maio de 2000, esta diferença ocorreu para os mesmos pontos, incluindo o reservatório de Bariri (jusante), com exceção da estação localizada a montante deste sistema e no rio Bauru. Nos dois períodos que apresentaram as menores porcentagens de mortalidade, foram verificadas alterações significativas em relação ao lote controle quanto ao peso e comprimento dos organismos, tanto nas amostras provenientes dos rios como nas amostras dos primeiros reservatórios. Tal situação indica que apesar da toxicidade não causar condições extremas nos organismos (como mortalidade), não houve

condições satisfatórias ao crescimento e desenvolvimento dos organismos, incluindo-se o ganho de biomassa, apresentando, portanto, efeito crônico sobre os mesmos.

RICE *et. al.* (2000), por meio de um estudo da interação entre presas contaminadas e predadores, verificou efeitos crônicos em peixes em relação ao crescimento. Neste experimento, presas (poliquetos) permaneceram expostas durante 28 dias em amostras de sedimentos contaminados e, posteriormente, fornecidas como alimento para uma determinada espécie de peixe marinho *English sole*, por 10 a 12 dias. Após o período experimental, os peixes foram medidos e pesados. Os resultados demonstraram que de oito grupos de peixes alimentados com organismos contaminados, apenas três apresentaram redução do crescimento estatisticamente significativo em relação ao grupo controle. A perda de peso foi de aproximadamente 1,5% ao dia. Os autores concluíram que os sedimentos, apesar de não serem tóxicos aos invertebrados, podem causar efeitos adversos em níveis tróficos superiores, no caso, prejuízo ao desenvolvimento dos peixes.

De acordo com SPLIID & TORSLOV (1994), a inibição de diferentes substâncias tóxicas nos organismos biológicos depende do tipo de substância e concentração da mesma. Estes mesmos autores, avaliando o crescimento de bactérias do gênero *Pseudomonas fluorescens*, expostas a diferentes níveis de PCP (pentaclorofenol) e anilina, verificaram, através de modelo estatístico, uma redução de 46% no crescimento dos organismos expostos a anilina e 39% em níveis combinados dos elementos. Esta diferença pode indicar a sensibilidade diferenciada do organismo teste a diferentes substâncias.

Além da avaliação da mortalidade e de efeitos sub-letais, interferindo no crescimento e reprodução das espécies, estudos histológicos representam outro parâmetro que pode ser considerado nos bioensaios de toxicidade durante a exposição crônica. Segundo EWALD (1995), os danos histológicos são precedidos por respostas bioquímicas e fisiológicas, e quando detectados em organismos expostos a tais testes ou bioensaios, os efeitos adversos são inquestionáveis.

6.3.2. Avaliação histológica como instrumento de análise dos estudos ecotoxicológicos

A avaliação histológica efetuada no presente estudo correspondeu a análise das brânquias, procurando-se verificar os possíveis danos causados pela exposição do organismo a amostra ambiental, evidenciando-se as alterações subsequentes, como mortalidade, nos bioensaios crônicos-parcial.

As brânquias apresentam uma grande área superficial através da qual as trocas gasosas entre o sangue e o meio externo ocorrem (NEWSTEAD, 1987). Além da função respiratória, este órgão desempenha outras funções vitais como a osmorregulação e a excreção (MALLAT, 1985). O contato direto deste órgão com os corpos de água facilita a interação com substâncias tóxicas presentes, sendo este órgão um alvo primário para a toxicidade. Na presença de íons metálicos pode ocorrer o processo de adsorção destes através dos sítios de ligações iônicas presentes nestes tecidos, desencadeando efeitos tóxicos aos organismos (HOLLIS & PLAYLE, 1997). Em decorrência deste órgão não ser protegido como a pele ou a boca, sua sensibilidade é maior (POLECSIC & MITROVIC-TUTUNDZIC, 1994).

As brânquias são constituídas por basicamente três tipos de células, as pavimentosas ou respiratórias, as células cloreto (responsáveis pelas trocas iônicas) e as células mucosas (cuja função é a produção de muco, visando a proteção dos tecidos branquiais). Estes diferentes tipos de células especializadas permanecem unidas pelas células juncionais. A membrana plasmática das células são compostas por uma bicamada lipídica, com a parte hidrofóbica orientada para o centro desta camada dupla. Esta região representa um sítio de ligação para metais em potencial. As proteínas de membrana que estão envolvidas no transporte iônico e outras atividades metabólicas, também representam sítios de ligação para os metais (NEWMAN & JAGOE, 1994).

As brânquias dos peixes são compostas pela lamela primária (filamento branquial), a qual sustenta duas fileiras de lamelas secundárias. A fina camada de epitélio que recobre as lamelas secundárias representa o maior sítio para as trocas gasosas. As células cloreto, responsáveis pelas trocas iônicas, geralmente concentram-se na lamela primária, mas se distribuem pelas lamelas secundárias em condições de baixas concentrações iônicas ou quando expostos a metais. Estas

células normalmente transportam Na^+ , Cl^- e Ca^{++} , mas também podem acumular metais tóxicos.

A avaliação da morfologia branquial de larvas expostas por um período crônico ao sedimento de diferentes pontos do sistema Tietê revelou alterações não tão bruscas para a maioria do sistema, indicando, entretanto, indícios de uma toxicidade potencial nestes ambientes.

As proliferações excessivas de células foram verificadas ao longo dos pontos, com exceção das amostras provenientes do reservatório de Nova Avanhandava (montante e jusante), além do reservatório de Três Irmãos (montante e jusante). Tal alteração indica uma resposta mecânica a presença de determinados poluentes, no sentido de impedir o contato com o órgão interno. Nesta tentativa, o espaço entre as lamelas secundárias, por onde ocorrem as trocas gasosas, torna-se muito reduzido, podendo ocorrer a asfixia do peixe.

Em comparação com a morfologia branquial dos organismos controle, verificou-se a proliferação de células culminando na junção de duas lamelas secundárias nos pontos correspondentes aos rios Piracicaba e Tietê, reservatório de Barra Bonita (montante e jusante) e reservatório de Promissão (jusante). Dentre as alterações detectadas, a fusão lamelar foi a mais grave. Segundo PERNA-MARTINS (1997), em condições desfavoráveis pode ocorrer o rearranjo do epitélio branquial, desencadeando alterações morfo-funcionais. Uma alteração comum é o aumento da espessura da barreira água-sangue, dificultando a difusão do oxigênio.

Uma vez que foi detectada a presença de metais biodisponíveis nos sedimentos das diferentes épocas de amostragem, além da presença dos mesmos metais nas águas dos bioensaios de maio e julho de 2000, pode-se supor que no mês de fevereiro de 2000 tal situação não tenha sido muito diferente e a presença destes elementos tenha desencadeado as alterações morfológicas.

De acordo com SORENSEN (1991), a exposição de *Fundulus heteroclitus* a 50 ppm de cádmio em 48 horas, provocou algumas alterações no epitélio branquial, tais como hiperplasia (proliferação de células), aumento da atividade das células mucosas e hipertrofia (aumento do volume das células). Em relação ao cobre, uma concentração de 64 ppb, durante 48 horas, acarretou a junção de lamelas branquiais em *Salmo gairdneri* (BILINKS & JONAS, 1973).

RIGOLIM-SÁ (1998), avaliando a toxicidade do herbicida “Roundup” e do acaricida “Omite” nas fases iniciais da ontogenia do bagre (*Rhamdia hilarii*), verificou a proliferação celular (hiperplasia) na brânquia dos animais expostos as diferentes concentrações testadas. Nas maiores concentrações de “Roundup”, a autora verificou a completa alteração dos tecidos interlamelares, com a completa junção das mesmas. Outras alterações como a dilatação de vasos sanguíneos, aneurisma e necrose celular foram verificadas.

Segundo KARLSSON-NORRGREN *et. al.* (1985), a concentração de metais pesados têm aumentado consideravelmente nos corpos de água em diversos países em decorrência das atividades antropogênicas. Estes autores, avaliando a exposição de *Danio rerio* e *Salmo gairdnei* a diferentes concentrações de cádmio por seis semanas e quatro semanas, respectivamente, verificaram que na concentração a partir de 10µg/L foi detectado um aumento do volume das lamelas secundárias em *Danio rerio*, havendo o preenchimento do espaço interlamelar, resultando na diminuição da capacidade de difusão. Em *Rainbow trout*, as mesmas alterações foram verificadas em apenas 4 semanas de experimento.

KARLSSON-NORRGREN & RUNN (1985), avaliando a dinâmica do cádmio em fêmeas adultas de *Danio rerio*, verificaram que dentro de um período de 24 horas este elemento já havia sido incorporado pelas brânquias, pele e parte anterior do trato digestivo em 10µg Cd/L. Em um período de 7 dias, 65% do cádmio havia sido incorporado pelas brânquias. Portanto, este órgão está sujeito a toxicidade por metais.

Nas amostras provenientes do reservatório de Bariri (montante), além da desorganização branquial houve uma proliferação excessiva de células mucosas, provavelmente em decorrência da elevada quantidade de íons presentes na água dos bioensaios. As células mucosas caracterizam-se pela presença de grânulos de secreções grandes, que ocupam a maior parte do citoplasma. Quando estes grânulos são secretados, originam uma camada de muco que auxilia nos processos de defesa contra agentes patogênicos e na regulação osmótica e iônica (ANDRADE, 1999). Este autor atenta para o fato de que as células mucosas presentes no epitélio branquial podem variar em função da composição iônica do meio aquático, o que foi verificado em duas espécies de peixes submetidos a água deionizada e água dura.

É sabido que o chumbo desencadeia injúrias nos tecidos branquiais, em decorrência do excesso de muco produzido sobre as brânquias. Os peixes podem ser asfixiados pelo excesso de muco, o qual também passa a ser produzido na presença de Zn, Fe, Mn, Cd, Cu, Co, Hg, Au, Ni, Al e Ag. A asfixia e morte podem ser resultados da formação de mucos coagulados induzidos por metais ligados as brânquias (National Academy of Sciences, 1972 *apud* SORENSEN, 1991).

Segundo PERRY (1997), as respostas adaptativas às variações na concentração iônica do meio aquático envolvem um componente morfológico relacionado as células das brânquias envolvidas na regulação iônica, as células cloreto. As águas pobres em íons provocam a proliferação destas células, que aumenta a barreira água-sangue, podendo provocar uma disfunção respiratória. As brânquias dos organismos teste avaliadas no presente trabalho não apresentaram-se alteradas quanto a este tipo de célula, as quais, muitas vezes, não foram detectadas. Tal fato pode estar relacionado com a elevada quantidade de íons presentes na água dos bioensaios correspondentes a fevereiro de 2000.

Através de uma revisão realizada por MALLATT (1985), sobre as principais mudanças estruturais induzidas por substâncias tóxicas e outros químicos irritantes na estrutura branquial de peixes, foi verificado que as lesões mais comuns são a necrose, hiperplasia, hipertrofia e ruptura do tecido branquial, fusão lamelar, hipersecreção e proliferação de célula mucosa, mudanças nas células cloreto e vascularização.

De acordo com a classificação proposta por POLËKSIC & MITROVIC-TUTUNDZIC (1994), para as alterações branquiais existem três estágios nos quais há um agravamento progressivo das lesões. O primeiro estágio trata-se de danos que podem ser reversíveis em condições satisfatórias aos organismos. Caso as condições desfavoráveis permaneçam, as lesões atingem o segundo estágio. Neste, as lesões são mais graves e mais difíceis de se reverterem. Em caso de uma exposição crônica, atinge-se o terceiro estágio, no qual a restauração da estrutura branquial é irreversível, sendo as funções vitais das brânquias comprometidas, levando provavelmente a morte dos organismos (TABELA 56)

TABELA 56: Principais alterações branquiais e estágio da lesão correspondente.

LESÕES BRANQUIAIS	ESTÁGIO
a) Hipertrifia e hiperplasia do tecido branquial	
Hipertrofia do epitélio respiratório	I
Desprendimento das células do epitélio	I
Infiltração de leucócitos no epitélio branquial	I
Adelgamento do epitélio	I
Ruptura e desprendimento do epitélio branquial	II
Hiperplasia das células epiteliais	I
Hiperplasia na base das lamelas secundárias	I
Hiperplasias irregulares nas células epiteliais	I
Fusão no ápice das lamelas secundárias	
Adensamento tecidual em decorrência da proliferação celular	II
Fusão de várias lamelas secundárias	I
Diminuição no tamanho das lamelas secundárias	I
Fusão completa de todas as lamelas secundárias	II
b) Mudanças nas células mucosas e cloreto	
Hipertrofia e hiperplasia das células mucosas	I
Esvaziamento ou desprendimento das células mucosas	I
Hipertrofia e hiperplasia das células cloreto	I
Presença de células cloreto nas lamelas secundárias	I
c) Mudanças nos vasos sangüíneos	
Espessamento dos vasos sangüíneos	I
Hemorragias com a ruptura dos tecidos	II
d) Parasitas nas brânquias	I
e) Estágio terminal	
Fibrose	III
Necrose	III

I - lesão de primeiro estágio; **II** - lesão de segundo estágio; **III**- lesão de terceiro estágio

No presente estudo, as lesões observadas foram de primeiro estágio, principalmente a proliferação celular, sendo que os organismos expostos as amostras dos rios Piracicaba e Tietê, reservatório de Barra Bonita (montante e jusante) e de Promissão, apresentaram junção das lamelas secundárias, a qual já é considerada lesão de segundo estágio. Provavelmente, nestes pontos, a biodisponibilidade de substâncias tóxicas deve ter sido elevada, demonstrando o potencial tóxico que os sedimentos representam para os organismos no ambiente natural. No entanto, o fato dos organismos apresentarem alguma desorganização de primeiro grau, indica que as condições do meio não são satisfatórias ao desenvolvimento, reprodução e sobrevivência.

Portanto, verifica-se, por meio de outra abordagem de estudo, a degradação ambiental no início do sistema Tietê, provavelmente em decorrência dos despejos industriais e domésticos provenientes dos grandes centros ao redor deste sistema aquático. A melhoria da qualidade dos sedimentos também pode ser destacada

quanto as substâncias tóxicas em decorrência das poucas alterações morfológicas obtidas em exposição crônica nos últimos reservatórios dos sistemas. Talvez em um maior período de exposição fossem obtidas alterações de terceiro grau, principalmente nos pontos mais críticos.

Ainda é importante destacar que tais alterações que ocorreram em apenas sete dias de exposição, poderiam não ter ocorrido com indivíduos adultos. A fase larval, por ser mais sensível e apresentar poucos mecanismos de defesa e adaptação, são mais afetadas pelos poluentes presentes em ambientes naturais e em testes que simulam as condições ambientais, ou seja, representam melhor as condições ambientais.

6.3.3. Análises limnológicas das águas extraídas dos bioensaios com amostras de sedimento: uma avaliação da interação água/sedimento e seus efeitos aos organismos-teste.

As análises limnológicas realizadas com a água extraída ao final dos experimentos (com duração de sete dias) nos meses de maio e julho de 2000, demonstraram o papel dos sedimentos na liberação de materiais à coluna d'água, podendo-se estimar os efeitos reais dos poluentes, a partir do sedimento, aos organismos aquáticos. No presente estudo, foram verificados elevados valores das diferentes formas fosfatadas e nitrogenadas, além dos metais, os quais estavam em concentrações mais elevadas em comparação com as amostras de água do próprio ambiente natural, o que vem a confirmar que os sedimentos realmente podem liberar poluentes, e que estes foram os responsáveis pela morte dos organismos nos bioensaios.

Em geral, a concentração dos nutrientes esteve mais elevada nas águas dos bioensaios, com algumas variações em alguns parâmetros. Para nitrato, por exemplo, as concentrações dos bioensaios foram menores em comparação a do ambiente, para todos os pontos de coleta no mês de maio e julho de 2000, com exceção de poucos pontos. Para nitrogênio orgânico total verificou-se maior diferença no reservatório de Barra Bonita (montante) no mês de julho/00, sendo a água analisada do bioensaio 14 vezes mais elevada (0,79mg/L na água da represa e 11,17 mg/L no bioensaio). A

concentração de nitrito na água dos bioensaios foi 54 vezes ($145,87 \mu\text{g/L}$) mais elevada em relação a água coletada no reservatório ($2,74 \mu\text{g/L}$) de Promissão (montante) em maio de 2000 e a concentração do íon amônio foi 192 vezes ($1791,4 \mu\text{g/L}$) mais elevado no bioensaio do que na amostra de água ($9,30 \mu\text{g/L}$) coletada no reservatório de Bariri Montante no mês de julho de 2000.

Entre as formas de fósforo, verificou-se no reservatório de Promissão (jusante) as maiores diferenças na concentração para fósforo total ($8,9 -$ água do reservatório e $195,52 \mu\text{g/L}$ – água do bioensaio) e fosfato total dissolvido ($1,45 -$ água do reservatório e $130,4 \mu\text{g/L}$ – água do bioensaio) no mês de julho de 2000. No reservatório de Nova Avanhandava (jusante) verificou-se uma concentração de fosfato inorgânico 120 vezes mais elevada no bioensaio em relação a concentração quantificada neste reservatório no mês de julho de 2000.

Quanto a análise dos metais na água dos bioensaios, também foram detectados valores extremamente elevados quando comparados aos valores quantificados nas águas de cada reservatório. As concentrações de cádmio, cromo, magnésio e zinco foram mais elevadas nos bioensaios toxicológicos referentes ao mês de maio de 2000, ao longo de todo o sistema. A concentração de cádmio foi aproximadamente 11,5 vezes maior no final do experimento para as amostras do reservatório de Ibitinga (jusante). Em julho de 2000, a concentração de zinco, em todo o sistema, e de cromo, no início do sistema Tietê, foram os únicos elementos a apresentarem maiores discrepâncias em relação a água do sistema (FIGURA 96)

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita montante; BBJ-Barra Bonita jusante; BM-Bariri montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava montante; NAJ-Nova Avanhandava jusante; TIM-Três Irmãos montante; TIJ-Três Irmãos jusante.

FIGURA 96: Comparação entre as concentrações de metais obtidas nas águas dos reservatórios do sistema Tietê e na água proveniente dos bioensaios com sedimentos.

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita montante; BBJ-Barra Bonita jusante; BM-Bariri montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava montante; NAJ-Nova Avanhandava jusante; TIM-Três Irmãos montante; TIJ-Três Irmãos jusante.

FIGURA 96: Comparação entre as concentrações de metais obtidas nas águas dos reservatórios do sistema Tietê e na água proveniente dos bioensaios com sedimentos.

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita montante; BBJ-Barra Bonita jusante; BM-Bariri montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava montante; NAJ-Nova Avanhandava jusante; TIM-Três Irmãos montante; TIJ-Três Irmãos jusante.

FIGURA 96: Comparação entre as concentrações de metais obtidas nas águas dos reservatórios do sistema Tietê e na água proveniente dos bioensaio com sedimentos.

Apesar das maiores concentrações de metais nas águas dos bioensaio terem sido verificadas em maio de 2000, este foi o mês em que verificou-se a menor porcentagem de mortalidade de todos os períodos amostrados. Talvez o efeito combinado destes elementos na coluna de água diminuam o efeito tóxico sobre os organismos, fenômeno conhecido por antagonismo. Segundo ZAGATTO (1999), o antagonismo é o fenômeno no qual a toxicidade de uma mistura de agentes químicos é menor do que seria esperado pela simples soma da toxicidade dos agentes químicos.

individuais presentes na mistura. Deve-se avaliar ainda que estas análises foram feitas apenas com a água extraída ao final dos bioensaios, o que torna difícil a afirmação de que tais elementos estiveram disponíveis em concentrações tão elevadas durante os sete dias de duração.

Por outro lado, deve-se considerar que a simples avaliação do percentual de mortalidade pode não ser uma forma tão efetiva do estudos, pois tais elementos poderiam ter tido algum outro efeito sub-letal aos organismos, não culminando, necessariamente, em mortalidade devido ao pequeno período de exposição. Neste sentido, outros efeitos poderiam estar ocorrendo, como por exemplo, interferência no desenvolvimento e alterações fisiológicas, bioquímicas e histológicas, as quais dificultam a sobrevivência dos organismos.

No mês de julho de 2000, apesar das baixas concentrações de elementos na água em relação a maio/00, foi verificada uma maior porcentagem de mortalidade em relação aos primeiros pontos de coleta, o que pode estar relacionado com a liberação de outros tipos de poluentes não avaliados no presente trabalho. EYSINK (1990), por exemplo, analisando os resultados obtidos da CETESB através do desenvolvimento de um projeto para a avaliação do mercúrio nos diferentes corpos de água do Estado de São Paulo, em 1986, verificou a presença deste elemento nas águas e nos sedimentos dos rios Piracicaba e Tietê, além deste ter sido detectado no corpo central e à jusante do reservatório de Barra Bonita.

Outra hipótese para explicar as maiores porcentagens de mortalidade em melhores condições das águas dos bioensaios é o fenômeno do sinergismo, no qual a toxicidade de uma mistura de agentes químicos é maior do que seria esperado pela simples soma dos agentes químicos individuais presentes na mistura (ZAGATTO, 1999).

Vários trabalhos realizados desde a década de 70 têm se preocupado com a questão dos sedimentos como uma fonte de poluição dentro dos corpos de água. De acordo com RYDING & FORSBERG (1976), os sedimentos são responsáveis por parte dos nutrientes que circulam no ecossistema aquático. O autor, ao avaliar experimentalmente a liberação do fósforo e nitrogênio em amostras de sedimentos de três lagos, em condições naturais aeróbias e em condições laboratoriais anaeróbias, verificou uma liberação de fósforo 9 vezes superior no lago Glaningen; 66,6 vezes

maior no lago Ramsjon e 28,57 vezes maior no lago Ryssbysjon. Estes autores enfatizam que a poluição por fósforo nestes lagos podem ser considerados significativos quando comparados às cargas externas.

Os dados limnológicos obtidos para o Médio e Baixo Tietê demonstraram, em geral, uma melhoria da qualidade da água ao longo da cascata nos diferentes períodos de amostragem, sendo que os rios Piracicaba, Tietê e Bauru, além dos reservatórios de Barra Bonita e Bariri, foram os locais com maior degradação da água, verificando-se a influência direta das atividades desenvolvidas nos grandes centros industrializados e urbanizados (fonte pontual por meio de efluentes industriais e domésticos), principalmente na região da Grande São Paulo (com efeito no rio Tietê) e em Campinas/Americana/Piracicaba (com efeito no rio Piracicaba), os quais representam os dois principais rios formadores dos reservatórios dispostos em cascata no rio Tietê, além do município de Bauru (efeito no rio Bauru e na represa de Bariri) e das atividades agropastoris desenvolvidas na bacia (fonte difusa). Por outro lado, os reservatórios de Nova Avanhandava e Três Irmãos apresentaram melhor qualidade da água em relação aos demais sistemas amostrados, o que está associado a sua construção mais recente e a distância dos grandes centros poluidores, além da retenção de material pelos reservatórios anteriores.

7. CONCLUSÕES:

1) Os resultados do índice de estado trófico demonstram que a partir do reservatório de Promissão as águas podem ser consideradas oligotróficas, independente do período de coleta, o que vem a confirmar a melhoria da qualidade da água ao longo da sequência de reservatórios.

2) O impacto gerado pelas atividades desenvolvidas na área de entorno, bem como pelos tributários, pode ser verificado pelas irregularidades nos valores dos diferentes parâmetros químicos analisados na água nos reservatórios do sistema Tietê, como é o caso do cádmio, cujas concentrações tendem a aumentar nos últimos reservatórios, principalmente em outubro de 1999, contribuindo para a maior toxicidade do sistema em relação aos demais metais, uma vez que apresentou valores acima do limite estabelecido pelo CONAMA 20 para corpos de água classe 2.

3) A composição granulométrica dos sedimentos foi diferenciada nos reservatórios, o que provavelmente interferiu na retenção de poluentes e, conseqüentemente, na toxicidade dos mesmos. No início do sistema, a maior contribuição de argila e silte (os quais apresentam a maior capacidade de reter poluentes) esteve relacionada com as maiores porcentagens de mortalidade nos bioensaios de toxicidade crônica-parcial. Verificou-se, ainda, que a maior contribuição da fração orgânica do sedimento ocorreu nos primeiros reservatórios, o que está relacionado não apenas ao aporte de material (autóctone ou alóctone), mas também a idade dos reservatórios, sendo os últimos com construção mais recente.

4) Em relação as características químicas dos sedimentos, também foi verificada uma tendência a melhoria nos últimos pontos de coleta, com exceção de alguns metais como o cádmio e cromo. Tal fato pode estar relacionado as atividades desenvolvidas na área de entorno dos reservatórios localizados no Baixo Tietê.

5) Os bioensaios de toxicidade com sedimentos, utilizando-se como organismo- teste larvas de peixe (*Danio rerio*), demonstraram-se adequados para

avaliação deste compartimento (sedimento), uma vez que verificou-se a liberação de poluentes para a coluna de água, ocasionando efeitos agudos (mortalidade) ou crônicos (crescimento).

6) Os efeitos crônicos foram observados nos organismos que sobreviveram aos sete dias de exposição nos bioensaios de toxicidade com amostras de sedimento, o que pode ser comprovado pela análise histológica e análise estatística da biometria dos organismos, as quais, mais uma vez, indicaram os rios e os primeiros reservatórios como os mais impactados. Ressalta-se que os estudos histológicos evidenciaram as alterações ambientais, sendo uma forma alternativa de avaliar os resultados obtidos nos experimentos de toxicidade, além da mortalidade ou crescimento corpóreo.

7) Os resultados físicos e químicos da água e sedimento, bem como os bioensaios de toxicidade, demonstram a degradação da qualidade da água (em maior ou menor proporção) nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, o que caracteriza não somente os efeitos dos poluentes carregados pelos rios Tietê e Piracicaba, mas também os impactos ocasionados pelas atividades desenvolvidas na área de entorno ou em tributários de menor porte, como o rio Bauru.

8. BIBLIOGRAFIA:

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1968). *Análise granulométrica de solos*. 32p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1993) NRB 12714. *Água - Ensaio de toxicidade aguda com peixes. Parte I - Sistema Estático*. Rio de Janeiro, 15p.
- ADAMS, W. J. (1995). *Aquatic Toxicology Testing Methods*. IN: HOFFMAN, D. J. *et. al.* Handbooh of ecotoxicology. Boca Raton, Lewis Publishers. Cap. 13, p. 25-46.
- ADAMS, S.M., BEVLHEIMER, M.S., GREELEY, S., LEVINE, D.A., TEH, S.J. (1999). Ecological risk assessment in a large river reservoir: 6. Bioindicators of fish population health. *Environmental. Toxicology and Chemistry*, Vol. 18, No. 4, pp. 628-640.
- AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C. (1997). *Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal*. IN: AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C. Reservatório de Segredo, bases ecológicas para o manejo. EUEM, Cap 2, p. 19-34.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORK ASSOCIATION; WATER CONTROL FEDERATION (1995). *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewaer*. 19 ed. New York. 1268p.
- ANDRADE, C. A. (1999). *Efeito da concentração iônica do meio aquático nas células mucosas de Traíra, Hoplias malabaricus e Jeju, Hoplerythrinus unitaeniatus (Teleostei, Erythrinidae)*. Monografia. Universidade Federal de São Carlos, 25p.
- ARMENGOL, J., GARCIA, J.G., COMERMA, M., ROMERO, M., DOLZ, J., ROURA, M., HAN, B.H., VIDAL, A., SIMEK, K. (1999). *Longitudinal processes in canyon type Reservoirs: The case of Sal (N.E. Spain)*. IN: TUNDISI, J.G., STRASKRABA, M. Theoretical reservoir Ecology and its Applications. P. 313-346.
- AU, D.W.T; WU, R.S.S., ZHOU, B.S., LAM, P.K.S. (1999). Relationship between ultrastructural changes and EROD activities in liver of fish exposed to benzo [a] pyrene. *Environmental Pollution* (104), p 235-247.
- AVILA-PEREZ, P., BALCÁZAR, M., ZARAZÚA-ORTEGA, G., BARCELÓ-QUINTAL, I., DÍAZ-DELGADO, C. (1999). Heavy metal concentrations in water and bottom sediments of a Mexican reservoir. *The Science of the Total Environmental*. Vol 34, pp. 185-196.

- BARBOSA, F., GARCIA, F.C., MARQUES, M.M.G.S.M., NASCIMENTO, F.A. (1998). Nitrogen and phosphorus balance in a eutrophic reservoir in Minas Gerais: a first approach. *Rev. Bras. Biol.*, 58 (2): 233-239.
- BARBOSA, F.R.A., PADISÁK, J., ESPÍNDOLA, E.L.G., BORICS, G., ROCHA, O. (1999). *The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê - Basin, São Paulo state, Brazil*. IN: TUNDISI, J.G., STRASKRABA, M., *Theoretical reservoir ecology and its application*. P425-437.
- BARRETO, A.S (1999). *Estudo da distribuição de metais em ambiente lótico, com ênfase na assimilação pelas comunidades biológicas e a sua quantificação no sedimento e água. Tese (Doutorado)*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 274p.
- BARRIONUEVO, W.R. (1995). *Resposta cardio-respiratória do paulistinha (teleosteo, ciprinidae) a diferentes temperaturas e tensões de oxigênio, durante diferentes fases de desenvolvimento*. São Carlos, 98p. Tese (doutorado), Universidade Federal de São Carlos).
- BAUDO, R., MUNTAU, H. (1990). *Lesser Known in-place pollutants and diffuse source problems*. IN: BAUDO, R., GIESY, J.P., MUNTAU, H. *Sediments: chemistry and toxicity of in-place pollutants*. Boca Raton, Lewis Publishers, INC. Cap. 1, p.1-14.
- BOHER, 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*. São Carlos. 469p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos.
- BOUDOU, A., RIBEYRE, F. (1989). *Fish as "biological model" for experimental studies in ecotoxicology*. IN: *Aquatic Toxicology: fundamental concepts and methodologies*. Vol II, Boca Raton, Flórida, 314 p.
- BRANCO, S.M. (1999). *Água, meio ambiente e saúde*. IN: REBOUÇAS, A.C., BRAGA, B., TUNDISI, J.G.. *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo, Editora Escrituras. Cap. 7, p.227-247.
- BRAUMBECH, T. (1994). *Detection of environmentally relevant concentrations of toxic organic compounds using histological and cytological parameters: substance- specificity in the reaction of rainbow trout liver?*. IN: MULLER, R., LLOYD, R. *Sublethal and Chronic effects of Pollutants on freshwater fish*. United Nation, Fishing News Books. Cap. 2, p.15-29.
- BURTON, G.L., MACPERSON, C. (1995). *Sediment toxicity testing issue and methods*. IN: HOFFMAN, D.J., et. al. *Handbook of ecotoxicology*. Boca Raton, Lewis Publishers. Cap 5, p.70-103.

- CALHEIROS, D. F.(1993). *Ecotoxicologia de compostos organoclorados persistentes em um sistema eutrófico: represa de Barra Bonita (Médio Tietê - S.P)*. São Carlos. 189 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- CALIJURI, M.C. (1988). *Respostas fisioecológicas da comunidade zooplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização*. São Carlos. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
- CALIJURI, M.C. (1999). *A comunidade fitoplanctônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP)*. São Carlos. 211p. Tese (Livre docencia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- CARLSON, R.E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol and Oceanogr.* V.22, n.2, p. 361-369.
- CASTRO, L.A.C. (1994). *Ictiofauna do reservatório de Barra Bonita - S.P. Aspectos ecológicos da comunidade e dinâmica populacional da Corvina, Plagioscion squamosissimus (HECKEL, 1840) acanthopterigii, scianidae*. São Carlos. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- CHALAR, G., TUNDISI, J.G. (1999). *Main processes in the water column Determined by wind and rainfall at Lobo (Broa), Reservoir*. IN: TUNDISI, J.G., STRASKRABA, M. Theoretical reservoir Ecology and its Applications. P. 53-66.
- CHEN, W.; KAN, A.T.; FU, G.; VIGNONA, L.C.; TOMSON, M.B. (1999). Adsorption-desorption behaviors of organic compounds in sediments of lake Charles, Louisiana, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Vol 18, No. 8, p.1610-1616.
- Companhia Energética de São Paulo - CESP (1989). *Caracterização limnológica do reservatório da UHE Mário Lopes Leão, Promissão, S.P;* (coleção ecossistemas aquáticos), 65p.
- Companhia Energética de São Paulo - CESP (1991). *Pesca artesanal e produção pesqueira no reservatório da UHE Mario Lopes Lão, Promissão, S.P*. 1° V (Série pesquisa e desenvolvimento), 62p.
- Companhia Energética de São Paulo - CESP (1997). *Aviso aos navegantes: embarque no turismo fluvial, o retorno é líquido e certo*. 10p.
- Companhia Energética de São Paulo - CESP (1998). *Conservação e manejo nos reservatórios: limnologia, ictiologia e pesca*. 163p.
- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB - (1990). *Procedimento para utilização de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos*. Série manuais. No. 6. São Paulo.

- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB - (1995). *Relatório da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo* - 1994, 269p.
- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB - (1996). *Relatório da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo* - 1995, 288p.
- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB - (1997). *Relatório da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo* - 1996, 285p.
- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB - (1998). *Relatório da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo* - 1997, 267p.
- CONAMA 20 - Conselho Nacional do meio Ambiente - Resolução CONAMA 20 - 12/ junho de 1986. IN: Coletânea De Legislação Ambiental Federal - Estadual, 1991. Imprensa Oficial do Estado do Parana.
- DE FELLIPO, R. (1986). *Ciclo sazonal do fitoplâncton, fatores climáticos e hidrológicos da represa de Barra Bonita, São Paulo*. São Carlos. 90p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos.
- DE OLIVEIRA, H.T. (1993). *Avaliação das condições limnológicas de um compartimento (braço do Capivari) e sua interação com o reservatório de Barra Bonita*. São Carlos. 327p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- DIKISHITH, T.S.S. (1988). *Risk evaluation on environmental chemicals*. IN: KRUIJF, H.A.M., ZWART, D. Manual on aquatic ecotoxicology. Cap. 26, p. 163 - 166.
- ESPÍNDOLA, E.L.G. (1994). *Dinâmica da Associação congênica das espécies de Notodiaptomus (copepoda, calanóida), no reservatório de Barra Bonita - S.P.* São Carlos. 363p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ESPÍNDOLA, E.L.G. (1999). *Limnologia comparada dos reservatórios em cascata do Médio rio Tietê (SP): uma análise temporal*. IN: VII Congresso Brasileiro de Limnologia, Vol 1, Florianópolis, 1999. Resumos. Florianópolis, UFSC, V 1, p 233.
- ESTEVES, F.A., et.al. (1981). *Estudo preliminar sobre metais em sedimentos de represas do Estado de São Paulo*. IN: Seminário Regional de Ecologia, 2, São Carlos. P. 245-323. Anais.
- ESTEVES, F.A., CAMARGO, A.F.M., (1982). Caracterização do sedimento de 17 represas do Estado de São Paulo, com base no teor de fepigmentos, carbono e nitrogênio orgânico. *Ci e Cult.*, 5: 669-674.

- ESTEVEES, F.A., TOLENTINO, M. (1986). Identificação e caracterização de alguns grupos de represas do Estado de São paulo, com base na composição química dos seus sedimentos. *Ci. e Cult.*, 38: 540-545.
- ESTEVEES, F.A (1998). *Fundamentos de limnologia*. 2ed. Editora Interciência. 578p.
- EYSINK, G.G.J. *et.al* (1988). *Ambiente*, vol 2, No.1
- EYSINK, G.G.J. (1990). *A presença de mercúrio nos ecossistemas aquáticos do Estado de São Paulo*. IN: Seminário Nacional: Riscos e consequências do uso do Mercúrio, Rio de Janeiro, 12-15 de setembro. P. 12-23.
- EWALD, G (1995). Crhronic measures of toxicant - induced effects on fish. *Ann Zool. Fenici* 32: 311-316.
- FORSTNER, U. (1987). Sediment - associated contaminants - na overview of scientific bases for developing remedial options. *Hidrobiologia* 149: 221-246.
- FORSTNER, U. (1990). *Inorganic sediment chemistry and elemental speciation*. IN: BAUDO, R., GIESY, J.P., MUNTAU, H. Sediments: Chemistry and Toxicity of In-Place Pollutants. Lewis Publishers, Boca Raton, Cap. 3, p. 61-97.
- FRACÁCIO, R., RODGHER,S., ESPÍNDOLA, E.L.G., PASCHOAL, C.M.R.B., LIMA, D.de, NASCIMENTO, A.P., RODRIGUES, M.H. (1999). *Abordagen Ecotoxicológica*. IN: ESPÍNDOLA, E.L.G., SILVA, J.S.V., MARINELLI, C.E., ABDON, M.M. A bacia hidrográfica do rio Monjolinho. Editora RiMa Cap. 12, p. 150-162.
- FREITAS, C.E. DE (1999). *O efeito dos recifes artificiais sobre as associações de peixes do rio Tietê, na área de influência do reservatório de Barra Bonita (Estado de São Paulo - Brasil)*. São Carlos. 133p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FUKUARA, H., TORRES, G.E., MONTEIRO, S.M.C., MITAMURA, O., HINO, K. (1997). *Release of inorganic nitrogen and phosphate from sediment of lake Carioca*. IN:TUNDISI, J.G., SAIJO, Y. Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil. Cap V, p. 155-160.
- GAUVILAN-DIAZ, R.A. (1990). *Flutuações nictimerais dos fatores ecológicos da represa de Barra Bonita (Médio Tietê, S.P)*. São Carlos. 150p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos.
- GENTIL. J.G., (1984). *Estudo limnológico comparado de cinco reservatórios do Estado de São Paulo, localizados em diferentes sistemas hidrográficos*. São Carlos, 296p. Dissertação Mestrado). Universidade Federal de São Carlos.

- GIESY, J.P., HOKE, R.A. (1989). Freshwater sediment toxicity bioassessment: rationale for species selection and test design. *J. Great. Lakes res.* 15 (4) : 539-569.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S., OHNSTAD, R. (1978). Methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Arch. Fur. Hydrobiol.*, V. 14, p. 14-36.
- GOVONI, S.H. (1994). *Eutrofização da represa de Barra Bonita e comportamento da comunidade de fitoplâncton*. São Carlos. 172p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GUERESCHI, R.M., (1995). *Monitoramento biológico da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho pelo uso de invertebrados bentônicos*. São Carlos, 54p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal De São Carlos.
- GUNTZEL, A.M. (2000). *Variações espaço-temporais da comunidade zooplancônica nos reservatórios do médio e baixo Tietê/Paraná*. São Carlos. 445p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos.
- HAMILTON, M. *et. al.* (1977). Trimmed spearman - karber methods for estimating median lethal concentration in toxicity bioassays. *Environ. Sci* 11(7) 714-719. A.L. (1991). *US Bur. Fish*, 38: 1-6.
- HAWKINS, W.E., WALKER, W.W., OVERSTREET, R.M. (1995). *Carcinogenicity tests using aquarium fish*. IN: RAND, G.M. 2ed. Fundamentals of aquatic toxicology: effects, environmental fate, and risk assessment. Taylor & Francis. Cap. 14, p.421-446.
- HENRY, R. *et. al.* (1985). Primary production and effects of enrichment with nitrate and phosphate on phytoplankton in the Barra Bonita reservoir (state of São Paulo, Brazil). *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* 70 (4): 561-573.
- HENRY, R., SIMÃO, C.R. (1988). Aspectos sazonais da limitação por nitrato, fosfato e ferro no fitoplankton do reservatório de Barra Bonita (rio Tietê, SP). *Ver. Bras. Biol.* 48 (1): 1-14. Rio de Janeiro.
- HENRRY, R., GOUVEIA, L.(1993). Os fluxos de nutrientes e seston em cursos de água do alto Paranapanema (São Paulo) - Sua relação com usos do solo e morfologia das bacias de drenagem. *Na. Acad.Ci.*, 65 (4), p 439 - 451.
- HENRRY, R., PONTES, M.C.F., TUNDISI, J.G. (1997). *The oxygen deficit in lake Dom Helvécio*. IN:TUNDISI, J.G., SAIJO, Y. Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil. Cap V, p. 109-118.
- HENRRY, R. (1999). *Heat Budget , Thermal Structure and Dissolved Oxygen In Brazilian Reservoirs*. IN: TUNDISI, J.G., STRASKRABA, M. Theoretical reservoir Ecology and its Applications. P.125-152.

- HESPANHOL, I. (1999). *Água e saneamento básico - uma visão realista*. IN: REBOUÇAS, A.C., BRAGA, B., TUNDISI, J.G. *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo, Editora Escrituras . Cap 8, p. 249 - 304.
- HOFFMAN, J. *et. al.* (1995). *Wildlife toxicity testing*. IN: HOFFMAN, D.J. *et. al.*, Handbook of ecotoxicology. Boca Raton, Lewis Publishers. Cap 4, p.47-69.
- HOLLIS, L., PLAYLE, R.C. (1997). Influence of dissolved organic matter on copper binding, and calcium on cadmium binding, by gills of rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 50, 703-720.
- IBAMA (1990). *Manual de testes para avaliação da ecotoxicologia de agentes químicos*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- JUREIDINI, P.A. (1987). *A ecologia e a população na represa de Barra Bonita, no Estado de São Paulo*. Botucatu. 192p. Dissertação (Mestrado) - UNESP.
- KARLSSON, L. (1983). Gill morphology in the zebrafish, *Brachydanio rerio* (Hamilton - Buchanan). *J. Fish. Biol.* 23, 511-524.
- KARLSSON-NORRGREN, L., RUNN, P. (1985). Cadmium dynamics in fish: pulse studies with ^{109}Cd in female zebrafish, *Brachydanio rerio*. *J. Fish. Biol.* 27, 571-581.
- KARLSSON-NORRGREN, L., RUNN, P., HAUX, C., FORLIN, L. (1985). Cadmium - induced changes in gill morphology of zebrafish, *Brachydanio rerio* (Hamilton-Buchanan), and rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish. Biol.* 27, 81-95.
- KELMAN, J. *et.al.* (1999). *Hidreletricidade*. IN: REBOUÇAS, A.C., BRAGA, B., TUNDISI, J.G. *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo, Editora Escrituras . Cap 11, p. 371-416.
- KOROLEFF, F. (1976). Determination of nutrients. IN: GRASSOHOFF, K. ed. Methods of seawater analysis. *Verlag. Chemie. Weinheim. P.* 117-181.
- KRATZER, C.R.; BREZONIC, P.L. (1981). A Carlson type trophic state index for nitrogen in florida lakes. *Water Resources Bull.*, v. 17, n. 4, p713 - 714.
- KRISTENSEN, P. (1994). *Sensitivity of embryos and larvae in relation to other stages in the life cycle of fish: a literatura review*. IN: MULLER, R., LLOYD, R. Sublethal and cronic effects of pollutants on freshwater fish. United Nation, fishing News Books. Cap 30, p. 339-352.
- LEAF, S.S., CATTERJEE, R. (1999). Developing a strategy on eutrophication. *Wat. Sci. Tech. Vol. 39. No. 12, pp* 307-314.

- LEEUEWEN, C.J. (1988). *Short term toxicity testing*. IN: KRUIJF, H.^aM., ZWART, D. Manual on aquatic ecotoxicology. Cap.18, p. 108-112.
- LIJKLEMA, L., PORTIELJE, R. (1993). Water quality impacts of sediment pollution and the role of early diagenesis. *Wat. Sci Tech. Vol 28, No. 8-9, pp. 1-12*.
- LIND, O., TERRELL, T, KIMMEL, B. (1993). *Problems in reservoir trophic state classification and implications for reservoir management*. IN: STRASKRABA, M., , TUNDISI, J.G., DUNCAN, A. Comparative Reservoirs Limnology and Water Quality Management. Kluwer. pp.57-67
- LIND, O.T., DAVOLAS-LIND, L. (1999). *Suspended Clay: its role in reservoir productivity*. IN: TUNDISI, J.G., STRASKRABA, M. Theoretical reservoir Ecology and its Applications. P. 85-98.
- LLOYD,R. (1992). *Pollution and freshwater fish*. Oxford, Fishing News Books. 176p.
- MACKERETH, S.J.H., HERON, J., TALLING, J.S. (1978). *Water analysis some revised methodsfor limnology*. Kendal, freshwater Biol. Assoc. Sci. Publ. 36., Wilson and Sons, 117p.
- MARGALEFF, R. (1983). *Limnologia*. Barcelona. Ediciones Omega S.P., 1010p.
- MATSUMURA-TUNDISI, T., HINO, K., CLARO, S. (1981). Limnological studies at 23 reservoir in southern part of Brazil. *Verch. Internat. Verein. Limn.*, v.21, p.1040 - 1047.
- MALLAT, J. (1985). Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a a statistical review. *Can. J. Aquatic. Sci.*, Vol. 42, 1985.
- MELETTI, P.C.(1997). *Avaliação da qualidade da água na bacia do rio Piracicaba através de testes de toxicidade aguda com peixes*. São Carlos. 148p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MEYBECH, M., CHAPMAN, D.V., HELMER,R. (1990). *Global freshwater quality; a first assessment*. Balchwell. 306p.
- MEYBECH, M. (1996). River water quality global ranges, time and space variabilities, proposal for some redefinitions. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26, p. 81-96.
- MOALLA, S.M.N., AWADALLAH, R.M., RASHED, M.N., SOLTAN, M.E. (1998). Distribution and chemical fractionation of some heavy metal in bottom sediments of lake Nasser. *Hidrobiologia*. 364: 31-40.

- MOORE, J.W., RAMAMOORTHY, S. (1984). *Heavy metals in natural waters: applied monitoring and impact assessment*. 1ed.. Springer-Verlag, NY.
- MUNAWAR, M. *et.al.* (1999). A comparative bioassessment of sediment toxicity in lentic and lotic ecosystems of the North American Great Lakes. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, v.2, p. 367-378.
- MUÑOZ, M.J. *et.al.* (1994). *A holistic concept for toxicological diagnosis of sublethal processes in aquatic environments*. IN: MULLER, R., LLOYD, R. Sublethal and Chronic effects of Pollutants on freshwater fish. United Nation, Fishing News Books. Cap. 21, p.239-246.
- NUSH, E.A. (1980). Comparation of different methods for chlorophyl and phaeopigments determination. *Arch. Fur. Hydrobiol.*, V.14, p.14-36.
- NEWMAN, M.C., JAGOE, C.H. (1994). *Ligands and the Bioavailability of metals in aquatic environments*. IN: HAMELINK, J.L., LANDRUM, P.F., BERGMAN, H.L., BENSON, W.H. Bioavailability, physical, chemical, and biological interactions. Seção 3, Cap, 1. P. 39-62.
- NEWSTEAD, J.D. (1967). Fine struture the respiratory lamellae of Teleostean gills. *Zeitschrif fur Zelfforschung*, 70, 420-445
- NOGUEIRA, M.G., MATSUMURA -TUNDISI, T (1994). Limnologia de um sistema artificial raso (Represa do Monjolinho - São Carlos, SP). I - Dinâmica das variáveis físicas e químicas. *Rev. Bras. Biol.*, 54 (1): 147-159.
- ODUM, E.P.(1983). *Ecologia*. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro - R.J. 434p.
- OISH, M.K. (1997). *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)*. São Carlos, 199p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PAMPLIM, P.A.Z (1999). *Avaliação da qualidade ambiental da represa de Americana (SP - Barsil) com ênfase no estudo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e parâmetros ecotoxicológicos*. 88p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engengaria de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PARAGUASSU, A.B., GALDOLFI, N., LANDIM, P.M.B. (1988). *Considerações sobre o assoreamento do reservatório Alvaro S. Lima.(Bariri)*. IN: TUNDISI J.G. Limnologia e manejo de represas. Série: Monografias em limnologia. Academia de ciências. Vol. 1, p.139-164.
- PERNA-MARTINS, S.A. (1997). *Efeitos das concentrações de ions Na⁺, Cl⁻ e Ca⁺² sobre a morfologia e ultra - estrutura das brânquias de Cascudo*,

- Hypostomus plecostomus* (Teleostei, Loricariidae). Tese. (Doutorado). Universidade federal de São Carlos, 127p.
- PERRY, S. (1997). The chloride cell: structure and function in the gill of freshwater fishes. *Annu. Ver. Physiol.*, 59, p. 325-347.
- PISANI, J.F., KERR, W.E., CRESTANA, B., AILY, D., LORENZETTI, M.L. (1969). Estudo sobre a estrutura interespecífica de um grupo de espécies do gênero *Melipona* (Apidae, Hymenoptera). *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, 41 (1).
- PLETTE, A.C.C., NEDERLOF, M.M., TEMMIGHOFF, E.J.M., RIEMSDIJK, W.H.V. (1999). Bioavailability of heavy metals in terrestrial and aquatic systems: a quantitative approach. *Environmental Toxicology and chemistry*. Vol 18. No. 9, p.1882-1890.
- POLEKSIC, V., MITROVIC-TUTUNDIZIC, V. (1994). *Fish gills monitor of sublethal and chronic effects of pollution*. IN: MULLER, R., LLOYD, R. Sublethal and Chronic effects of Pollutants on freshwater fish. United Nation, Fishing News Books. Cap. 30, p.339 - 352.
- Política de Desenvolvimento e Desconcentração Industrial - PPDI (1982). *Diretrizes Para a Política de Desenvolvimento e Desconcentração Industrial*. Governo do Estado de São Paulo. 133p.
- PUTZ, K., BENNDORF, J. (1998). The importance of pre-reservoirs for the control of eutrophication of reservoirs. *Wat. Sci. Tech. Vol. 37, No. 2, pp317-324*.
- RAND, G.M., PETROCELLI, S.R. (1985). *Introduction*. IN: RAND, G.M., PETROCELLI, S.R. Fundamentals of aquatic toxicology: methods and application. London, Hemisphere Publishing Corporation. Cap.1, p. 1-28.
- RAND, G.M, WELLS, P.G., MACCARTY, L.S. (1995). *Effects, environmental fate, and risk assessment*. IN: RAND, G.M. Fundamentals of Aquatic Toxicology: Effects, environmental fate, and risk assessment. Taylor & Francis. Cap. 1, p. 3-70.
- RECHENAGEL, F., BURCH, M., JABLONSKAS, G., MINNEY, J., SCHOOFS, S. (1998). Combined effects of organic pollution and eutrophication in the South Para Reservoirs, south Australia. *Wat. Sci Tech. Vol 37, No. 2, pp. 113-120*.
- REFOSCO, J.C. (1997). *Ecologia da paisagem na concentração de sólidos totais em suspensão no reservatório da Usina de Barra Bonita - S.P.* São Carlos. 185p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- REYNOLDSON, T.B., DAY, K.E. (1993). *Freshwater sediment*. IN: CALOW, P. Handbook of ecotoxicology. Blackwell Science. V. 1, Cap 6, p. 83-100.

- RICE, C.A., MYERS, M.S., WILLIS, M.S., CASILLAS, E. (2000). From sediment bioassay to fish biomarker - connecting the dots using simple trophic relationships. *Marine Environmental Research*. 50, 527-533.
- RIGOLIM-SÁ, O. (1998). *Toxicidade do herbicida Roundap (glifosfato) e do acaricida Omite (propargito) nas fases iniciais da ontogenia do bagre, Rhandia hilari (VALENCIENNES, 1840) (Pimelodidae, Siluriforme)*. São Carlos. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos.
- RYDING, S.O., FORSBERG, C. (1976). *Sediment as a nutrient source in shallow polluted lakes*. IN: Interaction between sediments and freshwater. Amesterdan, september 6-10, p.227-234.
- SANDES, M.A.L (1990). *Flutuação de fatores ecológicos, composição e biomassa do fitoplâncton em curto período de tempo no reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri - SP)*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SAIJO, Y., MITAMURA, O., BARBAOSA, F.A.E. (1997). *Chemical studies on sediments of four lakes*. IN: TUNDISI, J.G., SAIJO, Y. Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil. Cap V, p. 161-168.
- SANDES, M.A.L (1998). *Estudos ecológicos em florescimento de Microcystis (Cyanobactéria - Cyanophyceae) e interações com a flora bacteriana na represa de Barra Bonita*. São Carlos. 242p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SMITH, V.H., TILMAN, G.D., NEKOLA, J.C. (1999). Eutrophication: impact of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100, p. 179 - 196.
- SOARES, H.M.V.M., BOAVENTURA, R.^aR., MACHADO, A A S.C., ESTEVES da SILVA, J.C.G. (1999). Sediments as Monitors of Heavy Metal Contamination in The Ave River Basin (Portugal): Multivariate Analysis of Data. *Environmental Pollution* (105), p 311-323.
- SORENSEN, E.M.B. (1991). *Metal poisoning in fish*. Boca Raton, Press, 322p.
- SPLIID, H., TORSLOV, J. (1994). Statistical analysis of joint toxicity in biological growth experiments. *Ecotoxicology and Environmental safety* 28, 181 - 192.
- STRASKRABA, M., TUNDISI, J.G., DUNCAN, A. (1993). *State - of- the-art of reservoir limnology and water quality management*. IN: STRASKRABA, M., TUNDISI, J.G., DUNCAN, A. Comparative reservoir Limnology and Water Quality Management. Cap XIII, p. 278-322.
- STRASKRABA, M. (1994). Vltava Cascade as Teaching Grounds for Reservoir limnology. *Wat, Sci. Tech.*, vol 30, N^o. 10, p289-297.

- STRASKRABA, M. (1996). Lake and Reservoir Management. *Verh. Internat. Limnol.* (26), 193-209.
- STRICHLAND, J.G., PARSON, T.R. (1965). *A manual of sea water analysis: with a special reference to more common micronutrients and particulate*
- SZILÁGUI, F., SOMLYÓDY, L., HERODEK, S., ISTVÁNOVICS, V. (1995). *O sistema de reservatórios Kis - Balaton como meio de controle da eutrofização. Do lago Balaton, Hungria.* IN: Diretrizes para o gerenciamento de lagos, Vol 3. Cap 11, p. 135-160.
- TEIXEIRA, C., TUNDISI, J.G., KUTNER, M.B. (1978). Plankton studies in magrove environmental. II. The standing stock and some ecological factors. *Bolm. Ins. Oceanogr. USP*, v. 24, p.23-41.
- THOMAS, R.L. (1987). A protocol for the selection of process-oriented remedial options to control *in situ* sediment contaminants. *Hidrobiologia*. 149: 247-258.
- TOLEDO, A.P., TALARICO, M., CHINEZ, S.J. (1983). *A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo de eutrofização em lagoas e reservatórios tropicais.* IN: 12º Congresso Brasileiro de engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Camboriú (SC), 22páginas.
- TONISSI, F.B (1999). *Avaliação ecotoxicológica do reservatório de Salto Grande, Americana (SP), como subsídio para a análise da qualidade ambiental do sistema.* São Carlos. 130p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TRINDADE, M. (1980). *Nutrientes em sedimentos da represa do Lobo (Brotas - Itirapina).* São Carlos. 219p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos.
- TUNDISI, J.G., (1981). Typology of Reservoirs in Southern Brazil *Verh. Internat. Limnol.* (21), 1031-1039.
- TUNDISI, J.G. (1986). *Limnologia de represas artificiais. Boletim de Hidraulica e Saneamento.* Escola de Engenharia de São Carlos, Univerddidade de são Paulo. V 11, 46p.
- TUNDISI, J.G. *et. al.* (1988). *Comparação do Estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: eutrofização e manejo de represas.* IN: TUNDISI J.G. Limnologia e manejo de represas. Série: Monografias em limnologia. Academia de ciências. Vol. 1, p.165-204.
- TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, M. (1990). Limnology and eutrophication of Barra Bonita Reservoir, São Paulo state, Southern Brazil. *Arch. Hidrobiol. Beih Erget Limn.*, v 33, p.661-667.

- TUNDISI, J.G., MATSUMURA TUNDISI, M., CALIJURI, M.C., NOVO, E.M.L. (1991). Comparative Limnology of five Reservoirs in the Middle Tietê River, S. Paulo State. *Verh. Internat. Limnol* (24) 1489-1496.
- TUNDISI, J.G, MATSUMURA-TUNDISI, T., CALIJURI, M.C.(1993). *Limnology and management of reservoirs in Brazil*. IN: STRASKRABA, M., TUNDISI, J.G., DUNCAN, A. Comparative reservoir Limnology and Water Quality Management. Cap 2.
- TUNDISI, J.G., (1996). Reservoir as Complex Systems. *Ciê. e Cul*, 48(5/6), 383-387.
- TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., ROCHA, O (1999a). *Theoretical Basis for Reservoir Management*. IN: TUNDISI, J.G., STRASKRABA, M. Theoretical reservoir Ecology and its Applications. P. 313-346.
- VIEIRA, M.S.(1996). *Avaliação limnológica do reservatório de Ibitinga (rio Tietê Médio superior), e sua interação com a bacia hidrográfica*. São Paulo, 237p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo.
- 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*. Dissertação de mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental. 124p.
- WETZEL, R.G. (1983). *Limnology*. 2 ed., College Publishing. 767p.
- YAMAMURO, M., KOIKE, I. (1998). Concentrations of nitrogen in sandy sediments of a eutrophic estuarine lagoon. *Hydrobiologia*. 386: 37-44.
- ZAGATTO, P.A (1999). *Ecotoxicologia Aquática* IN: VII Congresso Brasileiro de Limnologia, Florianópolis, 1999. Mini-curso. Florianópolis, UFSC., 124p.
- ZANATA, L.H. *et.al.* (1997). *Análise da flutuação sazonal e interanual das populações de cladocera no reservatório de Barra Bonita, SP*. IN:
- ZANATA, L.H. (1999). *Heterogeneidade ambiental no reservatório de Salto Grande (Americana/SP) com ênfase na distribuição das populações de cladocera*. São Carlos, 218p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ANEXO A: VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA DOS
RESERVATÓRIOS DO MÉDIO E BAIXO TIETÊ (SP).

TABELA 8: Variáveis físicas e químicas da água, referente as coletas realizadas em outubro de 1999.

Ponto: Rio Tietê Data: 8/10/99 19:00hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,13	415	2,02	22,4	0,65m
0,5	7,13	416	1,86	22,4	
1,0	7,08	416	1,71	22,4	
1,5	6,91	416	1,72	22,4	
2,0	6,08	416	1,69	22,4	
2,5	6,73	417	1,66	22,4	
3,0	6,7	417	1,68	22,4	
3,5	6,69	417	1,64	22,4	
4,0	6,67	417	1,59	21	

Ponto: Rio Piracicaba Data: 8/10/99 16:50hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,29	221	7,04	21,0	0,8m
0,5	7,26	221	7,04	21,0	
1,0	7,25	221	7,01	20,9	
1,5	7,17	221	6,91	20,9	
2,0	6,94	221	6,87	20,8	
2,5	6,82	221	6,63	20,8	
3,0	6,77	221	6,87	20,8	
3,5	6,72	221	6,76	20,7	
4,0	6,69	221	6,9	20,7	
4,5	6,63	218	6,34	20,4	

Ponto: Barra Bonita Montante Data: 9/10/99 17:00hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	8,47	239	12,73	23,3	1,2m
0,5	8,5	238	12,71	23,1	
1,0	8,48	237	12,83	21,7	
1,5	8,24	237	11,86	20,9	
2,0	8,02	238	9,67	20,7	
2,5	7,5	238	9,4	20,6	
3,0	7,25	238	8,13	20,5	
3,5	6,95	239	7,94	20,4	
4,0	6,82	239	7,36	20,2	
4,5	6,65	239	6,98	20,1	
5,0	6,59	239	7,19	20	
5,5	6,55	239	6,93	20	
6,0	6,53	239	6,81	20	

Ponto: Bariri Montante Data: 14/10/99 15:00hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	9,21	219	13,13	26,3	1,10m
0,5	9,22	217	13,15	25,0	
1,0	9,18	217	13,69	24,7	
1,5	9,16	215	12,95	23,3	
2,0	8,91	215	12,27	22,8	
2,5	9,64	215	12,63	22,6	
3,0	8,46	215	11,74	22,1	
3,5	8,26	215	10,81	21,9	
4,0	8,00	213	9,72	21,6	
4,5	7,93	213	9,41	21,6	

9,0	6,99	211	7,64	20,8
9,5	6,95	211	7,51	20,8
10	6,91	211	7,51	20,7
11	6,87	212	7,31	20,6
12	6,83	212	6,98	20,6
13	6,82	214	7,33	20,5
14	6,76	215	6,74	20,4
15	6,67	218	6,50	20,2
16	6,63	218	6,31	20,1
17	6,59	219	6,08	20,1
18	6,55	219	5,65	20,1
19	6,52	219	5,38	20,1
20	6,49	220	4,97	20,1
21	6,46	220	4,98	20,1
22	6,66	220		

Ponto: Bariri jusante Data: 14/10/99 11:30hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,95	228	9,48	21,3	1,10m
0,5	7,98	228	9,31	21,2	
1,0	7,90	228	9,15	21,1	
1,5	7,77	228	9,06	21,1	
2,0	7,40	228	8,66	21,0	
2,5	7,19	228	8,58	20,9	
3,0	7,13	228	8,39	20,9	
3,5	7,08	228	8,41	20,9	
4,0	7,04	228	8,33	20,8	
4,5	7,01	229	8,17	20,8	
5,0	6,98	228	8,20	20,7	
5,5	6,95	229	7,94	20,7	
6,0	6,90	229	7,89	20,7	
6,5	6,88	229	7,77	20,7	
7,0	6,86	229	7,72	20,6	
7,5	6,84	229	7,79	20,6	
8,0	6,60	250	7,06	20,7	
8,5	6,79	312	6,81	20,7	
9,0	6,83	311	5,46		

Ponto: Rio Bauru Data: 14/10/99 12:50hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,86	155	0,37	24,8	0,60m
0,5	6,81	151	0,18	24,3	
1,0	6,77	153	0,04	23,8	
1,5	6,76	160	0,03	23,3	
2,0	6,62	163	0,01	22,4	
2,5	6,28	169	0,00	21,6	
3,0	6,30	202	0,00	21,5	

Ponto: Ibitinga Montante Data: 13/10/99 17:40hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,14	168	8,90	25,8	2,50m
0,5	7,14	168	9,13	24,8	
1,0	8,11	168	9,57	23,6	
1,5	8,15	168	9,53	23,1	
2,0	8,10	168	9,72	22,8	
2,5	7,89	168	9,34	22,4	
3,0	7,66	168	9,04	22,3	
3,5	7,47	168	8,68	22,1	
4,0	7,34	168	8,45	22,0	
4,5	7,27	168	8,18	22,6	
5,0	7,11	168	8,46	21,9	
5,5	7,08	168	8,45	21,9	
6,0	7,10	169	8,61	21,9	
6,5	7,14	169	8,36	21,9	
7,0	7,08	169	8,38	21,8	
7,5	7,01	169	8,09	21,7	

8,0	6,95	169	8,04	21,7
8,5	6,93	169	8,06	21,7
9,0	6,90	169	7,85	21,7
9,5	6,86	169	7,86	21,7
10	6,84	169	7,82	21,6
11	6,83	169	7,81	21,6
12	6,83	169	7,92	21,6
13	6,83	169	7,71	21,6
14	6,83	170	7,27	21,6
15	6,85	170	7,81	21,6
16	6,88	170	7,58	21,6
17	6,83	170	7,70	21,6
18	6,76	170	7,39	21,6
19	6,65	170	6,78	21,3
20	6,52	170	6,11	21,3
21	6,43	170	5,95	21,1
22	6,21	24,6	5,12	21,1
23	6,23	246	4,79	21,0
24	6,22	246	4,43	21,0

Ponto: Ibitinga Jusante Data: 13/10/99 13:45hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,92	200	9,99	25,3	1,30m
0,5	8,08	199	10,01	24,0	
1,0	8,31	199	11,08	22,7	
1,5	8,34	198	11,06	22,2	
2,0	8,34	198	11,08	21,8	
2,5	8,24	198	10,32	21,7	
3,0	7,88	197	9,09	21,6	
3,5	7,83	197	9,16	21,6	
4,0	7,81	197	9,20	21,6	
4,5	7,80	198	9,42	21,6	
5,0	7,78	198	9,24	21,5	
5,5	7,75	198	9,31	21,5	
6,0	7,69	198	8,99	21,5	
6,5	7,57	198	8,75	21,5	
7,0	7,49	198	8,77	21,4	
7,5	7,51	198	8,94	21,4	
8,0	7,51	198	8,50	21,4	
8,5	7,54	198	8,62	21,4	
9,0	7,55	198	8,97	21,3	
9,5	7,54	198	8,79	21,3	
10	7,50	198	8,68	21,3	
11	7,51	198	8,53	21,3	
12	7,47	199	8,38	21,3	
13	7,44	199	8,43	21,3	
14	7,36	199	8,14	21,3	
15	7,36	199	8,22	21,3	
16	7,33	199	8,32	21,3	

Ponto: Promissão Montante Data: 19/10/99 08:50hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,14	116	8,19	23,4	4,0m
0,5	7,28	116	8,18	23,4	
1,0	7,25	116	8,17	23,4	
1,5	7,18	116	8,22	23,4	
2,0	7,18	116	8,24	23,4	
2,5	7,17	116	8,27	23,4	
3,0	7,17	116	8,34	23,4	
3,5	7,17	116	8,25	23,4	
4,0	7,18	116	8,34	23,5	
4,5	7,18	116	8,42	23,5	
5,0	7,20	116	8,33	23,4	
5,5	7,18	116	8,28	23,4	
6,0	7,19	116	8,29	23,4	
6,5	7,17	116	8,30	23,4	
7,0	7,17	116	8,15	23,4	

7,5	7,15	116	8,22	23,4
8,0	7,13	116	8,17	23,3
8,5	7,11	116	8,19	23,3
9,0	7,07	115	8,18	23,2
9,5	7,04	115	8,09	23,2
10	7,01	115	8,02	23,1
11	6,99	115	8,01	23,1
12	6,97	115	8,07	23,2
13	6,96	115	8,04	23,2
14	6,94	114	8,11	23,1
15	6,91	114	8,02	23,1
16	6,04	114	7,97	23,0
17	6,79	113	7,84	22,8
18	6,72	113	7,70	24,8
19	6,69	112	7,55	24,8
20	6,66	112	7,54	22,7
21	6,58	112	7,38	22,6
22	6,54	112	7,29	22,5
23	6,48	112	7,02	22,4
24	6,13	192	6,15	22,4

Ponto: Promissão Jusante Data: 20/10/99 14:10hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	8,05	170	9,52	24,5	1,70m
0,5	8,11	171	9,50	24,4	
1,0	8,02	170	9,38	24,2	
1,5	7,67	171	9,36	23,8	
2,0	7,56	171	9,38	23,7	
2,5	7,49	171	9,25	23,6	
3,0	7,50	171	9,03	23,6	
3,5	7,45	171	9,07	23,5	
4,0	7,45	171	9,28	23,5	
4,5	7,45	171	9,32	23,6	
5,0	7,38	171	8,95	23,4	
5,5	7,35	171	9,06	23,4	

Ponto: Três Irmãos Montante Data: 28/10/99 9:45hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,60	90	8,12	24,4	4,0m
0,5	6,76	90	8,01	24,4	
1,0	6,79	90	8,04	24,4	
1,5	6,83	90	7,94	24,3	
2,0	6,84	90	7,97	24,4	
2,5	6,85	90	8,03	24,4	
3,0	6,85	90	8,08	24,4	
3,5	6,85	90	8,11	24,4	
4,0	6,85	90	8,0	24,4	
4,5	6,85	90	8,08	24,3	
5,0	6,86	90	8,07	24,3	
5,5	6,86	91	8,08	24,3	
6,0	6,86	91	8,01	24,3	
6,5	6,85	91	8,04	24,3	
7,0	6,87	91	7,97	24,3	
7,5	6,87	91	8,05	24,3	
8,0	6,88	91	8,08	24,3	
8,5	6,89	91	7,97	24,3	
9,0	6,87	91	8,05	24,3	
9,5	6,85	91	8,05	24,3	
10	6,85	91	8,08	24,3	
10,5	6,84	91	8,02	24,3	
11	6,82	91	7,99	24,3	
12	6,81	91	8,05	24,3	
13	6,75	91	7,88	24,3	
14	7,48	89	8,19	25,0	
15	7,47	89	8,17	25,0	
16	7,49	89	8,12	25,0	

Ponto: Três Irmãos jusante Data: 29/10/99 16:10hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,73	99	8,78	26,1	3,0m
0,5	7,76	99	9,04	26,1	
1,0	7,42	99	9,07	25,6	
1,5	7,10	99	8,68	25,3	
2,0	6,91	99	8,74	25,2	
2,5	6,69	100	8,18	24,9	
3,0	6,60	100	8,08	24,6	
3,5	6,54	100	7,97	24,5	
4,0	6,50	100	7,79	24,4	
4,5	6,47	100	7,61	24,4	
5,0	6,45	100	7,78	24,3	
5,5	6,43	100	7,73	24,3	
6,0	6,42	100	7,72	24,3	
6,5	6,42	100	7,68	24,2	
7,0	6,41	100	7,58	24,2	
7,5	6,39	100	7,20	23,9	
8,0	6,34	100	7,40	23,7	
8,5	6,36	100	7,53	23,6	
9,0	6,37	100	7,48	23,5	
9,5	6,37	100	7,43	23,5	
10	6,37	100	7,50	23,5	
11	6,34	100	7,37	23,4	
12	6,29	100	7,07	23,4	

TABELA 9: Variáveis físicas e químicas do perfil da coluna de água, referente as coletas realizadas em fevereiro de 2000.

Ponto: R. Piracicaba			Data: 18/02/00	9:20hs	
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,27	62	7,58	24,3	0,10 m
0,5	6,13	62	7,74	24,3	
1,0	6,09	62	7,81	24,4	
1,5	6,05	64	8,15	24,4	
2,0	6,04	66	8,13	24,5	
2,5	6,0	66	8,12	24,5	
3,0	5,99	66	8,12	24,5	
3,5	5,97	66	8,12	24,5	
4,0	5,96	66	8,11	24,6	
4,5	5,93	66	8,12	24,6	
5,0	5,91	66	8,12	24,6	
6,0	5,86	65	8,13	24,5	
7,0	5,85	64	8,15	24,5	
8,0	5,81	63	8,15	24,5	
9,0	5,76	63	8,16	24,5	
10,0	5,75	62	8,17	25,5	
Ponto: R. Tietê			Data: 18/02/00	12:40hs	
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,08	126	7,55	24,8	-
0,5	6,06	126	7,64	24,8	
1,0	6,06	126	7,71	24,8	
1,5	6,04	126	7,75	24,8	
2,0	6,03	126	7,79	24,8	
2,5	6,02	126	7,83	24,8	
3,0	6,01	126	7,86	24,8	
3,5	5,99	127	7,88	24,8	
4,0	5,98	127	7,91	24,7	
4,5	5,97	127	7,93	24,7	
5,0	5,95	125	7,94	24,7	
6,0	5,93	127	7,96	24,7	
7,0	5,91	127	7,98	24,7	
8,0	5,90	128	8,0	24,7	
9,0	5,87	128	8,01	24,7	
10	5,86	128	8,02	24,7	
11	5,84	128	8,04	24,7	
12	5,82	128	8,17	24,7	
13	5,81	128	8,17	24,7	
14	5,80	128	8,00	24,7	
15	5,76	129	8,07	24,7	

16	5,74	129	8,08	24,7	
17	5,72	129	8,09	24,7	
18	5,77	133	8,19	24,7	
Ponto: Barra Bonita Montante			Data: 18/02/00	3:50hs	
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,53	122	7,11	26,2	1,60m
0,5	6,5	122	7,53	26,2	
1,0	6,39	122	7,2	26,1	
1,5	6,36	121	7,05	26,0	
2,0	6,37	121	7,52	25,9	
2,5	6,31	121	7,61	25,7	
3,0	6,22	121	7,65	25,6	
3,5	6,19	121	7,67	25,6	
4,0	6,18	121	7,69	25,5	
4,5	6,15	121	7,70	25,6	
5,0	6,15	121	7,71	25,5	
6,0	6,12	121	7,72	25,5	
7,0	6,10	121	7,75	25,5	
8,0	6,09	121	7,76	25,5	
9,0	6,07	121	7,77	25,5	
10	6,05	122	7,78	25,5	
11	6,04	122	7,78	25,5	
12	6,00	122	7,80	25,5	
13	6,00	122	7,80	25,5	
14	5,98	122	7,81	25,5	
15	5,88	122	7,84	25,5	
16	5,93	122	7,83	25,5	
17	5,85	122	7,84	25,5	
18	5,84	122	7,85	25,4	
19	5,83	122	7,86	25,4	
20	5,72	244	7,95	25,5	
Ponto: Barra Bonita Jusante			Data: 19/02/00	14:00hs	
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,37	119	7,83	25,2	0,90m
0,5	6,37	113	7,56	25,1	
1,0	6,20	114	7,62	25,1	
1,5	6,7	113	7,71	25,0	
2,0	6,13	114	7,79	24,9	
2,5	6,10	114	7,88	24,7	
3,0	6,09	113	7,93	24,6	
3,5	6,07	113	7,98	24,6	
4,0	6,07	114	8,01	24,6	
4,5	6,06	113	8,05	24,5	
5,0	6,05	113	8,09	24,4	
5,5	6,05	113	8,12	24,4	
6,0	6,05	112	8,14	24,3	
7,0	6,0	103	8,28	24,0	
8,0	5,94	103	7,52	23,9	
Ponto: Bariri Montante			Data: 18/02/00	9:40hs	
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,20	119	7,32	25,2	1,9m
0,5	6,14	119	7,41	25,2	
1,0	6,10	119	7,49	25,3	
1,5	6,06	119	7,53	25,3	
2,0	6,02	119	7,57	25,3	
2,5	6,00	119	7,59	25,3	
3,0	5,98	119	7,62	25,3	
3,5	5,95	119	7,65	25,3	
4,0	5,94	119	7,67	25,3	
4,5	5,93	119	7,69	25,3	
5,0	5,92	119	7,71	25,3	
5,5	5,89	119	7,72	25,3	
6,0	5,89	119	7,74	25,3	
7,0	5,87	119	7,74	25,3	
8,0	5,84	119	7,76	25,3	
9,0	5,84	119	7,76	25,3	
10	5,83	119	7,77	25,3	
11	5,82	119	7,78	25,3	
12	5,81	119	7,79	25,3	
13	5,78	119	7,80	25,3	
14	5,77	119	7,81	25,3	

15	5,76	118	7,82	25,3	
16	5,75	115	7,81	25,3	
17	5,74	118	7,93	25,3	
18	5,73	118	7,72	25,3	
19	5,91	118	7,85	25,3	
20	5,87	118	7,87	25,3	
21	5,86	118	7,88	25,2	
22	5,74	182	8,02	25,3	
Ponto: R, Bauru Data: 19/02/00 15:20hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura (°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,18	106	7,05	27	-
0,5	6,15	107	7,17	26,8	
1,0	6,12	110	7,40	26,2	
1,5	6,08	109	7,51	26	
2,0	6,07	108	7,65	25,7	
2,5	6,02	108	7,75	25,4	
3,0	6,0	108	7,79	25,3	
3,5	5,98	108	7,81	25,3	
4,0	5,97	108	7,84	24,3	
4,5	5,97	108	7,86	25,2	
5,0	5,96	108	7,91	25,1	
5,5	5,94	106	7,99	25,0	
6,0	5,84	95	8,15	24,5	
7,0	5,77	90	8,42	23,9	
8,0	5,74	87	8,51	23,6	
9,0	5,72	97	8,82	23,5	
Ponto: Bariri Jusante Data: 20/02/00 15:05hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura (°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	7,13	175	7,16	28,3	1,10 m
0,5	7,16	175	7,45	27,8	
1,0	7,16	175	7,77	27,0	
1,5	7,07	175	8,13	26,1	
2,0	6,79	150	8,30	25,7	
2,5	6,41	176	8,37	25,5	
3,0	6,20	132	8,88	25,5	
3,5	6,17	176	8,43	25,4	
4,0	6,13	175	8,47	25,4	
4,5	6,40	175	8,49	25,4	
5,0	6,06	176	8,52	25,3	
5,5	6,06	176	8,56	25,3	
6,0	6,07	176	8,58	25,3	
7,0	6,07	177	8,60	25,2	
8,0	6,07	177	8,62	25,2	
9,0	6,06	177	8,63	25,2	
10,0	5,96	200	8,74	25,2	
Ponto: Ibitinga Montante Data: 20/02/00 11:10hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura (°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,22	176	7,75	26,4	2,10 m
0,5	6,21	176	7,84	27,4	
1,0	6,07	176	7,91	26,4	
1,5	6,00	176	7,97	26,3	
2,0	5,99	176	8,02	26,3	
2,5	6,0	176	8,05	26,3	
3,0	5,99	176	8,09	26,2	
3,5	5,99	176	8,10	26,2	
4,0	5,98	175	8,16	26,1	
4,5	5,99	175	8,18	26,1	
5,0	5,95	175	8,20	26,1	
6,0	5,92	174	8,22	26,1	
7,0	5,91	174	8,23	26,1	
8,0	5,89	174	8,25	26,1	
9,0	5,88	174	8,26	26,0	
10	5,87	174	8,26	26,0	
11	5,86	174	8,28	26,0	
12	5,85	174	8,29	26,0	
13	5,85	174	8,29	26,0	
14	5,84	175	8,30	26,0	
15	5,84	175	8,31	26,0	
16	5,84	175	8,31	26,0	

17	5,83	176	8,32	26,0	
18	5,82	175	8,33	26,0	
19	5,81	175	8,34	26,0	
20	5,80	174	8,35	26,0	
21	5,78	174	8,35	26,0	
22	5,79	260	8,43	26,0	
Ponto: Ibitinga Jusante Data: 21/02/00 8,45hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura (°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	5,52	116	7,49	26,1	1,5m
0,5	5,62	116	7,64	26,2	
1,0	5,67	116	7,73	26,2	
1,5	5,72	116	7,79	26,2	
2,0	5,75	116	7,85	26,2	
Ponto: Promissão Montante Data: 22/02/00 9:40hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura (°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,63	100	7,53	27	-
0,5	6,64	100	7,57	27	
1,0	6,61	100	7,61	27	
1,5	6,61	100	7,65	27	
2,0	6,61	100	7,68	27	
2,5	6,61	100	7,71	27	
3,0	6,60	100	7,73	27	
3,5	6,58	100	7,74	27	
4,0	6,59	100	7,76	27	
4,5	6,55	100	7,76	27	
5,0	6,54	100	7,79	27	
5,5	6,53	100	7,82	26,9	
6,0	6,50	100	7,84	26,9	
7,0	6,47	100	7,89	26,8	
8,0	6,39	99	7,99	26,5	
9,0	6,35	100	8,01	26,4	
10	6,34	100	8,03	26,4	
11	6,32	100	8,40	26,3	
12	6,28	100	8,08	26,3	
13	6,29	101	8,1	26,2	
14	6,25	61	8,38	26,2	
15	6,23	101	8,08	26,2	
16	6,22	101	8,10	26,2	
17	6,21	101	8,12	26,2	
18	6,22	101	8,14	26,2	
19	6,17	100	8,16	26,1	
20	6,09	100	8,17	26,1	
21	6,05	100	8,18	26,1	
22	6,04	61	8,16	26,1	
Ponto: Promissão Jusante Data: 22/02/00 14:30hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura (°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,78	98	7,41	27	3,0 m
0,5	6,86	98	7,51	27	
1,0	6,69	98	7,58	26,9	
1,5	6,60	99	7,61	26,9	
2,0	6,55	99	7,65	26,9	
Ponto: Nova Avavanhandava Montante Data: 23/02/00 10:30hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura (°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,82	82	7,56	27,3	3,5 m
0,5	6,80	82	7,59	27,3	
1,0	6,62	82	7,61	27,3	
1,5	6,51	82	7,65	27,3	

Ponto: Nova Avanhandava Jusante			23/02/00	-14:00hs	
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura (°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,86	82	7,06	28,3	3,50 m
0,5	6,87	82	7,10	28,1	
1,0	6,65	82	7,16	28	
1,5	6,52	83	7,23	27,9	
2,0	6,50	83	7,25	27,9	
2,5	6,49	83	7,30	27,9	
3,0	6,50	83	7,32	27,9	
3,5	6,51	83	7,34	27,9	
4,0	6,51	83	7,38	27,9	
4,5	6,51	83	7,38	27,9	
5,0	6,52	83	7,40	27,9	
6,0	6,51	83	7,44	27,8	
7,0	6,51	83	7,64	27,8	
Ponto: Três Irmãos Montante			Data: 24/02/00	17:25hs	
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura (°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	7,23	61	6,13	31,8	2,10 m
0,5	7,13	61	6,34	31,0	
1,0	6,94	60	6,96	29,2	
1,5	6,84	61	7,13	28,7	
2,0	6,73	61	7,22	28,5	
2,5	6,64	61	7,28	28,4	
3,0	6,60	62	7,32	28,3	
3,5	6,56	62	7,36	28,2	
4,0	6,53	62	7,40	28,2	
4,5	6,51	62	7,42	28,1	
5,0	6,52	62	7,44	28,1	
5,5	6,55	62	7,46	28,1	
6,0	6,56	63	7,48	28,1	
7,0	6,55	63	7,51	28,0	
8,0	6,54	63	7,52	28,0	
9,0	6,53	63	7,53	28,0	
10	6,5	63	7,59	27,8	
11	6,45	64	7,72	27,7	
12	6,42	63	7,61	27,7	
13	6,41	63	7,64	27,7	
14	6,40	63	7,66	27,7	
15	6,36	64	7,69	27,6	
16	6,34	64	7,71	27,5	
17	6,30	63	7,73	27,5	
18	6,28	63	7,74	27,5	
19	6,27	64	7,74	27,5	
20	6,25	64	7,75	27,4	
21	6,23	63	7,77	27,4	
22	6,21	62	7,78	27,4	
23	6,20	62	7,79	27,4	
24	6,19	63	7,79	27,4	
25	6,16	62	7,80	27,4	
26	6,15	62	7,81	27,3	
27	6,13	62	7,82	27,3	
28	6,12	62	7,82	27,3	
Ponto: Três Irmãos Jusante			Data: 25/02/00	11:00hs	
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio (mg/L)	Temperatura (°C)	Disco de Secchi (m)
0,0	6,68	58	7,05	27,9	2,5m
0,5	6,57	58	7,15	27,9	
1,0	6,37	59	7,31	27,8	

TABELA 10--- Variáveis físicas e químicas da água, referentes as coletas realizadas em maio de 2000.

Ponto: Tietê 7/5/00 7:45hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,33	112	8,15	23,4	1,30 m
0,5	6,32	112	8,16	23,5	
1,0	6,44	112	8,17	23,5	
1,5	6,55	112	8,18	23,5	
2,0	6,57	112	8,19	23,5	
2,5	6,60	112	8,20	23,5	
3,0	6,59	112	8,21	23,5	
3,5	6,59	111	8,21	23,6	
4,0	6,58	111	8,22	23,6	
4,5	6,61	111	8,22	23,6	
5,0	6,57	112	8,21	23,6	
5,5	6,57	112	8,22	23,6	
6,0	6,57	112	8,23	23,6	
6,5	6,58	112	8,22	23,6	
7,0	6,58	112	8,22	23,6	
8,0	6,54	112	8,22	23,7	
9,0	6,56	112	8,22	23,7	
10	6,54	112	8,23	23,7	
11	6,55	112	8,24	23,7	
12	6,53	114	8,24	23,6	
13	6,56	118	8,26	23,6	
14	6,58	119	8,27	23,6	
15	6,56	118	8,28	23,6	
16	6,55	118	8,28	23,6	
17	6,56	118	8,29	23,6	
18	6,54	119	8,29	23,6	
Ponto: Barra Bonita Montante 6/5/00 14:200hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,01	167	7,54	24,5	3,15 m
0,5	7,0	167	7,63	24,5	
1,0	6,94	167	7,69	24,5	
1,5	6,91	167	7,72	24,5	
2,0	6,89	167	7,75	24,5	
2,5	6,91	167	7,78	24,5	
3,0	6,91	167	7,80	24,5	
3,5	6,87	167	7,82	24,5	
4,0	6,87	167	7,84	24,5	
4,5	6,86	168	7,85	24,5	
5,0	6,85	168	7,87	24,5	
5,5	6,83	167	7,88	24,4	
6,0	6,82	167	8,10	24,4	
6,5	6,81	167	7,78	24,4	
7,0	6,76	168	7,90	24,3	
8,0	6,65	167	7,98	24,2	
9,0	6,57	167	8,03	24,1	
10	6,49	167	8,06	24,0	
11	6,43	166	8,10	23,9	
12	6,39	166	8,11	23,9	
13	6,35	166	8,12	23,9	
14	6,32	166	8,14	23,8	
15	5,20	165	8,15	23,8	
16	6,28	165	8,15	23,8	
17	6,27	165	8,16	23,8	
18	6,25	165	8,17	23,8	
19	6,20	165	8,05	23,8	
20	6,25	167	8,18	23,8	
21	6,41	172	8,23	23,8	
22	6,37	173	8,23	23,8	
23	6,38	173	8,24	23,8	
24	6,40	173	8,25	23,8	
25	6,41	173	8,25	23,8	
26	6,43	172	8,26	23,8	

Ponto: Barra Bonita Jusante 6/5/00 12:30hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,6	160	7,51	24,5	-
0,5	6,61	160	7,63	24,5	
1,0	6,59	160	7,69	24,5	
1,5	6,53	160	7,75	24,5	
2,0	6,54	160	7,77	24,5	
2,5	6,51	160	7,80	24,5	
3,0	6,48	160	7,81	24,5	
3,5	6,48	160	7,82	24,5	
4,0	6,50	160	7,85	24,5	
4,5	6,51	160	7,86	24,5	
5,0	6,51	160	7,87	24,5	
5,5	6,49	161	7,89	24,4	
6,0	6,47	161	7,91	24,4	
6,5	6,46	161	7,92	24,4	
7,0	6,45	157	7,99	24,3	

Ponto: Bariri montante 6/5/00 8:30hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,30	158	7,13	24,3	2,30 m
0,5	6,44	157	7,34	24,3	
1,0	6,56	156	7,48	24,3	
1,5	6,65	156	7,57	24,3	
2,0	6,68	156	7,64	24,3	
2,5	6,73	156	7,70	24,3	
3,0	6,80	156	7,74	24,3	
3,5	6,75	157	7,82	24,2	
4,0	6,65	158	7,89	24,1	
4,5	6,64	157	7,93	24,0	
5,0	6,64	156	7,98	24,0	
5,5	6,62	157	8,01	23,9	
6,0	6,58	157	8,04	23,9	
6,5	6,52	157	8,08	23,8	
7,0	6,48	156	8,09	23,8	
8,0	6,46	156	8,10	23,8	
9,0	6,37	156	8,13	23,7	
10	6,36	156	8,15	23,7	
11	6,34	157	8,15	23,7	
12	6,32	158	8,16	23,7	
13	6,33	158	8,17	23,7	
14	6,31	126	8,46	23,7	
15	6,29	122	8,12	23,7	
16	6,46	92	8,0	23,6	
17	6,26	156	8,20	23,6	
18	6,24	155	8,55	23,6	
19	6,26	76	8,42	23,5	
20	6,23	93	8,46	23,4	
21	6,24	141	7,73	23,2	
22	6,64	185	8,52	23,2	
23	6,75	185	8,58	23,2	
24	6,78	185	8,58	23,2	
25	6,79	186	8,58	23,2	
26	6,81	187	8,58	23,2	
27	6,82	187	8,57	23,2	
28	6,83	187	8,57	23,2	
29	6,83	188	8,57	23,2	

Ponto: Bariri Jusante 5/5/00 15:45hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,84	152	6,62	26,1	1,80 m
0,5	6,76	152	8,42	26,1	
1,0	6,64	152	6,73	25,7	
1,5	6,50	151	7,18	25,1	
2,0	6,33	152	7,10	24,5	
2,5	6,24	152	7,40	24,8	
3,0	6,14	153	7,43	24,8	
3,5	6,12	153	7,48	24,7	
4,0	6,10	152	7,51	24,7	
4,5	6,09	153	7,54	24,7	
5,0	6,07	152	7,56	24,6	
5,5	6,07	152	7,58	24,6	
6,0	6,07	152	7,61	24,6	
6,5	6,10	152	7,60	24,5	
7,0	6,07	152	7,64	24,5	

Ponto: Ibitinga Montante 5/5/00 10:55hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,8	128	6,91	25,1	3,90 m
0,5	6,50	128	7,05	25,1	
1,0	6,57	128	7,15	25,0	
1,5	6,48	128	7,23	25,0	
2,0	6,49	129	7,28	24,9	
2,5	6,46	129	7,33	24,9	
3,0	6,43	129	7,39	24,8	
3,5	6,40	129	7,42	24,8	
4,0	6,42	129	7,44	24,8	
4,5	6,46	129	7,45	24,7	
5,0	6,45	130	7,47	24,7	
5,5	6,44	129	7,48	24,7	
6,0	6,46	130	7,51	24,7	
6,5	6,44	130	7,52	24,7	
7,0	6,46	130	7,53	24,7	
8,0	6,43	130	7,54	24,7	
9,0	6,39	130	7,56	24,7	
10	6,35	132	7,59	24,6	
11	6,30	132	7,59	24,6	
12	6,27	133	7,62	24,5	
13	6,24	132	7,66	24,5	
14	6,22	134	7,68	24,4	
15	6,20	131	7,70	24,3	
16	6,17	130	7,71	24,3	
17	6,16	132	7,72	24,3	
18	6,14	130	7,71	24,3	
19	6,16	130	7,87	24,2	
20	6,02	103	8,45	24,0	
21	5,92	90	7,86	23,8	
22	5,86	85	7,91	23,7	

Ponto: Ibitinga Jusante 5/5/00 7:55hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,18	130	6,98	24,4	3,0 m
0,5	6,20	127	7,11	24,5	
1,0	6,25	126	7,22	24,4	
1,5	6,32	125	7,31	24,4	
2,0	6,31	126	7,38	24,4	
2,5	6,32	125	7,44	24,4	
3,0	6,35	126	7,48	24,3	
3,5	6,36	126	7,52	24,3	
4,0	6,34	126	7,54	24,4	
4,5	6,35	126	7,57	24,3	
5,0	6,35	126	7,59	24,3	
5,5	6,36	126	7,60	24,3	
6,0	6,35	126	7,62	24,3	
6,5	6,36	126	7,63	24,3	

Ponto: Promissão Montante 4/5/00 11:00hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,25	140	7,20	25,7	6,20 m
0,5	7,21	140	7,32	25,7	
1,0	7,09	140	7,39	25,7	
1,5	7,05	140	7,45	25,7	
2,0	6,98	140	7,51	25,6	
2,5	6,96	140	7,55	25,5	
3,0	6,93	140	7,58	25,5	
3,5	6,92	140	7,62	25,4	
4,0	6,90	140	7,64	25,4	
4,5	6,87	141	7,66	25,4	
5,0	6,83	141	7,68	25,4	
5,5	6,81	141	7,69	25,4	
6,0	6,81	141	7,70	25,4	
6,5	6,77	141	7,72	25,4	
7,0	6,76	141	7,73	25,4	
8,0	6,75	141	7,75	25,4	
9,0	6,74	141	7,75	25,3	
10	6,72	141	7,77	25,3	
11	6,70	141	7,77	25,3	
12	6,69	141	7,78	25,3	
13	6,15	141	7,77	25,3	
14	6,09	141	7,80	25,3	
15	6,68	141	7,81	25,3	
16	6,66	141	7,81	25,3	
17	6,65	141	7,82	25,3	
18	6,64	142	7,83	25,2	
19	6,63	142	7,83	25,2	
20	6,61	142	7,84	25,2	
21	6,59	101	7,54	25,2	
22	6,59	70	7,99	25,2	
23	6,59	72	7,96	25,2	
24	6,20	95	8,15	25,2	

Ponto: Promissão Jusante 4/5/00 9:37hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,03	141	7,29	25,4	3,80 m
0,5	7,03	141	7,40	25,5	
1,0	7,05	141	7,47	25,5	

Ponto: Nova Av, Montante 3/5/00 13:00hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,08	130	8,73	25,9	5,20 m
0,5	6,93	130	8,09	25,8	
1,0	6,78	131	9,01	25,8	
1,5	6,66	131	9,08	25,8	
2,0	6,64	131	9,14	25,7	
2,5	6,62	131	9,18	25,7	
3,0	6,61	131	9,23	25,7	
3,5	6,61	131	9,27	25,7	
4,0	6,59	131	9,30	25,6	
4,5	6,59	132	9,35	25,6	
5,0	6,58	132	9,39	25,5	
5,5	6,57	132	9,41	25,5	
6,0	6,56	132	9,42	25,5	
7,0	6,55	132	9,44	25,5	
8,0	6,53	132	9,45	25,5	
9,0	6,51	132	9,46	25,4	
10	6,50	132	9,48	25,4	
11	6,49	132	9,49	25,4	
12	6,48	132	9,50	25,4	
13	6,48	132	9,50	25,4	
14	6,47	133	9,51	25,4	
15	6,47	133	9,52	25,4	
16	6,44	133	9,53	25,4	
17	6,42	133	9,51	25,4	
18	6,41	133	9,53	25,4	
19	6,39	133	9,53	25,4	
20	6,37	134	9,54	25,4	
21	6,36	134	9,54	25,4	
22	6,35	134	9,55	25,4	
23	6,28	134	9,69	25,4	

Ponto: Nova Avanhandava Jusante 3/5/00 14:50hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,96	130	8,83	25,8	6,30 m
0,5	6,86	131	8,98	25,8	
1,0	6,75	131	9,08	25,8	
1,5	6,72	131	9,16	25,8	

Ponto: Três Irmãos Montante 2/5/00 15:hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,08	80	7,87	27,1	4,60 m
0,5	7,0	80	8,40	27,1	
1,0	6,67	80	8,45	27,0	
1,5	6,56	80	9,21	27,0	
2,0	6,43	80	9,47	26,9	
2,5	6,53	80	8,79	26,8	
3,0	6,54	80	8,04	26,8	
3,5	6,54	80	8,88	26,7	
4,0	6,54	80	8,96	26,7	
4,5	6,53	79	9,0	26,6	
5,0	6,52	79	9,03	26,6	
6,0	6,51	79	9,06	26,6	
7,0	6,50	79	9,08	26,5	
8,0	6,49	79	9,10	26,5	
9,0	6,49	79	9,12	26,5	
10	6,48	79	9,14	26,5	
11	6,48	79	9,15	26,5	
12	6,47	78	9,16	26,5	
13	6,45	78	9,18	26,4	
14	6,44	78	9,19	26,4	
15	6,43	78	9,19	26,4	
16	6,42	78	9,21	26,4	
17	6,41	78	9,22	26,4	
18	6,40	78	9,23	26,4	
19	6,41	78	9,18	26,4	
20	6,38	78	9,18	26,4	
21	6,37	77	9,23	26,3	

22	6,34	77	9,24	26,3	
23	6,32	77	9,24	26,3	
24	6,29	76	9,25	26,3	
25	6,27	75	9,26	26,3	
26	6,26	75	9,28	26,3	
27	6,24	74	9,29	26,3	
28	6,23	74	9,29	26,2	
29	6,23	74	9,30	26,2	
30	6,22	74	9,30	26,2	

Ponto: Três Irmãos Jusante 2/5/00 11:45hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,79	81	8,61	26,7	5,20 m
0,5	6,76	81	8,75	26,7	
1,0	6,82	81	8,84	26,6	

TABELA 11: Variáveis físicas e químicas do perfil da coluna de água, referentes as coletas realizadas em julho de 2000.

Ponto: Rio Piracicaba 13/07/00 9:00hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	5,86	246	3,48	18,7	0,35m
0,5	5,85	245	3,43	18,7	
1,0	6,0	245	3,46	18,8	
1,5	6,04	245	3,44	18,9	
2,0	6,3	245	3,35	18,9	
2,5	6,17	24,5	3,17	18,8	
3,0	6,21	245	3,42	18,9	
3,5	6,20	246	3,34	19	
4,0	6,23	246	3,30	19	
4,5	6,24	246	3,15	20	
5,0	6,26	246	290	19,4	
Ponto: Rio Tietê 13/07/00 11:05hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,98	407	2,71	22	,30 m
0,5	6,95	416	2,61	22,4	
1,0	6,86	430	2,02	19,9	
1,5	6,83	431	1,69	19,9	
2,0	6,76	421	0,93	19,6	
2,5	6,70	404	0,71	19,7	
3,0	6,69	396	0,71	19,9	
3,5	6,68	401	0,79	19,9	
4,0	6,69	416	0,96	21,7	
4,5	6,69	416	1,01	19,5	
5,0	6,69	417	1,05	19,5	
6,0	6,67	411	1,18	19,4	
7,0	6,67	408	1,10	19,3	
8,0	6,67	408	1,13	19,3	
9,0	6,66	408	1,13	19,3	
10	6,66	407	1,18	19,3	
11	6,63	407	1,21	19,3	
12	6,67	407	1,19	19,3	
13	6,66	407	1,21	19,2	
14	6,36	415	0,07	19,3	
Ponto:Barra Bonita Montante 14/07/00 8:00hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,0	227	5,46	19,4	2,20 m
0,5	6,22	225	5,41	19,4	
1,0	6,34	224	5,41	19,7	
1,5	6,43	236	6,03	19,6	
2,0	6,46	248	5,97	19,2	
2,5	6,50	241	5,90	19,3	
3,0	6,59	241	6,06	19,3	
3,5	6,62	241	5,99	19,3	
4,0	6,59	241	6,04	19,3	
4,5	6,61	240	6,06	19,4	
5,0	6,62	241	6,07	19,4	
6,0	6,61	241	6,12	19,4	
7,0	6,64	241	6,13	19,4	
8,0	6,65	241	6,12	19,4	
9,0	6,66	241	6,27	19,4	
10	6,67	241	6,33	19,4	
11	6,69	241	6,23	19,4	
12	6,71	241	6,27	19,5	
13	6,72	241	6,20	19,5	
14	6,74	241	6,26	19,5	
15	6,75	241	6,02	19,5	
16	6,51	243	6,73	19,5	

Ponto: Barra Bonita Jusante 13/07/00 15:20hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,92	219	5,77	20,4	4,20 m
0,5	6,85	219	5,76	20,4	
1,0	6,78	219	5,70	20,4	
1,5	6,75	219	5,63	20,4	
2,0	6,73	220	5,39	20,3	
2,5	6,71	220	5,21	20,1	
3,0	6,70	220	4,94	19,9	
3,5	6,67	219	5,14	19,8	
4,0	6,66	219	5,25	19,8	
4,5	6,65	219	5,31	19,8	
5,0	6,66	219	5,25	19,7	
6,0	6,64	218	5,28	19,7	
7,0	6,62	209	4,49	19,4	

Ponto:Bariri Montante 12/07/00 14:55hs					
Profundidade	pH	Condu,.	Oxigênio	Temperatura	Secchi
0	6,92	174	6,73	20,4	2,30 m
0,5	6,79	176	6,61	20,5	
1,0	6,74	175	6,50	20,5	
1,5	6,71	178	6,65	20,5	
2,0	6,71	178	6,70	20,5	
2,5	6,65	178	6,63	20,5	
3,0	6,65	179	6,72	20,5	
3,5	6,65	182	6,77	20,4	
4,0	6,62	182	6,64	20,4	
4,5	6,62	182	6,43	20,4	
5,0	6,60	182	6,57	20,4	
6,0	6,57	182	6,03	20,4	
7,0	6,52	183	5,98	20,3	
8,0	6,51	183	5,97	20,3	
9,0	6,51	183	5,85	20,3	
10	6,51	183	5,86	20,3	
11	6,56	183	5,86	20,3	
12	6,48	184	5,21	21,2	
13	6,45	185	4,74	20,2	
14	6,41	186	4,42	20,1	
15	6,40	186	4,48	20,1	
16	6,38	187	4,44	20,1	
17	6,31	188	0,54	20,1	

Ponto:R, Bauru 12/07/00 13:35hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,38	171	2,73	20,2	1,30 m
0,5	6,35	171	2,58	20,2	
1,0	6,33	171	2,50	20,3	
1,5	6,31	171	2,51	20,3	
2,0	6,29	172	2,53	20,3	
2,5	6,29	172	2,42	20,3	
3,0	6,26	172	2,47	20,3	
3,5	6,24	173	2,50	20,3	
4,0	6,25	173	2,42	20,3	
4,5	6,24	173	2,44	20,3	
6,0	6,25	169	2,61	20,4	
7,0	6,27	175	3,01	20,3	
8,0	6,27	169	3,22	20,4	
9,0	6,25	158	2,85	20,6

Ponto: Bariri Jusante 12/07/00 12hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	5,96	177	6,67	20,4	3,9m
0,5	6,15	177	6,59	20,5	
1,0	6,19	177	6,34	20,5	
1,5	6,21	177	6,59	20,5	
2,0	6,25	176	6,61	20,6	
2,5	6,26	176	6,70	20,6	
3,0	6,27	176	6,62	20,6	
4,0	6,30	177	6,75	20,6	
5,0	6,33	175	6,72	20,6	
6,0	6,37	172	6,60	20,7	
7,0	6,39	172	6,62	20,7	
8,0	6,63	169	6,62	21,0	
9,0	6,84	168	6,44	20,7	
10	6,61	166	6,07	21,2	

Ponto: Ibitinga Montante 11/07/00 10:50hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,78	128	9,40	20,5	3,50m
0,5	6,52	128	9,42	20,5	
1,0	6,34	128	9,56	20,5	
1,5	6,26	128	9,66	20,4	
2,0	6,22	128	9,72	20,4	
2,5	6,20	128	9,77	20,4	
3,0	6,20	128	9,81	20,4	
4,0	6,21	128	9,86	20,3	
5,0	6,22	128	9,90	20,3	
6,0	6,22	64	10,20	20,3	
7,0	6,19	64	10,11	20,3	
8,0	6,19	64	10,11	20,3	
9,0	6,19	128	9,70	20,3	
10	6,19	128	9,89	20,3	
11	6,20	66	10,23	20,3	
12	6,20	64	10,17	20,3	
13	6,20	128	9,88	20,3	
14	6,20	71	9,86	20,3	
15	6,20	129	9,97	20,2	
16	6,20	129	10,04	20,2	
17	6,16	129	10,07	20,2	
18	6,15	129	10,08	20,1	
19	6,13	129	10,07	20,1	
20	6,13	130	10,09	20,1	
21	6,11	130	10,07	20,1	
22	6,11	130	10,10	20,1	
23	5,98	215	10,31	20,2	

Ponto: Ibitinga Jusante 11/07/00 9:20hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,10	73	10,10	20,3	
0,5	6,09	74	10,11	20,3	
1,0	6,06	72	10,10	20,3	
1,5	6,05	72	10,09	20,3	
2,0	6,06	73	10,08	20,3	

Ponto: Promissão Montante 10/07/00 11:55hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,97	114	8,52	21,4	3,90m
1,0	6,95	114	8,65	21,4	
2,0	6,93	115	8,75	21,4	
3,0	6,94	115	8,80	21,4	
4,0	6,94	115	8,84	21,4	
5,0	6,95	115	8,88	21,3	
6,0	6,94	115	8,90	21,3	
7,0	6,91	115	8,93	21,3	
8,0	6,89	115	8,89	21,3	
9,0	6,89	115	8,89	21,3	
10	6,87	58	9,18	21,2	
11	6,85	76	8,70	21,3	
12	6,83	115	8,95	21,3	
13	6,81	115	8,99	21,2	
14	6,90	67	9,36	21,2	
15	6,79	115	8,95	21,2	
16	6,79	63	9,38	21,2	
17	6,79	115	8,99	21,2	
18	6,80	115	9,03	21,2	
19	6,80	115	9,06	21,2	
20	6,80	116	9,07	21,2	
21	6,79	115	9,08	21,2	
22	6,79	115	8,97	21,2	
23	6,27	155	9,10	21,2	

Ponto: Promissão Jusante 10/07/00 14:00hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,06	115	8,50	21,5	4,0m
0,5	7,15	115	8,65	21,5	
1,0	7,18	115	8,72	21,5	

Ponto: Nova Avanhanda montante 9/07/00 12:05hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	7,35	123	8,49	21,6	3,90m
0,5	7,36	123	8,61	21,6	
1,0	7,31	123	8,68	21,6	
1,5	7,31	123	8,74	21,6	
2,0	7,32	123	8,78	21,6	
2,5	7,30	123	8,80	21,6	
3,0	7,29	123	8,83	21,5	
4,0	7,26	123	8,86	21,5	
5,0	7,24	123	8,88	21,5	
6,0	7,21	123	8,92	21,4	
7,0	7,20	123	9,18	21,4	
8,0	7,15	62	9,11	21,4	
9,0	7,15	63	9,09	21,4	
10	7,10	62	9,09	21,4	
11	7,03	123	8,80	21,4	
12	6,98	124	8,90	21,4	
13	6,98	124	8,94	21,4	
14	6,96	124	8,93	21,4	
15	6,94	124	8,99	21,4	
16	6,93	120	8,94	21,3	
17	6,93	124	9,00	21,3	

Ponto: Barra Bonita Jusante 13/07/00 15:20hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,92	219	5,77	20,4	4,20 m
0,5	6,85	219	576	20,4	
1,0	6,78	219	5,70	20,4	
1,5	6,75	219	5,63	20,4	
2,0	6,73	220	5,39	20,3	
2,5	6,71	220	5,21	20,1	
3,0	6,70	220	4,94	19,9	
3,5	6,67	219	5,14	19,8	
4,0	6,66	219	5,25	19,8	
4,5	6,65	219	5,31	19,8	
5,0	6,66	219	5,25	19,7	
6,0	6,64	218	5,28	19,7	
7,0	6,62	209	4,49	19,4	
Ponto:Bariri Montante 12/07/00 14:55hs					
Profundidade	pH	Condut,	Oxigênio	Temperatura	Secchi
0	6,92	174	6,73	20,4	2,30 m
0,5	6,79	176	6,61	20,5	
1,0	6,74	175	6,50	20,5	
1,5	6,71	178	6,65	20,5	
2,0	6,71	178	6,70	20,5	
2,5	6,65	178	6,63	20,5	
3,0	6,65	179	6,72	20,5	
3,5	6,65	182	6,77	20,4	
4,0	6,62	182	6,64	20,4	
4,5	6,62	182	6,43	20,4	
5,0	6,60	182	6,57	20,4	
6,0	6,57	182	6,03	20,4	
7,0	6,52	183	5,98	20,3	
8,0	6,51	183	5,97	20,3	
9,0	6,51	183	5,85	20,3	
10	6,51	183	5,86	20,3	
11	6,56	183	5,86	20,3	
12	6,48	184	5,21	21,2	
13	6,45	185	4,74	20,2	
14	6,41	186	4,42	20,1	
15	6,40	186	4,48	20,1	
16	6,38	187	4,44	20,1	
17	6,31	188	0,54	20,1	
Ponto:R, Bauru 12/07/00 13:35hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,38	171	2,73	20,2	1,30 m
0,5	6,35	171	2,58	20,2	
1,0	6,33	171	2,50	20,3	
1,5	6,31	171	2,51	20,3	
2,0	6,29	172	2,53	20,3	
2,5	6,29	172	2,42	20,3	
3,0	6,26	172	2,47	20,3	
3,5	6,24	173	2,50	20,3	
4,0	6,25	173	2,42	20,3	
4,5	6,24	173	2,44	20,3	
6,0	6,25	169	2,61	20,4	
7,0	6,27	175	3,01	20,3	
8,0	6,27	169	3,22	20,4	
9,0	6,25	158	2,85	20,6	
Ponto:Bariri Jusante 12/07/00 hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	5,96	177	6,67	20,4	3,9m
0,5	6,15	177	6,59	20,5	
1,0	6,19	177	6,34	20,5	
1,5	6,21	177	6,59	20,5	
2,0	6,25	176	6,61	20,6	
2,5	6,26	176	6,70	20,6	
3,0	6,27	176	6,62	20,6	
4,0	6,30	177	6,75	20,6	
5,0	6,33	175	6,72	20,6	
6,0	6,37	172	6,60	20,7	
7,0	6,39	172	6,62	20,7	
8,0	6,63	169	6,62	21,0	
9,0	6,84	168	6,44	20,7	
10	6,61	166	6,07	21,2	

Ponto: Três Irmãos Jusante 7/07/00 13:00hs					
Profundidade (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio(mg/L)	Temperatura(°C)	Disco de Secchi (m)
0	6,84	56	8,36	22,7	8,30m
0,5	6,99	50	8,46	22,8	
1,0	7,03	48	8,49	22,8	

TABELA 12: Formas de nitrogênio na água ao longo do sistema Tietê, em diferentes períodos de amostragem.

Parâmetros ⇒	Amônio (µg/L)				Nitrato (µg/L)				Nitrito (µg/L)				Nitrogênio orgânico total (mg/L)			
Pontos coleta ↓	Out/99	Fev/00	Mai/00	Julho/00	Out/99	Fev/00	Mai/00	Julho/00	Out/99	Fev/00	Mai/00	Julho/00	Out/99	Fev/00	Mai/00	Julho/00
P	1532.50	14.09	73.76	16.04	267.52	236.12	391.97	1187.30	102.95	46.65	7.52	6.28	0.84	0.47	0.65	1.54
T	2450.09	93.47	1519.20	2389.60	305.39	456.88	1492.40	1795.70	123.75	21.40	262.91	244.74	4.94	1.77	1.96	5.32
BBM	10.58	2.31	12.98	37.83	2743.30	629.78	1187.10	2049.80	83.14	17.69	6.14	24.06	0.7	0.65	0.79	1.44
BBJ	17.44	4.80	28.48	680.69	1656.10	746.30	1153.40	1751.30	64.20	48.92	12.62	23.25	*	0.70	0.88	2.33
BM	51.43	2.53	8.54	9.30	1349.20	744.94	1125.60	1512.80	97.20	24.08	2.67	57.40	0.46	0.28	0.88	1.30
BJ	4.05	0.90	69.55	7.08	1125.50	717.92	770.33	1149.10	54.74	15.53	7.96	6.56	0.70	0.23	0.42	1.54
B	1876.71	8.01	213.69	593.32	472.63	693.53	1036.20	815.65	48.62	116.59	128.04	37.95	0.28	0.28	*	1.30
IM	1.19	2.44	10.92	14.29	840.71	745.45	728.56	913.68	58.43	4.18	3.99	6.03	2.98	0.14	0.84	1.21
IJ	1.19	4.14	9.54	9.02	1642.10	40.17	942.10	859.62	42.92	6.23	10.69	4.36	0.56	0.14	0.70	1.58
PM	9.44	1.64	18.22	10.85	463.58	468.92	768.38	644.25	8.87	13.23	2.74	5.44	0.56	0.09	0.98	1.07
PJ	28.76	0.95	10.82	10.41	320.59	640.54	945.48	662.11	10.26	12.02	10.45	4.80	1.12	0.14	0.79	1.77
NAM	30.51	1.22	8.75	6.31	396.07	312.34	774.77	599.09	10.94	7.99	7.15	3.81	0.93	0.09	0.79	0.09
NAJ	18.68	3.76	10.99	18.61	218.20	282.99	796.30	471.35	6.15	8.21	5.38	3.33	0.04	0.46	0.93	0.23
TIM	10.70	1.02	6.42	0.57	164.79	132.83	290.57	305.76	2.89	2.99	2.31	4.61	0.09	0.09	0.79	0.80
TIJ	8.42	1.22	7.55	1.10	155.36	139.30	292.58	277.03	3.62	2.56	2.75	2.86	1.16	0.46	0.79	0.98

TABELA 13 : Formas de fósforo na água ao longo do sistema Tietê, em diferentes períodos de amostragem.

Parâmetros ⇒	Fósforo total (µg/L)				Fosfato total dissolvido (µg/L)				Fosfato Inorgânico (µg/L)			
Pontos coleta ↓	Out/99	Fev/00	Mai/00	Julho/00	Out/99	Fev/00	Mai/00	Julho/00	Out/99	Fev/00	Mai/00	Julho/00
P	69.60	86.98	76.42	750.37	32.58	56.98	27.79	12.85	15.14	*	14.51	*
T	130.41	189.49	103.51	348.67	27.79	73.21	32.10	79.58	*	*	8.64	*
BBM	90.59	121.52	37.67	57.34	34.02	34.63	23.65	7.62	22.93	26.08	9.54	*
BBJ	62.13	227.15	39.12	58.97	13.96	32.43	29.32	4.05	5.26	25.90	13.04	3.81
BM	38.30	69.80	63.01	48.11	11.35	28.52	25.64	-	4.01	21.20	11.89	8.01
BJ	196.40	76.09	70.37	139.17	13.91	14.48	68.70	4.80	4.49	5.45	49.93	2.84
B	123.47	56.13	66.09	42.74	48.35	33.69	34.43	8.56	10.61	23.56	18.34	8.01
IM	81.75	36.43	9.66	30.58	7.60	18.31	*	3.66	2.90	13.02	*	3.11
IJ	35.30	103.48	57.85	26.07	4.40	21.59	10.40	2.33	2.47	12.78	7.99	1.16
PM	28.54	64.23	40.61	17.47	7.61	12.52	14.27	1.45	6.73	3.20	2.03	0.09
PJ	40.91	42.10	28.92	8.98	39.15	5.22	8.99	1.22	22.63	3.00	2.31	0.23
NAM	23.17	32.83	26.28	18.21	11.20	3.60	8.20	11.44	6.67	2.60	2.61	0.77
NAJ	24.48	32.33	21.18	18.02	14.19	14.80	8.61	14.83	6.21	12.78	1.80	1.52
TIM	39.10	22.90	24.14	17.02	1.86	7.66	10.86	12.31	0.88	5.41	2.94	3.81
TIJ	37.20	27.62	33.37	22.24	8.25	6.94	8.06	11.24	2.41	5.93	4.37	1.54

(*amostras perdidas) C-controle; P-piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ- Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga Jusante; PM-Promissão Montante; PJ- Promissão Jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ -Três Irmãos Jusante.

TABELA 14: Silicato reativo na água do reservatório e dos bioensaios de toxicidade crônica parcial, ao longo do sistema Tietê, em diferentes períodos de amostragem.

Parâmetro ⇒ Pontos de coleta↓	Silicato reativo (mg/L)					
	Outubro/99	Fevereiro/00	Maio/00		Julho/00	
			Reservatório	bt	Reservatório	bt
P	4,74	5,84	5,47	11,73	6,68	8,97
T	7,31	5,00	4,86	7,56	5,33	4,97
BBM	2,27	3,44	4,79	3,58	4,84	12,44
BBJ	*	4,60	4,48	*	5,41	13,42
BM	3,12	3,98	5,77	4,61	5,29	6,50
B	6,00	4,91	5,32	11,32	7,34	3,14
BJ	2,37	3,18	6,88	2,84	5,84	14,15
IM	3,90	3,61	*	6,23	6,03	12,32
IJ	5,60	4,64	5,62	*	6,26	*
PM	5,70	4,54	5,65	14,93	7,46	*
PJ	5,30	5,08	6,40	11,48	6,69	14,10
NAM	5,10	5,00	6,75	10,93	7,29	15,55
NAJ	*	4,96	5,63	10,94	7,12	14,43
TIM	7,42	6,20	7,25	11,26	7,00	16,02
TIJ	7,55	6,50	6,96	9,56	8,22	15,13

(*amostras perdidas); bt : bioensaios de toxicidade

P-piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ- Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM- Ibitinga Montante; IJ-Ibatinga Jusante; PM-Promissão Montante; PJ- Promissão Jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ -Três Irmãos Jusante.

Tabela 15: Resultados de material em suspensão referentes as coletas de fevereiro, maio e julho de 2000.

Pontos de coleta	Material em suspensão (mg/L)								
	Fevereiro/00			Maio/00			Julho/00		
	MO	MI	MST	MO	MI	MST	MO	MI	MST
P	5,2	47,92	53,12	1,91	3,77	5,68	5,02	1,85	6,87
T	3,86	10,36	14,2	3,92	1,81	5,73	2,81	4,25	7,06
*BBM	2,56	2,44	5	1,3	1,46	2,76	2,34	0,0054	4,38
BBJ	3,09	4,91	8	1,83	0,1	1,93	4	1,77	5,77
BM	1,46	3,1	4,56	1,1	1,73	2,83	3,07	1,2	4,27
B	2,89	5,07	7,96	1,81	1,98	3,79	1,75	1,82	3,57
BJ	7,42	2,82	10,24	2,7	0,79	3,49	1,36	1,59	2,95
*IM	2,16	0,52	2,68	0,73	0,86	1,59	0,96	0,92	1,88
IJ	1,97	1,18	3,16	1,12	0,77	1,89	0,65	0,66	1,31
*PM	-	-	-	1,01	0,14	1,15	0,33	1,23	1,56
PJ	2,05	0,38	2,43	1,66	4,55	6,21	0,07	1,48	1,55
*NAM	1,48	0,25	1,73	1,41	0,41	1,82	0,38	0,9	1,28
NAJ	1,73	0,15	1,88	0,83	0,23	1,06	0,55	1,02	1,57
*TIM	1,32	0,36	1,68	0,31	1,05	1,36	0,17	0,54	0,71
TIJ	1,30	0,75	2,05	0,24	2,14	2,38	0,38	0,55	0,38

MO -matéria orgânica; MI -matéria inorgânica; MST -material em suspensão total

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita montante; BBJ-Barra Bonita jusante; BM-Bariri montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava montante; NAJ-Nova Avanhandava jusante; TIM-Três Irmãos montante; TIJ-Três Irmãos jusante

TABELA 16: resultados de clorofila *a* referentes as coletas de fevereiro, maio e julho de 2000.

Pontos de coleta	CLOROFILA (ug/L)		
	Fevereiro/00	Maio/00	Julho/00
P	16,182	14,5	8,5
T	21,2	15	55,97
BBM	21,2	12,2	13,67
BBJ	17,019	8,19	4,6
BM	13,4	48,8	4,6
B	16,18	-	13,11
BJ	25,36	19,7	24,97
IM	8,37	27,9	6,27
IJ	16,17	66,96	6,55
PM	14,22	72,5	15
PJ	13,95	14,2	12,13
NAM	7,25	54,4	8,23
NAJ	8,09	61,3	6,55
TIM	4,24	51,6	3,48
TIJ	2,65	3,9	6,83

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita montante; BBJ-Barra Bonita jusante; BM-Bariri montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava montante; NAJ-Nova Avanhandava jusante; TIM-Três Irmãos montante; TIJ-Três Irmãos jusante

TABELA 17 : Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de outubro/99, calculado com amostra de água de coluna integrada

Estações de coleta	IET (Secchi)	ET	IET (P total)	ET	IET (PO ₄)	ET
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
NAM	34	o	42	o	43	O
NAJ	35	o	43	o	42	O
TIM	31	o	50	m	14	O
TIJ	31	o	49	m	28	O

TABELA 18 Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de 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)	ET	IET (M)	ET
T			62	e	-	-	64	e	-	-
P	84	e	52	m	70	e	61	e	64	e
BBM	44	m	44	o	63	e	61	e	54	e
BBJ	52	m	44	o	63	e	59	e	55	e
RB			42	o	61	e	58	e	-	-
BM	42	m	41	o	60	e	57	e	51	m
BJ			21	o	40	o	64	e	36	o
IM	40	o	34	o	53	m	52	m	45	m
IJ	45	m	33	o	52	m	58	e	48	m
PM	38	o	29	o	48	m	58	e	44	o
PJ	35	o	13	o	31	o	57	e	34	o
NAVM	33	o	11	o	29	o	50	m	30	o
NAVJ	33	o	33	o	52	m	52	m	44	o
TIM	40	o	21	o	40	o	39	o	34	o
TIJ	38	o	22	o	41	o	40	o	35	o

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita montante; BBJ-Barra Bonita jusante; BM-Bariri montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava montante; NAJ-Nova Avanhandava jusante; TIM-Três Irmãos montante; TIJ-Três Irmãos jusante

e = eutrófico, m = mesotrófico e o = oligotrófico

IET (M)= Índice de Estado Trófico Médio

ET = Estado Trófico

TABELA 19 Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de maio/00, realizado com amostra de água de superfície.

Estações de coleta	IET (Secchi)	ET	IET (P total)	ET	IET (PO ₄)	ET	IET (Clorofila)	ET	IET (M)	ET
T	47	m	62	e	39	o	60	e	53	m
P	49	m	64	e	59	e	53	m	57	e
BBM	34	o	52	m	39	o	64	e	49	m
BBJ	-	-	55	e	52	m	61	e		
RB	39	o	56	e	59	e	48	m	52	e
BM	39	o	56	e	42	m	49	m	47	m
BJ	42	o	50	m	72	e	59	e	58	e
IM	33	o	47	m	41	m	58	e	47	m
IJ	35	o	55	e	43	m	50	m	47	m
PM	24	o	42	o	26	o	49	m	37	o
PJ	32	o	45	m	28	o	58	e	42	o
NAvM	27	o	48	m	23	o	49	m	38	o
NAvJ	24	o	41	o	24	o	48	m	36	o
TIM	29	o	43	o	30	o	57	e	41	o
TIJ	27	o	42	o	26	o	44	o	36	o

TABELA 20 Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de 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)	ET	IET (M)	ET
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
NAM	27	o	44	o	30	o	48	m	38	o
NAJ	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

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita montante; BBJ-Barra Bonita jusante; BM-Bariri montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava montante; NAJ-Nova Avanhandava jusante; TIM-Três Irmãos montante; TIJ-Três Irmãos jusante

e = eutrófico, m = mesotrófico e o = oligotrófico

IET (M)= Índice de Estado Trófico Médio

ET = Estado Trófico

TABELA 21 Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de julho/00, calculados com amostras de água de superfície.

Estações de coleta	IET (Secchi)	ET	IET (P total)	ET	IET (PO ₄)	ET	IET (Clorofila)	ET	IET (M)	ET
T	47	m	85	e	-	-	77	e	-	-
P	66	e	92	e	-	-	52	m	-	-
BBM	39	o	55	e	49	m	53	m	50	m
BBJ			56	e	14	o	46	m	33	o
RB	47	m	78	e	38	o	56	e	56	e
BM	39	o	47	m	-	-	57	e	-	-
BJ	51	m	51	m	-	-	62	e	-	-
IM	33	o	42	m	3	o	50	m	32	o
IJ	32	o	44	m	18	o	49	m	36	o
PM	31	o	34	o	13	o	56	e	34	o
PJ	31	o	28	o	5	o	56	e	27	o
NAM	31	o	38	o	30	o	52	o	39	o
NAJ	24	o	38	o	22	o	49	o	35	o
TIM	19	o	38	o	27	o	43	o	34	o
TIJ	20	o	41	o	22	o	43	o	33	o

TABELA 22 Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), no período de 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)	ET	IET (M)	ET
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
NAM	31	o	39	o	-5	o	52	m	29	o
NAJ	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

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita montante; BBJ-Barra Bonita jusante; BM-Bariri montante; B-Bauru; BJ-Bariri jusante; IM-Ibitinga montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava montante; NAJ-Nova Avanhandava jusante; TIM-Três Irmãos montante; TIJ-Três Irmãos jusante

e = eutrófico, m = mesotrófico e o = oligotrófico

IET (M)= Índice de Estado Trófico Médio

ET = Estado Trófico

TABELA 25: Concentrações de metais encontrados na água dos 15 pontos de amostragem referentes a coleta de outubro/99

METAIS NA ÁGUA -OUTUBRO/99 - AGUAS COM USO CLASSE 2 PARA TODOS OS PONTOS DE COLETA								
METAIS (mg/L)⇒ PONTOS DE COLETA↓	CÁDMIO (Cd) CONAMA 20: 0,001mg/L	COBALTO (Co) CONAMA 20: 0,2mg/L	COBRE (Cu) CONAMA 20: 0,02mg/L	CROMO (Cr) CONAMA 20: 0,05mg/L	FERRO (Fe) CONAMA 20: 0,3mg/L	MAGNÉSIO (Mg)	MANGANÊS (Mn) CONAMA 20: 0,1mg/L	ZINCO (Zn) CONAMA: 0,18mg/L
P	0,0232	-	0,036	0,032	1,182	ND	0,00	0,1643
T	0,038	-	0,018	0,0256	0,672	ND	0,1256	0,0104
BBM	0,0096	-	0,0132	0,00	0,00	ND	0,0412	0,1083
BBJ	0,0288	-	ND	0,00	0,054	ND	0,032	0,104
BM	0,032	-	ND	0,00	0,2696	ND	0,034	0,1172
B	0,0368	-	ND	0,00	1,0088	ND	0,0236	0,1439
BJ	0,0292	-	0,0044	0,00	0,024	ND	0,0184	0,1055
IM	0,0048	-	0,0084	0,1596	0,0676	ND	0,00	0,1246
IJ	0,032	-	0,006	0,0704	0,00	ND	0,0016	0,0984
PM	0,0156	-	ND	0,00	0,384	ND	0,0076	0,0186
PJ	0,028	-	0,008	0,00	0,00	ND	0,00	0,1055
NAM	0,0192	-	0,0204	0,036	0,00	ND	0,0008	0,1476
NAJ	0,02	-	0,006	0,00	0,00	ND	0,00	0,174
TIM	0,0376	-	0,002	1,896	7,5016	ND	0,0108	0,1322
TIJ	0,0364	-	0,032	0,3616	0	ND	0,0032	0,1636

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante

ND-não detectado; (-)-não lido; **negrito**- acima dos valores estabelecidos pelo CONAMA 20

TABELA 26: Concentrações de metais na água dos 15 pontos de amostragem, referentes a coleta de fevereiro/00

METAIS NA ÁGUA -FEVEREIRO/00 - AGUAS COM USO CLASSE 2 PARA TODOS OS PONTOS DE COLETA								
METAIS (mg/L)⇒ PONTOS DE COLETA⇓	CADIMIO (Cd) CONAMA 20: 0,001mg/L	COBALTO (Co) CONAMA 20: 0,2mg/L	COBRE (Cu) CONAMA 20: 0,02mg/L	CROMO (Cr) CONAMA 20: ?	FERRO (Fe) CONAMA 20: 0,3mg/L	MAGNÉSIO (Mg)	MANGANÊS (Mn) CONAMA 20: 0,1mg/L	ZINCO (Zn) CONAMA: 0,18mg/L
P	0,00	0,0026	ND	ND	5,0562	2,2564	0,1366	1,21526
T	0,0028	0,0256	0,0082	0,0564	5,4232	3,7688	0,2606	0,03574
BBM	0,0092	0,028	ND	ND	1,2282	3,16	0,0966	0,11974
BBJ	0,0032	0,0004	ND	ND	2,0182	3,0474	0,1264	0,08538
BM	0,0022	0,0394	ND	ND	0,933	3,1236	0,132	0,05212
B	0,00	0,0332	ND	ND	1,1364	3,0448	0,238	0,0961
BJ	0,00	0,172	ND	ND	0,7982	3,044	0,0622	0,04777
IM	0,002	0,0546	ND	ND	0,7284	2,7586	0,714	0,0428
IJ	0,00	0,0194	ND	ND	1,0264	2,831	0,0682	0,0835
PM	0,00	0,022	ND	ND	0,2018	2,8	0,0096	0,06942
PJ	0,0054	0,0612	ND	ND	0,2868	2,2584	0,0064	0,03668
NAM	0,0052	0,0288	ND	ND	0,582	2,8452	0,022	0,04762
NAJ	0,0082	0,0574	ND	ND	0,559	2,6588	0,0208	0,0641
TIM	0,007	0,0358	ND	ND	0,4392	2,7426	0,0192	0,07506
TIJ	0,0038	0,0574	ND	ND	0,2804	2,6052	0,0244	0,06964

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante

ND-não detectado; (-)-não lido; **negrito**- acima dos valores estabelecidos pelo CONAMA 20

TABELA 27: Concentrações de metais na água dos 15 pontos de amostragem, referentes a coleta de maio/00

METAIS NA ÁGUA -MAIO/00 - AGUAS COM USO CLASSE 2 PARA TODOS OS PONTOS DE COLETA																
METAIS (mg/L)⇒ PONTOS DE COLETA⇓	CÁDIMIO (Cd)		COBALTO (Co)		COBRE (Cu)		CROMO (Cr)		FERRO (Fe)		MAGNÉSIO (Mg)		MANGANÊS (Mn)		ZINCO (Zn) CONAMA: 0,18mg/L	
	CONAMA 20: 0.001mg/L		CONAMA 20: 0.2mg/L		CONAMA 20: 0.02mg/L		CONAMA 20: ?		CONAMA 20: 0.3mg/L				CONAMA 20: 0.1mg/L			
	R	bt	R	bt	R	bt	R	bt	R	bt	R	bt	R	bt	R	bt
P	0,0076	0,042	0,0056	ND	ND	ND	0,169	1,600	0,8612	12,065	3,101	1,90	0,1988	0,48	0,147	0,18
T	0,0088	0,064	0,00	0,131	ND	0,015	0,1538	1,95	0,0228	41,46	3,853	9,77	0,1948	17,43	0,0175	0,35
BBM	0,007	0,076	0,0068	0,514	ND	ND	0,1014	1,67	0,0706	6,87	2,894	6,70	0,0102	9,28	0,0219	0,20
BBJ	0,0068	0,040	0,00	ND	ND	ND	0,1586	1,80	0,411	1,9	3,001	18,62	0,0432	0,215	0,023	0,13
BM	0,0072	0,033	0,00	ND	ND	ND	0,169	1,79	0,1936	5,97	2,857	7,04	0,0552	8,70	0,02706	0,17
B	0,0062	0,046	0,00	ND	ND	0,051	0,1462	2,07	0,3008	35,67	2,866	6,12	0,0282	2,17	0,0446	0,25
BJ	0,0054	0,035	0,00	0,118	ND	ND	0,1192	2,02	0,16	2,73	3,442	11,75	0,0432	0,20	0,0254	0,14
IM	0,0052	0,036	0,00	0,020	ND	ND	0,2206	1,72	0,3172	15,50	2,634	5,82	0,0754	3,75	0,1318	0,14
IJ	0,007	0,080	0,00	0,041	ND	0,006	0,1978	1,82	0,334	9,50	3,878	4,36	0,0652	0,32	0,0307	0,16
PM	0,0058	0,043	0,0538	ND	ND	0,135	0,2454	2,17	0,0736	76,93	2,427	8,11	0,0272	1,91	0,0294	0,28
PJ	0,0084	0,032	0,00	0,443	ND	ND	0,1846	2,21	0,0786	3,47	2,48	14,78	0,018	0,25	0,0233	0,13
NAM	0,0066	0,048	0,00	ND	ND	ND	0,1848	2,08	0,091	0,40	2,482	12,48	0,00	0,042	0,0308	0,13
NAJ	0,0052	0,040	0,00	ND	ND	0,030	0,2502	2,20	0,0496	6,64	1,613	14,70	0,0334	0,28	0,0139	0,25
TIM	0,0078	0,035	0,0322	ND	ND	0,014	0,1908	2,17	0,1334	1,52	2,337	12,12	0,0228	0,067	0,0443	0,19
TIJ	0,0076	0,046	0,00	ND	ND	ND	0,175	2,03	0,1144	2,12	2,373	9,19	0,0406	0,006	0,0178	0,16

R -Reservatórios; bt-bioensaios de toxicidade

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante

ND-não detectado; (-)-não lido; **negrito**- acima dos valores estabelecidos pelo CONAMA 20

TABELA 28: Concentrações de metais na água dos 15 pontos de amostragem, referentes a coleta de julho/00.

METAIS NA ÁGUA JULHO/00 AGUAS COM USO CLASSE 2 PARA TODOS OS PONTOS DE COLETA																
METAIS (mg/L)⇒ PONTOS DE COLETA↓	CÁDÍMIO (Cd)		COBALTO (Co)		COBRE (Cu)		CROMO (Cr)		FERRO (Fe)		MAGNÉSIO (Mg)		MANGANÊS (Mn)		ZINCO (Zn)	
	CONAMA 20: 0.001mg/L		CONAMA 20: 0.2mg/L		CONAMA 20: 0.02mg/L		CONAMA 20: ?		CONAMA 20: 0.3mg/L				CONAMA 20: 0.1mg/L		CONAMA: 0.18mg/L	
	R	bt	R	bt	R	bt	R	bt	R	Bt	R	bt	R	bt	R	bt
P	0,013	0.01	0,057	0.047	0,0054	0.008	ND	0.72	0,72	4.42	1.0	0.52	0,08	2.16	0.01524	0.12
T	0,0074	0.008	0,025	0.088	0,0114	0.0072	0,0084	0.80	0,352	15.78	3.70	3.36	0,174	5.8	0.01216	0.14
BBM	0,0054	0.0056	0.00	0.0036	0,0046	ND	ND	0.70	0.26	3.12	2.34	2.24	0.0418	2.88	0.00252	0.06
BBJ	0,009	0.0052	0.03	0.006	0,0024	ND	ND	0.50	0,56	0.83	2.71	4.52	0.03	0.87	0.0142	0.044
BM	0,0086	0.0064	0.0684	0.0044	0,0032	ND	ND	0.55	0,33	2.41	3.20	2.42	0.058	2.24	0.0212	0.06
B	0,0078	0.014	0.00	0.0088	0,0006	0.0004	ND	1.04	0,74	10.32	2.168	1.64	0.05	1.24	0.04348	0.09
BJ	0,0058	ND	0.040	ND	0,003	0.0024	ND	ND	0,32	0.16	2.75	3.32	0.04	0.025	0.0094	0.08
IM	0,0042	0.0056	0.021	ND	0,0012	0.018	ND	0.068	0,37	2.30	2.61	2.08	0.0106	0.7	0.011	0.048
IJ	0,0044	ND	0.08	ND	0,0074	0.016	ND	ND	0.21	1.28	2.80	2.61	0.0256	0.26	0.0166	0.23
PM	0,0046	0.002	0	ND	0,003	0.020	ND	0.10	0.29	5.96	2.45	1.60	0.0008	0.13	0.01028	0.036
PJ	0,0068	ND	0.042	0.06	0.00	0.016	ND	0.09	0.22	1.91	2.43	1.68	0.015	ND	0.02226	0.14
NAM	0,0088	ND	0.096	ND	0,0078	0.16	ND	0.02	0.1976	1.33	1.77	3.17	0.004	0.027	0.0010	0.06
NAJ	0,0064	ND	0.0336	ND	0,0002	0.048	ND	0.14	0,40	18.37	2.50	3.56	0.02	0.54	0.016	0.20
TIM	0,0084	ND	0	0.056	0,0004	0.011	ND	ND	0,267	1.08	2.48	3.66	0.01	0.04	0.01218	0.14
TIJ	0,0068	0.0048	0.0138	0.072	0.00	0.016	ND	0.08	0.19	0.42	2.35	3.17	0.016	0.028	0.025	0.14

R -Reservatórios; bt-bioensaios de toxicidade-

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante;

NAM -Nova Avandhandava Montante; NAJ-Nova Avandhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante

ND-não detectado; (-)-não lido; **negrito**- acima dos valores estabelecidos pelo CONAMA 20

ANEXO B : Variáveis químicas dos sedimentos coletados nos reservatórios Médio e Baixo Tietê - SP

TABELA 29: Matéria orgânica e inorgânica nos sedimentos, em diferentes pontos de coletas e estações de amostragem.

Parâmetro⇒	Outubro/99		Fevereiro/00		Maio/00		Julho/00	
Pontos de coleta ↓	MO	MI	MO	MI	MO	MI	MO	MI
P	11.90	88.10	10.92	89.07	12.69	87.30	11.47	88.43
T	13.30	86.70	13.92	86.07	13.44	86.55	13.56	86.43
BBM	12.60	87.40	12.70	87.30	13.07	86.92	12.48	87.51
BBJ	13.98	86.02	7.90	92.10	1.93	98.06	2.32	97.67
BM	13.00	87.00	14.34	85.50	13.58	86.41	13.51	86.48
B	15.44	84.56	15.33	84.66	14.38	85.61	14.81	85.18
BJ	2.17	97.83	11.54	88.45	0.50	99.50	0.30	99.70
IM	13.00	87.00	9.98	90.01	11.20	88.80	10.48	89.51
IJ	6.06	93.94	11.13	88.86	14.16	85.83	13.65	86.35
PM	0.60	99.4	12.05	87.94	16.02	83.97	16.73	83.26
PJ	5.38	94.62	0.70	99.30	1.94	98.05	4.07	95.93
NAM	7.55	92.45	12.80	87.20	2.36	97.63	0.50	99.50
NAJ	3.17	96.83	0.10	99.90	0.20	9.80	5.83	94.17
TIM	2.93	97.07	0.30	99.30	0.40	99.60	0.50	99.50
TIJ	3.16	96.84	0.50	99.50	0.30	99.70	0.50	99.50

TABELA 30: Granulometria dos sedimentos nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, em diferentes períodos de amostragem

Parâmetro⇒	GRANULOMETRIA (%)																	
	Fevereiro/00						Maio/00						Julho/00					
Pontos de coleta ↓	AG	AM	AF	S	A	PD	AG	AM	AF	S	A	PD	AG	AM	AF	S	A	PD
P	3	3	13	16	65	0	3	4	21	19	50	3	0	15	18	21	47	0
T	5	2	11	12	70	0	0	3	17	11	69	0	9	9	5	17	60	0
BBM	1	2	12	85	0	0	2	2	3	35	58	0	20	2	4	47	27	0
BBJ	*	*	*	*	*	0	1	25	52	9	13	0	2	10	75	13	0	0
BM	3	14	32	51	0	0	0	10	20	23	47	0	6	10	14	20	50	0
B	1	1	28	70	0	0	13	26	11	20	23	8	7	8	5	20	60	0
BJ	2	3	24	70	0	0	0	6	79	12	2	0	0	20	79	0	1	0
IM	2	2	8	88	0	0	0	20	16	24	40	0	5	11	21	30	33	0
IJ	0	2	26	72	0	0	0	4	47	29	20	0	6	10	31	33	20	0
PM	0.5	2.5	16	81	0	0	4	6	70	20	0	0	17	23	27	20	13	0
PJ	1	3	73	23	0	0	0	3	77	20	0	0	0	0	80	17	3	0
NAM	4	2	10	84	0	0							0	0	91	6	3	0
NAJ	*	*	*	*	*	0							0	0	77	12	11	0
TIM	0	0	95	5	0	0	0	2	95	0	3	0	0	2	90	5	3	0
TIJ	0	2	95	0	0	0	0	2	95	0	3	0	0	2	94	3	1	0

AG - areia grossa; AM - areia média; AF - areia fina; S-silte; A - argila; PD - pedregulho (*) - amostras perdidas
 (*amostras perdidas) C-Controle; P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ- Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauri; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga Jusante; PM- Promissão Montante; PJ- Promissão Jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ -Três Irmãos Jusante.

TABELA 31: Valores de fósforo total nos sedimentos coletados ao longo do sistema Tietê, nos diferentes períodos de amostragem.

Parâmetros → Pontos de coleta↓	Fósforo total (ug/g)			
	Outubro/99	Fevereiro/00	Maio/00	Julho/00
P	70,11	57,69	52,64	37,47
T	100,17	73,75	58,33	57,19
BBM	88,42	62,06	62,84	69,38
BBJ	85,19	47,17	18,75	35,89
BM	77,64	60,65	59,20	57,73
B	64,02	47,82	57,99	49,10
BJ	78,80	63,05	47,29	38,87
IM	49,49	51,32	48,96	40,60
IJ	73,03	44,97	93,27	45,68
PM	47,52	48,34	50,83	45,50
PJ	39,98	66,99	99,83	10,53
NAM	55,71	45,01	25,62	25,15
NAJ	27,70	6,69	3,11	34,80
TIM	19,43	2,52	1,36	2,80
TIJ	28,95	3,03	3,34	4,13

TABELA 32: Valores de nitrogênio orgânico total nos sedimentos coletados ao longo do sistema Tietê, nos diferentes períodos de amostragem.

Parâmetros → Pontos de coleta↓	Nitrogênio orgânico total (%)			
	Outubro/99	Fevereiro/00	Maio/00	Julho/00
P	20,02	16,75	24,73	22,12
T	9,80	21,79	3,31	10,36
BBM	36,58	30,43	38,13	37,19
BBJ	34,53	16,33	24,78	5,69
BM	27,21	28,00	31,59	30,24
B	28,60	22,59	26,27	32,81
BJ	18,99	13,11	1,91	1,45
IM	28,09	19,93	24,55	22,54
IJ	12,32	29,91	41,76	44,38
PM	14,47	26,50	38,97	32,01
PJ	11,76	3,22	2,47	4,53
NAM	45,97	1,49	5,88	0,98
NAJ	3,68	1,59	0,98	7,84
TIM	6,49	1,45	0,61	1,68
TIJ	7,00	1,54	1,12	1,54

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante

TABELA 33: concentração de metais nos sedimentos dos reservatórios do sistema Tietê no período de outubro de 1999

Metais (mg/Kg)⇒ Pontos de coleta↓	Cádmio (Cd)	Chumbo (Pb)	Cobalto(Co)	Cobre (Cu)	Cromo (Cr)	Ferro (Fe)	Magnésio (Mg)	Manganês (Mn)	Zinco (Zn)
P	0,00	6,00	70,00	9,40	67,60	2502,00	371,74	1259,60	32,98
T	0,80	10,00	78,00	9,20	18,60	2715,20	276,40	2660,00	59,78
BBM	1,00	10,00	64,00	16,00	13,80	2699,40	343,78	3604,00	36,90
BBJ	2,00	14,00	138,00	21,80	27,80	3082,40	474,92	4075,60	64,56
BM	1,20	16,00	3,80	36,20	0,00	1673,00	464,46	3646,00	46,94
B	0,80	3,40	23,20	31,00	74,00	2699,40	472,52	159,60	94,06
BJ	1,20	16,00	192,00	34,00	0,00	1097,60	463,80	3776,60	40,42
IM	1,00	2,00	0,80	15,40	4,40	970,40	248,54	2422,60	14,96
IJ	0,00	0,00	8,80	7,00	50,40	1608,40	276,88	1227,60	11,50
PM	0,00	4,00	56,00	5,20	36,80	1409,80	267,02	1396,80	5,02
PJ	0,00	6,00	0,00	7,00	16,40	1721,20	173,64	116,20	10,34
NAM	1,40	12,00	12,20	30,40	21,80	4537,60	463,58	659,60	26,12
NAJ	0,00	4,00	2,00	2,00	0,00	94,80	660,82	43,20	0,24
TIM	0,40	6,00	15,40	21,40	18,00	1928,40	302,48	354,00	9,12
TIJ	0,20	4,00	20,20	9,00	48,80	3910,60	342,46	552,60	11,48

TABELA 34: concentração de metais nos sedimentos dos reservatórios do sistema Tietê no período de fevereiro de 2000

Metais (mg/Kg)⇒ Pontos de coleta↓	Cádmio (Cd)	Chumbo (Pb)	Cobalto (Co)	Cobre (Cu)	Cromo (Cr)	Ferro (Fe)	Magnésio (Mg)	Manganês (Mn)	Zinco (Zn)
P	0,80	10,00	23,00	22,80	11,40	4698,40	592,40	1106,60	62,94
T	0,80	20,00	18,00	16,00	6,20	4042,40	282,82	1426,40	68,14
BBM	0,80	14,00	7,40	18,80	3,60	4226,00	291,60	1780,00	38,46
BBJ	1,00	14,00	21,20	37,20	10,40	9322,80	451,20	1585,00	41,42
BM	1,00	14,00	11,80	29,00	6,40	6090,00	422,00	1544,40	31,54
B	0,80	46,00	11,40	39,60	9,80	5872,00	541,00	605,00	69,02
BJ	1,00	12,00	13,40	32,00	6,80	4530,80	343,60	1474,00	26,60
IM	0,60	4,00	13,80	20,40	9,00	3045,00	345,60	180,40	16,60
IJ	0,80	8,00	23,40	21,00	10,80	4405,00	253,40	283,40	3,44
PM	0,60	2,00	66,00	15,80	6,60	4146,00	253,40	238,20	3,26
PJ	0,60	6,00	24,00	1,80	4,40	582,20	136,76	172,20	2,04
NAM	1,60	16,00	26,60	35,60	7,80	3216,00	271,40	41,00	6,56
NAJ	0,40	4,00	0,00	0,80	5,60	224,00	54,64	106,80	1,20
TIM	1,80	6,00	0,00	0,80	0,00	137,20	75,60	12,50	1,34
TIJ	0,60	6,00	0,00	1,20	0,00	5,64	58,80	8,20	0,00

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante

TABELA 35: concentração de metais nos sedimentos dos reservatórios do sistema Tietê no período de maio de 2000

Metais (mg/Kg)⇒ Pontos de coleta↓	Cádmio (Cd)	Chumbo (Pb)	Cobalto (Co)	Cobre (Cu)	Cromo (Cr)	Ferro (Fe)	Magnésio (Mg)	Manganês (Mn)	Zinco (Zn)
P	2.33	80.00	25.00	20.00	42.67	6093.27	1320.12	1866.65	80.00
T	0.47	186.66	67.67	57.67	43.33	29363.71	764.66	3315.97	20.40
BBM	2.33	70.00	11.67	35.00	63.33	8259.92	409.43	3789.30	60.27
BBJ	1.67	70.00	13.00	11.00	63.00	208.66	234.10	230.00	7.07
BM	2.33	83.33	15.00	56.33	87.00	15055.85	591.66	4618.62	62.77
B	2.67	100.00	22.00	50.33	70.67	8958.58	480.00	825.66	82.93
BJ	2.00	60.00	27.67	0.00	51.00	458.66	134.37	62.67	6.33
IM	2.67	76.67	5.00	39.33	70.67	16961.16	504.29	2834.64	31.50
IJ	2.33	80.00	27.00	41.33	79.67	16485.17	417.73	1481.99	417.73
PM	2.33	80.00	11.67	49.00	81.00	14102.53	400.30	613.33	400.30
PJ	1.67	66.67	0.00	0.00	64.33	190.66	444.56	116.00	444.56
NAM	2.00	70.00	0.00	13.33	68.67	1849.98	353.30	203.33	353.33
NAJ	2.00	66.67	0.00	0.00	79.67	94.67	91.93	19.00	91.93
TIM	2.00	70.00	0.00	3.00	85.00	59.33	82.93	6.33	82.93
TIJ	1.33	73.33	7.67	0.00	88.33	464.33	104.97	56.00	104.97

TABELA 36: concentração de metais nos sedimentos dos reservatórios do sistema Tietê no período de julho de 2000

Metais (mg/Kg)⇒ Pontos de coleta↓	Cádmio (Cd)	Chumbo (Pb)	Cobalto (Co)	Cobre (Cu)	Cromo (Cr)	Ferro (Fe)	Magnésio (Mg)	Manganês (Mn)	Zinco (Zn)
P	2.67	103.33	53.33	43.33	6.67	6149.94	989.99	1249.99	136.67
T	1.67	96.67	60.00	60.00	10.00	6066.61	799.99	2966.64	223.33
BBM	3.00	120.00	60.00	70.00	0.00	5823.28	649.99	3443.30	120.00
BBJ	2.33	96.67	53.33	26.67	0.00	1969.98	533.33	803.33	18.67
BM	2.00	106.67	36.67	100.00	1.33	7049.93	793.33	3099.97	106.67
B	5.00	183.33	13.33	93.33	2.33	5986.61	746.66	1619.98	166.67
BJ	2.33	83.33	3.33	4.00	0.00	480.00	123.33	120.00	2.33
IM	2.67	120.00	26.67	66.67	0.00	6466.60	753.33	2383.31	50.00
IJ	4.00	140.00	30.00	43.33	0.00	2396.64	653.33	2216.64	33.33
PM	2.67	136.67	15.67	40.00	0.00	2613.31	599.99	906.66	33.00
PJ	3.67	143.33	40.00	10.00	0.00	1233.32	613.33	253.33	6.00
NAM	3.33	143.33	31.00	3.33	0.00	176.66	93.33	46.67	2.00
NAJ	4.00	143.33	40.00	53.33	0.00	3386.63	999.99	519.99	23.33
TIM	4.33	130.00	3.33	4.67	0.00	326.66	120.00	60.00	1.60
TIJ	5.00	140.00	10.00	2.00	0.00	813.33	180.00	200.00	0.33

P-Piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ-Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga jusante; PM-Promissão Montante; PJ-Promissão jusante; NAM -Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ-Três Irmãos Jusante

ANEXO C: Resultado dos bioensaios de toxicidade

TABELA 37: Biometria (peso e comprimento total) dos organismos - teste utilizados em bioensaios de toxicidade crônico-parcial referente a coleta de outubro/99, realizados em três etapas.

DATA: 15/10/1999 (ANTES DO INÍCIO DO TESTE) -1ª ETAPA				
Nº de peixes utilizados em teste	% de organismos medidos inicialmente	Nº de peixes medidos inicialmente	Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
80	17,5%	14	0,00017 ±	3,07 ±
Data final: 22/10/1999 (após término dos testes)				
Pontos de coleta	Número de peixes		Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
	Inicial	Final		
Controle	20	17	0,000184	3,20
Rio Tietê	20	2	0,00020	3,05
Rio Piracicaba	20	2	0,000195	3,10
Barra Bonita Montante	20	1	0,000190	2,90
DATA INICIAL: 24/10/1999 (ANTES DO INÍCIO DO TESTE) -2ª ETAPA				
Nº de peixes utilizados em teste	% de organismos medidos inicialmente	Nº de peixes medidos inicialmente	Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
240	11,5	24	0,000183 ±	3,3 ±
Data final: 31/10/99 (após término do teste)				
Pontos de coleta	Número de peixes		Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
	Inicial	Final		
Controle	30	28	0,00020	3,8
Bariri Montante	30	2	0,000185	3,35
Rio Bauru	30	2	0,00016	3,3
Bariri Jusante	30	6	0,000155	3,55
Ibitinga Montante	30	7	0,000183	3,66
Ibitinga Jusante	30	8	0,000175	3,7
Promissão Montante	30	11	0,00019	3,65
DATA : 5/11/1999 (ANTES DO INÍCIO DOS TESTES) -3ª ETAPA				
Nº de peixes utilizados em teste	% de organismos medidos inicialmente	Nº de peixes medidos inicialmente	Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
240	10	24	0,00022 ±	3,3 ±
Data final: 12/11/99 (após término do teste)				
Pontos de coleta	Número de peixes		Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
	Inicial	Final		
Controle	30	29	0,00023	3,61
Nova Avanhandava Montante	30	26	0,000209	3,45
Nova Avanhandava Jusante	30	22	0,00022	3,61
Três Irmãos Montante	30	26	0,00020	3,54
Três Irmãos Jusante	30	28	0,000218	3,54

TABELA 38: Biometria (peso e comprimento total) dos organismos teste utilizados em bioensaios de toxicidade crônico-parcial referente a coleta de fevereiro/00.

DATA INICIAL: 2/03/00 - (ANTES DO INÍCIO DO TESTE)				
Nº de peixes utilizados em teste	% de organismos medidos inicialmente	Nº de peixes medidos inicialmente	Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
480	10%	48	0,000168 ±	3,1 ±
Data final: 9/03/00 (após término do teste)				
Pontos de coleta	Número de peixes		Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
	Inicial	Final		
Controle	30	28	0,000216	3,76
Rio Tietê	30	10	0,000168	2,85
Rio Piracicaba	30	12	0,000175	2,79
Barra Bonita Montante	30	2	0,00018	2,95
Barra Bonita Jusante	30	12	0,000188	2,84
Bariri Montante	30	20	0,00020	3,05
Rio Bauru	30	10	0,000174	2,73
Bariri Jusante	30	22	0,000215	3,33
Ibitinga Montante	30	20	0,00020	3,14
Ibitinga Jusante	30	20	0,00020	3,28
Promissão Montante	30	17	0,000209	3,34
Nova Avanhandava Montante	30	17	0,000226	3,60
Nova Avanhandava Jusante	30	17	0,00023	3,61
Três Irmãos Montante	30	27	0,000236	3,71
Três Irmãos Jusante	30	28	0,000236	3,83

TABELA 39: Biometria (peso e comprimento total) dos organismos teste utilizados em bioensaios de toxicidade crônica-parcial referente a coleta de maio/00, realizados em duas etapas.

DATA INICIAL: 25/5/00-(ANTES DO INÍCIO DO TESTE) - 1ª ETAPA				
Nº de peixes utilizados em teste	% de organismos medidos inicialmente	Nº de peixes medidos inicialmente	Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
216	10,1%	22	0,00016 ±	2,7 ±
Data final: 31/5/00 (após término dos testes)				
Pontos de coleta	Número de peixes		Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
	Inicial	Final		
Controle	24	24	0,00023	3,7
Rio Tietê	24	12	0,00019	3,1
Rio Piracicaba	24	12	0,00020	3,1
Barra Bonita Montante	24	12	0,00021	3,3
Bariri Montante	24	16	0,00022	3,5
Ibitinga Montante	24	24	0,00023	3,6
Promissão Montante	24	20	0,00023	3,7
Nova Avandava Montante	24	20	0,00023	3,6
Três Irmãos Montante	24	24	0,00023	3,7
DATA INICIAL: 26/5/00-(ANTES DO INÍCIO DO TESTE) - 2ª ETAPA				
Nº de peixes utilizados em teste	% de organismos medidos inicialmente	Nº de peixes medidos inicialmente	Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
240	10%	24	0,00016 ±	2,8 ±
Data final: 1/06/00 (após término do teste)				
Pontos de coleta	Número de peixes		Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
	Inicial	Final		
Controle	24	24	0,00024	4,0
Barra Bonita Jusante	24	16	0,00020	3,3
Bariri Jusante	24	16	0,00021	3,3
Ibitinga jusante	24	20	0,00023	3,6
Promissão Jusante	24	20	0,00024	3,7
Nova Avandava Jusante	24	16	0,00023	3,6
Três Irmãos Jusante	24	24	0,00024	3,8

TABELA 40: Biometria (peso e comprimento total) dos organismos teste utilizados em bioensaios de toxicidade crônica-parcial referente a coleta de julho/00, realizados em duas etapas.

DATA INICIAL: 12/08/00-(ANTES DO INÍCIO DO TESTE) - 1ª ETAPA				
Nº de peixes utilizados em teste	% de organismos medidos inicialmente	Nº de peixes medidos inicialmente	Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
140	10%	14	0,00016 ±	3,0 ±
Data final: 19/08/00 (após término dos testes)				
Pontos de coleta	Número de peixes		Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
	Inicial	Final		
Controle	20	18	0,00023	3,7
Rio Piracicaba	20	2	0,00019	3,4
Barra Bonita Jusante	20	7	0,00020	3,4
Rio Bauru	20	8	0,00019	3,1
DATA INICIAL: 26/08/00-(ANTES DO INÍCIO DO TESTE) -2ª ETAPA				
Nº de peixes utilizados em teste	% de organismos medidos inicialmente	Nº de peixes medidos inicialmente	Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
200	10%	20	0,00016 ±	3,1 ±
Data final: 1/06/00 (após término do teste)				
Pontos de coleta	Número de peixes		Massa média (g)	Comprimento médio (mm)
	Inicial	Final		
Controle	20	18	0,00023	3,6
Bariri Jusante	20	16	0,00021	3,5
Ibitinga Montante	20	12	0,00022	3,4
Ibitinga Jusante	20	10	0,00022	3,5
Promissão montante	20	16	0,00023	3,6
Promissão Jusante	20	16	0,00022	3,6
Nova Avanhandava Montante	20	19	0,00024	3,7
Nova Avanhandava Jusante	20	18	0,00024	3,7
Três Irmãos Montante	20	19	0,00023	3,7
Três Irmãos Jusante	20	20	0,00023	3,6

TABELA 44: Bioensaios de toxicidade crônica parcial com sedimentos das represas do médio e Baixo Tietê, realizados no mês de outubro de 1999.

Início: 15/10/1999 Término:22/10/1999 Número inicial de peixes por ponto: 20						
Pontos	Variáveis	Tempo (hs)				
		0	48	96	144	168
Controle	pH	7,5	7,73	7,66	7,66	7,43
	Condutivi dade (µS/cm)	160	240	254	257,5	291
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	44	42	49	46	48
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,6	-	-	-	8,1
	Nº, Organismos mortos	3				
	Mortalidade (%)	15%				
T	pH	7,5	7,06	6,62	4,96	4,76
	Condutivi dade (µS/cm)	160	220	233	237,5	245
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	44	35	45	35	52
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,6	-	-	-	8
	Nº, Organismos mortos	18				
	Mortalidade (%)	90%				
P	pH	7,5	7,14	7,08	6,85	6,71
	Condutivi dade (µS/cm)	160	182	190	185,5	187
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	44	38	39	36	26
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,6	-	-	-	-8,1
	Nº, Organismos mortos	18				
	Mortalidade (%)	90%				
BBM	pH	7,5	6,83	6,69	6,46	6,32
	Condutivi dade (µS/cm)	160	174,5	182,5	171	173
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	44	53,5	35	33	35
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,6	-	-	-	8,2
	Nº, Organismos mortos	19				
	Mortalidade (%)	95%				
Início: 24/10/1999 Término:31/10/1999 Número inicial de peixes por ponto: 30						
Controle	pH	7,01	7,38	7,56	7,30	7,63
	Condutivi dade (µS/cm)	49,6	37,5	41,6	61,9	61,8
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	36	42	47	46	46
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,8	-	-	-	8,9
	Nº, Organismos mortos	1				
	Mortalidade (%)	5%				
BM	pH	7,4	7,14	6,47	5,66	6,07
	Condutivi dade (µS/cm)	187	152	186	319	334
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	48	36	38,6	40	32,6
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,2	-	-	-	8,8
	Nº, Organismos mortos	28				
	Mortalidade (%)	93,3%				
B	pH	7,4	7,55	7,55	5,64	5,95
	Condutivi dade (µS/cm)	187	198	223	319	316
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	48	34	33,3	33,3	40,6
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,2	-	-	-	8,7
	Nº, Organismos mortos	28				
	Mortalidade (%)	93,3%				
BJ	PH	7,4	7,45	7,47	7,25	7,38
	Condutivi dade	187	205	199,3	317,6	300
	Dureza	48	40	40	38,6	37,3
	OD	9,2	-	-	-	8,3
	Peixes mortos	24				
	% de mortalidade	80%				
IM	pH	7,4	7,8	7,02	6,63	6,69
	Condutivi dade (µS/cm)	187	152	176,3	290,6	298
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	48	38,6	39,3	40,6	37,3
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,2	-	-	-	8,93
	Nº, Organismos mortos	23				
	Mortalidade (%)	76,66%				

IJ	pH	7,4	7,44	7,17	6,97	6,61
	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	187	160,9	163,3	256,3	278,6
	Dureza (mgCaCO_3/L)	48	38,6	42,6	28	30
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,2	-	-	-	8,76
	Nº, Organismos mortos	22				
	Mortalidade (%)	73,33%				
PM	pH	7,4	7,26	6,94	6,21	6,39
	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	187	145,3	167,6	276,6	289,6
	Dureza (mgCaCO_3/L)	48	34	28	32,6	37,3
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,2	-	-	-	8,9
	Nº, Organismos mortos	19				
	Mortalidade (%)	63,33%				
PJ	pH	7,4	7,55	7,49	7,45	7,59
	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	187	165,6	187,3	294	304
	Dureza (mgCaCO_3/L)	48	40	40	33,3	33,3
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,2	-	-	-	8,5
	Nº, Organismos mortos	30				
	Mortalidade (%)	100%				

Início:5/11/1999 Término:12/11/1999

Número inicial de peixes por ponto: 30

Controle	pH	7,01	7,38	7,56	7,30	7,63
	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	496	375	416	619	618
	Dureza (mgCaCO_3/L)	36	42	47	46	46
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,8	-	-	-	8,9
	Nº, Organismos mortos	1				
	Mortalidade (%)	5%				
NAM	pH	7,4	7,0	6,48	5,41	5,59
	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	187	155,1	166,1	188,5	201
	Dureza (mgCaCO_3/L)	48	39,3	43,3	46	46,6
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,2	-	-	-	8,6
	Nº, Organismos mortos	4				
	Mortalidade (%)	13,33%				
NAJ	pH	7,4	7,27	7,17	7,1	7,13
	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	187	167,3	158,7	152,1	160,3
	Dureza (mgCaCO_3/L)	48	39,3	34,6	32	31,3
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,2	-	-	-	8,6
	Nº, Organismos mortos	8				
	Mortalidade (%)	26,66%				
TIM	pH	7,4	7,33	7,42	7,49	7,57
	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	187	197,6	206,6	220	229
	Dureza (mgCaCO_3/L)	48	55,3	63,6	70	55,3
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,2	-	-	-	8,63
	Nº, Organismos mortos	4				
	Mortalidade (%)	13,33%				
TIJ	pH	7,4	7,57	7,71	7,76	7,84
	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	187	343,6	385,1	510	523,3
	Dureza (mgCaCO_3/L)	48	223	178,6	184,3	162
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,2	-	-	-	8,56
	Nº, Organismos mortos	2				
	Mortalidade (%)	6,66%				

TABELA 46: Resultados dos bioensaios de toxicidade crônicos parciais com sedimento das represas do Médio e Baixo Tietê (SP), referentes a coleta realizada no mês de fevereiro/00.

Início: 2/03/00 Término: 9/03/00 Número inicial de peixes por ponto: 30						
Pontos	Variáveis	Tempo (hs)				
		0	48	96	144	168
Controle	pH	7,52	7,41	7,22	7,13	7,14
	Condutividade (µS/cm)	640	660	660	758	126,9
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	40	36	36	30	26
	Nº, Organismos mortos	2				
	Mortalidade (%)	6,66%				
T	pH	7,52	6,43	5,85	5,38	5,76
	Condutividade (µS/cm)	136	209	142,3	157	166,9
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	40	34	38	40	40
	Nº, Organismos mortos	18				
	Mortalidade (%)	60				
P	pH	7,52	6,84	5,88	4,92	5,78
	Condutividade (µS/cm)	136	249	180,4	200	198
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	40	36	40	38	38
	Nº, Organismos mortos	20				
	Mortalidade (%)	66,66				
BBM	pH	7,52	6,59	5,89	5,77	5,65
	Condutividade (µS/cm)	640	242	184	209	223
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	40	22	26	26	24
	Nº, Organismos mortos	28				
	Mortalidade (%)	93,33				
BBJ	pH	7,52	6,83	6,60	6,34	6,33
	Condutividade (µS/cm)	640	195	128,4	138,4	142,3
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	40	30	30	34	38
	Nº, Organismos mortos	18				
	Mortalidade (%)	60				
BM	pH	7,52	6,72	6,37	5,67	6,09
	Condutividade (µS/cm)	640	215	131,6	133,4	133,7
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	40	32	34	34	30
	Nº, Organismos mortos	10				
	Mortalidade (%)	33,33				
B	pH	7,52	6,82	6,06	5,65	6,03
	Condutividade	640	231	164,7	182	199
	Dureza	40	20	22	24	28
	Peixes mortos	20				
	% de mortalidade	66,66				
BJ	pH	7,52	7,01	6,72	6,68	7,14
	Condutividade (µS/cm)	640	185	122,2	122,8	126,9
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	40	32	28	28	26
	Nº, Organismos mortos	8				
	Mortalidade (%)	26,66				
IM	pH	7,52	6,62	6,14	5,42	6,77
	Condutividade (µS/cm)	640	185	119,8	131,3	131,5
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	40	28	28	28	32
	Nº, Organismos mortos	10				
	Mortalidade (%)	33,33				
IJ	pH	7,52	6,92	6,55	6,03	6,88
	Condutividade (µS/cm)	640	198	124,6	123,9	128,3
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	40	28	26	26	26
	Nº, Organismos mortos	10				
	Mortalidade (%)	33,33				
PM	pH	7,52	6,72	6,51	6,32	6,38
	Condutividade (µS/cm)	640	158	93,5	92,9	93,7
	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	40	18	18	16	20
	Nº, Organismos mortos	13				
	Mortalidade (%)	43,33				

PJ	pH	7,52	7,41	7,52	7,52	7,06
	Condutivi dade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	640	255	191,1	211	214
	Dureza (mgCaCO_3/L)	40	56	62	64	68
	N ^o , Organismos mortos	9				
	Mortalidade (%)	30				
NAM	pH	7,52	7,05	6,78	6,45	6,83
	Condutivi dade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	640	197	126,7	123	125,2
	Dureza (mgCaCO_3/L)	40	40	36	34	36
	N ^o , Organismos mortos	13				
	Mortalidade (%)	43,33				
NAJ	pH	7,52	7,23	7,23	7,08	7,09
	Condutivi dade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	640	211	111,6	140,7	143,8
	Dureza (mgCaCO_3/L)	40	40	38	36	36
	N ^o , Organismos mortos	13				
	Mortalidade (%)	43,33				
TIM	pH	7,52	7,23	7,38	7,22	7,22
	Condutivi dade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	640	219	163,2	181,4	195,3
	Dureza (mgCaCO_3/L)	40	46	52	50	56
	N ^o , Organismos mortos	3				
	Mortalidade (%)	10				
TIJ	pH	7,52	6,71	6,91	7,0	7,13
	Condutivi dade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	640	149	112,3	127	130,7
	Dureza (mgCaCO_3/L)	40	30	32	34	34
	N ^o , Organismos mortos	2				
	Mortalidade (%)	6,66				

TABELA 48: Resultados dos bioensaios de toxicidade crônicos parciais com sedimento das represas do Médio e Baixo Tietê (SP), referentes a coleta realizada no mês de maio/00.

Início do teste: 25/5/00-10:00hs - 24 organismos por teste Término do teste: 31/5/00-10:00h						
Ponto	Variáveis	0 hs	48 hs	96 hs	144 hs	168 hs
Controle	pH	7,98	8,01	8,19	7,34	7,61
	Condutividade (uS/cm)	59,8	59,6	56,7	56,5	58,8
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	24	24	24	24	24
	Nº, Organismos mortos	0				
	Mortalidade(%)	0%				
P	pH	7,37	7,44	6,0	6,93	7,09
	Condutividade (uS/cm)	128,4	124,2	121,3	122,5	128,2
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	42	36	34	30	30
	Nº, Organismos mortos	12				
	Mortalidade(%)	50%				
T	pH	7,2	5,86	6,8	5,99	6,05
	Condutividade (uS/cm)	136	156,5	175,4	203	209
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	40	32	36	38	30
	Nº, Organismos mortos	12				
	Mortalidade(%)	50%				
BBM	pH	7,1	7,11	6,85	5,91	5,94
	Condutividade (uS/cm)	128	131,1	140,9	161	170,2
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	28	24	30	28	28
	Nº, Organismos mortos	12				
	Mortalidade(%)	50%				
BM	pH	7	7,08	6,78	5,97	6,10
	Condutividade (uS/cm)	122	128	128,4	133,7	137,5
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	36	32	38	32	30
	Nº, Organismos mortos	8				
	Mortalidade(%)	33,33%				
IM	pH	6,8	7,07	6,83	6,05	6,05
	Condutividade (uS/cm)	101	122,9	116,1	122,6	123,8
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	28	30	34	34	32
	Nº, Organismos mortos	0				
	Mortalidade(%)	0%				
PM	pH	7,1	7,12	6,87	6,10	6,04
	Condutividade (uS/cm)	99	95,4	101,1	107,1	111,7
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	28	28	18	28	28
	Nº, Organismos mortos	4				
	Mortalidade(%)	16,6%				
NAM	pH	6,85	7,12	6,94	6,84	6,60
	Condutividade (uS/cm)	123	131,1	135,6	141	143,7
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	38	38	46	48	48
	Nº, Organismos mortos	4				
	Mortalidade(%)	16,6%				
TIM	pH	7	7,2	7,05	6,89	6,75
	Condutividade (uS/cm)	130	134	137	141,9	142,4
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	40	42	44	44	46
	Nº, Organismos mortos	0				
	Mortalidade(%)	0%				
Início: 26/5/00-10hs - término: 1/06/00 -10hs - 24 organismos por teste						
Ponto	Variáveis	0 hs	48 hs	96 hs	144 hs	168 hs
Controle	pH	7,42	7,65	7,06	7,61	7,16
	Condutividade (uS/cm)	57	56,7	53,8	58,8	54,1
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	24	24	24	24	26
	Nº, Organismos mortos	0				
	Mortalidade(%)	0%				
BBJ	pH	6,04	7,11	6,21	6,86	7,55
	Condutividade (uS/cm)	179,7	190	190	185,3	183,5
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	60	64	60	60	64
	Nº, Organismos mortos	8				
	Mortalidade(%)					

	Mortalidade(%)	33,33%				
B.I	pH	6,33	6,34	6,50	7,01	7,02
	Condutividade (uS/cm)	137	147,8	152,5	157,8	156,4
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	48	46	48	48	54
	Nº. Organismos mortos	8				
	Mortalidade(%)	33,33%				
B	pH	6,58	6,01	6,54	6,71	7,16
	Condutividade (uS/cm)	146,1	156,8	152,7	165,3	158,3
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	28	22	26	30	30
	Nº. Organismos mortos	24				
	Mortalidade(%)	100%				
I.I	pH	6,39	5,32	6,54	6,92	6,88
	Condutividade (uS/cm)	123,6	120,9	116,2	155,8	112,7
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	32	28	24	26	26
	Nº. Organismos mortos	4				
	Mortalidade(%)	16,6%				
P.J	pH	6,22	7,20	6,72	6,86	6,70
	Condutividade (uS/cm)	145	164,9	177,4	190,5	109,9
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	44	52	60	64	62
	Nº. Organismos mortos	4				
	Mortalidade(%)	16,6%				
NA.I	pH	6,42	7,23	6,90	6,97	6,97
	Condutividade (uS/cm)	131	137,6	171,5	204	216
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	44	40	58	62	68
	Nº. Organismos mortos	8				
	Mortalidade(%)	33,33%				
T.IJ	pH	6,64	7,31	6,76	6,85	7,06
	Condutividade (uS/cm)	119,6	129	130	130,4	130,5
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	32	38	38	38	38
	Nº. Organismos mortos	0				
	Mortalidade(%)	0%				

TABELA 50: Resultados dos testes crônicos parciais com sedimento das represas do Médio e Baixo Tietê referentes a coleta realizada no mês de julho/00.

Início do bioensaio: 12/08/00 -10:00hs,			Data Final: 19/08/00 -10:00hs -20 organismos por teste			
Ponto	Variáveis	0 hs	48 hs	96 hs	144 hs	168 hs
Controle	pH	7.01	6.53	7.62	7.58	7.44
	Condutividade (uS/cm)	59.1	66.4	52.9	57.6	60.8
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	20	20	16	22	24
	Nº. Organismos mortos	2				
	Mortalidade(%)	10%				
P	pH	5.96	6.10	6.39	6.16	5.8
	Condutividade (uS/cm)	142.7	154.6	159.8	173	194
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	32	38	32	34	36
	Nº. Organismos mortos	18				
	Mortalidade(%)	90%				
T	pH	6.02	5.84	5.96	5.71	5.50
	Condutividade (uS/cm)	144	224	256	284	318
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	38	38	30	26	22
	Nº. Organismos mortos	20				
	Mortalidade(%)	100%				
BBM	pH	6.16	6.01	5.91	5.87	5.84
	Condutividade (uS/cm)	170.3	190	212	236	269
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	32	28	26	24	20
	Nº. Organismos mortos	20				
	Mortalidade(%)	100%				
BBJ	pH	6.87	6.58	6.50	6.62	6.67
	Condutividade (uS/cm)	157.3	151.2	169.8	188	191
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	42	40	40	48	52
	Nº. Organismos mortos	12				
	Mortalidade(%)	60%				
BM	pH	6.76	6.17	6.58	5.86	5.40
	Condutividade (uS/cm)	153	160.4	174	194	203
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	28	26	20	20	16
	Nº. Organismos mortos	20				
	Mortalidade(%)	100%				
B	pH	6.65	6.25	6.21	6.23	5.80
	Condutividade (uS/cm)	159.8	167.8	180.6	192.4	207
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	30	30	32	38	40
	Nº. Organismos mortos	12				
	Mortalidade(%)	60%				
Data Inicial:26/08/00-9:00hs -20 organismos por teste						
Data Final: 2/09/00 -9:00hs						
Ponto	Variáveis	0 hs	48 hs	96 hs	144 hs	168 hs
controle	pH	7.26	7.51	7.45	7.36	7.38
	Condutividade (uS/cm)	160.8	168	174	170	168
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	42	38	32	36	36
	Nº. Organismos mortos	2				
	Mortalidade(%)	10%				
BJ	pH	6.85	7.51	7.55	7.51	7.52
	Condutividade (uS/cm)	207	247	224	273	291
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	48	50	42	40	40
	Nº. Organismos mortos	4				
	Mortalidade(%)	20%				
IM	pH	7.09	7.34	7.33	7.23	7.10
	Condutividade (uS/cm)	153	191.5	178.5	198	204
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	50	50	46	38	32
	Nº. Organismos mortos	8				
	Mortalidade(%)	10%				
IJ	pH	7.03	7.09	6.98	6.82	6.74
	Condutividade (uS/cm)	151.1	214	244	271	280
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	42	52	58	40	36
	Nº. Organismos mortos	10				
	Mortalidade(%)	50%				

PM	pH	7.15	7.10	6.93	7.6.98	7.11
	Condutividade (uS/cm)	123.6	149.8	135.8	142.6	184.8
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	30	34	30	28	26
	Nº. Organismos mortos	4				
	Mortalidade(%)	20%				
PJ	pH	7.24	7.23	7.20	7.31	7.47
	Condutividade (uS/cm)	154.1	188.4	175.1	179	199
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	50	56	48	46	32
	Nº. Organismos mortos	4				
	Mortalidade(%)	20%				
NAM	pH	7.34	7.47	7.73	7.19	7.10
	Condutividade (uS/cm)	168.2	202	195	193	203
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	56	60	60	42	38
	Nº. Organismos mortos	0				
	Mortalidade(%)	0%				
NAJ	pH	7.41	7.56	7.36	7.35	7.37
	Condutividade (uS/cm)	108.5	186	146.1	174	214
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	56	64	60	52	46
	Nº. Organismos mortos	2				
	Mortalidade(%)	10%				
TIM	pH	7.43	7.54	7.48	7.52	7.47
	Condutividade (uS/cm)	139	201	217	226	236
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	52	58	60	44	44
	Nº. Organismos mortos	1				
	Mortalidade(%)	10%				
TIL	pH	7.46	7.37	7.37	7.42	7.41
	Condutividade (uS/cm)	194.5	216	235	230	269
	Dureza(mgCaCO ₃ /L)	56	66	64	58	46
	Nº. Organismos mortos	0				
	Mortalidade(%)	0%				

TABELA 54 :Formas de nitrogênio ao longo sistema Tietê, extraídas da água dos bioensaios de toxicidade crônica - parcial, nos meses de maio e julho de 2000.

Parâmetros ⇒ Pontos de coleta	Amônio (µg/L)		Nitrato (µg/L)		Nitrito (µg/L)		Nitrogênio orgânico total (mg/L)	
	Maio/00	Julho/00	Maio/00	Julho/00	Maio/00	Julho/00	Maio/00	Julho/00
C	86.00	75.72	18.22	5.28	8.90	2.72	4.76	3.72
P	1400.00	2200.00	820.00	430.00	28.62	17.75	1.56	1.10
T	2292.00	3557.10	429.01	302.00	10.27	22.67	14.51	17.15
BBM	1666.00	1111.40	947.42	236.64	9.55	10.88	11.17	14.80
BBJ	*	65.18	*	161.07	*	3.42	0.30	0.96
BM	311.78	1791.40	937.27	405.16	6.18	26.80	5.61	10.67
B	2699.00	1000.98	2597.00	164.79	3.64	12.08	2.56	18.75
BJ	4.93	2930.90	312.16	465.85	224.14	3.06	0.35	0.42
IM	37.27	14.19	971.39	16.85	10.05	5.72	6.91	0.04
IJ	*	*	*	*	*	*	1.40	0.04
PM	303.66	*	1178.40	*	145.87	*	0.70	0.42
PJ	10.69	68.34	463.43	26.44	5.91	26.53	1.02	0.90
NAM	36.50	55.51	136.51	21.53	16.20	16.61	0.47	0.14
NAJ	88.65	150.43	493.22	60.16	277.55	33.20	0.35	0.23
TIM	22.00	26.59	97.312	22.15	10.71	14.00	0.16	0.28
TIJ	21.77	29.15	160.32	17.33	12.22	2.51	0.28	0.28

TABELA 55: Formas de fósforo ao longo sistema Tietê, extraídas da água dos bioensaios de toxicidade crônica-parcial, nos meses de maio e julho de 2000.

Parâmetros ⇒ Pontos de coleta	Fósforo total(µg/L)		Fosfato total dissolvido(µg/L)		Fosfato Inorgânico(µg/L)	
	Maio/00	Julho/00	Maio/00	Julho/00	Maio/00	Julho/00
C	12.75	11.15	9.30	5.81	4.50	3.60
P	286.92	192.10	274.01	100.01	174.69	55.13
T	145.11	141.12	76.67	121.49	53.27	62.93
BBM	117.79	136.10	50.75	84.11	32.40	41.39
BBJ	298.00	261.23	*	32.26	*	12.38
BM	56.17	306.75	36.95	297.31	19.94	111.26
B	299.93	118.75	13.94	38.86	4.019	18.82
BJ	178.32	81.73	120.78	18.52	95.47	11.78
IM	143.00	293.93	82.67	48.71	37.77	15.44
IJ	180.20	184.36	*	*	*	*
PM	169.90	280.34	94.05	*	33.29	*
PJ	93.10	185.52	24.78	130.40	6.66	53.21
NAM	84.20	135.20	19.52	59.35	8.06	25.32
NAJ	221.00	332.00	19.18	261.60	7.81	180.02
TIM	61.83	74.00	12.93	43.72	4.62	29.51
TIJ	54.76	51.41	14.50	17.13	3.38	9.03

(*amostras insuficientes) C-controle; P-piracicaba; T-Tietê; BBM-Barra Bonita Montante; BBJ- Barra Bonita Jusante; BM-Bariri Montante; B-Bauru; BJ-Bariri Jusante; IM-Ibitinga Montante; IJ-Ibitinga Jusante; PM-Promissão Montante; PJ- Promissão Jusante; NAM-Nova Avanhandava Montante; NAJ-Nova Avanhandava Jusante; TIM-Três Irmãos Montante; TIJ -Três Irmãos Jusante.