**“Limnologia, balneabilidade e impactos ambientais:
uma análise temporal e espacial na represa do
Lobo (Broa), Itirapina/Brotas - SP”**

Érica Cristina Argenton

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

Orientador: Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola

São Carlos - 2004

*Aos meus queridos pais, José Irineu e
Vilcinéia, sempre tão presentes em minha
vida e me oferecendo lições diárias de luta,
dedicação e afeto à família. Amo vocês!*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola, pela orientação, mas principalmente pela oportunidade oferecida para o cumprimento de mais uma etapa da minha formação e para a realização deste estudo.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários do CRHEA; aos técnicos do Núcleo de Estudos de Ecossistemas Aquáticos, especialmente ao Amandio de Menezes Nogueira, sempre disposto a me ajudar e me ensinar e o companheiro de tantas coletas.

Ao pessoal do laboratório de Saneamento (EESC), Paulo Fragiaco e Júlio, que disponibilizaram o equipamento para as últimas análises.

À todos que, de alguma forma, me ajudaram com o trabalho. Ao pessoal do laboratório em 2002, que sempre esteve ajudando: Janete, Luci, Suze, Aline, Mariana, Julieta, Alessandro e tantos outros.

Aos amigos que me auxiliaram nessa fase final: Fernanda Marciano, com a estatística; Marcel Godoy, com os mapas; e minha querida irmã Giuliana Argenton Marçola, com o inglês.

Às queridas amigas (cavaleiras do apocalipse!) Dayani Pereira, Viviane Miranda e especialmente Julieta Bramorski, pelas risadas, experiências, paciência e (Jujú) pelo companheirismo. Aos amigos Carolina Dornfeld, Maurício Leite, Andréa Novelli, Jair Schmitt, Ricardo Reis... Já sinto saudades!!

À minha família, meus companheiros da vida toda! Meus pais, José Irineu e Vilcinéia Argenton, meus irmãos Douglas Argenton, Giuliana Argenton Marçola, os agregados Alexandre Marçola e Luciane Travensolo e Guilherme Almeida Franco, por todo o apoio nesse período, pelas infinitas caronas até a rodoviária, pelo auxílio com as coisas que precisei e por mais uma acolhida em casa. Ao meu querido namorado Guilherme, pela ternura e paciência sempre!!...Muito obrigada!

ARGENTON, E.C. (2004). *“Limnologia, balneabilidade e impactos ambientais: uma análise temporal e espacial na represa do Lobo (Broa), Itirapina/Brotas - SP”*. Dissertação (Mestrado). EESC/USP, São Carlos. 146 p.

RESUMO

Considerando a importância da represa do Lobo, os indícios de eutrofização encontrados na área e tendo a recreação como seu principal uso, buscou-se, neste trabalho, avaliar a qualidade da água nos rios tributários e na represa, e sua adequação a balneabilidade. Para os afluentes do sistema, estimando-se, ainda, a contribuição dos mesmos ao aporte de materiais à represa, foram amostrados o córrego do Geraldo, a confluência dos córregos Água Branca e Limoeiro, o rio Itaqueri (antes da mineradora), o ribeirão do Lobo, o córrego das Perdizes, avaliando-se parâmetros físicos, químicos e biológicos da água e a vazão dos rios, em dois períodos (agosto/setembro e dezembro) de 2002. Os resultados, com base no índice de estado trófico, indicam que a maioria dos tributários, com exceção do córrego Água Branca (eutrófico), é oligotrófico. Na represa o estudo teve avaliações mensais para alguns parâmetros (nutrientes totais e dissolvidos, clorofila total e material em suspensão) e semanais para outros (pH, condutividade elétrica, temperatura da água, oxigênio dissolvido e coliformes fecais) ao longo de um ano (dezembro de 2001 a dezembro de 2002), em nove pontos, abrangendo a região de foz do rio Itaqueri, córrego do Geraldo e ribeirão do Lobo, quatro pontos distribuídos na praia do Balneário Santo Antonio e um ponto a jusante da represa. A foz do rio Itaqueri apresentou-se meso-eutrófica no período, enquanto os outros pontos avaliados, oligotróficos. Apesar da condição favorável apresentada, a análise temporal dos dados (com estudos realizados nos últimos 30 anos), mostra uma evidente e preocupante alteração nas condições originárias desse sistema, indicando um evidente processo de eutrofização do reservatório, associado aos usos e ocupação da bacia hidrográfica (resíduos domiciliares, turismo, agricultura e pecuária). Em relação a balneabilidade os principais pontos de contaminação fecal na represa são as entradas dos tributários, enquanto o corpo da represa foi considerado excelente em todo o período amostrado. O córrego Água Branca, como corpo receptor do esgoto de Itirapina, é o mais comprometido dos corpos de água avaliados, além de ser o principal contribuinte de nutrientes e coliformes fecais para a represa do Lobo, através do rio Itaqueri.

Palavras-chave: reservatório do Lobo, balneabilidade, eutrofização, limnologia

ABSTRACT

Considering the importance of the Lobo Reservoir, the sights of eutrophication found in the area and having recreation as its main usage, it has been tried, in the following paper, to evaluate the water quality in the tributary rivers and also in the reservoir as well as its adequacy to balneability. As main tributaries of the system, estimating yet their contribution to the input of materials to the reservoir, there have been sampled the Geraldo river, the meeting of Água Branca and Limoeiro rivers, the Itaqueri river (before the mining plant), the Lobo river, the Perdizes river, evaluating their physical, chemical and biological parameters and the rivers leakage during two different periods of time (August/September and December) from 2002. The results, which are based in the amount of trophic state, show that most of the tributaries, excepting the Água Branca river (eutrophic) are oligotrophic. In the reservoir, the evaluation has been more systematic, with monthly evaluations to some parameters (amount of total nutrients and dissolved nutrients, total chlorophyll and suspended material) and weekly evaluation to others (pH, electrical conductivity, water temperature, dissolved oxygen and fecal coliforms), during the period of one year (December, 2001 to December, 2002), in nine sites considering the region of the mouth of the rivers Itaqueri, Geraldo and Lobo, four sites along the beach of Balneário Santo Antônio, and one site at the upper part of the reservoir. The mouth of the Itaqueri river has been meso-eutrophic throughout the period, while the other evaluated sites have been oligotrophic. In spite of the favorable condition showed by the IET, the timing analyses of the data (based on studies done in the last 30 years) shows a clear and worrying change in this system original conditions, related mainly to the increase of nutrients and its consequences, indicating a clear process of eutrophication of the system, what may be associated to the usages and occupation of the river basin (homes wasting material, tourism, agriculture and cattle-raising). Relating to balneability, the main sites of fecal contamination in the reservoir are the tributaries entrances (in the Itaqueri river the contamination happens due to Itirapina's sewer system), while the reservoir body has been considered excellent throughout all the sampled period. The Água Branca river, as receptor of the Sewer Treatment Station and also the sewer from two Itirapina's prisons, is the most risking one from the water bodies evaluated, besides being the main contributor of nutrients and fecal coliforms to the Lobo reservoir through the Itaqueri river.

Key words: Lobo Reservoir, balneability, eutrophication, limnology.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	1
 CAPÍTULO 1 – Caracterização da Bacia Hidrográfica e da represa do Lobo	
1. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO LOBO.....	3
1.1 Clima.....	5
1.2 Geomorfologia.....	5
1.3 Geologia.....	6
1.4 Pedologia.....	7
1.5 Vegetação	8
2. A REPRESA DO LOBO (BROA).....	10
2.1 Características da represa do Lobo.....	11
3. USOS, OCUPAÇÃO DO SOLO E IMPACTOS AMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA E NA REPRESA DO LOBO.....	20
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
 CAPÍTULO 2. Avaliação dos tributários e da represa do Lobo: uma abordagem ecossistêmica.	
1. INTRODUÇÃO.....	36
2. OBJETIVOS.....	37
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
3.1 Pontos, período de coleta e variáveis analisadas.....	38
3.2 Índice de estado trófico.....	39
3.3 Vazão e carga dos tributários	40

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 Temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, pH da água e material em suspensão.....	40
4.2 Nutrientes.....	43
4.3 Coliformes fecais.....	49
4.4 Clorofila total.....	50
4.5 Índice de estado trófico (IET).....	51
4.6 Vazão dos rios e Cargas de materiais.....	52
5. CONCLUSÃO.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

CAPÍTULO 3. Análise das características limnológicas do reservatório do Lobo

1. INTRODUÇÃO.....	60
2. OBJETIVOS.....	62
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	62
3.1 Pontos e período de coleta.....	62
3.2 Parâmetros e metodologias utilizadas.....	63
3.3 Dados climatológicos.....	64
3.4 Índice de estado trófico.....	65
3.5 Análise estatística.....	65
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
4.1 Pluviosidade e temperatura atmosférica.....	65
4.2 Temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido e pH da água.....	66
4.3 Material em suspensão e clorofila.....	74
4.4 Nutrientes.....	76
4.5 Índice de estado trófico (IET).....	95
4.6 Ordenação e agrupamento das amostragens.....	97
5. CONCLUSÃO.....	101
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

CAPÍTULO 4. Balneabilidade da represa do Lobo (Broa)

1. INTRODUÇÃO.....	108
2. OBJETIVOS.....	112
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	112
3.1 Pontos, período de coleta e parâmetros avaliados.....	112
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	114
5. CONCLUSÃO.....	123
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
 CAPÍTULO 5. Considerações finais.....	 128
 ANEXOS.....	 131

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Bacia hidrográfica e reservatório do ribeirão do Lobo.....	3
Figura 2. Mapa com a vegetação da bacia hidrográfica do Lobo.....	9
Figura 3. Represa do Lobo.....	10
Figura 4. Morfometria do reservatório do Lobo.....	12
Figura 5. Caracterização dos principais rios da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo....	21
Figura 6. Usos e ocupação da área de entorno e seus efeitos na represa do Lobo.....	24
Figura 7. Imagem do satélite Landsat (1999) mostrando os usos e ocupação do solo no entorno da represa, com destaque para a Estação Ecológica.....	27

CAPÍTULO 2

Figura 1. Distribuição dos pontos de coleta nos tributários da bacia hidrográfica do Lobo.....	38
Figura 2. Valores de temperatura da água e oxigênio dissolvido obtidos durante o período de estudo.....	41
Figura 3. Valores de pH obtidos durante o período de estudo.....	41
Figura 4. Valores de condutividade obtidos durante o período de estudo.....	42
Figura 5. Valores de material em suspensão total, inorgânico e orgânico obtidos no período de estudo.....	43
Figura 6. Concentrações dos nutrientes dissolvidos no período de coleta.....	44
Figura 7. Concentrações de fósforo e nitrogênio orgânico total no período amostrado.....	46
Figura 8. Aumento da concentração de nutrientes na foz do rio Itaqueri, após encontro com córrego Água Branca.....	48
Figura 9. Número mais provável (NMP) de coliformes fecais nos dois períodos amostrados.....	50
Figura 10. Concentração de clorofila obtida nos pontos de coleta, durante o período de estudo.....	51

CAPÍTULO 3

Figura 1.	Pontos de coleta na represa do Lobo.....	63
Figura 2.	Distribuição dos valores médios de temperatura atmosférica (°C) e pluviosidade (mm) durante o ano de 2002.....	66
Figura 3.	Valores de pH nas estações de coleta, no período de estudo.....	68
Figura 4.	Valores médios, mínimos e máximos de pH em cada estação de coleta, durante o período de estudo.....	69
Figura 5.	Valores de condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo.....	70
Figura 6.	Valores médios, mínimos e máximos de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) em cada estação de coleta, durante o período de estudo.....	71
Figura 7.	Valores de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e temperatura da água (°C) nas estações de coleta, durante o período de estudo.....	72
Figura 8.	Valores médios, mínimos e máximos de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) em cada estação de coleta, durante o período de estudo.....	73
Figura 9.	Valores médios, mínimos e máximos da temperatura da água (°C) nas estações de coleta, durante o período de estudo.....	74
Figura 10.	Concentração de material em suspensão total, fração inorgânica e fração orgânica (mg.L^{-1}) nas estações de coleta, no período de estudo.....	75
Figura 11.	Concentração de clorofila total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo.	77
Figura 12.	Concentração de nitrogênio orgânico total (mg.L^{-1}) nas estações de coleta, no período de estudo.....	78
Figura 13.	Valores médios, mínimos e máximos de nitrogênio orgânico total (mg.L^{-1}) em cada estação de coleta, durante o período de estudo.....	79
Figura 14.	Concentração de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo...	80
Figura 15.	Valores médios, mínimos e máximos de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada estação de coleta, durante o período de estudo.....	81
Figura 16.	Concentração de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo.	82
Figura 17.	Concentração de amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo..	83

Figura 18. Valores médios, mínimos e máximos do íon amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada estação de coleta, durante o período de estudo.....	84
Figura 19. Concentração de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo.....	87
Figura 20. Concentração de fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo.....	88
Figura 21. Concentração de fosfato dissolvido inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo.....	89
Figura 22. Valores médios, mínimos e máximos de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada estação de coleta durante o período de estudo.....	90
Figura 23. Concentração de silicato reativo (mg.L^{-1}) nas estações de coleta, no período de estudo.....	92
Figura 24. Índice de estado trófico (Toledo, 1983) nas diferentes estações de coleta ao longo do período de estudo.....	96
Figura 25. IET médio nas estações de coleta no período de estudo.....	97
Figura 26. Plot dos escores da PCA das variáveis mensais.....	99
Figura 27. Cluster dos escores da PCA para as coletas mensais.....	100

CAPÍTULO 4

Figura 1. Pontos de coleta no reservatório do Lobo.....	113
Figura 2. Classificação das estações de coleta (%), segundo o parâmetro coliformes fecais, durante o período de estudo.....	119

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.	Características gerais da bacia hidrográfica do Lobo.....	4
Tabela 2.	Dados gerais e morfométricos da represa do Lobo.....	12
Tabela 3.	Variação da cobertura vegetal e do uso do solo na microbacia dos ribeirões do Lobo e Itaqueri no período 1969-1990.....	26

CAPÍTULO 2

Tabela 1.	Parâmetros limnológicos analisados e metodologias utilizadas neste estudo.....	39
Tabela 2.	Valores médios de algumas variáveis obtidas em diferentes estudos, nos tributários do reservatório do Lobo, ao longo de quase 30 anos.....	45
Tabela 3.	Comparação das concentrações médias de nutrientes na represa do Lobo e na de Barra Bonita.....	47
Tabela 4.	Índice de estado trófico dos tributários e da represa do Lobo, nos períodos amostrados.....	51
Tabela 5.	Vazão dos tributários da represa do Lobo em 1996 e 2002.....	53
Tabela 6.	Cargas de nutrientes, clorofila e material em suspensão nos tributários da represa do Lobo nos períodos amostrados.....	54

CAPÍTULO 3

Tabela 1.	Parâmetros limnológicos analisados e metodologias utilizadas neste estudo.....	64
Tabela 2.	Valores mínimos e máximos das variáveis medidas semanalmente, no período de estudo.....	67
Tabela 3.	Comparação das concentrações médias de nutrientes na represa do Lobo e outras represas no estado de São Paulo.....	91
Tabela 4.	Valores médios de algumas variáveis obtidas em diferentes estudos, na foz do rio Itaqueri, ao longo de quase 30 anos.....	93

Tabela 5.	Valores mínimos, médios e máximos de algumas variáveis obtidas em diferentes estudos, no ponto próximo à barragem do reservatório do Lobo, ao longo de quase 30 anos.....	94
Tabela 6.	Cargas das variáveis nos eixos 1 e 2 e as respectivas variâncias explicadas por cada um (correlações em negrito > 0,7) na amostragem, no período de estudo..	98

CAPÍTULO 4

Tabela 1.	Limites de microrganismos/100 ml por categoria, segundo Resolução CONAMA 274/00.....	111
Tabela 2.	Classificação das águas para balneabilidade, segundo limite de coliformes fecais (CONAMA 274/00).....	114
Tabela 3.	Valores mínimos e máximos das variáveis medidas semanalmente, no período de estudo.....	115
Tabela 4.	Concentração de coliformes fecais (NMP) durante o período amostrado.....	116
Tabela 5.	Valores de coliformes fecais obtidos por Queiroz (2000) e neste estudo.....	121

APRESENTAÇÃO

Construída em 1936 para a geração de energia elétrica, a represa do Lobo, localizada entre os municípios de Brotas e Itirapina (SP), tem sido objeto de inúmeros estudos nas áreas de Ecologia, Limnologia e Recursos Hídricos, constituindo-se numa importante referência de ecossistema lacustre tropical. Além disso, é também considerada um dos principais pontos turísticos da região, recebendo milhares de turistas em determinadas épocas do ano.

A represa do Lobo está inserida em uma pequena bacia hidrográfica, localizada em área de Proteção Ambiental e que possui cidades de pequeno porte (Itirapina e Brotas), praticamente sem industrialização, concentrando atividades basicamente agrícolas. O crescimento das atividades turísticas e recreacionistas na represa, aliado à crescente urbanização por estas provocada, tem gerado inúmeros impactos ambientais na área, dentre os quais destaca-se o desmatamento, as construções no entorno dos corpos de água, as maiores descargas de esgoto, o acúmulo de lixo, entre outros. Como conseqüências destes impactos observa-se a transformação da paisagem, a eutrofização (indícios a partir da década de 1990) e o aumento da toxicidade dos sistemas aquáticos, além do comprometimento da saúde de usuários e moradores.

Este trabalho, desenvolvido em parceria com a Prefeitura do município de Itirapina, teve como objetivos principais avaliar a atual qualidade da água na represa e seus tributários em uma abordagem comparativa, em virtude dos inúmeros trabalhos produzidos sobre a região, além da avaliação da adequação da represa à balneabilidade, ou seja, atividades de recreação de contato primário, sendo este, o principal uso que se tem em suas águas atualmente.

No Capítulo 1 encontra-se uma extensa caracterização da área, descrevendo os componentes da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo e do rio Itaqueri, como clima, geologia, pedologia, geomorfologia, vegetação, usos e ocupação do solo, entre outros,

além da caracterização ecológica e das comunidades da represa do Lobo. Traz também a localização e uma breve descrição dos impactos ambientais observados na área.

O Capítulo 2 traz uma avaliação limnológica dos principais rios tributários da represa, os quais são o rio Itaqueri, o ribeirão do Lobo, o córrego Água Branca, o córrego do Geraldo e o córrego das Perdizes. Procurou-se, ainda, efetuar uma estimativa da contribuição de materiais provenientes dos tributários, avaliando o efeito desta contribuição na qualidade da água na represa.

A limnologia da represa é abordada no Capítulo 3, no qual as variáveis físicas, químicas e biológicas foram avaliadas e comparadas aos resultados obtidos em anos anteriores (desde os primeiros estudos, em 1971), buscando-se, assim, reconhecer a situação atual, além da evolução do sistema, diagnosticando os principais impactos ambientais e suas consequências ao longo dos anos.

O Capítulo 4 trata especificamente da qualidade da água da represa e sua adequação para a realização de atividades recreacionistas de contato primário (balneabilidade), através de parâmetros indicados na Resolução 274/00 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Também são discutidos alguns aspectos sobre a escolha de microrganismos indicadores da qualidade sanitária da água e aspectos relacionados à atividade turística na região. As considerações finais estão no Capítulo 5.

1. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA E DA REPRESA DO RIBEIRÃO DO LOBO

1. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO LOBO

A represa do Lobo localiza-se entre os municípios de Brotas e Itirapina, na região centro-leste do estado de São Paulo – Latitude 22°15'S e Longitude 47°49'W. Está inserida na sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo, sendo afluente do rio Jacaré-Guaçu, o qual é tributário da margem direita do rio Tietê. A rede hidrográfica é formada pelo ribeirão do Lobo e rio Itaqueri, como principais tributários do reservatório do Lobo; córrego do Geraldo, córrego das Perdizes, córrego do Limoeiro, córrego da Água Branca e ribeirão da Onça. Todos os tributários, exceto o último, fluem diretamente para a represa (Figura 1).

Figura 1. Bacia hidrográfica e reservatório do ribeirão do Lobo
(Modificado de Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1995)

Estes cursos de água estão enquadrados, segundo a Resolução CONAMA 20/86, como Classe 2, ou seja, são águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamentos convencionais, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana. As principais características da bacia hidrográfica, segundo Tundisi *et al* (2000), estão indicadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características gerais da bacia hidrográfica do Lobo.

Área	227,7 Km ²
Densidade de drenagem	0,75 Km/Km ²
Declividade média da bacia	0,00575 m/m
Altitude máxima	940 m
Altitude média	770 m
Altitude mínima	680 m

(Fonte: Tundisi *et al*, 2000)

Um aspecto relevante da região é sua inserção na Área de Proteção Ambiental (APA) do Corumbataí-Botucatu-Tejupá, criada pelo Decreto Estadual n.º 20.960, de 8 de junho de 1983. A APA cobre uma área de 278.858 hectares e em seu limite territorial estão englobados 18 municípios, entre os quais Brotas e Itirapina. Possui uma elevada diversidade de ambientes naturais razoavelmente conservados, rico patrimônio histórico e arqueológico, recursos hidrológicos de qualidade e elementos da paisagem cênica relevantes que se destacam entre os atributos ecológicos. Localiza-se numa região onde grandes investimentos têm sido realizados nos últimos anos, principalmente no setor industrial (Camargo, 1991; Queiroz, 2000).

Segundo Camargo (*op.cit.*), diferente de outras unidades de conservação, as APAs são unidades de manejo sustentável, sendo que na citada APA tem-se três zonas: a de proteção máxima, a de uso disciplinado e a de uso especial, na qual está inserido o reservatório do Lobo. Ainda segundo o autor, o Estado vem instituindo essas áreas de proteção sem a efetiva implantação e manejo de seus recursos, sendo que muitas são criadas em espaço de ocupação urbana e rural, que consolidados ao lado de elementos

físico-bióticos, acabam submetendo-as a intensos processos de descaracterização ambiental.

1.1. Clima

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região pode ser considerado do tipo Cwa, ou seja, clima subtropical mesotérmico, com verão úmido e inverno seco. As influências de frentes frias vindas do sul, principalmente no inverno e no outono são típicas, registrando-se isotermas anuais entre 19°C e 21°C. No mês mais frio do ano (junho), verificam-se isotermas entre 15°C e 17°C, e no mês mais quente (dezembro) entre 21°C e 23°C. A pluviosidade média anual é de 1300 mm, com maior precipitação no verão (novembro a março) e menor durante o inverno (abril a setembro). A evapotranspiração possui valores médios entre 900 e 1000 mm/ano e umidade relativa média em torno de 75%. A velocidade do vento pode atingir até 10 Km/h no inverno, sendo de 2 a 3 Km/h durante o verão (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1995).

1.2. Geomorfologia

Segundo Almeida (1964), a bacia do ribeirão do Lobo faz parte da província geomorfológica denominada Cuestas Basálticas, localizada entre o Planalto Central e a Depressão Periférica. Essa região representa as bordas dos derrames basálticos, formados devido ao baixo ângulo do mergulho das camadas NW, à espessura e à resistência dos derrames.

A região apresenta um relevo pouco acidentado, com desníveis da ordem de 50 metros. Em alguns pontos, principalmente próximo a Itaqueri da Serra, devido aos derrames basálticos, aparecem as chamadas cuestas arenito-basálticas, relevo escarpado limitando-se com a Depressão Periférica Paulista. Nesses locais, observam-se desníveis máximos que chegam a quase 300 metros. No reverso das cuestas, aparece a área denominada Planalto de Campo Alegre, de constituição basáltica e arenítica, drenada pelos ribeirões do Lobo e Itaqueri (Guerra & Cunha, 1996).

O declive para oeste da superfície primitiva, que parte da linha das cuestas, determinou profunda erosão, evidenciada nos depósitos de material detrítico, proveniente do desgaste mecânico das rochas integrantes da Formação Serra Geral, capeadas por

rochas sedimentares do Grupo Bauru. Como consequência desse processo, resultou um amplo anfiteatro de erosão, aberto para oeste e circundado por morros testemunhos, que caracterizam a morfologia da região (Almeida, 1974 *apud* Trindade, 1980).

Ainda segundo esse autor, limitando a Bacia do ribeirão do Lobo encontram-se as cuestas da Serra de São Carlos e Serra de Itaqueri, cujos morros Baú e Pelado são testemunhos isolados da erosão desta última. Altitudes máximas são assinaladas nas proximidades da nascente do ribeirão do Lobo (970 m) e da nascente do rio Itaqueri (945 m). A altitude mínima pode ser observada na região próxima à cabeceira da represa, entre o ribeirão do Lobo e o rio Itaqueri (700 m).

1.3. Geologia

A bacia do ribeirão do Lobo apresenta rochas do Grupo São Bento, representadas pelas formações Serra Geral (basalto, arenito, intertrap e diabásio) e Botucatu-Pirambóia e rochas do Grupo Bauru, representadas pela formação Marília (arenitos, siltitos e conglomerados). Ocorrem também áreas de sedimentos holocênicos provenientes da erosão destas formações, apresentando em alguns pontos intrusão de basalto e constituindo materiais aluvionares (Nishiyama, 1991).

Segundo Almeida (1964), no estado de São Paulo o grupo São Bento constitui-se de uma alternância de membros sedimentares, predominantemente arenosos, e derrames basálticos, em sucessões que variam horizontal e verticalmente. Associam-se a ele corpos intrusivos (*sills* e diques) relacionados aos processos vulcânicos. O grupo São Bento pode ser dividido, com base na diversidade litológica, num membro inferior, o arenito Pirambóia, predominantemente fluvial, seguido de outros fácies mais elevados e alternados, do arenito Botucatu, de origem eólica, o qual intercala-se a derrames basálticos, correlacionados às chamadas “eruptivas da Serra Geral”.

A Formação Pirambóia é constituída de arenitos muito finos a grosseiros, podendo conter pequenos seixos rolados de quartzo, esparsos em matriz areno-argilosa, de cor vermelha, rosa ou cinza. Apresenta estratificação em lâminas paralelas ou cruzadas, tipo de corrente aquosa. Os arenitos Pirambóia às vezes se intercalam com siltitos argilosos vermelhos ou cor de chocolate, podendo ser calcícticos.

O arenito Botucatu apresenta granulação média a fina, com reduzida consistência quando não silicificados pela ação do contato da rocha basáltica. Esses arenitos são

predominantemente eólicos, com estratificação cruzada, mostrando normalmente estrutura de dunas, e cores vermelhas, rosadas ou amarelas. Entre os membros da Formação Botucatu, além dos arenitos ocorrem siltitos, argilitos e folhelhos.

Segundo Soares *et al* (1973) são incluídos na formação Serra Geral os derrames basálticos, as intrusivas básicas e os arenitos eólicos interderrames. No estado de São Paulo, as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, pertencentes ao grupo São Bento (Triássico-Cretáceo Inferior), assentam-se em discordância sobre a formação Estrada Nova, do Grupo Passa Dois (Pérmico Superior). Litologicamente constitui-se de uma alternância de membros sedimentares e derrames basálticos relacionados a corpos básicos intrusivos.

Mendes & Petri (1971) indicam que o grupo Bauru é constituído por arenito fino, de cimento calcário-argiloso, passando gradualmente a siltito. Ocorrem intercalações irregulares de argilito e conglomerados. Os fósseis e a litologia indicam ambiente de planície de inundação, com freqüente sedimentação lacustre intercalar. A coloração é variada e podem apresentar-se silicificados. No estado de São Paulo, suas camadas assentam-se sobre as camadas do Grupo São Bento e são atribuídas ao Cretáceo Superior.

1.4. Pedologia

Freire *et al* (1980) ao estudarem a área da bacia hidrográfica do Lobo, além de encontrarem os solos já identificados pela Comissão de Solos do Centro Nacional de Pesquisas Agronômicas (Terra Roxa Estruturada, Latossol Vermelho-Amarelo, fase arenosa, Regosol e Solos Hidromórficos), identificaram outros tipos como Latossol Vermelho Escuro, fase arenosa, Areias Quartzosas, Podzólico Vermelho-Amarelo e Solos Orgânicos.

Do ponto de vista de gênese, esses solos são resultantes da decomposição e retrabalhamento das rochas constituintes das formações geológicas aflorantes da região, bem como sofreram contribuições mineralógicas de rochas ácidas e metamórficas ocorrentes fora da região em estudo (Lorandi *et al*, 1983).

Oliveira & Prado (1984) afirmam que os solos predominantes na bacia são Latossolos Vermelho-Amarelo e Areias Quartzosas. Os Latossolos Vermelho-Amarelo se associam às coberturas cenozóicas do retrabalhamento de arenitos das formações Pirambóia, Botucatu e Marília (fácies Itaqueri). Apresentam textura de média a muito

argilosa, horizonte A de moderado a proeminente, argilas de baixa atividade, profundos, situados em relevo suavemente ondulado, ocorrendo em aproximadamente 31% da área, sendo encontrados em todo o entorno da represa, assim como nas cabeceiras de seus afluentes. Apresentam acidez elevada e fertilidade baixa, cor vermelha amarelada, alta friabilidade e bem drenados. As areias quartzosas surgem a partir do retrabalhamento de rochas arenosas das formações Pirambóia e Botucatu. São solos profundos, não hidromórficos, com horizonte A fraco ou moderado, ocorrendo em 27% da área, principalmente nas planícies aluviais e baixadas marginais da represa. Apresentam pH baixo, com baixa fertilidade, tendo boa drenagem e alta erodibilidade. Solos hidromórficos, resultantes de marcante processo de redução, ocorrem nas planícies de inundação do ribeirão do Lobo e do rio Itaqueri. A ocorrência desses solos está estreitamente ligada à topografia.

Lorandi *et al* (1983) interpretando os solos da região para fins de estudos ecológicos, concluíram que estes solos são muito heterogêneos quanto às suas propriedades e às suas situações topográficas e que apenas 15% da área está apta para qualquer tipo de utilização. Outros 70 % da área total da bacia podem ser utilizados com construções, reflorestamento e para pastagens, com restrições, devido a fatores limitantes como propriedades do solo e grau de erosão. Os 15% restantes devem ser utilizados exclusivamente para reserva ecológica, a menos que práticas conservacionistas muito intensivas sejam aplicadas, ou por constituírem solos às margens das massas de água ou para o controle da erosão.

1.5. Vegetação

Na Figura 2, apresenta-se os tipos de vegetação observados no local de estudo. Segundo Freire *et al* (1980), a região onde os solos pertencem às unidades de mapeamento Latossol Vermelho-Amarelo (fase arenosa) e Areia Quartzosa, encontra-se a maior parte coberta por cerrado. Assim, a vegetação originalmente predominante na bacia do ribeirão do Lobo é o cerrado com suas várias fisionomias: campo limpo, campo úmido, campo cerrado, cerrado *stricto sensu* e o cerradão (Pulitano, 1998).

Souza (1977), estudando a região perimetral da represa, identificou vários tipos de vegetação. Na região da paisagem de escarpas, onde as variações litológicas com a presença de basalto determinam o aparecimento de solos mais férteis, observa-se a substituição do cerrado pela mata que, em alguns pontos deste relevo mais acidentado,

exibia, na época em que o estudo foi realizado, testemunhos de vegetação primária. O autor cita a tendência à diminuição ou mesmo desaparecimento dessa vegetação com o desenvolvimento da região. Nas mais altas ombreiras basálticas ou de arenito Bauru, os cerrados ocorrem, sendo aproveitados como áreas de pastagens. Além de todas as gradações de cerrado existente na região, este também ocorre na periferia da represa, entre outros tipos de vegetação, como: mata ou capoeira, campo, pasto, culturas temporárias e permanentes e brejos.

Figura 2. Mapa com a vegetação da bacia hidrográfica do Lobo.

(Modificado de Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1995)

Ainda segundo o autor, a vegetação da região brejosa da represa é representada por várias famílias de macrófitas, submersas total ou parcialmente e emersas, além de certas plantas típicas como *Lycopodium*, *Sphagnum*, *Drosera* e *Andropogon*. Entre as principais representantes das macrófitas, estão aquelas pertencentes aos gêneros *Ludwigia*, *Polygonum*, *Pontederia*, *Mayaca*, *Nymphoides*, *Nymphaea*, *Utricularia*, entre outras.

Pulitano (1998), afirma que com a intensificação do processo de ocupação da região, novas formações vegetais relacionadas a processos antrópicos estão surgindo na área,

como a vegetação herbácea nos locais de expansão da área urbana, em que a vegetação original vem sendo substituída por gramíneas; monoculturas agrícolas com plantações anuais (milho, arroz, cana-de-açúcar) e culturas perenes (café, citros); reflorestamento (utilizando basicamente os gêneros *Pinus* e *Eucalytus* e ocupando grande área da bacia) e pastagens (áreas utilizadas para a criação de gado bovino, de corte ou leiteiro).

O início desse processo já era observado em 1980, quando Freire *et al* (1980), relacionando o tipo de solo à vegetação encontrada, afirmam que parte da área onde os solos são classificados como Latossol Vermelho-Amarelo (textura média), Areia Quartzosa e Terra Roxa Estruturada, estava sendo utilizada para reflorestamento; áreas mais férteis de Terra Roxa Estruturada, para culturas, e áreas de fertilidade razoável, de Latossol Vermelho-Amarelo (fase arenosa), utilizadas para pastagens.

2. A REPRESA DO LOBO (BROA)

A Represa do Lobo (Figura 3) está situada no território dos municípios de Itirapina e Brotas (SP) e foi construída em 1936 com o objetivo de formar um corpo hídrico para gerar energia elétrica às comunidades locais e indústrias que se instalaram na região. Atualmente é gerenciada pela empresa Elektro S.A. que, após a crise no setor energético do país, voltou a utilizar o potencial hidrelétrico instalado. No entanto, a represa concentra principalmente as atividades de recreação e lazer.

Figura 3. Represa do Lobo. (Foto: Fausto de Arruda Botelho)

O reservatório e seu entorno desempenham importante papel no meio científico devido a realização de inúmeros trabalhos de pesquisa desenvolvidos por universidades da região como a USP, UFSCar, UNESP, UNICAMP, entre outras instituições. Marinelli & Leite (2000) citam o total de 56 estudos desenvolvidos na área, mas acredita-se que esse número possa ser ainda maior. Os estudos, de caráter pioneiro, foram iniciados no ano de 1971 pelo Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos, com o Professor José Galizia Tundisi, o que se consolidou no chamado “Modelo Broa” (Tundisi, 1978; Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1995; Tundisi *et al*, 2000). Entre os objetivos do Modelo Broa (Tundisi, 1978), estavam:

- Estabelecer um modelo de estudo ecológico em um ecossistema lacustre artificial com a finalidade de possibilitar uma padronização metodológica e de abordagem;
- Delinear as principais variações estacionais, climatológicas e biológicas e, em escala relativamente grande de tempo (10 anos), esclarecer as principais inter-relações entre os componentes da rede trófica;
- Montar um esquema de esforço interdisciplinar de pesquisa que, em médio prazo (5 anos), suportasse um sistema de formação de pessoal em nível de pós-graduação;
- Contribuir para o avanço da Limnologia Fundamental e da Ecologia nos trópicos e sub-trópicos.

Com o grande número de trabalhos desenvolvidos na área há mais de 30 anos, a gama de informações existentes é imensa e engloba os mais diferentes aspectos da hidrologia, ecologia e limnologia do reservatório.

2.1. Características da represa do Lobo

O reservatório do Lobo é pequeno e raso (Tabela 2), turbulento e apresenta características longitudinais bem determinadas. Para Strixino (1973) as características que devem ser salientadas são a reduzida superfície e a pequena profundidade média da represa. Levantamentos batimétricos indicaram um declive longitudinal mediano pouco acentuado no sentido cabeceira-barragem (próximo à barragem encontra-se profundidades entre 10 e 11,5 metros). Sob esse aspecto, verifica-se que aproximadamente 50% da sua área total encontra-se a uma profundidade de 3 metros e que apenas 15% apresenta profundidade superior a 6 metros (Figura 4).

O autor afirma que as duas feições salientadas não somente dão um caráter tipicamente litorâneo e sub-litorâneo à represa, como oferecem condições para aquecimento relativamente intenso durante a maior parte do ano e longos períodos diários. A essas condições deve-se acrescentar a intensa circulação da massa de água em dias de vento, contribuindo para homogeneizar o sistema.

Tabela 2. Dados gerais e morfométricos da represa do Lobo

Latitude	22°15'S
Longitude	47°49'W
Comprimento máximo	8,0 Km
Largura máxima	2,0 Km
Largura média	0,9 Km
Profundidade máxima	12,0 m
Profundidade média	3,0 m
Área da superfície	6,8 Km ²
Perímetro	21 Km
Volume	22 x 10 ⁶ m ³
Tempo de residência hidráulico	20-40 dias

(Fonte: Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1995)

Figura 4. Morfometria do reservatório do Lobo.
(Modificado de Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1995)

Fatores ecológicos e nutrientes

A zona de transição dos tributários propiciou a formação de áreas alagadas, importantes na reciclagem de nitrogênio e fósforo, que acentuam as diferenças nas características físicas e químicas da água. Assim, o reservatório do Lobo pode ser dividido em dois compartimentos longitudinais: um eutrófico, na parte alta da represa, com grande concentração de macrófitas e rico em nutrientes dissolvidos devido ao influxo do rio Itaqueri; e outro oligotrófico, na baixa represa, mais profundo e verticalmente homogêneo (Tundisi, 1977; Moraes, 1978).

Os ciclos sazonais estão relacionados aos processos climatológicos (vento e precipitação). Durante o ano climatológico, as precipitações no verão produzem entradas de nitrogênio e fósforo no sistema e os ventos no inverno aumentam a turbulência, disponibilizando reservas do sedimento. As velocidades do vento influenciam os ciclos diurnos e os padrões verticais de distribuição de nutrientes e oxigênio dissolvido. A coluna de água é geralmente saturada de oxigênio, com alguns períodos anuais de subsaturação e águas anóxicas no fundo (Tundisi *et al*, 2000).

O reservatório apresenta períodos limitados de estratificação térmica e química, alta transparência da água durante o ano todo, zona eufótica atingindo praticamente toda a coluna de água, com estrutura ótica sem variações consideráveis no ciclo diurno e sazonal. Principalmente nas épocas de maior intensidade do vento, o sistema é caracterizado pela grande quantidade de material em suspensão orgânico. Apresenta também baixos valores de condutividade e baixas concentrações de nutrientes inorgânicos durante todo o ano, limitando o crescimento e produção primária do fitoplâncton (Calijuri & Tundisi, 1990).

Os ventos sul são mais frequentes, com efeito na represa no sentido longitudinal e sendo este reservatório relativamente raso, ventos fortes são capazes de provocar homogeneização de toda a coluna de água (Tundisi, 1977; Calijuri, 1985; Simonato, 1986). Simonato (*op.cit.*) concluiu que o padrão de distribuição de parâmetros ecológicos e os processos que mantêm a estrutura e a dinâmica neste sistema tropical raso são regulados e direcionados pela atuação de fatores climatológicos. A radiação solar e os ventos são os fatores que mais caracterizam os processos de circulação, tanto no inverno como no verão. Gradientes verticais de parâmetros ambientais durante o dia e mistura durante a noite ocorrem nas duas estações e em todos os períodos, sendo que a intensidade de mistura noturna e de gradientes diurnos são proporcionais à ação do vento e à radiação solar respectivamente.

O autor verificou que ocorre uma variação estacional na velocidade do vento. As maiores velocidades do vento ocorrem no inverno (junho), tornando-se mais intensas no final desta estação e início da primavera (agosto/setembro). Durante o verão, a ação do vento é menor tanto na região mais oligotrófica como na região mais eutrofizada do reservatório. Em relação à distribuição de ventos no sentido diurno, apresenta-se errática, oscilando muito em intensidade. A precipitação e a radiação solar são maiores no verão, época em que ocorrem temperaturas mais elevadas.

O vento neste reservatório raso é, portanto, fundamental na dinâmica de distribuição de condições ecológicas no sentido vertical. Homogeneidade total de condições foram registradas quando a velocidade do vento atingiu $5,5 \text{ m.s}^{-1}$ ou $19,8 \text{ Km.h}^{-1}$. Segundo Tundisi (1983), ventos de 15 Km.h^{-1} já são suficientes para provocar mistura completa de água no reservatório do Lobo. A incidência de ventos e conseqüente formação de ondas causam turbulência e mistura no sistema, em sentido estacional e em curto espaço de tempo (24 horas), tornando altamente dinâmicas as condições ecológicas e os processos de circulação de nutrientes, matéria orgânica e fisiologia do fitoplâncton.

A presença da alga *Alauroseira italica* no reservatório corrobora no sentido de qualificar o sistema como turbulento pela influência do vento. Segundo Nakamoto *et al* (1976) e Marins (1975), ela apresenta desenvolvimento sincrônico com turbulência e mistura da água, sendo sua presença observada em toda a coluna de água em períodos de alta velocidade do vento.

Segundo Simonato (1986), as variações diurnas de fatores abióticos modificam em curtos períodos de tempo o ambiente, influenciando diretamente as características ecológicas. Os parâmetros físicos e químicos, neste caso, respondem dinamicamente em curtos períodos levando ao estabelecimento de adaptações dos organismos, alterando processos biológicos que mantêm a biocenose, para melhor aproveitamento das condições nos curtos espaços de tempo em que se apresentam.

Nas épocas de mistura do sistema (junho e agosto/setembro), ocorre oxigenação completa da água no perfil vertical e a ciclagem de nutrientes e de material depositado no fundo provavelmente é mais intensa. Grandes quantidades de oxigênio dissolvido e material ressuspenso em águas superficiais onde ocorre iluminação devem ser alguns dos fatores de enriquecimento do lago neste período. Simonato (*op. cit.*) observou que a região mais oligotrófica, comparada com a mais eutrófica, tem uma resposta diferente em relação à circulação induzida por vento. Na região mais eutrofizada a amplitude de variação de

todos os parâmetros é menor do que as que ocorrem na região mais oligotrófica, devido à presença de plantas aquáticas que atenuam a ação do vento. Para Nakamoto *et al* (1976), os nutrientes disponíveis na superfície são rapidamente consumidos pelos produtores primários e quase não são detectáveis, enquanto somente uma pequena quantidade acumula-se no sedimento.

Segundo Moraes (1978), no verão, época de chuvas mais intensas, a entrada de nutrientes pelos afluentes é maior. Mesmo nestas condições, o nitrogênio e o fósforo são limitantes para o crescimento do fitoplâncton (Henry & Tundisi, 1983). Simonato (1986) afirma que esta limitação deve acentuar-se devido à dinâmica de circulação nestes períodos, pois as formas nitrogenadas encontram-se principalmente no fundo do reservatório. Enquanto no inverno ocorre uma distribuição homogênea de nutrientes na coluna de água, os fosfatos precipitam-se reduzindo muito sua concentração na zona eufótica. No verão, ocorre estratificação e níveis mais baixos de oxigenação nas regiões mais profundas e há liberação de fosfatos, que atingem a zona eufótica, mas as formas nitrogenadas acumulam-se neste período. Este seria o mecanismo que regula o ciclo de nitrogênio e fósforo, principalmente na região oligotrófica do reservatório. Na região eutrófica as plantas possivelmente realizam transporte de fosfatos, absorvendo-os na zona de redução do sedimento e liberando-os nas porções superiores da água.

Durante muitos anos, as baixas concentrações de nutrientes caracterizaram o reservatório como um sistema oligotrófico em seu volume e mesotrófico no compartimento superior (Tundisi, 1977; Simonato, 1986; Oishi, 1990; Souza, 1993). A partir da década de 1990, o processo de eutrofização tornou-se mais acelerado devido, principalmente, à entrada de nutrientes por esgoto doméstico no sistema aquático, e atualmente o reservatório está num patamar entre mesotrófico e eutrófico (Abe *et al*, 2000; Leite & Espíndola, 2002).

Sedimento

As características aqui citadas foram retiradas do principal estudo de caracterização dos sedimentos do reservatório, realizado por Trindade (1980). Segundo o autor, os teores de matéria orgânica na foz dos rios e represa, próximos à foz, são mais altos, sugerindo a contribuição das macrófitas aquáticas aí encontradas. Nas regiões referentes à represa, a concentração de matéria orgânica é menor e, provavelmente, seja proveniente dos restos de

organismos da própria represa, dos restos de vegetação trazidos pela corrente dos rios da área de drenagem e das regiões onde as macrófitas aquáticas são abundantes. Deve-se mencionar ainda a decomposição das plantas do fundo da represa, que existiam no solo antes da construção da mesma.

Em geral, constata-se que os sedimentos da represa do Lobo e de seus afluentes apresentam-se sob condições ácidas. Além disso, não há grande variação em relação aos rios, foz e diferentes regiões da represa. No período estudado por Trindade (*op.cit.*) os valores de pH oscilaram entre 4,5 e 6,0 e os sedimentos não apresentaram características de poluição em relação a metais tais como chumbo, cádmio, cobalto, níquel, cobre, manganês e zinco, pois o autor encontrou concentrações baixíssimas destes elementos, ou mesmo ausência em algumas amostras ou no total delas, como aconteceu em relação ao cádmio e cobalto. A contribuição dos rios foi significativa com relação a alguns metais, já que, para alguns, os valores foram próximos ou pouco maiores do que aqueles correspondentes às amostras de foz ou represa. Concentrações mais elevadas de ferro em alguns pontos da represa, como barragem e cabeceira, sugerem que este seja acumulado nessas regiões, trazido pelos rios, já que a contribuição destes foi significativa.

Não havia indícios de poluição em relação aos nitratos e fosfatos, que se apresentaram, em geral, com concentrações relativamente baixas. Algumas amostras, apesar de serem constituídas quase que exclusivamente por areia, apresentaram teores relativamente elevados de nitrito, nitrato, fosfato total dissolvido e silicatos reativos, em relação às outras amostras. Provavelmente estas substâncias sejam oriundas das rochas e dos solos da área de drenagem da represa ou de alguma fonte proveniente de influências humanas, como agricultura, esgotos urbanos ou indústrias existentes na região. De modo geral, os valores obtidos no sedimento foram mais altos que na água, em relação ao fosfato inorgânico, fósforo total, nitrito e nitrato, sugerindo que estes nutrientes são armazenados pelo mesmo.

Em estudo mais recente, Dornfeld *et al* (2002) realizaram a caracterização ecotoxicológica do sedimento da represa e seus tributários, avaliando a concentração de metais potencialmente biodisponíveis, a toxicidade dos sedimentos a uma espécie zooplânctônica (*Daphnia similis*) e uma bentônica (*Chironomus xanthus*), as concentrações de matéria orgânica e fósforo total. Os resultados encontrados indicam a contaminação dos sedimentos do rio Itaqueri e também na região próxima à barragem, com a mortalidade dos

organismos-teste nesses pontos, assim como maiores concentrações de matéria orgânica e dos metais analisados, principalmente chumbo.

Produção primária

O reservatório do Lobo é um ambiente sem gradientes verticais distintos nos fatores físicos e químicos, com uma estrutura ótica sem variações consideráveis no ciclo diurno e sazonal, uma estrutura térmica relativamente homogênea na coluna de água e grande concentração de oxigênio (Calijuri, 1985).

De acordo com Moraes (1978), o silicato reativo não limita o crescimento de diatomáceas. Entretanto, baixas concentrações de fosfato total dissolvido, fosfato inorgânico, nitrato e nitrito são características do ambiente. Essas baixas concentrações de nutrientes levaram Tundisi (1977) e Henry & Tundisi (1983) a supor que nitrogênio e metais pesados são elementos predominantes na limitação da produção fitoplanctônica.

Segundo Calijuri (*op.cit.*), em regiões tropicais a intensidade luminosa não é fator limitante, a não ser em casos extremos, onde a turbidez ou presença de substâncias dissolvidas em grande concentração diminui a penetração de luz. Portanto, outros fatores podem ser limitantes, principalmente de natureza química, destacando-se o pH e nutrientes inorgânicos, principalmente nitrato, nitrito, amônia e fosfatos inorgânicos e orgânicos dissolvidos na água. O estudo realizado pelo autor permitiu inferir que provavelmente a quantidade e o tipo de nutrientes que resultam do influxo por precipitação e por ressuspensão dos sedimentos durante as épocas de maior intensidade do vento, são os principais fatores que limitam a produção primária.

Ainda segundo o autor, além da limitação dos nutrientes, os padrões de comportamento fisiológico e da produção primária da comunidade fitoplanctônica nesse reservatório estão relacionados à homogeneidade do ambiente, à estrutura vertical da coluna de água e às condições de turbulência no sistema. No verão, com a estrutura térmica mais estável, a população fitoplanctônica fica mais tempo submetida a intensidades luminosas mais elevadas. Assim, pode-se observar uma maior variação na intensidade de radiação fotossinteticamente ativa descrevendo o início da saturação, ao longo do dia, além de um possível aumento na fotorespiração. A fotossíntese do fitoplâncton é inibida na superfície durante a maior parte do dia, numa porcentagem sempre alta, nas diferentes épocas do ano.

Em estudos desenvolvidos nas porções inferior e superior do reservatório do Lobo, Henry & Tundisi (1983) e Calijuri (1985), verificaram que mesmo na época de maior precipitação os níveis de produção primária fitoplanctônica na parte inferior, considerada mais oligotrófica, não variaram muito. Na verdade, a entrada de macronutrientes, na estação chuvosa, parece não ser suficiente para alterar significativamente a produção primária na região mais profunda, provavelmente em razão do fator diluição e vazão da represa, segundo os autores citados. Desta forma, as macrófitas aquáticas situadas na área de desembocadura dos rios, podem funcionar como filtro, retendo os nutrientes provenientes dos tributários.

Calijuri & Tundisi (1990) verificaram que os valores de clorofila e produção primária não apresentam grandes variações entre inverno e verão. Oliveira (1993) também observou que a variação sazonal dos valores de clorofila e produção primária foi pequena, bem como as variações nas concentrações de nutrientes. O autor afirma que as pequenas variações nas concentrações de nutrientes, clorofila e produção primária, talvez sejam indício de que ocorra produção regenerada, onde o que é produzido é, em boa parte, consumido e reciclado, não havendo aumentos consideráveis de biomassa ao longo do tempo.

Angelini (1995), utilizando um modelo estático (ECOPATH II), mostrou que a produção primária é muito maior que a respiração no reservatório do Lobo, isto é, a energia produzida excede o necessário para a manutenção do sistema.

Watanabe (1981), Calijuri (1988) e Calijuri & Tundisi (1990) são alguns dos autores que enfatizam o nanofitoplâncton como a fração que mais contribui para a produção primária nesse reservatório. Esteves & Barbieri (1983), estudando a cabeceira do reservatório, verificaram que 96% da produtividade primária total foi devida as macrófitas aquáticas e ao perifiton, sendo que o fitoplâncton contribuiu com apenas 3,8%. Oliveira (1993) encontrou baixos valores de produção primária do fitoplâncton, sendo 0,82 mgC/m².h o valor máximo obtido, além de baixas densidades fitoplanctônicas nas áreas alagadas em relação às demais estações de coleta. Assim como para produção primária, os valores de densidade fitoplanctônica no ribeirão do Lobo foram bastante reduzidos quando comparados ao rio Itaqueri.

Segundo Chamixaes (1991), os rios da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo são responsáveis pela fixação de energia e produção da maior parte do material orgânico autóctone. Há ocorrência, em alguns trechos dos rios, de pequenos bancos de macrófitas aquáticas, principalmente nos ecótonos rio/ecossistema terrestre, também importantes

fontes de material orgânico, mas de menor importância em termos quantitativos juntamente com o fitoplâncton. As algas perifíticas que recobrem todo o leito do rio estão associadas a substratos como rochas, areia e em menor escala a macrófitas aquáticas.

Fitoplâncton

No estudo de Oliveira (1993) a comunidade fitoplanctônica encontrada foi constituída por 40 táxons da divisão Chlorophyta, 30 da divisão Chromophyta, 8 da divisão Cyanophyta, 3 da divisão Euglenophyta, 1 da divisão Cryptophyta e 1 táxon da divisão Pirrophyta. Dentre as espécies mais abundantes na represa, o grupo das clorofitas apresentou maior número de táxons, sendo *Elakatothrix gelatinosa*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Dictyosphaerium sphagnale*, *Cosmarium majae* e *Cosmarium abbreviatum* as principais representantes. As espécies mais abundantes foram praticamente as mesmas em todas as épocas, havendo somente alternância em abundância, não sendo, portanto, detectada uma sucessão evidente de espécies.

Watanabe (1981) encontrou, no mesmo local, maior abundância também de *Ankistrodesmus falcatus*, seguido por *Cosmarium contractum* e *Chlorella* sp.

Zooplâncton

Ao longo destes mais de 30 anos foram realizados diversos estudos sobre a comunidade zooplanctônica do reservatório do Lobo, destacando-se os de Matsumura-Tundisi & Tundisi (1976); Rocha (1978); Rocha & Matsumura-Tundisi (1976 e 1984), Seixas (1981); entre outros.

Neumann-Leitão *et al* (1990) encontraram 17 espécies de rotíferos (com maior frequência de *Keratella americana*, seguido de *Brachionus falcatus* e *Hexarthra intermedia*), 7 espécies de protozoários (com predominância de *Vorticella* sp. e *Arcella vulgaris*), 6 espécies de cladóceros (com predominância de *Bosminopsis deitersi* e *Diaphanosoma brachyurum*), 3 espécies de copépodos (com predominância de *Argyrodiaptomus furcatus*), além de alguns representantes dos vermes nematóides, ostracodos e larvas de insetos. O predomínio dos rotíferos, seguido pelos cladóceros, pode caracterizar uma tendência temporária mesotrófica-eutrófica para a represa em substituição

a oligotrofia que caracterizava esse sistema anteriormente, em que havia o predomínio do copépodo Calanoida *Argyrodiaptomus furcatus* (Rocha & Matsumura-Tundisi, 1984).

Outros estudos também devem ser citados, como os de Rietzler (1991); Oliveira-Neto (1993); Peláez-Rodrigues & Matsumura-Tundisi (2000 e 2002) e Rietzler *et al* (2002).

Ictiofauna

Entre os estudos de levantamento da ictiofauna realizados no reservatório, destacam-se os de Albino (1987) e Marinelli (2002). O último, realizado no ano 2000, registrou 22 espécies de peixes distribuídas em 7 ordens e 12 famílias. A ordem Characiformes foi predominante, totalizando 68,7% dos indivíduos, distribuídos entre nove espécies, seguida pela ordem Perciformes (20,2%) e Siluriformes (5,4%), ambas com 5 espécies representadas. As espécies predominantes foram tambuí e lambari-rabo-vermelho, respectivamente *Astyanax altiparanae* (39,2% do total de indivíduos) e *Astyanax fasciatus* (10,18%).

O autor encontrou quatro espécies introduzidas no reservatório: as exóticas tilápia-do-Congo (*Tilapia rendalli*), tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e carpa-comum (*Cyprinus carpio*) e a alóctone, originária da bacia Amazônica, tucunaré (*Cichla monoculus*).

3. USOS, OCUPAÇÃO DO SOLO E IMPACTOS AMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA E NA REPRESA DO LOBO

Apesar das iniciativas voltadas à conservação, dos investimentos científicos e de estar inserida numa área de uso especial da APA Corumbataí, Camargo (1991) afirma que ao longo dos anos a bacia hidrográfica do Lobo vem sendo submetida a um intenso processo de degradação e simplificação biológica associada à homogeneização de seus ambientes, resultante principalmente da ausência de medidas voltadas para a conservação de seus recursos naturais e do uso e ocupação inadequada de suas terras (Figura 5). Nos últimos anos, tem-se observado na área da bacia um acentuado crescimento urbano.

Figura 5. Caracterização dos principais rios da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo.

A urbanização desorganizada tem relações diretas com a atividade turística, concentrada na área da represa e seu entorno, pertencentes aos municípios de Brotas (margem esquerda, próximo à barragem) e, principalmente, de Itirapina (ao longo da margem direita).

Durante a década de 1970, a recreação surgiu como grande alternativa ao desenvolvimento, iniciando-se os primeiros loteamentos de casas de veraneio no entorno do lago. O rearranjo espacial, agora voltado ao turismo, ocorreu de maneira lenta e sem planejamento. A reorganização da ocupação do entorno da represa se deu de forma desordenada, com pouca interferência do poder público, esboçando-se uma forte segregação sócio-espacial. A população local e regional foi incorporando a represa do Lobo como opção de lazer, de forma gradativa. Atualmente, depois de mais de três décadas, a área está quase totalmente voltada para a recreação, multiplicando-se os loteamentos de segundas residências (Queiroz, 2000).

Cerca de 2420,0 hectares são utilizados para fins residenciais (loteamentos) e recreacionais (clubes). Nas áreas pertencentes à Itirapina estão situados o Balneário Santo Antonio do Lobo e o loteamento Núcleo Urbano do Broa, com lotes de 2.500 m² de área mínima que margeiam a represa e trechos de praia com potencial erosivo muito grande, devido também a arruamentos clandestinos – muitos destes lotes foram desmembrados e transformados em terrenos de 350 m². Há também o Condomínio Vivenda do Broa, mais recente. No município de Brotas há alguns loteamentos novos cujas áreas já foram ou estão sendo desmatadas para construção de casas, além do Clube de Campo da represa do Lobo e o Iate Clube (Carvalho *et al.*, 2002).

O Balneário Santo Antonio tem *status* de bairro do município de Itirapina, sendo considerado área urbana. A prefeitura não tem o número exato de lotes, uma vez que, há alguns anos, foi autorizada a divisão dos mesmos. A previsão era, em 1996, que o empreendimento atingiria sua capacidade máxima em dez anos (Figueroa, 1996). É importante salientar que, pela legislação ambiental brasileira, as construções no entorno de represas são proibidas, pois são consideradas áreas de preservação permanente, e deveriam preservar uma faixa de vegetação de 100 metros nas margens.

Camargo (1991) destaca também a falta de planejamento no aproveitamento e exploração das potencialidades turísticas. Queiroz (2000) aponta vários impactos ambientais decorrentes da atividade turística na represa nos últimos vinte anos, entre eles,

o desmatamento das margens, o assoreamento e o recebimento de dejetos líquidos e sólidos, que ocasionam uma significativa descaracterização da paisagem. Entre os impactos ambientais provocados pela atividade turística em áreas naturais, Ruschmann (1997) cita alguns que são observados no local (Figura 6):

- retirada da vegetação nativa e conseqüente destruição da paisagem natural, para a construção de casas, equipamentos e infra-estrutura para os turistas;
- processos de erosão do solo e assoreamento dos corpos de água;
- poluição das águas, pela descarga de águas servidas *in natura* (falta e mau funcionamento dos sistemas de tratamento) e pelos óleos e resíduos liberados na combustão dos motores de barcos e lanchas;
- acúmulo de lixo na praia e na represa, além do sistema de coleta ineficiente;
- poluição sonora causada pelos ruídos dos motores de veículos de recreio.

Queiroz (*op.cit.*) indica que as atividades recreacionistas desenvolvidas no reservatório do Lobo já estão dando sinais de massificação, evidenciadas por um intenso fluxo de excursionistas, claramente desrespeitando a capacidade de carga dos ecossistemas visitados, em determinadas épocas do ano, desencadeando uma série de problemas ambientais, tornando os relacionados à qualidade dos recursos hídricos os mais relevantes.

Um importante ponto de contaminação das águas da região é o município de Itirapina, cuja estação de tratamento de efluentes, em condições precárias de funcionamento, despeja suas águas servidas no córrego da Água Branca, que por sua vez deságua no rio Itaqueri, que é tributário da represa do Lobo, comprometendo a qualidade da água. Esse aporte de esgoto pode levar a sérios problemas de saúde pública e eutrofização da represa, e na extensão dos problemas, conseqüências ambientais, sociais e econômicas.

Outra atividade impactante, também localizada no rio Itaqueri, é a Mineração Itirapina, antiga Mineração Siriema, que extrai areia para fundição e construção, com vários pontos de extração. Segundo Amorim (1997), esta apresenta uma área de aproximadamente 150.000 m² e se encontra às margens do rio Itaqueri. Os impactos ambientais provocados na região por essa atividade, assim como os resultantes do despejo de efluentes da estação de tratamento de esgotos de Itirapina, são contemplados em inúmeros estudos citados nesse trabalho. No entanto, os processos de assoreamento na foz do rio Itaqueri são bastante acentuados e vêm provocando a modificação da paisagem.

Figura 6. Usos e ocupação da área de entorno e seus efeitos na represa do Lobo.

Machado (1997) afirma que a erosão é uma característica da área devido a litologia, composta basicamente pelos arenitos eólicos da Formação Botucatu, que origina, em geral, solos do tipo Areias Quartzosas, muito porosas e que facilitam a infiltração da água. No relevo de colinas arenosas amplas os córregos e ribeirões perenes, longos e ramificados, formam vales abertos, constituindo áreas restritas de sedimentação de material arenoso erodido das vertentes. Entre os ribeirões do Lobo e Itaqueri há pequenas depressões fechadas que recebem as águas das chuvas, constituindo lagoas temporárias. Nas baixadas aluviais, amplas e largas desses ribeirões, é depositado grande parte dos sedimentos provenientes das vertentes ocasionando, inclusive, o assoreamento progressivo da represa. Em 1988, a partir de levantamento aerofotogramétrico, a área sedimentada junto à foz dos ribeirões do Lobo e Itaqueri, somada às áreas restritas da foz de alguns córregos, como do Geraldo, por exemplo, já era bastante significativa e verificou-se que o assoreamento da represa já alcançara 13,88%

Segundo Reis *et al* (2002) a taxa média de sedimentação de fundo ($0,363 \text{ cm.ano}^{-1}$) do reservatório do Lobo ainda é pequena se comparada com a média de outros reservatórios, entretanto, medidas urgentes devem ser tomadas para minimizar e/ou controlar o impacto gerado pela atividade de mineração de areia e pelo despejo de efluentes de Itirapina, além do processo de urbanização e exploração do turismo.

Machado (*op.cit.*), avaliando as alterações paisagísticas na área, no período entre 1969 e 1990, observa ter havido alterações relevantes na paisagem da bacia. Após 33 anos da criação da Estação Experimental e após 6 anos da criação da Estação Ecológica, a paisagem mudou consideravelmente quanto ao uso do solo e ocorrência de cobertura vegetal (Tabela 3).

A área reflorestada com eucalipto e pináceas (espécies exóticas de crescimento rápido que fornecem madeira) avançou sobre o cerrado e os campos sujos, até o limite da represa, ultrapassando a várzea do rio Itaqueri e alcançando os limites da microbacia à oeste. A área ocupada pelo cerrado e campo foi bastante reduzida, enquanto a área urbana, as culturas agrícolas e o reflorestamento tiveram um aumento surpreendente (Figura 7). O ecossistema do cerrado nesta região sofreu uma destruição maciça, estando ultimamente reduzido a algumas áreas isoladas, que sofrem a influência antrópica das adjacências.

Tabela 3. Variação da cobertura vegetal e do uso do solo na microbacia dos ribeirões do Lobo e Itaqueri no período 1969-1990

Categorias	1969 (%)	1990 (%)	Diferença (%)
Área urbana	0,76	1,27	+ 0,51
Campo sujo	24,42	16,94	- 7,48
Cerrado	48,89	19,91	- 28,98
Cultura	1,52	2,54	+ 1,02
Mata	1,52	1,52	-
Reflorestamento	12,17	47,90	+ 34,93
Represa	3,05	3,05	-
Várzea	6,87	6,87	-
Total	100	100	-

(Fonte: Machado, 1997).

Como consequência, esses fatores, aliados à caça predatória, provocaram uma diminuição na diversidade de espécies animais, algumas tornando-se raras, outras correndo sério risco de desaparecimento e algumas chegando mesmo a desaparecer da região. Como exemplo regional podem ser citados o canário-da-terra, o tatu-canastra, o cachorro-vinagre e o tamanduá-bandeira, como animais não mais encontrados; por outro lado, a população de emas, reduzida a poucos indivíduos, corre sério risco de desaparecimento, situação idêntica a do lobo-guará, veado-campeiro, entre outros, cujas populações estão em franco declínio (Machado, *op.cit.*)

Além disso, a agricultura da região sofreu grandes modificações ao longo dos anos, acompanhando um padrão comum ao ocorrido em todo o Estado de São Paulo, com um aumento na área agrícola e uma clara tendência de concentração fundiária. Em 1950 a produção era basicamente de milho e café. A produção de cana de açúcar foi importante a partir da década de 70, principalmente com os incentivos do Programa Pró-Álcool.

Figura 7. Imagem do satélite Landsat (1999) mostrando os usos e ocupação do solo no entorno da represa, com destaque para a Estação Ecológica. EEc - Estação Ecológica; EEx - Estação Experimental. (Fonte: site do IPEC/USP)

Já a laranja teve um crescimento acima da média estadual de 1980 a 1995, chegando a ocupar quase metade das áreas cultivadas na região (IBGE – Censos Agropecuários *apud* Martins, 2000). Em comum, essas culturas têm a necessidade de ocupar vastas áreas de matas e florestas naturais. O desmatamento causa exposição do solo, o que facilita a erosão e a lixiviação do mesmo. A entrada de fósforo e pesticidas no ambiente aquático são também problemas relacionados com a agricultura e a poluição na região da represa. De 1985 a 1995 houve um crescimento considerável do uso de agroquímicos na região, impulsionado principalmente pelo cultivo de laranja, cuja cultura requer grandes quantidades destas substâncias, associado a um uso intensivo de água para irrigação e dispersão destes agroquímicos. Por serem utilizados amplamente na agricultura da região, estes acabam sendo carregados para o meio aquático através de lixiviação do solo e, principalmente, por percolarem no solo e acabarem sendo levados pelas águas subterrâneas até a represa.

Tundisi *et al* (2003) citam as consequências dos impactos ambientais sobre a represa do Lobo, entre as quais: assoreamento dos rios tributários e represa; eutrofização; perda da diversidade biológica aquática e terrestre; redução da zona eufótica nos rios e na represa; mudanças no nível da água e ciclo hidrológico; mortandade de peixes durante certos

períodos; expansão geográfica de doenças de veiculação hídrica; deterioração potencial da saúde de usuários e moradores, efeitos indiretos na saúde humana; aumento na toxicidade na água da represa e tributários; degradação da qualidade da água na represa e tributários; aumento dos custos do tratamento da água para abastecimento público; perda econômica nos valores de propriedades e terrenos por efeito da degradação ambiental e, especialmente, da qualidade da água. Esse quadro demanda cuidado especial, uma vez que a tendência é o agravamento gradativo e o surgimento de outros problemas.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, D.S.; ARANTES, J.D.; MINOTI, R.T.; PETRACCO, P.; SILVA, W.M.; TUNDISI, J.G. (2000). O processo de eutrofização na Represa do Lobo (Itirapina, SP): Condições atuais e perspectivas futuras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL: REPRESA DO LOBO-BROA – 30 ANOS, São Carlos, 2000. *Resumos*. São Carlos, IIE/CRHEA-USP/PPG-ERN-DEBE-UFSCar/IEA-USP, p.26.
- ALBINO, A.L.D. (1987). *Estudo sobre a fauna de peixes da bacia do rio Jacaré-Guaçu (Estado de São Paulo) com uma avaliação preliminar dos efeitos de dois barramentos*. Dissertação (Mestrado). UFSCar, São Carlos. 168 p.
- ALMEIDA, F.F.M. (1964). Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, n.41, São Paulo.
- AMORIM, D.A. (1997). *Levantamento de voçorocas e mineradoras na bacia do Alto rio Jacaré-Guaçu, propostas para recuperação*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 121 p.
- ANGELINI, R. (1995) *Análise do Ecossistema da Represa do Broa (SP), através de um Modelo Estático (ECOPATH II) e de um Modelo de Simulação (STELLA II)*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 112 p.

- CALIJURI, M.C. (1985). *Curvas de luz – fotossíntese e fatores ecológicos em ecossistema artificial e não estratificado – Represa do Broa (Lobo) – São Carlos – SP*. Dissertação (Mestrado). UFSCar, São Carlos.
- CALIJURI, M.C. & TUNDISI, J.G. (1990). Limnologia comparada das represas do Lobo (Broa) e Barra Bonita - Estado de São Paulo: mecanismos de funcionamento e bases para o gerenciamento. *Revista Brasileira de Biologia*, v.50, n.4. p. 893-913.
- CAMARGO, R.S.N. (1991). Regulamentação da APA Corumbataí-SP. In: TAUKE, S.M. (ed.). *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo: EdUNESP. p.104-7.
- CARVALHO, D.P.; SPECIAN, V.; MENDONÇA, J.C.; DEBASTIANE, W.G.; SANCHES, P.S.; SILVA, M.B.; KOTAS, J.E.; MASCARO, S.A. (2002). Caracterização dos aspectos físicos e degradação ambiental na bacia do reservatório do Lobo (Ribeirão do Lobo). In: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL-CRHEA-EESC-USP. *Recursos Hidroenergéticos: Usos, impactos e planejamento Integrado*. Ed. Rima. São Carlos. p. 91-116.
- CHAMIXAES, C.B. (1991). *Variação temporal e espacial da biomassa, composição de espécies e produtividade das algas perifíticas relacionada com as condições ambientais de pequenos rios da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo (Itirapina-SP)*. Tese (Doutorado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 334 p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (1986). Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 18 de julho de 1986.
- DORNFELD, C.B.; MASUTTI, M.B.; SILVÉRIO, P.F.; ANDRADE, C.A.; ALMEIDA, C. (2002). Caracterização Ecotoxicológica do Sedimento da Represa do Lobo e seus tributários. In: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL-CRHEA-EESC-USP. *Recursos Hidroenergéticos: Usos, impactos e planejamento Integrado*. Ed. Rima. São Carlos. p. 75-89.
- ESTEVES, F.A. & BARBIERI, G.(1983). Dry weight and chemical changes during decomposition of tropical macrophytes in Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil. *Aquatic Bot.*, 16:185-186.

- FIGUEROA, F.E.V. (1996). *Avaliação econômica de ambientes naturais: o caso das áreas alagadas: uma proposta para a represa do Lobo (Broa). Itirapina – SP*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/SHS/EESC/USP, São Carlos.
- FREIRE, O., GIMENES, R.J., PESSOTTI, J.E., CARRARO, E. (1980). *Solos da bacia do Broa*. UFSCar. Departamento de Ciências Biológicas, São Carlos.
- GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (1996). *Geomorfologia e meio ambiente*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
- HENRY, R. & TUNDISI, J.G. (1983). Responses of the phytoplankton community of a tropical reservoir (São Paulo, Brazil) to the enrichment with nitrate, phosphate and EDTA. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 68: 1-10.
- LEITE, M.A. & ESPÍNDOLA, E.L.G. (2002). Análise do processo de eutrofização entre os reservatórios de Salto Grande (22°10'S e 47°15'W) e do Lobo (22°10'S e 47°57'W). In: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL-CRHEA-EESC-USP. *Recursos Hidroenergéticos: Usos, impactos e planejamento Integrado*. Ed. Rima. São Carlos. p. 107-16.
- LORANDI, R., FREIRE, O., FRANÇA, G.V., TAKAOKA, M. (1983). Interpretação do levantamento de solos da bacia da represa do Lobo para fins de estudos ecológicos. III Seminário Regional de Ecologia. *Anais*. UFSCar, São Carlos. p. 333-341.
- MACHADO, L.M.C.P. (1997). *A represa do Lobo na percepção do usuário: contribuição ao zoneamento ambiental da APA de Corumbataí*. IGCE/UNESP, Rio Claro. 62 p.
- MARINELLI, C.E. (2002). *Introdução de espécies, estrutura dos habitats e padrões de diversidade da ictiofauna em ecótonos do reservatório do Broa, SP*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 225 p.

- MARINELLI, C.E. & LEITE, M.A. (2000). Panorama científico, turístico e a inserção da política regional no uso e no aproveitamento da represa do Lobo (Broa), SP, Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL: REPRESA DO LOBO - BROA – 30 ANOS, São Carlos, 2000. *Resumos*. São Carlos, IIE/CRHEA-USP/PPG-ERN-DEBE-UFSCar/IEA-USP. p.82
- MARINS, M.A. (1975). *Ecologia da alga Melosira italica (Ehr.) Kutz: Represa do Lobo, Estado de São Paulo*. Tese (Doutorado). IB/USP, São Paulo. 144 p.
- MARTINS, R. C. (2000). *Caracterização do padrão agrícola da bacia do Ribeirão do Lobo*. Trabalho apresentado à disciplina “Ecologia Teórica”. SEA/CRHEA/SHS/EESC/USP.
- MATSUMURA-TUNDISI, T & TUNDISI, J.G. (1976). Plankton studies in a lacustrine environment. Preliminary data on zooplankton ecology of Broa Rservoir. *Oecologia*, 25: 265-270.
- MENDES, J.C. & PETRI, S. (1971). *Geologia do Brasil*. Instituto Nacional do Livro, MEC. Rio de Janeiro, 207 p.
- MORAES, E.M. (1978). *Ciclo sazonal, distribuições horizontal e vertical e inter-relação ecológicas de nutrientes na Represa do Lobo (Brotas-Itirapina-SP)*. Dissertação (Mestrado). I.B./USP. São Paulo., 153 p.
- NAKAMOTO, N.; MARINS, M.A.; TUNDISI, J.G. (1976). Synchronous growth of a freshwater diatom *Melosira italica* under natural environment. *Oecologia*, 23: 179-184.
- NEUMANN-LEITÃO, S.; MATSUMURA-TUNDISI, T. & CALIJURI, M.C. (1990). Distribuição e aspectos ecológicos do zooplâncton da represa do Lobo (Broa) – São Paulo. Encontro Brasileiro de Plâncton, 4. *Anais*. Recife. p. 393-413.
- NISHIYAMA, L. (1991). *Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos, SP*. Dissertação (Mestrado). Geotecnia, EESC/USP, São Carlos. 228 p.

- OISHI, M.K. (1990). *Determinação do potencial trófico das águas dos componentes da bacia hidrográfica da represa do Lobo (Broa-Itirapina, SP) através de ensaio algal*. Dissertação (Mestrado) – EESC/USP.
- OLIVEIRA, J.B. & PRADO, H. (1984). *Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadricula de São Carlos-SP*. Memorial Descritivo e Cartas de Solos (Boletim Técnico 98). IAC, Campinas. 188p.
- OLIVEIRA, M.D. (1993). *Produção primária e estrutura da comunidade fitoplanctônica no reservatório do Lobo (SP): uma comparação entre fatores ecológicos na represa e nos seus principais tributários*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 178 p.
- OLIVEIRA-NETO, A.B. (1993). *Estudo da variação da comunidade zooplânctônica, com ênfase na comunidade de rotíferos, em curtos intervalos de tempo (variações diárias e nictemerais) na represa do Lobo (Broa) – Itirapina, SP*. Dissertação (Mestrado). IB/USP, São Paulo. 74 p.
- PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (2000). Variation of density, species composition and dominance of rotifers at a shallow tropical reservoir (Broa reservoir, SP, Brazil) in a short scale time. *Rev. Bras. Biol.* vol.60, n.1.p. 01-09.
- PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (2002). Rotifer production in a shallow artificial lake (Lobo-Broa Rservoir, SP, Brazil). *Braz. J. Biol.* vol. 62, n.3. p. 509-516.
- PULITANO, F.M. (1998). Proposta de manejo dos fragmentos florestais e de recomposição ciliar das margens da represa do Lobo – Itirapina, SP. In: ESPÍNDOLA, E.L.G. (1998). *Bacia do ribeirão do Lobo (Broa): subsídios para o planejamento com base no desenvolvimento sustentável*. CRHEA/SHS/EESC/USP, São Carlos.

- QUEIROZ, O.T.M.M. (2000). *Impactos das atividades turísticas em área de reservatório: uma avaliação sócio-ambiental do uso e ocupação na área da represa do lobo, município de Itirapina, SP*. Tese (Doutorado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 237 p.
- REIS, R.S.; CASSIANO, A.M; ESPÍNDOLA, E.L.G. (2002). Processos sedimentares na represa do Lobo, SP: relação entre o uso do solo e a qualidade da água. In: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL-CRHEA-EESC-USP. *Recursos Hidroenergéticos: Usos, impactos e planejamento Integrado*. Ed. Rima. São Carlos. p. 117-130.
- RIETZLER, A.C. (1991). *Estudo da dinâmica de populações de copepoda-calanoida na represa do Lobo (Broa)*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/EESC/USP. 196 p.
- _____ ; MATSUMURA-TUNDISI, T. & TUNDISI, J.G.(2002). Life cycle, feeding and adaptative strategy implications on the co-occurrence of *Argyrodiaptomus furcatus* and *Notodiaptomus iheringi* in Lobo-Broa Reservoir (SP, Brazil). *Braz. J. Biol.* vol 62, n.1. p. 93-105.
- ROCHA, O. (1978). *Flutuação sazonal e distribuição da população de Diaptomus furcatus, Sars (copepoda, Calanoida) na represa do Lobo (Broa), São Carlos, SP*. Dissertação (Mestrado). IB/USP, São Paulo. 147 p.
- _____ & MATSUMURA-TUNDISI, T. (1976). *Atlas do zooplankton (Represa do Broa, São Carlos)* v.1. Departamento de Ciências Biológicas, UFSCar. São Carlos. 76 p.
- _____ & MATSUMURA-TUNDISI, T. (1984). Biomass and productions of *Argyrodiaptomus furcatus*, a tropical calanoid copepod in Broa reservoir, southern Brazil. *Hydrobiologia*, 113:307-311.
- RUSCHMANN, D. V. M. (1997). *Turismo e planejamento sustentável: a proteção do meio Ambiente*. Ed. Papirus, Campinas. 199 p.

- SEIXAS, M.H. (1981). *Aspectos ecológicos das populações de Cladocera (Crustácea) na represa do Lobo ("Broa")*, São Carlos-SP. Dissertação (Mestrado). UFSCar, São Carlos. 156 p.
- SIMONATO, A.D. (1986). *Ciclos diurnos de fatores ecológicos na represa do Lobo (Broa)*. Dissertação (Mestrado). UFSCar, São Carlos. 66 p.
- SOARES, P.C., SINELLI, O., PENALVA, F., WERNICK, E., SOUZA, A., CASTRO, P.R.M. (1973). Geologia do Nordeste do estado de São Paulo. *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Geologia*. Aracajú, Sergipe. 1: 209-236.
- SOUZA, D. A. (1993). *Bacia do ribeirão do Lobo: bases ecológicas para o desenvolvimento regional, manejo e conservação*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/SHS/EESC/USP, São Carlos. 158 p.
- SOUZA, M.H.A.O. (1977). *Alguns aspectos ecológicos da vegetação na região perimetral da Represa do Lobo (Brotas-Itirapina, SP)*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências-USP, São Paulo. 369 p.
- STRIXINO, G.B.M.A. (1973). *Sobre a ecologia dos macroinvertebrados do fundo, na represa do Lobo*. Tese (Doutorado). I.B./USP, São Paulo. 188 p.
- TRINDADE, M. (1980). *Nutrientes em sedimentos da represa do Lobo (Brotas-Itirapina, SP)*. Dissertação (Mestrado). UFSCar, São Carlos. 219 p.
- TUNDISI, J.G. (1977). *Produção primária, standing-stock, fracionamento do fitoplâncton e fatores ecológicos em ecossistema lacustre artificial (Represa do Broa, São Carlos)*. Tese (Livre docência). I.B. USP, Ribeirão Preto. 409 p.
- _____ (1978). O modelo Broa. In: *A comunidade vegetal como unidade biológica, turística e econômica*. Publ. Acad. Ciências Estado de São Paulo. n.15, p.99-113.

- _____ (1983). A review of basic ecological processes interacting with production and standing-stock of phytoplankton in lakes and reservoirs in Brazil. *Hydrobiologia*, 100: 223-243.
- _____; MATSUMURA-TUNSIDI, T. (1995). The Lobo-Broa ecosystem research. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (eds.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences and Brazilian Limnological Society, p.219-243
- _____; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E.L.G.(2000). Represa do Lobo : 30 anos de Pesquisa, Gerenciamento e Participação da comunidade. In: JORGENSEN, S. E. & VOLLENWEIDER, P. A. (eds.). *Diretrizes para o gerenciamento de lagos*. Vol 1. São Carlos, ILEC;IIE, UNEP, 202 p.
- _____; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRIGUES, S.L. (2003). *Gerenciamento e recuperação das bacias hidrográficas dos rios Itaquerí e do Lobo e da UHE Carlos Botelho (Lobo-Broa)*. São Carlos: IIE, IIEGA. 72 p.
- WATANABE, T. (1981). Flutuação sazonal e distribuição espacial do nano e microfitoplâncton na Represa do Lobo (Broa), São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado). UFSCar, São Carlos. 160 p.

2. AVALIAÇÃO DOS TRIBUTÁRIOS E DA REPRESA DO LOBO: UMA ABORDAGEM ECOSSISTÊMICA

1. INTRODUÇÃO

Com a adoção da visão holística e da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento (Rocha *et al*, 2000), as pesquisas nos sistemas aquáticos passaram a ser desenvolvidas não somente nos corpos de água, mas também na área de entorno, procurando reconhecer os principais fatores antrópicos ou naturais que influenciavam a dinâmica dos sistemas aquáticos. Neste sentido, lago, rio ou represa são considerados como dependentes do sistema terrestre, sendo influenciados pelas atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, as quais são fatores determinantes para o estabelecimento de diferenças espaciais e temporais, originadas por fontes difusas ou pontuais, que ocorrem no sistema aquático.

A compreensão dos processos de degradação da qualidade da água implica no conhecimento sobre a bacia hidrográfica onde o reservatório está inserido, suas características naturais, as atividades que nela são desenvolvidas e os possíveis impactos nos cursos de água. As transformações nos padrões de uso da terra, as alterações na vegetação natural, os aumentos populacionais e o desenvolvimento industrial são alguns dos fatores responsáveis pela geração de fontes de poluição de água (Kira & Sazanami, 1995).

Os rios apresentam fluxo constante e geram um transporte horizontal dos materiais neles presentes, geralmente de origem alóctone, proveniente das áreas adjacentes ou de regiões superiores (sentido nascente-foz), contribuindo com água e materiais para os sistemas lênticos (lagos e reservatórios). Assim, uma vez que os sistemas estão interligados e que a entrada de materiais (sedimentos, nutrientes, etc) é constante, verifica-se que o

nível de contaminação da água dos rios influencia diretamente a qualidade da água do reservatório para o qual afluem, representando uma contribuição importante para o sistema, não somente para a produção interna, mas também para os riscos associados, como a eutrofização e o aumento da poluição por metais e pesticidas.

Os materiais (particulados ou dissolvidos) transportados nas águas dos rios são originados de duas fontes possíveis: pontuais e não pontuais. As primeiras são resultantes da introdução de material em grande quantidade em locais isolados e detectáveis no rio. É decorrente do despejo de resíduos como, por exemplo, de águas domésticas de cidades e de efluentes de indústrias. As fontes não pontuais são mais difíceis de serem quantificadas e estão intimamente associadas à geologia, ao uso do solo (práticas agrícolas, pastagem, presença e tipo de floresta) e à morfologia da bacia de drenagem (Henry, 1990). Assim, reconhece-se que a compreensão dos processos de degradação da qualidade da água implica no conhecimento sobre a bacia hidrográfica, suas características naturais, as atividades que nela são desenvolvidas e os possíveis impactos nos cursos de água.

Considerando-se o conceito de bacia hidrográfica e a importância da represa do Lobo para os usos múltiplos a ele associados, procurou-se, no presente estudo, avaliar a qualidade da água dos principais tributários, a carga de materiais e seus efeitos na represa do Lobo. A represa foi construída em 1936 para a geração de energia elétrica e concentra, atualmente, atividades de recreação e turismo. Nota-se, devido a seu pequeno porte, ao lançamento de efluentes domésticos pela cidade de Itirapina, à falta de planejamento urbano em suas margens e ao turismo desordenado, que o reservatório do Lobo já apresenta os primeiros indícios de eutrofização, com aumentos significativos nas concentrações de nutrientes - formas nitrogenadas e fosfatadas - principalmente na foz do rio Itaqueri, o aumento da biomassa de macrófitas aquáticas, entre outros impactos decorrentes das atividades antrópicas (Leite & Espíndola, 2002).

2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da água dos tributários inseridos na bacia hidrográfica do Lobo, considerando variáveis físicas, químicas e biológicas da água, bem como estimar a contribuição de materiais provenientes dos tributários para a represa.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Pontos, período de coleta e variáveis analisadas

Foram escolhidos 7 pontos de coleta: córrego do Geraldo, a confluência dos córregos Água Branca e Limoeiro, o rio Itaqueri (antes da mineradora), o ribeirão do Lobo, o córrego das Perdizes, um ponto central da represa do Lobo (no eixo longitudinal) e à jusante da mesma (Figura 1).

Figura 1. Distribuição dos pontos de coleta nos tributários da bacia hidrográfica do Lobo.

(Modificado de Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1995)

As coletas ocorreram em agosto/setembro e dezembro de 2002, compreendendo as estações seca e chuvosa, respectivamente. As amostras de água foram sub-superficiais, tomando-se medidas *in situ* para os parâmetros pH, temperatura da água, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, utilizando-se o multisensor de qualidade da água HORIBA - modelo U-10. Os parâmetros avaliados e as metodologias utilizadas estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros limnológicos analisados e metodologias utilizadas neste estudo.

Parâmetro	Unidade	Material/Método	Autor
pH	-	Multisensor	-
Temperatura da água	° C	Multisensor	-
Condutiv. elétrica	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	Multisensor	-
Oxigênio dissolvido	mg.L^{-1}	Multisensor	-
Nitrito	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Golterman <i>et al</i> (1978)
Nitrato	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Mackereth <i>et al</i> (1978)
Amônio	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Koroleff (1976)
Nitrogênio org. total	mg.L^{-1}	Espectrofotometria	Golterman <i>et al</i> (1978)
Fosfato total dissolv.	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Golterman <i>et al</i> (1978)
Fosfato inorg. dissolv.	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Golterman <i>et al</i> (1978)
Fósforo total	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	APHA (1995)
Silicato reativo	mg.L^{-1}	Espectrofotometria	Golterman <i>et al</i> (1978)
Mat. em suspensão	mg.L^{-1}	Gravimetria	Wetzel & Likens (1991)
Clorofila total	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Nusch (1980)
Coliformes fecais	NMP	Enzimático	APHA (1995)

3.2. Índice de estado trófico

O índice de estado trófico utilizado foi o de Carlson modificado por Toledo *et al* (1983), utilizando o seguinte critério para classificação do estado trófico: **Oligotrófico** - $\text{IET} \leq 44$, **Mesotrófico** - $44 < \text{IET} < 54$ e **Eutrófico** - $\text{IET} \geq 54$.

3.3. Vazão e carga dos tributários

A velocidade da correnteza dos tributários foi obtida com fluxômetro, do tipo molinete VALEPORT (modelo BFM-0012A-LCD), para a realização dos cálculos das vazões, e das cargas de nutrientes, material em suspensão e de clorofila total que chegam ao reservatório. A estimativa das cargas foi obtida pela multiplicação da concentração de nutrientes, de material em suspensão e de clorofila total pela vazão total obtida nos períodos seco e chuvoso. Os cálculos basearam-se nas equações descritas em Salati (1996):

$$F_{ij} = Q_i C_j$$

Q = vazão do rio i ,

i = corresponde aos diferentes rios tributários,

C = concentração da variável,

j = diferentes variáveis estudadas,

F_{ij} = fluxo de massa na secção i para a variável j em Kg.dia⁻¹.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, pH da água e material em suspensão

Os valores obtidos com as medidas *in situ* para as variáveis temperatura da água e oxigênio dissolvido estão indicados na Figura 2. Com exceção do ponto de coleta na represa, a concentração de oxigênio dissolvido foi maior (entre 5,0 e 9,0 mg.L⁻¹) no período com as temperaturas mais baixas (entre 15 e 20°C), o que é um padrão esperado devido às próprias características do meio aquático, onde temperaturas menores promovem a maior solubilidade do oxigênio dissolvido.

Os maiores valores de oxigênio foram registrados no inverno, nos pontos do ribeirão do Lobo (8,5 mg.L⁻¹) e no rio Itaqueri (8,1 mg.L⁻¹). No córrego Água Branca verificou-se as menores concentrações nos dois períodos amostrados (5,3 e 3,5 mg.L⁻¹, respectivamente), sendo que em dezembro os valores estiveram abaixo do recomendando pela Resolução CONAMA 20/86 (5,0 mg.L⁻¹).

Figura 2. Valores de temperatura da água e oxigênio dissolvido obtidos durante o período de estudo.

Em relação ao pH, os valores observados foram praticamente constantes entre as estações do ano (Figura 3) e também quando comparados há anos anteriores, apresentando valores entre 4,0 e 6,3. Apesar de estar abaixo da faixa ideal (entre 6,0 e 9,0) para rios classe 2 na CONAMA 20/86, a tendência ácida observada está relacionada à natureza dos solos da bacia hidrográfica.

Figura 3. Valores de pH obtidos durante o período de estudo.

A condutividade medida no verão foi superior ao inverno, apresentando valores menores ao limite estabelecido pela CONAMA 20/86 ($100 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Os valores obtidos no córrego Água Branca ($28 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ no inverno e $33 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ no verão) foram mais elevados em relação aos outros tributários (Figura 4). Assim como o observado para a reduzida concentração de oxigênio dissolvido, os altos valores de condutividade, observados neste

córrego, estão relacionados ao recebimento dos efluentes da lagoa de estabilização do tratamento de esgotos da cidade de Itirapina.

Figura 4. Valores de condutividade obtidos durante o período de estudo.

As concentrações de material em suspensão total, inorgânico e orgânico estão representadas na figura 5. Observa-se que as maiores concentrações ocorreram no verão (de 2,0 a 10,0 mg.L⁻¹), em todos os pontos amostrados. No inverno a maior concentração encontrada foi no ponto à jusante da represa (5,1 mg.L⁻¹) e no verão no ribeirão do Lobo (10,0 mg.L⁻¹), seguido pelo rio Itaqueri (8,1 mg.L⁻¹). A porção orgânica do material em suspensão foi maior em todos os pontos (contribuição acima de 50%), com exceção do ribeirão do Lobo, na coleta de dezembro (menos de 40%).

Esta tendência é resultante da maior pluviosidade, a qual contribui para o maior carreamento de material alóctone aos corpos de água da bacia de drenagem. Souza (1993) obteve, no rio Itaqueri, uma concentração de material em suspensão total maior no período seco de 1991, com valores de, aproximadamente, 23,0 mg.L⁻¹ e 5,5 mg.L⁻¹ no verão. O autor atribuiu a alteração nos padrões esperados à atividade da mineradora de areia localizada a montante do ponto de coleta.

Esta contribuição é relevante e já foi verificada em outros períodos, como em 1999 (Espíndola, comunicação pessoal) e tem efeito significativo não somente no rio Itaqueri mas também na porção superior (área das macrófitas) do reservatório do Lobo. A mineradora ainda continua atuando às margens do rio Itaqueri e, segundo estudos anteriores (Espíndola, em preparação), com efeito no pH, na concentração de material em suspensão e na toxicidade da água e sedimento.

Figura 5. Valores de material em suspensão total, inorgânico e orgânico obtidos no período de estudo.

4.2. Nutrientes

As concentrações dos nutrientes dissolvidos: amônio, nitrito, nitrato, fosfato inorgânico, fosfato total dissolvido e silicato reativo estão na Figura 6. Todos os nutrientes dissolvidos foram encontrados em maior concentração no córrego Água Branca, com valores muito superiores aos outros rios e à represa do Lobo. O nitrito apresentou no córrego Água Branca o valor de $79,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ no inverno, enquanto o ponto localizado na represa do Lobo apresentou uma concentração de $0,7 \mu\text{g.L}^{-1}$ no mesmo período amostrado. Para fosfato dissolvido inorgânico obteve-se uma concentração de $144,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ no córrego Água Branca e $0,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ no ponto localizado à jusante da represa. No córrego das Perdizes, a concentração encontrada no mesmo período (inverno) foi de $1,5 \mu\text{g.L}^{-1}$. Estudos anteriores mostram que esse quadro é observado na área já há alguns anos, o que vem sendo associado aos esgotos (efluente da estação de tratamento e esgoto das duas penitenciárias) do município de Itirapina.

Figura 6. Concentrações dos nutrientes dissolvidos no período de coleta.

(*) Resultados de fósforo total dissolvido desprezados no córrego Água Branca.

Além disso, verifica-se o crescente aumento desses valores (Tabela 2). Enquanto em 1985 a concentração de nitrato no córrego Água Branca, por exemplo, no mês de setembro, foi de $521,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Matheus & Tundisi, 1988), neste estudo encontrou-se um valor de $865,2 \mu\text{g.L}^{-1}$. Constata-se o mesmo em relação aos outros nutrientes, totais e dissolvidos.

Tabela 2. Valores médios de algumas variáveis obtidas em diferentes estudos, nos tributários do reservatório do Lobo, ao longo de quase 30 anos.

Tributários	Nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			Amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			Fosfato dissolvido inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			Silicato (mg.L^{-1})		
	Mo	M&T	Arg	Mo	M&T	Arg	Mo	M&T	Arg	Mo	M&T	Arg	Mo	M&T	Arg
Geraldo	3,4	7,4	157,5	-	27,9	26,8	7,1	6,7	9,6	-	3,7	4,1	1,9	2,4	0,7
Água Branca	-	422,5	693,0	-	33,5	530,0	-	60,3	169,9	-	42,9	139,0	-	3,2	2,5
Itaqueri	58,0	8,9	150,1	-	25,7	42,5	10,8	13,1	27,2	-	7,3	13,7	2,0	2,7	1,5
Lobo	9,1	25,4	46,3	-	27,8	48,3	10,1	11,9	17,9	-	7,2	9,1	2,4	3,3	1,3
Perdizes	2,7	4,0	24,0	-	31,7	31,9	10,1	6,2	9,5	-	3,6	2,9	1,4	1,6	1,1
Jusante	6,5	5,6	67,9	-	33,0	134,0	10,9	13,2	9,3	-	14,3	1,1	1,3	2,7	0,8

OBS. **Mo** (Moraes, 1978) – coletas realizadas nos anos de 1975 e 1976; **M&T** (Matheus & Tundisi, 1988) – coletas realizadas em 1985 e 1986; **Arg** (Argenton, este estudo) – coletas realizadas em 2002.

(-) Parâmetros não avaliados pelos autores.

Em 1985 a concentração de amônio no mesmo córrego, no mês de setembro, foi de $52,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Matheus & Tundisi, *op.cit.*). Em 1991, seis anos depois, Souza (1993) obteve a concentração de $210,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ e neste estudo a concentração foi $340,7 \mu\text{g.L}^{-1}$, sendo obtido valor ainda maior ($719,4 \mu\text{g.L}^{-1}$) em dezembro. As maiores concentrações de nutrientes geralmente ocorrem no verão, o que está associado a pluviosidade e ao conseqüente escoamento de poluentes oriundos de fontes não pontuais, relacionados a atividades agrícolas, por exemplo. A ausência da mata ciliar acentua ainda mais esse processo de perda de solo e contaminação da água.

No estudo realizado por Moraes (1978), observou-se que assim como para as amostras de sedimento, em relação à água, o rio Itaqueri destaca-se como a principal fonte de nitrato para a represa, sobressaindo-se entre os demais, em todos os parâmetros levantados, inclusive no teor mínimo, pois durante o período amostrado esta estação não atingiu o valor zero como os demais rios. O autor concluiu que estes teores relativamente altos devem ser devidos a fatores externos à contribuição dos solos, uma vez que, segundo Souza (1977), os solos formadores da bacia hidrográfica da represa, quaisquer que eles sejam, são caracterizados pela pobreza em nutrientes. A pobreza em nitratos caracteriza bem as águas do córrego do Geraldo, do ribeirão do Lobo e do córrego das Perdizes, deixando então caracterizada, no córrego Água Branca, uma contaminação provavelmente oriunda do esgoto da cidade de Itirapina.

As concentrações de fósforo e nitrogênio total também são superiores no córrego Água Branca quando comparados aos outros rios tributários e ao próprio reservatório (Figura 7).

Figura 7. Concentrações de fósforo e nitrogênio orgânico total no período amostrado.

O maior valor de nitrogênio orgânico total ($1,9 \text{ mg.L}^{-1}$) foi obtido no córrego Água Branca, no período chuvoso, enquanto o menor ($0,11 \text{ mg.L}^{-1}$) ocorreu no córrego do Geraldo, no mesmo período. Miranda (1997) afirma que a água subterrânea e a precipitação são fontes importantes de nitrogênio para a represa.

O aumento de fósforo total também pode ser observado quando se analisa os dados de 1991 (Souza, 1993), 1996 (Miranda, 1997) e 2002. Em 1991, as maiores concentrações de fósforo total foram obtidas no córrego Água Branca, com valores aproximados de $110,0 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ no verão e $80,0 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ no inverno. Em 1996, os valores médios, no mesmo tributário, foram de $130,9 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ no verão e $133,0 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ no inverno. No presente estudo (2002) obteve-se valores de $240,8 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ no verão e $214,9 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ no inverno.

Ainda assim, quando comparados a outros sistemas, como o reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê (Tabela 3), a represa do Broa e seus tributários encontram-se em boas condições. Enquanto alguns dos tributários de Barra Bonita são rios que percorrem regiões com cidades de grande porte, com muitos habitantes e indústrias (Barueri, Piracicaba e Paulínia, por exemplo), os tributários da represa do Lobo percorrem uma micro-bacia

Tabela 3. Comparação das concentrações médias de nutrientes nos tributários da represa do Lobo e de Barra Bonita (dados de Barra Bonita retirados de Oishi, 1997).

Lobo (Broa)	NH₃ ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	NO₂ ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	NO₃ ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	NOT (mg.L^{-1})	PT ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	PTD ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	P in. ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
Geraldo	26,9	2,9	157,5	0,36	37,4	9,6	4,1
Água Branca	530,0	76,5	693,0	1,44	227,9	-	139,0
Itaqueri	42,5	5,0	150,1	0,80	59,9	27,2	13,7
Lobo	48,3	3,6	46,3	0,49	56,9	17,9	9,1
Perdizes	13,9	2,7	24,0	0,63	34,8	9,5	2,9
Jusante	134,6	2,5	67,9	0,59	35,8	9,3	1,1
Barra Bonita							
Piracicaba	783,4	135,7	754,4	2,70	203,9	74,7	49,1
Corumbataí	326,4	59,5	685,8	2,20	115,4	45,1	29,3
Tietê	4218,9	483,9	1539,5	6,41	337,0	329,0	140,4
Capivari	2489,8	173,3	633,0	4,36	261,7	96,0	63,6
Sorocaba	88,7	41,3	756,7	1,93	83,4	35,9	20,6
Rio do Peixe	22,3	3,8	86,7	0,82	69,7	31,8	15,1
Jusante	46,8	19,4	1686,4	2,43	42,0	17,5	9,5

hidrográfica com cidades de pequeno porte (Itirapina e Brotas) e industrialização praticamente ausente, tendo em sua maioria, pequenas propriedades agrícolas.

A bacia hidrográfica do ribeirão Bonito, assim como a do Lobo, é pequena, essencialmente rural e apresenta pontos de despejo de esgotos urbanos. Benassi (2002) avaliando o ribeirão Bonito, encontrou em uma estação de amostragem próxima a um ponto de despejo de esgoto, valores de nutrientes parecidos aos observados no córrego Água Branca. O fósforo total encontrado teve valor médio de $232,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ e o nitrato $407,0 \mu\text{g.L}^{-1}$. Em outros trechos do rio, a montante dos despejos de esgoto, as concentrações foram bem menores ($70,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ de fósforo total).

O efeito da contribuição do córrego Água Branca no rio Itaqueri e, conseqüentemente na represa do Lobo, pode ser avaliado na Figura 8. O córrego Água Branca encontra-se com o rio Itaqueri pouco antes de sua foz, que é na represa do Lobo. Foi observado um aumento na concentração dos nutrientes no rio Itaqueri após o encontro de suas águas com o córrego Água Branca. Verifica-se que a concentração de fósforo total no rio Itaqueri aumenta de $48,4 \mu\text{g.L}^{-1}$ para $102,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ após o encontro com o córrego Água Branca, o que representa um acréscimo de mais de 100%. Para nitrato, a situação é ainda mais acentuada, pois se verifica um aumento de 1200% (de $45,9$ para $569,5 \mu\text{g.L}^{-1}$) após a contribuição do córrego Água Branca, o que evidencia o efeito na qualidade da água dos tributários e da represa do Lobo, bem como a não adequação da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Itirapina.

Figura 8. Aumento da concentração de nutrientes na foz do rio Itaqueri, após encontro com córrego Água Branca.

Uma análise da situação atual da estação de tratamento de esgoto de Itirapina (Cabral *et al*, 2002), indica que esta atua no limite de sua capacidade. Apesar das alterações recentes com a construção de mais três lagoas, que deveriam funcionar como uma anaeróbia, uma facultativa e uma de estabilização, o sistema apresenta problemas de operação, tendo uma de suas lagoas já desativada e as outras duas operando como lagoas anaeróbias.

A Prefeitura do Município de Itirapina calcula que a vazão média de esgoto em 2003 seja de $2737,0 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, com uma carga orgânica de $869,0 \text{ KgDBO} \cdot \text{dia}^{-1}$. Considerando-se a vazão do corpo receptor, o córrego Água Branca, como $89,0 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$, tem-se que a descarga desse esgoto, sem tratamento prévio, ocasionaria uma DBO de $83,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Com o sistema original em seu perfeito funcionamento, o efluente da estação teria uma carga orgânica de $32,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e, em adição ao córrego Água Branca, daria uma DBO de $8,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Cabral *et al*, *op. cit.*). Sabe-se, no entanto, que esse não é o quadro real, pelo próprio comprometimento do sistema de tratamento, o que fica evidenciado com os resultados do córrego Água Branca apresentados neste estudo, como a baixa concentração de oxigênio dissolvido, a alta condutividade e a alta concentração de nutrientes.

4.3. Coliformes fecais

A proposta da utilização da densidade de coliformes fecais como indicadores da qualidade da água baseia-se no fato destes estarem diretamente relacionados com a contaminação fecal por animais de sangue quente (entre os quais se inclui o homem). Elevadas densidades de coliformes fecais na água indicam um alto nível de contaminação por esgoto, representando riscos à saúde dos banhistas que podem estar expostos a doenças de veiculação hídrica, como poliomielite, gastroenterite, cólera, hepatite, além de dermatoses, conjuntivite, otite, entre outras (CETESB, 1995).

Os resultados encontrados são apresentados na Figura 9, na qual verifica-se que o córrego Água Branca ($1080,0 \text{ NMP}$) e o rio Itaqueri ($1015,0 \text{ NMP}$) apresentaram, no verão, elevadas densidades de coliformes fecais, acima do limite estabelecido na CONAMA 274/00 ($1000,0 \text{ NMP}$), tendo, portanto, suas águas consideradas impróprias à balneabilidade (recreação de contato primário). Os altos valores encontrados no córrego Água Branca estão associados ao efluente do tratamento do esgoto doméstico do município de Itirapina. Em relação ao rio Itaqueri, os valores podem estar associados à criação de animais, como porco, gado, cavalo e outros animais domésticos (Tundisi *et al*, 2003), além

de animais silvestres, como a capivara. Na represa, os valores mínimos encontrados (1 NMP), nos dois períodos, relacionam-se à própria dinâmica do reservatório, que apresenta um decréscimo nas concentrações de nutrientes ao longo do eixo longitudinal (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 1995), bem como das concentrações de coliformes fecais.

Figura 9. Número mais provável (NMP) de coliformes fecais nos dois períodos amostrados.

4.4. Clorofila total

As concentrações de clorofila obtidas nos tributários e represa estão apresentadas na Figura 10, verificando que os maiores valores ocorreram no córrego Água Branca (8,4 e 67,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$, período seco e chuvoso, respectivamente). A jusante da represa os valores de clorofila também foram elevados em relação aos demais pontos amostrados (22,3 e 11,6 $\mu\text{g.L}^{-1}$, em agosto/setembro e dezembro, respectivamente).

Em ambientes lóticos, a produção primária é geralmente reduzida, sendo as macrófitas e o perifíton, os principais responsáveis, uma vez que estes ambientes são pobres em fitoplâncton, devido à alta velocidade de corrente, turbulência e, muitas vezes, a grande quantidade de material em suspensão. As atividades de barramento dos rios geralmente aceleram o crescimento do fitoplâncton, devido às condições de menor fluxo de corrente, com aumento na concentração de nutrientes e maior penetração de energia radiante, ocasionado principalmente pela maior disponibilidade de tempo para que ocorra a sedimentação do material proveniente dos rios (Payne, 1986).

Os resultados obtidos, principalmente no córrego Água Branca e represa do Lobo, demonstram o efeito do aporte de nutrientes ao sistema.

Figura 10. Concentração de clorofila obtida nos pontos de coleta, durante o período de estudo.

4.5. Índice de estado trófico (IET)

Os resultados obtidos quanto ao índice de estado trófico dos tributários e represa estão apresentados na Tabela 4, verificando-se que todos os tributários, exceto o córrego Água Branca (eutrófico), são classificados como oligotróficos em ambos os períodos, o que confirma os dados apresentados anteriormente, nos quais se observa os valores elevados de nutrientes no córrego Água Branca em relação aos demais.

Tabela 4. Índice de estado trófico dos tributários e da represa do Lobo, nos períodos amostrados.

Corpos de água	Ago/set	Dez	Classificação
Córrego do Geraldo	17,4	11,1	Oligotrófico
Córrego Água Branca/Limoeiro	122,4	147,3	Eutrófico
Rio Itaqueri	19,1	30,8	Oligotrófico
Ribeirão do Lobo	21,8	22,9	Oligotrófico
Córrego das Perdizes	14,8	12,0	Oligotrófico
Represa	27,0	20,5	Oligotrófico
Jusante	19,2	16,7	Oligotrófico

A bacia do rio Itaqueri apresenta atividade de extração de areia, supressão da vegetação ripária, descarga de esgoto doméstico, escoamento da agricultura e áreas de

reflorestamento. Já a bacia do ribeirão do Lobo é muito mais conservada. Uma crescente eutrofização é detectada no local de inundação do rio Itaqueri pelo desenvolvimento de gramíneas, diminuição da profundidade da água e enriquecimento de nutrientes, especialmente nitrogênio (Whitaker, 1993). Diversos estudos têm apontado que a eutrofização atualmente observada na represa do Lobo tem o rio Itaqueri como principal responsável. A ETE e as duas penitenciárias de Itirapina, que despejam seus resíduos no córrego Água Branca, afluente do Itaqueri, são os maiores contribuintes da carga de nutrientes para a represa (Moraes, 1978; Oishi, 1990; Souza, 1993; Tundisi *et al*, 2003).

4.6. Vazão dos rios e Cargas de materiais

Os resultados apresentados neste item, apesar de importantes, devem ser considerados apenas como representativos de dois períodos distintos (seco e chuvoso), pois o número reduzido de duas coletas (apenas em agosto/setembro e dezembro) não permite uma melhor caracterização da vazão e da carga de nutrientes em um período sazonal. No entanto, verifica-se que os valores obtidos são similares àqueles obtidos em estudos anteriores.

Os tributários da represa do Lobo são rios de pequeno porte, rasos e apresentam variação de tamanho e profundidade nos períodos seco e chuvoso. A largura do canal do rio Itaqueri, por exemplo, foi de 4,35m no período seco e 7,3m no período chuvoso, enquanto que a profundidade no local amostrado variou de 0,31m a 1,25m. De forma semelhante, espera-se o efeito da sazonalidade nos valores de vazão.

As maiores vazões ocorreram no rio Itaqueri e no córrego Água Branca/Limoeiro (1,266 e 0,440 m³.s⁻¹, respectivamente), e as menores no córrego das Perdizes (0,106 e 0,115 m³.s⁻¹). Os dados obtidos em 2002 são semelhantes aos de Miranda (1997), com exceção do córrego Itaqueri (vazão de 1,266 m³.s⁻¹) em 2002, pois a média obtida no período chuvoso, em 1996, foi de 0,339 m³.s⁻¹ (Tabela 5).

As cargas de material em suspensão, clorofila total e nutrientes obtidas nos dois períodos de coletas estão representadas na Tabela 6. O córrego das Perdizes é o menor contribuinte para o aporte de materiais à represa. Considerando-se a média dos dois períodos amostrados, a carga de todos os nutrientes e do material em suspensão é a menor.

Tabela 5. Vazão dos tributários da represa do Lobo em 1996 e 2002.

Tributários da represa do Lobo	Vazão - m ³ .s ⁻¹			
	inv/96	ver/96	set/02	Dez/02
Córrego do Geraldo	0,262	0,379	0,315	0,421
Córrego Água Branca/Limoeiro	0,368	0,468	0,359	0,440
Rio Itaqueri	0,254	0,339	0,157	1,266
Ribeirão do Lobo	0,178	0,142	0,112	0,279
Córrego das Perdizes	0,096	0,082	0,106	0,115

A carga média anual de material em suspensão no córrego das Perdizes foi de 35,8Kg.dia⁻¹, enquanto no rio Itaqueri, foi 459,98 Kg.dia⁻¹. O porte diferenciado dos rios é o principal responsável pela diferença de cargas observada, já que a largura e a profundidade conferem uma maior vazão ao corpo de água. A diferença entre as concentrações, neste caso, não é tão representativa. Enquanto o córrego das Perdizes teve uma concentração média de 3,6 mg.L⁻¹ de material em suspensão total, a média do rio Itaqueri foi de 5,5 mg.L⁻¹.

O nitrogênio orgânico total teve o rio Itaqueri como o afluente que contribuiu com as maiores cargas para a represa (média de 56,91 Kg.dia⁻¹) e o córrego das Perdizes com as menores (média de 5,97 Kg.dia⁻¹). Um estudo realizado em 1996 (Macarenko, 1998) indicou que a maior carga de nitrogênio para a represa vinha do córrego Água Branca e a menor do córrego das Perdizes. As concentrações no córrego Água Branca, apesar de maiores naquele ano, não apresentaram variações muito significativas (média de 1,8 mg.L⁻¹ em 1996 e 1,44 mg.L⁻¹ em 2002). No rio Itaqueri a diferença entre as concentrações também não é tão alta a ponto de caracterizar a diferença de cargas (média de 0,51 mg.L⁻¹ em 1996 e 0,78 mg.L⁻¹ em 2002). Portanto, atribui-se a diferença entre as cargas à vazão calculada para o rio Itaqueri.

O córrego das Perdizes é também o menor contribuinte de fósforo total para a represa, enquanto o córrego Água Branca é o maior. Os valores de carga encontrados neste estudo, assim como a concentração de fósforo e a vazão desses dois córregos são

semelhantes aos encontrados em estudo anterior realizado em 1996 por Miranda (1997). A carga média anual do córrego das Perdizes em 1996 foi de 0,15 Kg.dia⁻¹ e em 2002 foi de 0,13 Kg.dia⁻¹. Já no córrego Água Branca, a média em 1996 foi de 4,8 Kg.dia⁻¹ e em 2002 foi de 7,9 Kg.dia⁻¹. Esse aumento na carga de fósforo total pode estar associado ou ao aumento da vazão de esgoto ou à redução na eficiência da Estação de Tratamento de Esgotos de Itirapina.

Tabela 6. Cargas de nutrientes, clorofila e material em suspensão nos tributários (Kg.dia⁻¹) da represa do Lobo nos períodos amostrados.

Parâmetros	Cargas – Kg.dia ⁻¹									
	Geraldo		Água Branca		Itaqueri		Lobo		Perdizes	
	set	dez	set	dez	set	dez	set	dez	set	dez
MST	36,16	119,22	139,73	262,25	39,36	880,60	23,29	241,31	8,23	63,37
MSI	16,31	9,09	71,42	57,01	17,65	344,60	9,70	138,03	1,83	23,25
MSO	19,85	110,13	68,31	205,24	21,7	536,00	13,58	103,28	6,4	40,12
Clorofila	0,03	0,05	0,26	2,54	0,02	0,11	0,01	0,02	0,02	0,03
Silicato	10,06	37,80	49,06	130,75	18,87	185,96	8,54	40,54	0,91	7,98
PO ₄ in.	0,07	0,20	4,49	5,09	0,10	2,20	0,05	0,31	0,01	0,04
PTD	0,28	0,32	*	*	0,20	4,34	0,13	0,54	0,09	0,09
PT	1,32	0,97	6,68	9,15	0,66	7,80	0,57	1,32	0,37	0,29
NOT	16,59	4,00	30,43	72,21	8,82	105,00	5,92	8,93	6,85	5,09
NH ₃	0,58	1,18	10,58	27,34	0,12	8,35	0,34	1,48	0,08	0,18
NO ₃	4,60	5,29	26,87	19,81	0,62	27,81	0,26	1,58	0,14	0,32
NO ₂	0,06	0,12	2,48	2,85	0,05	0,66	0,03	0,11	0,02	0,03

(*) Valores não obtidos

5. CONCLUSÃO

▪ O aumento na degradação da qualidade da água observada nos tributários da represa do Lobo, está associado aos diversos impactos causados pelas ações antrópicas na bacia hidrográfica. A retirada da mata ciliar, as atividades agrícolas como fontes difusas de

poluição, a ocupação desordenada pelo aumento do turismo e o despejo de esgotos domésticos, além da mineração de areia, são algumas das atividades que contribuem para o assoreamento e a eutrofização dos rios e do reservatório.

- O córrego Água Branca foi considerado eutrófico enquanto os outros tributários classificam-se como oligotróficos. Todos os nutrientes avaliados apresentaram maiores concentrações neste córrego, nas duas coletas realizadas. O córrego Água Branca, como corpo receptor do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos e do esgoto das duas penitenciárias de Itirapina, é o mais comprometido dos corpos de água avaliados, além de ser o principal contribuinte de poluentes para a represa do Lobo, por meio do rio Itaqueri.

- No rio Itaqueri a concentração de fósforo total aumenta em mais de 100% após o encontro com o córrego Água Branca enquanto o nitrato tem um acréscimo em mais de 1200%, o que evidencia o efeito do esgoto na qualidade dos tributários e da represa do Lobo, bem como a não adequação da Estação de Tratamento de Esgotos de Itirapina.

- Em relação aos coliformes fecais, o córrego Água Branca e o rio Itaqueri foram considerados impróprios, apresentando concentrações acima dos limites estabelecidos na resolução CONAMA 274/00 (1000,0 NMP), na coleta realizada em dezembro. Os altos valores encontrados no córrego Água Branca estão associados ao esgoto doméstico do município de Itirapina. Em relação ao rio Itaqueri, os valores podem estar associados à criação de animais, como porco, gado, cavalo e outros animais domésticos, além de animais silvestres, como a capivara.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORK ASSOCIATION; WATER CONTROL FEDERATION (1995). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 19 ed. New York. 1268 p.

BENASSI, S.F. (2002). *Estudo das variáveis limnológicas e do processo de autodepuração na “descontinuidade serial” do ribeirão Bonito (SP)*. Dissertação (Mestrado). EESC/USP, São Carlos. 120 p.

- CABRAL, A.; MARAN, C.; SÁ, I.B.; POSSIDONIO, O. (2002). *Estação de tratamento de esgotos do município de Itirapina – SP: análise da situação atual e da proposta de projeto futuro*. Relatório apresentado à disciplina Prevenção e Controle da Poluição Pontual e Difusa. SEA/CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 20 p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL-CETESB (1995). *Relatório de balneabilidade das praias paulistas – 1994*. CETESB, São Paulo.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (1986). *Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 18 de julho de 1986*.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2000). *Resolução nº 274/00 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 29 de novembro de 2000*.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, R. (1978). *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. 2 ed. IBP. Oxford, Handbook 8, Blackwell Science Publishers.
- HENRY, R. (1990). *Estrutura espacial e temporal do ambiente físico e químico e análise de alguns processos ecológicos na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP) e sua bacia hidrográfica*. Tese (Livre-Docência). IB/UNESP, Botucatu. 242 p.
- KIRA, T. & SAZANAMI, H. (1995). Utilização dos recursos hídricos e problemas de gerenciamento de lagos. In: HISHIMOTO, M. (ed.) *Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos*. v.3. *Aspectos Sócio-econômicos do Gerenciamento de Lagos/ Reservatórios*. ILEC/UNEP/PNUMA, Japão.
- KOROLEFF, F. (1976). Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (ed.) *Methods of seawater analysis*. Verlag. Chemic. Weinheim, p. 117-81.

- LEITE, M.A. & ESPÍNDOLA, E.L.G. (2002). Análise do processo de eutrofização entre os reservatórios de Salto Grande (22°10'S e 47°15'W) e do Lobo (22°10'S e 47°57'W). In: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL-CRHEA-EESC-USP. *Recursos Hidroenergéticos: Usos, impactos e planejamento Integrado*. Ed. Rima. São Carlos. p. 107-16.
- MACARENKO, F.V. (1998). *Estimativa da fixação de nitrogênio na represa do Lobo – SP através do balanço do nitrogênio*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 49 p.
- MACKERETH, S.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.S. (1978). *Water analysis: some revised methods for limnologists* (Freshwater Biological Association Scientific Publication, 36), Kendal: Titus Wilson & Sons Ltda., 117 p.
- MATHEUS, C.E. & TUNDISI, J.G. (1988). Estudo físico-químico e ecológico dos rios da bacia hidrográfica do ribeirão e represa do Lobo. In: TUNDISI, J.G. (ed.) *Limnologia e manejo de represas*. Série Monografias em Limnologia. Vol. 1. Tomo 1. EESC/USP/CRHEA/ACIESP, p. 419-71.
- MIRANDA, S.A.F. (1997). *Entradas não fluviais de nitrogênio e fósforo na represa do Ribeirão do Lobo*. Tese (Doutorado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 72 p.
- MORAES, E.M. (1978). *Ciclo sazonal, distribuições horizontal e vertical e inter-relação ecológicas de nutrientes na Represa do Lobo (Brotas-Itirapina-SP)*. Dissertação (Mestrado). I.B./USP, São Paulo. 153 p.
- NUSCH, E.A. (1980). Comparasion of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Arch. Fur. Hydrobiol.*, v.14, p. 14-36.
- OISHI, M.K. (1990). *Determinação do potencial trófico das águas dos componentes da bacia hidrográfica da represa do Lobo (Broa-Itirapina, SP) através de ensaio algal*. Dissertação (Mestrado) – EESC/USP.

- OISHI, M.K. (1997) *Caracterização do meio físico, das características físicas e químicas e de fluxo de nutrientes em tributários da Bacia Hidrográfica do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê-SP)*. Tese (Doutorado). EESC/USP, São Carlos. 197 p.
- PAYNE, A.I. (1986). *The ecology of tropical lakes and rivers*. John Wiley & Sons Ltd. 301 p.
- ROCHA, O.; PIRES, J.S.R. & SANTOS, J.E. (2000). A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: ESPÍNDOLA, E.L.G. *et al* (Ed.) *A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho – uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar*. Editora RIMA, São Carlos, SP. 188 p.
- SALATI, E. (1996) *Diagnóstico ambiental sintético e qualidade da água como subsídio para o planejamento regional integrado da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí (SP)*. Tese (Doutorado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 199 p.
- SOUZA, D. A. (1993). *Bacia do ribeirão do Lobo: bases ecológicas para o desenvolvimento regional, manejo e conservação*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 158 p.
- SOUZA, M.H.A.O. (1977). *Alguns aspectos ecológicos da vegetação na região perimetral da Represa do Lobo (Brotas-Itirapina, SP)*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências-USP, São Paulo. 369 p.
- 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12. *Anais*, Camboriú.
- TUNDISI, J.G & MATSUMURA-TUNSIDI, T. (1995). The Lobo-Broa ecosystem research. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (eds.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences and Brazilian Limnological Society, p.219-243

- _____; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRIGUEZ, S.L. (2003). *Gerenciamento e recuperação das bacias hidrográficas dos rios Itaqueri e do Lobo e da represa da UHE Carlos Botelho (Lobo-Broa)*. IIE/ IIEGA, São Carlos. 72 p.
- WETZEL, R.G. & LIKENS, G.E. (1991). *Limnological Analysis*. New York, Springer Verlag, 391 p.
- WHITAKER, V.A. (1993). *A área alagada da represa do Lobo (Itirapina, SP) – os processos ecológicos associados ao potencial de desnitrificação dos sedimentos*. Tese (Doutorado). EESC/USP, São Carlos. 137 p.

3. ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DO RESERVATÓRIO DO LOBO

1. INTRODUÇÃO

Para Margalef (1983) reservatórios são ecossistemas híbridos de rios e lagos. A taxa de renovação da água é mais lenta que no rio e mais rápida que no lago. A organização vertical do lago e a horizontal do rio são substituídas, nos reservatórios, por outra organização intermediária e característica do sistema represado.

As diferenças entre reservatórios e sistemas naturais, segundo Wetzel (1990), são basicamente estruturais, como a estabilidade da coluna de água, e de funcionamento do sistema, e precisam ser entendidas para se obter usos e manejos mais adequados dos seus recursos. A dinâmica de reservatórios é controlada não somente pelos fatores climatológicos como vento e chuvas, como também pela sua morfometria e sistema de operação da barragem que, por sua vez, é regulado pela disponibilidade de água e dos usos múltiplos da represa, gerando flutuações de vazão, do tempo de residência da água e no nível de água no reservatório (Tundisi *et al*, 1993).

O aumento no tempo de residência da água em relação aos sistemas lóticos, é o responsável por uma série de alterações nas características limnológicas observadas nas áreas represadas e a jusante das mesmas, provocando alterações no comportamento térmico da coluna de água, nos processos de sedimentação, na circulação das massas de água, na dinâmica dos gases, na ciclagem de nutrientes e na estrutura das comunidades aquáticas (Thomaz *et al*, 1997). Esse fator depende claramente dos sistemas de operação do reservatório, incluindo-se a altura do nível de saída de água para as turbinas e a regulação do nível da água, com o fluxo de água dos afluentes (Tundisi, 1988).

Reservatórios apresentam a compartimentalização em unidades e sub-unidades representadas pelos braços de diferentes afluentes, além da diferenciação em três regiões

principais: região lótica, região de transição e região lântica; distintas por seus mecanismos de funcionamento hidráulico, transporte de sedimento, penetração de luz e características das comunidades. As características de cada região refletem a diminuição da influência do rio tributário (Kennedy, 1999). Para Kimmel *et al.*, (1990) essas regiões podem ser assim caracterizadas:

- região lótica: apresenta alta vazão, baixo tempo de residência da água, alta disponibilidade de nutrientes, alta concentração de sólidos em suspensão, baixa penetração de radiação solar, fonte de matéria orgânica alóctone. É a região mais eutrófica do reservatório, tendo a produção primária limitada pela radiação;
- região de transição: apresenta alta produtividade do fitoplâncton, redução da vazão, aumento do tempo de residência da água, redução do material em suspensão, menor turbidez e maior penetração da radiação solar. Devido à disponibilidade de luz e nutrientes para a fotossíntese, essa pode ser considerada a região mais fértil do reservatório;
- região lântica: ocorre no baixo reservatório, próximo à barragem e geralmente tem o maior tempo de residência da água. É caracterizada pela menor concentração de nutrientes dissolvidos e de sólidos em suspensão, o que permite maior penetração da radiação. A produção primária é limitada pela concentração de nutrientes e esta é a região mais oligotrófica do reservatório.

Heide (1982), em estudos no Lago Brokopondo (Suriname), observou este padrão de heterogeneidade espacial. As três regiões apresentam características distintas com relação a parâmetros físicos, químicos e biológicos. As comunidades que habitam tais locais diferem na distribuição e composição qualitativa e quantitativa, mostrando-se morfologicamente adaptadas a cada ambiente. Kimmel *et al.* (*op.cit.*) indicam que a fertilidade relativa geralmente diminui ao longo do reservatório. Quanto mais distante da entrada dos tributários, menor o suprimento de nutrientes por advecção e, conseqüentemente, a produção primária torna-se mais dependente da reciclagem interna dos nutrientes. O estado trófico (refletido pela profundidade de Secchi, suprimento de fósforo, concentração de clorofila, produtividade do fitoplâncton, depleção do oxigênio dissolvido) geralmente evolui de condições eutróficas para oligotróficas ao longo do eixo lótico-transição-lântico

Na represa do Lobo, Tundisi (1977) demonstrou o gradiente horizontal de fatores ambientais e de atividade biológica ocorrendo das porções superiores da represa até a barragem. O sistema foi classificado, na ocasião, como mesotrófico na parte superior,

devido ao constante influxo de nutrientes e à decomposição de macrófitas, e como oligotrófico no restante do reservatório.

Ao longo dos anos, vários estudos realizados no local vêm indicando o aumento na concentração de nutrientes nesse ecossistema, além de processos de degradação da qualidade ambiental, resultantes dos impactos observados no reservatório e na área de entorno, como indicado anteriormente. Assim, busca-se, nesse estudo, avaliar a atual qualidade da água no reservatório, através de uma abordagem comparativa.

2. OBJETIVOS

Realizar uma caracterização espacial (horizontal) e temporal das características limnológicas, avaliando a situação atual do reservatório do Lobo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Pontos e período de coleta

Considerando-se os objetivos desta pesquisa como sendo a avaliação da qualidade da água e o acompanhamento das características limnológicas do reservatório do Lobo (Brotas/Itirapina), os pontos de coleta no sistema foram escolhidos considerando-se as áreas com maior uso pelos turistas, entradas dos principais tributários e pontos estudados anteriormente, para estabelecer uma melhor comparação. Os pontos de coleta distribuem-se como indicado na Figura 1, seguindo a avaliação descrita abaixo:

E1: Foz do rio Itaqueri

E2: Foz do Córrego do Geraldo

E3: Foz do ribeirão do Lobo

E4, E5, E6 e E7: Margens próximas à praia do Balneário Santo Antonio

E8: Ponto próximo à barragem

E9: Ponto à jusante da represa

O período de coleta foi de um ano, com início em dezembro de 2001 e término em dezembro de 2002. As coletas ocorreram, sempre que possível, às segundas-feiras com

amostragens sub-superficiais, tomando-se medidas *in situ* para os parâmetros pH, temperatura da água, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, com o multisensor de qualidade da água HORIBA (modelo U-10). Amostras de água foram coletadas, para posterior análise em laboratório, de nutrientes totais e dissolvidos, material em suspensão e clorofila total.

Figura 1. Pontos de coleta na represa do Lobo.

3.2. Parâmetros e metodologias utilizadas

A cada semana foram analisados os parâmetros pH, temperatura da água, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, perfazendo um total de 52 semanas amostradas. Mensalmente foram efetuadas as análises de nutrientes totais (fósforo e nitrogênio orgânico total), nutrientes dissolvidos (nitrito, nitrato, amônio, fosfato total dissolvido, fosfato inorgânico dissolvido e silicato reativo), material em suspensão e clorofila total, completando 11 coletas, seguindo as metodologias indicadas na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros limnológicos analisados e metodologias utilizadas neste estudo.

Parâmetro	Unidade	Material/Método	Autor
pH	-	Multisensor	-
Temperatura da água	° C	Multisensor	-
Cond. elétrica	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	Multisensor	-
Oxigênio dissolvido	mg.L^{-1}	Multisensor	-
Nítrito	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Golterman <i>et al</i> (1978)
Nitrato	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Mackereth <i>et al</i> (1978)
Amônio	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Koroleff (1976)
Nitrogênio org. total	mg.L^{-1}	Espectrofotometria	Golterman <i>et al</i> (1978)
Fosfato total dissolv.	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Golterman <i>et al</i> (1978)
Fosfato inorg. dissolv.	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Golterman <i>et al</i> (1978)
Fósforo total	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	APHA (1995)
Silicato reativo	mg.L^{-1}	Espectrofotometria	Golterman <i>et al</i> (1978)
Mat. em suspensão	mg.L^{-1}	Gravimetria	Wetzel & Likens (1991)
Clorofila total	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Espectrofotometria	Nusch (1980)

3.3. Dados climatológicos

Os dados climatológicos como precipitação e temperatura do ar, referentes ao período de coleta, foram obtidos na Estação Climatológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da EESC/USP, localizada às margens da represa.

3.4. Índice de estado trófico

Com os resultados de algumas variáveis ambientais foi calculado o Índice de Estado Trófico do reservatório utilizando-se o modelo de Carlson (1977), modificado por Toledo *et al* (1983). As modificações tiveram o objetivo de melhor adaptá-lo às condições climáticas e ambientais observadas nos trópicos, utilizando transparência da água, concentração de fósforo total, concentração de fosfato inorgânico e concentração de clorofila.

A classificação proposta segue o seguinte critério: **Oligotrófico** - $IET \leq 44$; **Mesotrófico** - $44 < IET < 54$ e **Eutrófico** - $IET \geq 54$.

3.5. Análise estatística

Foi realizada uma análise de variância multivariada (MANOVA) com os dados semanais e mensais, a fim de se testar o efeito da sazonalidade, da localização dos pontos de coleta (que foram divididos em grupos: tributários, represa, barragem e jusante) e também da coleta. Sobre os dados mensais foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) e, a partir desta, uma análise de agrupamento (Cluster).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Pluviosidade e temperatura atmosférica

Os dados climatológicos para o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2002 são apresentados na Figura 2, evidenciando um ciclo sazonal bem definido, com período de verão mais quente e chuvoso, e um período de inverno com temperaturas mais amenas e redução da pluviosidade, sendo registrado um total anual de 1416,9 mm.

A variação das temperaturas atmosféricas médias foi de aproximadamente 8°C, com mínima de 17,7°C no mês de julho e máxima de 25,9°C, em outubro. Esse padrão reflete o esperado de variações climáticas para a macro-região de São Carlos (Silva *et al*, 2000).

Figura 2. Distribuição dos valores médios de temperatura atmosférica (°C) e pluviosidade (mm) durante o ano de 2002.

4.2. Temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido e pH da água

Os resultados obtidos para a temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido e pH da água estão apresentados na Tabela 2 e Anexo 1.

Em relação ao pH, o menor valor observado foi 3,8 na estação de coleta E2 (foz do córrego do Geraldo), em 28 de outubro, enquanto o maior foi 7,7 na E3 (foz do ribeirão do Lobo), em 4 de julho.

Observando-se os gráficos com as medidas mensais (Figura 3) e com as médias de cada estação de coleta no período de estudo (Figura 4), nota-se que o pH apresentou uma pequena variação entre as estações e também ao longo do período. A média nas estações correspondentes aos tributários e à represa esteve entre 5,1 e 5,8, apresentando um valor superior (6,4) apenas na estação localizada à jusante da represa.

Os valores obtidos são considerados baixos, quando comparados ao intervalo estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86, segundo a qual os corpos de água classe 2 devem apresentar pH na faixa entre 6,0 e 9,0. Neste estudo, os valores de pH estiveram, em grande parte do período, abaixo do limite mínimo estabelecido pela citada Resolução.

A região do reservatório do Lobo apresenta pH baixo, fato relacionado à geologia da região. Tundisi (1977) encontrou valores de pH sempre menores que 7, durante a época em que o trabalho foi desenvolvido; sendo que o valor mínimo foi medido em março de 1972 (5,4) e o máximo em setembro (6,1).

Tabela 2. Valores mínimos e máximos das variáveis medidas semanalmente, no período de estudo.

	E1 mín-máx	E2 mín-máx	E3 mín-máx	E4 mín-máx	E5 mín-máx	E6 mín-máx	E7 mín-máx	E8 mín-máx	E9 mín-máx
pH	4,1-6,8	3,8-6,7	4,0-7,7	4,0-7,2	4,1-7,2	4,7-7,2	4,7-7,3	4,6-7,1	5,7-7,6
condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	8,0-24,0	4,0-9,0	4,0-10,0	6,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-15,0
O₂ dissolvido (mg.L^{-1})	3,0-7,8	5,9-9,2	4,9-9,5	5,7-9,1	6,4-10,2	6,2-10,3	6,3-9,2	5,6-9,9	4,0-9,6
temperatura (° C)	14,5-25,3	15,7-27,4	15,3-27,5	18,1-27,8	18,0-27,6	18,1-27,6	18,1-27,5	17,8-28,0	17,8-27,0

pH

Figura 3. Valores de pH nas estações de coleta, no período de estudo.

O autor observa que os baixos valores de pH podem ser atribuídos à contribuição do solo circundante, o qual é extremamente ácido. Hino (1979) encontrou valor mínimo de 5,1 em fevereiro de 1977 e valor máximo de 6,3 em junho de 1976.

Figura 4. Valores médios, mínimos e máximos de pH em cada estação, durante o período de estudo.

Oliveira (1993) verificou que nas épocas de maior temperatura e precipitação, com conseqüentes entradas de nutrientes a partir dos rios, os valores de oxigênio dissolvido e pH mostraram-se reduzidos. Na ocasião, o menor pH foi de 4,4, em janeiro. A redução de pH nestas áreas deve-se provavelmente ao fato de que no processo de decomposição há formação de ácido carbônico, ácidos húmicos e taninos.

Trindade (1980), analisando os sedimentos da represa e seus afluentes, também constatou as condições ácidas, além da não variação representativa nos valores em relação aos rios, foz e diferentes regiões da represa. Nas coletas de inverno os valores de pH foram baixos e relativamente uniformes, conservando-se entre 4,5 e 5,6. Nas coletas de verão os valores de pH foram ligeiramente diferentes, conservando-se entre 4,5 e 6,0.

Em relação à condutividade (Figuras 5 e 6), a mínima observada foi $4,0 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ e a máxima $24,0 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$. De modo geral, os maiores valores sempre estiveram na estação E1 (média de $15,2 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$), enquanto os menores estiveram na E2 e E3 ($5,3$ e $5,4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, respectivamente). Já na represa estes valores mantiveram-se estáveis não só entre as estações de coleta como também ao longo do período de estudo, com valores médios entre $7,8$ e $7,9 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$. Estes valores são bem próximos à média do reservatório ($7,5 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$) relatada por Calijuri & Tundisi (1990).

Condutividade

Figura 5. Valores de condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo.

Figura 6. Valores médios, mínimos e máximos de condutividade elétrica ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$) em cada estação de coleta, durante o período de estudo.

Margalef (1983), comenta sobre a relação inversa existente entre a concentração de nutrientes e o fluxo de água, que se manifesta com a redução geral na concentração iônica quando as chuvas atingem seu pico. O valor de condutividade é proporcional à concentração iônica e fornece uma indicação preliminar da qualidade da água. Pelos valores de condutividade apresentados, verifica-se que essa relação não foi observada no sistema estudado. No verão, época da maior precipitação, os valores de condutividade não apresentaram as variações esperadas, permanecendo praticamente constantes ao longo do período de estudo. Os valores mais altos apresentados na estação E1 estão relacionados ao recebimento dos esgotos (efluentes da estação de tratamento e esgoto das duas penitenciárias) do município de Itirapina, que são lançados no córrego Água Branca, que sofre uma confluência com o rio Itaqueri. Ainda assim, os valores, variando de 8,0 a 24,0 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ nas 52 semanas amostradas, podem ser considerados baixos se comparados a outros sistemas mais impactados. Oishi (1997), estudando o reservatório de Barra Bonita e seus tributários, por exemplo, encontrou o valor máximo de 550,0 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ no rio Capivari, sendo que os maiores valores de condutividade foram obtidos no período de estiagem.

O oxigênio dissolvido apresentou concentração mínima de 3,0 $\text{mg}.\text{L}^{-1}$ na estação E1, em 26 de março, e máxima de 10,3 $\text{mg}.\text{L}^{-1}$ na E6, no dia 24 de junho. As concentrações nas estações de coleta correspondentes à represa (E4, E5, E6, E7 e E8) apresentaram uma menor variação ao longo do ano, quando comparadas àquelas das entradas dos tributários, na represa (E1, E2 e E3) e à jusante (E9) (Figuras 7 e 8). A represa apresentou valores médios entre 7,0 e 7,7 $\text{mg}.\text{L}^{-1}$, enquanto nos tributários as médias variaram de 5,5 a 6,9 $\text{mg}.\text{L}^{-1}$.

Oxigênio dissolvido e Temperatura da água

Figura 7. Valores de oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) e temperatura da água (°C) nas estações de coleta, durante o período de estudo.

Figura 8. Valores médios, mínimos e máximos de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) em cada estação de coleta, durante o período de estudo.

Foi observado um pequeno aumento na concentração de oxigênio dissolvido no período de menores temperaturas. A solubilidade do oxigênio da água depende da temperatura e da pressão atmosférica, onde quanto maior a temperatura, menor a pressão e menor a solubilidade do oxigênio (Esteves, 1988).

Estudos anteriores indicam que o reservatório do Lobo apresenta altas concentrações de oxigênio dissolvido em suas águas, principalmente por ser um reservatório raso e pela mistura provocada pela ação dos ventos típicos da região (Tundisi, 1977; Calijuri, 1985; Simonato, 1986; Calijuri, 1988).

No período entre dezembro de 2001 e abril de 2002, a estação E1 apresentou concentrações de oxigênio dissolvido abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86, que para a classe 2 é de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$. Com as coletas semanais pode-se observar que isso ocorreu com frequência entre 17 de dezembro de 2001 e 22 de abril de 2002. Apenas em quatro semanas, neste intervalo de tempo, as concentrações estiveram acima de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$: 17 e 26 de dezembro de 2001 ($5,1$ e $6,1 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente), 2 de janeiro ($5,5 \text{ mg.L}^{-1}$) e 15 de abril ($5,2 \text{ mg.L}^{-1}$). Neste período (verão) encontram-se altas temperaturas, porém não as maiores observadas durante o estudo, e precipitação acentuada. Mais uma vez os esgotos de Itirapina são os principais responsáveis por essa degradação da qualidade da água, por apresentar altos teores de compostos orgânicos, o que demanda o consumo do oxigênio dissolvido para a degradação da matéria. Branco & Rocha (1977) afirmam que quando a concentração desse gás está em níveis menores que 4 mg.L^{-1} indica poluição causada por resíduos orgânicos.

Em relação à temperatura da água, a mínima observada foi 14,5 °C na estação E1, em julho de 2002, e a máxima foi 28,0 °C na E8, em dezembro de 2002 (Figura 7). Houve variação da temperatura entre as entradas dos tributários e a represa. Essa variação pode, entre outros, estar relacionada ao horário de coleta, pois as mesmas foram realizadas às segundas-feiras, com início dos trabalhos por volta das 8h30min e término próximo das 11h30min. A sequência das estações de coleta visitadas era sempre E3, E1, E2, E4, E5, E6, E7, E8 e E9. Outro fator que pode ter contribuído para essa variação é o fato das águas dos rios serem normalmente mais frias que as do reservatório.

Figura 9. Valores médios, mínimos e máximos da temperatura da água (°C) nas estações de coleta, durante o período de estudo.

Além disso, Simonato (1986) observou diferenças no padrão térmico, assim como em outros parâmetros medidos na alta represa, relacionados às condições causadas pelas macrófitas. O padrão térmico está relacionado a morfometria do reservatório, ondas, ventos, radiação solar e resfriamento superficial. Tundisi (1977) encontrou um ciclo sazonal de temperatura da água normal, com um máximo no verão de 26°C e um mínimo no inverno de 18°C. O autor cita que a variação sazonal da temperatura situa-se por volta de 8-10°C.

4.3. Material em suspensão e clorofila

As concentrações de material em suspensão total, inorgânico e orgânico estão representadas na Figura 10. Verifica-se que os maiores valores ocorreram na estação E1, na coleta de dezembro de 2001 (38,6 mg.L⁻¹ de material em suspensão total). A porção orgânica foi superior na maioria das vezes, exceção feita às estações correspondentes às entradas dos rios tributários na represa.

Material em suspensão

Figura 10. Concentração de material em suspensão total, fração inorgânica e fração orgânica (mg.L^{-1}) nas estações de coleta, no período de estudo.

A estação E1, foz do rio Itaqueri, apresentou valores maiores da porção inorgânica em 8 das 11 coletas realizadas. Como já foi mencionado, esse rio sofre os impactos da mineradora ali instalada. Os impactos ambientais da extração de areia estão relacionados com sua área de lavagem, onde se verificam sérios problemas de degradação da qualidade dos recursos hídricos, como a contaminação das águas superficiais e subterrâneas pela presença de substâncias tóxicas, e impactos mais generalizados sobre todo o ecossistema, como a poluição atmosférica e a descaracterização da paisagem (Barbieri *et al*, 1997 *apud* Marinelli, 2002).

Na represa do Lobo, dentre os impactos observados relacionados à atividade mineradora, destaca-se a formação de um delta na foz do rio Itaqueri. O aumento da deposição de sedimento devido às atividades da extração de areia pela mineradora localizada às margens do rio Itaqueri, distante aproximadamente um quilômetro da represa, acelerou o processo de assoreamento desta zona de transição (Matheus & Tundisi, 1988; Whitaker, 1993; Marinelli 2002).

Oliveira (1993) encontrou no rio Itaqueri grande quantidade de material em suspensão, que em outubro foi de origem orgânica e em janeiro e junho, inorgânica. No ribeirão do Lobo foi observado, tanto no inverno como no verão, a predominância de material em suspensão orgânico, devido principalmente a proteção do leito do rio por uma densa mata ciliar.

A concentração de clorofila foi sempre superior nas estações de coleta localizadas na represa (Figura 11). De forma geral, os maiores valores foram obtidos na coleta do mês de fevereiro. A concentração máxima ($62,1 \text{ mg.L}^{-1}$) foi obtida na estação E4, em fevereiro, enquanto a mínima ($0,6 \text{ mg.L}^{-1}$) foi obtida na E2, em julho.

4.4. Nutrientes

Formas nitrogenadas

Neste estudo, em relação ao nitrogênio orgânico total (Figura 12) a concentração mínima ($0,01 \text{ mg.L}^{-1}$) foi encontrada na E2 em março, enquanto a máxima ($1,77 \text{ mg.L}^{-1}$) foi na E1, em dezembro de 2001. Observando-se a Figura 13, nota-se que os valores médios das estações de coleta, no período estudado, mantiveram-se bem próximos, variando de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ a $0,7 \text{ mg.L}^{-1}$.

Clorofila total

Figura 11. Concentração de clorofila total (µg.L⁻¹) nas estações de coleta, no período de estudo.

(*) Resultado não obtido na E8 na coleta de janeiro de 2002.

Nitrogênio orgânico total

Figura 12. Concentração de nitrogênio orgânico total (mg.L⁻¹) nas estações de coleta, no período de estudo.

Figura 13. Valores médios, mínimos e máximos de nitrogênio orgânico total (mg.L⁻¹) em cada estação de coleta, durante o período de estudo.

Ao se tratar das formas nitrogenadas ou dissolvidas de nitrogênio, a maior fração encontrou-se sob a forma de nitrato. A E1 apresentou as maiores concentrações, sendo que a máxima foi 569,5 µg.L⁻¹, em agosto, enquanto a mínima concentração foi observada na E5, com 3,5 µg.L⁻¹ (Figura 14)

Pela figura que apresenta as concentrações médias de cada estação de coleta ao longo do ano (Figura 15), nota-se que na E1 o valor encontrado (249,2 µg.L⁻¹) foi bem maior que o das outras estações. As concentrações referentes à represa, por exemplo, apresentaram médias variando de 13,6 µg.L⁻¹ a 17,4 µg.L⁻¹.

No estudo realizado por Oliveira (1993), a concentração de nutrientes medida foi, em geral, igual ou menor que em seus tributários de origem. Concluiu-se, portanto, que os nutrientes provenientes dos rios parecem sedimentar, ocorrendo precipitação e/ou haver uma rápida incorporação destes por parte das macrófitas aquáticas.

Nitrato

Figura 14. Concentração de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo.

Figura 15. Valores médios, mínimos e máximos de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada estação de coleta durante o período de estudo

Já para o nitrito, as maiores concentrações, observadas na E1, apresentaram o valor máximo de $19,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ no mês de agosto. O mínimo foi encontrado na E6, com uma concentração de $0,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ em junho (Figura 16). Os valores encontrados nesse sistema são baixos, com médias no reservatório variando de $1,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ a $1,7 \mu\text{g.L}^{-1}$. Na Resolução CONAMA 20/86, o limite para este nutriente é de $1000,0 \mu\text{g.L}^{-1}$, valor muito superior aos encontrados neste estudo. Na estação E1 parece haver uma diluição do nitrato, do nitrito e do amônio nos períodos de maior precipitação, já que sua principal fonte de nutrientes é o esgoto (efluente da estação de tratamento e o esgoto das penitenciárias), como citado anteriormente.

O nitrogênio amoniacal (Figura 17) apresentou uma concentração mínima de $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ na E5 e máxima de $213,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ na E9. Pela E9 se tratar da estação de coleta à jusante da represa, esse valor mais elevado pode estar associado à abertura das comportas inferiores da represa, liberando água e compostos em decomposição do fundo. Na ocasião, a vazão turbinada estava sendo utilizada pela empresa que administra a represa para a geração de energia elétrica. Assim, a água liberada era a que estava sofrendo influência direta dos processos de decomposição da matéria orgânica que sedimenta na região próxima à barragem. Dornfeld *et al* (2002) avaliaram o sedimento da represa e observaram que a região próxima à barragem, assim como a região da foz do rio Itaqueri, apresentaram as maiores contribuições de matéria orgânica e concentrações de metais biodisponíveis, além de maior toxicidade.

Nitrito

Figura 16. Concentração de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo.

Amônio

Figura 17. Concentração de amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo.

O processo de mineralização do nitrogênio ou nitrificação ocorre a partir da degradação da matéria orgânica, liberando inicialmente como primeira forma de nitrogênio inorgânico o íon amônio. Esse pode então ser aproveitado pelos produtores ou oxidado por enzimas, produzindo nitrito e, sucessivamente nitrato, que reduzido pela ação de bactérias anaeróbias, também se torna uma fonte de nitrito (Carmouze, 1994). Mitamura & Hino (1997), estudando lagos da bacia do rio Doce, em Minas Gerais, observaram um acentuado processo de amonificação nesses sistemas a partir da disponibilização do sedimento.

As concentrações médias obtidas durante o período de estudo estiveram entre 17,8 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 28,6 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Figura 18).

Figura 18. Valores médios, mínimos e máximos do íon amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada estação de coleta, durante o período de estudo.

Segundo Tundisi (1977), o reservatório do Broa, em suas condições originárias, apresenta deficiência em nitrogênio e cita, como evidência desse fato, a presença de plantas carnívoras que, sabe-se, desenvolvem-se em ambientes deficientes nesse elemento. Essa característica do reservatório é, principalmente, devida à composição do solo circundante (Souza, 1977). Moraes (1978) afirma que a pobreza do solo da bacia hidrográfica do Lobo pode ser observada pela qualidade das águas dos tributários que abastecem o reservatório, caracterizando as maiores contribuições das formas de nitrogênio no córrego Água Branca, como realmente sendo oriundas do lançamento de resíduos de esgotos no ribeirão Itaqueri.

Não se deve deixar de mencionar o efeito das áreas alagadas e dos bancos de macrófitas encontrados na porção superior da represa (E1, E2 e E3 - áreas de transição) na dinâmica dos nutrientes nesse sistema. Trindade (1980) menciona que essas áreas apresentam um sedimento rico em matéria orgânica e o solo hidromórfico, ali encontrado,

pode perder muito nitrogênio sob a forma de amônia. Concentrações mais altas de nitrito, nitrato, fosfato e silicato nas regiões próximas a foz dos tributários e cabeceira da represa, sugerem influência de matéria orgânica acumulada em maior quantidade nesta região, devido à presença de grande número de macrófitas aquáticas, que por sua vez oferecem condições a um aumento da população fitoplanctônica, zooplanctônica e do perifiton. A decomposição dessa matéria pode ser a fonte de parte desses nutrientes, justificando assim os mais altos teores nessa região.

Wetzel (1981) afirma que a interação entre as condições hidrológicas e os processos microbianos e de degradação da vegetação, fazem de áreas alagadas importantes sistemas de ciclagem biogeoquímica de nitrogênio e retenção de suas formas inorgânicas dissolvidas. As áreas alagadas atuam também como sistema tampão. Whitaker (1993) discute o efeito tampão e regulador das áreas alagadas para o reservatório do Lobo, sendo responsável pela remoção diária de 10 a 20% dos nutrientes que entram no reservatório.

Moraes (*op. cit.*) observou em seu estudo que os teores de nitrato nas águas são baixos e que os valores vão decrescendo à medida que se caminha da cabeceira da represa (Alto Broa) para as regiões em direção à barragem (Baixo Broa), além de obter menores concentrações de nitrato e nitrito durante a época chuvosa, fato que foi relacionado com o desenvolvimento de fitoplâncton nesse período, consumindo assim, grande parte dos nutrientes totais dissolvidos na água. Observou-se também um aumento das concentrações em relação à profundidade, fato este que sugere que o sedimento seja uma das fontes de nitrato para a represa.

O padrão relatado por Moraes (1978), Chamixaes (1991) e Marinelli (2002), em relação ao nitrato e ao nitrito, foi o mesmo encontrado nesse estudo. As menores concentrações encontradas na época chuvosa em relação à seca, particularmente na E1, devem-se à maior precipitação. A influência dos tributários e os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes na área alagada colonizada por macrófitas, explicam a variação espacial encontrada, o que corrobora estudos anteriores. As concentrações de nitrogênio e das formas nitrogenadas observadas nesse estudo são, de modo geral, mais elevadas. Porém, quando comparados a outros reservatórios do estado de São Paulo ou mesmo aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 20/86, nota-se que podem ser considerados baixos.

Zanata & Espíndola (2002), por exemplo, encontraram no reservatório de Salto Grande concentrações máximas de nitrogênio orgânico total de $6,09 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto nesse estudo, a máxima concentração observada foi de $1,77 \text{ mg.L}^{-1}$ na E1, estação de coleta mais impactada, por receber o esgoto de Itirapina. Ainda assim, esse valor é bem superior à concentração máxima encontrada por Oliveira (1993) no reservatório do Lobo, na mesma estação de coleta E1, que foi de $0,75 \text{ mg.L}^{-1}$. Esse quadro de degradação da qualidade da água do reservatório será abordado mais adiante.

Formas fosfatadas

Em relação ao fósforo total e aos compostos fosfatados, a E1 apresentou, novamente, as concentrações mais elevadas durante o período de estudo, seguindo o padrão observado para as formas nitrogenadas. Para o fósforo total, a concentração mínima foi de $18,4 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ na E5, em março, enquanto a máxima foi $163,8 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ na E1, em dezembro de 2001 (Figura 19).

O fosfato total dissolvido (Figura 20) apresentou concentração mínima de $5,4 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ na E4, em julho de 2002 e a máxima foi de $60,8 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, na E1, em junho, com médias entre $12,0 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ e $45,0 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$.

A concentração máxima de fosfato inorgânico dissolvido foi de $60,3 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ na E1, em outubro, sendo a mínima de $0,3 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, na E9, em agosto (Figura 21). A concentração média, ao longo do período estudado, na E1, foi de $34,46 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, bem superior às médias das outras estações de coleta, que variaram de $3,6 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ a $6,7 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$.

Como as regiões litorâneas de reservatórios geralmente são rasas, isso propicia um acúmulo de fósforo no sedimento (Calijuri & Tundisi, 1990). Os valores médios de fósforo total (Figura 22) estiveram entre $36,9 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ e $92,6 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, valores acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA 20/86, que é de $25,0 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$. Branco & Rocha (1977), estabelecendo critérios para a classificação do uso das águas, destacam que ambientes livres de contaminação devem apresentar concentrações de fósforo total entre 10 e $30 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$.

Fósforo total

Figura 19. Concentração de fósforo total (µg.L⁻¹) nas estações de coleta, no período de estudo.

Fosfato total dissolvido

Figura 20. Concentração de fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta, no período de estudo. (*) Valor não obtido na E1 em julho de 2002.

Fosfato dissolvido inorgânico

Figura 21. Concentração de fosfato dissolvido inorgânico (µg.L⁻¹) nas estações de coleta, no período de estudo.

Figura 22. Valores médios, mínimos e máximos de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada estação de coleta, durante o período de estudo.

No estudo realizado por Simonato (1986), as menores concentrações de fosfatos inorgânicos dissolvidos foram registradas nos períodos de maior circulação e poderiam ser ocasionadas por ventos constantes e alta instabilidade, aumentando a capacidade de precipitação e retenção de fosfatos no sedimento, já que os níveis de oxigênio são altos. Os demais nutrientes analisados apresentaram variação de concentração no perfil vertical inversamente proporcional em relação à velocidade do vento em junho e agosto/setembro. As concentrações são maiores nesse período e são mais homogêneas verticalmente.

Ccopa Rivera (2003) fez a avaliação e a simulação no tempo de um modelo do fósforo no reservatório, usado para ter uma visão sistêmica em longo prazo e mudanças nos níveis deste nutriente e como são afetados pela variação da taxa de entrada e pelas taxas de troca entre o sedimento e a coluna de água.

A simulação mostra que a longo prazo, sob circunstâncias das cargas atuais, a represa do Lobo estará sendo submetida a um processo gradual de enriquecimento do fósforo na coluna de água e no sedimento, isto é, um processo de eutrofização ao longo dos anos. A sensibilidade do modelo aos valores do fluxo de reciclagem constante e o incremento deste fluxo sugere que mudanças na troca água-sedimento têm efeitos consideráveis nos níveis de fósforo liberado para a coluna de água.

Comparando-se a outros reservatórios do estado de São Paulo (Tabela 3), verifica-se que na represa do Lobo as concentrações médias de nutrientes nitrogenados e fosfatados são inferiores.

Tabela 3. Comparação das concentrações médias de nutrientes na represa do Lobo e outras represas no estado de São Paulo.

Reservatórios	NH ₃ (µg.L ⁻¹)	NO ₂ (µg.L ⁻¹)	NO ₃ (µg.L ⁻¹)	NOT (mg.L ⁻¹)	PT (µg.L ⁻¹)	PTD (µg.L ⁻¹)	P in. (µg.L ⁻¹)
Barra Bonita	15,92	32,75	1652,5	0,89	76,8	25,0	19,5
Bariri	18,0	45,3	1183,1	0,73	54,89	21,8	11,3
Promissão	10,3	7,6	586,3	0,67	37,7	9,7	6,1
Salto Grande	462,2	151,2	1004,8	4,4	204,8	70,0	31,7
Lobo (Broa)	23,9	1,7	13,7	0,53	36,9	12,9	4,5

Barra Bonita, Bariri e Promissão (Fracácio, 2001); Salto Grande (Dornfeld (2002); Lobo (este estudo)

O uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica onde o reservatório está inserido são os fatores essenciais para a sua qualidade de água. A represa do Lobo localiza-se numa micro-bacia essencialmente agrícola, com cidades de pequeno porte e praticamente sem industrialização, além de pertencer a uma APA. No entanto, observa-se o aumento nas concentrações de nutrientes nesse sistema ao longo dos anos (tópico que será abordado mais adiante).

Silicato

As concentrações de silicato reativo foram mais elevadas nas estações de coleta correspondentes aos tributários (Figura 23). A máxima obtida foi de 7,12 mg.L⁻¹ no córrego do Geraldo, no mês de outubro, enquanto a mínima foi 0,40 mg.L⁻¹ no mês de agosto, no mesmo córrego. Comparando-se as médias das concentrações obtidas ao longo do ano, observa-se que a maior foi no rio Itaqueri.

Whitaker (1993), Chamixaes (1991) e Marinelli (2002) registraram valores mais elevados na época chuvosa, associando as altas concentrações de silicato ao processo de lixiviação de minerais provenientes das rochas da bacia de drenagem, que nesta época é mais intenso, aumentando a velocidade da correnteza. Os valores observados no rio Itaqueri e no ribeirão do Lobo foram bastante próximos.

Silicato reativo

Figura 23. Concentração de silicato reativo (mg.L⁻¹) nas estações de coleta, no período de estudo.

Segundo Matheus & Tundisi (1988) os ribeirões que formam a represa do Broa se originam a aproximadamente 1000m de altitude (na Serra do Itaqueri), o que confere às suas águas um elevado poder de erodibilidade, dissolução e carreamento de substâncias. Estes, percorrem uma região relativamente ampla e com absoluta predominância de rochas sedimentares (Moraes, 1978).

A comparação com estudos anteriores demonstra o aumento no aporte de materiais à represa ao longo dos anos, comprometendo a qualidade ambiental do sistema. A Tabela 4 mostra os valores encontrados para alguns nutrientes na foz do rio Itaqueri, principal ponto de contaminação da represa do Lobo. Nota-se que o aumento de nitrato e das formas de fósforo ao longo do tempo é muito elevado, indicando o grau de degradação observado na região e o crescente aumento da eutrofização.

O mesmo pode ser constatado quando se compara os valores obtidos na E8, um ponto de monitoramento presente em vários estudos realizados na área (Tabela 5). O nitrato, que no estudo de Tundisi (1977) apresentou valor máximo de $1,1\mu\text{g.L}^{-1}$, neste estudo foi de $52,8\mu\text{g.L}^{-1}$ e o fósforo total passou de $11,7\mu\text{g.L}^{-1}$ para $65,7\mu\text{g.L}^{-1}$.

Tabela 4. Valores médios de algumas variáveis obtidas em diferentes estudos, na foz do rio Itaqueri, ao longo de quase 30 anos.

Parâmetros	Moraes (1978) (75 e 76)	Oishi (1990) (88 e 89)	Oliveira (1993) (90 e 91)	Queiroz (2000) (96 e 97)	Argenton (01 e 02)
Nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	4,8	24,8	305,9	-	249,2
Nitrog. org. total (mg.L^{-1})	-	-	0,6	0,7	0,7
Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	17,0	-	47,3	32,4	92,7
Fosf. total dissol.. ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	8,4	6,2	28,1	-	45,1
Silicato (mg.L^{-1})	2,1	1,6	1,5	-	2,3

(-) Parâmetros não avaliados pelos autores.

Tabela 5. Valores mínimos, médios e máximos de algumas variáveis obtidas em diferentes estudos, no ponto próximo à barragem do reservatório do Lobo, ao longo de quase 30 anos.

Parâmetros	Tundisi (1977) (1972-73)			<i>Moraes (1978)</i> (1975 e 76)			Calijuri(1985) (1982 e 83)			Oishi (1990) (1988 e 89)			Oliveira(1993) (1990 e 91)			Queiroz(2000) (1996 e 97)			Argenton (2001 e 02)		
Nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0,0	0,5	1,1	0,0	2,3	11,0	0,0	27,0	58,0	1,9	23,0	60,6	3,3	10,6	15,5	-	-	-	4,7	13,7	52,8
Nit. org. total (mg.L^{-1})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,3	0,4	0,1	0,5	1,2	0,1	0,5	1,0
Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	11,8	12,3	12,7	7,8	15,5	30,9	-	-	-	-	-	-	14,0	14,6	15,0	5,4	29,7	102,0	21,2	36,9	65,7
Fos. total diss. ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	7,2	7,8	8,3	0,6	8,7	26,1	0,7	1,5	3,2	4,6	6,1	7,5	6,3	6,5	6,8	-	-	-	7,8	12,9	18,6
Silicato (mg.L^{-1})	0,4	1,0	1,6	0,1	1,5	3,1	0,2	1,0	3,0	1,5	1,6	1,7	1,0	1,2	1,3	-	-	-	0,3	1,1	2,4
Oxigênio diss. (mg.L^{-1})	5,2	6,6	8,0	6,0	7,8	9,7	7,4	7,7	8,3	7,8	8,3	8,7	7,1	7,3	7,8	6,5	7,8	10,5	5,6	7,7	9,9

(-) Parâmetros não avaliados pelos autores.

Como já discutido, os valores de nutrientes encontrados no corpo da represa atualmente ainda podem ser considerados baixos, em relação aos limites da resolução 20/86 do CONAMA ou quando comparados a sistemas com atividades antrópicas mais intensas, no entanto, a análise temporal dos dados mostra uma clara e preocupante alteração nas características naturais do ecossistema em estudo, com uma forte tendência à um processo de eutrofização não só na cabeceira como ao longo de todo o reservatório.

4.5. Índice de Estado Trófico (IET)

O índice de estado trófico calculado nas estações de coleta ao longo do período de estudo está indicado na Figura 24. Nota-se que, com exceção da E1, as estações mantiveram-se ao longo do ano como oligotróficas. A E1 pode ser classificada como meso-eutrófica, apresentando algumas variações durante o período de estudo, como no período de janeiro a abril de 2002, onde a E1 manteve-se como oligotrófica.

A região que no início da década de 70 foi classificada por Tundisi (1977) como mesotrófica (alta represa), atualmente apresenta-se como meso-eutrófica (Figura 25). Abe *et al* (2000) *apud* Leite & Espíndola (2002), determinando o IET de Carlson para a represa do Lobo, encontraram valores de 59,29 para a foz do rio Itaqueri (eutrófico) e de 43,76 para a barragem (limite entre oligo e mesotrófico). No presente estudo os valores médios encontrados nessas estações de coleta foram 44,75 (mesotrófico) e 22,24 (oligotrófico), respectivamente. Os máximos obtidos foram 64,53 na foz do Itaqueri (eutrófico), em dezembro de 2001 e 33,6 (oligotrófico) na estação próxima à barragem, em fevereiro de 2002, demonstrando que a elevada entrada de nutrientes está contribuindo para a eutrofização do sistema.

O comprometimento do rio Itaqueri está relacionado ao impacto ocasionado pelas atividades antrópicas ali desenvolvidas, sendo o efluente da Estação de Tratamento de Esgotos de Itirapina e o esgoto sem nenhum tratamento das duas penitenciárias do município, despejados no córrego Água Branca, os principais contribuintes ao aporte de nutrientes no reservatório. Porém, a retirada da vegetação nativa com sua substituição por culturas e reflorestamento, com a necessidade da utilização de fertilizantes químicos e pesticidas, além da construção de casas e clubes na área de entorno da represa, também comprometem a qualidade da água no sistema, constituindo importantes fontes difusas de poluição.

Figura 24. Índice de estado trófico (Toledo, 1983) nas diferentes estações de coleta ao longo do período de estudo

O processo de eutrofização foi abordado no estudo de Leite & Espíndola (2002), comparando o que vem sendo observado no reservatório do Lobo ao ocorrido em Salto Grande (Americana/SP), onde este acarretou a perda de usos do sistema, além de problemas de ordem econômica e social nos bairros de entorno, como a desvalorização de imóveis e o aumento da criminalidade às margens do reservatório. Dessa forma, torna-se essencial a adoção de medidas no sentido de conter os impactos ambientais na área.

Figura 25. IET médio nas estações de coleta no período de estudo.

4.6. Ordenação e agrupamento das amostragens

Com os dados coletados semanalmente (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura da água), foi realizada uma análise de variância multivariada (MANOVA) a fim de verificar a influência da sazonalidade, da localização dos pontos de coleta e da coleta sobre as variáveis. Foram realizados três testes: “ÉPOCA” avaliando o efeito da sazonalidade (dividida em período seco – abril a setembro – e chuvoso – outubro a março), “GRUPO” avaliando o efeito da localização dos pontos de coleta, que foram divididos em 4 grupos (tributários – E1, E2 e E3, praia – E4, E5, E6 e E7, represa – E8 e jusante – E9) e “COLETA” avaliando se haveria variância apenas entre as coletas.

Admitindo-se que o nível de corte de probabilidade foi de 5%, os resultados indicaram que o efeito da sazonalidade não foi significativo sobre as variáveis analisadas ($p < 0,00$ – WL= 0,561). O mesmo ocorreu no teste “GRUPOS”, indicando que não houve variação significativa entre eles ($p < 0,00$ – WL= 0,383). Já o teste “COLETA” mostrou ter

efeito significativo sobre as variáveis ($p < 0,00$ – WL = 0,034), porém, a análise destes dados separadamente torna-se inviável, devido ao elevado número de coletas (52 semanas).

Para a análise dos dados coletados mensalmente (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura da água, nutrientes totais, nutrientes dissolvidos, material em suspensão e clorofila total), foram realizados os mesmos testes descritos para as coletas semanais. Os resultados foram bastante parecidos, demonstrando que a sazonalidade também não foi representativa ($p < 0,00$ – WL = 0,207), não apresentando efeito sobre as variáveis analisadas, assim como os grupos de pontos de coleta ($p < 0,10$ – WL = 0,076). No entanto, mais uma vez houve efeito significativo no teste “COLETA” ($p < 0,00$ – WL = 0,00).

Para ordenar as coletas e as estações de amostragem foi realizada, sobre os dados mensais, uma análise de componentes principais (PCA) de forma a evidenciar quais variáveis eram determinantes nos dois eixos de ordenação, conforme os resultados da Tabela 6 e da Figura 26.

Tabela 6. Cargas das variáveis nos eixos 1 e 2 e as respectivas variâncias explicadas por cada um (correlações em negrito $> 0,7$) na amostragem, no período de estudo.

Variável	Eixo 1	Eixo 2
PTD (fosfato total dissolvido)	0,956	0,005
NO ₂ (nitrito)	0,891	- 0,131
PO ₄ (fosfato inorgânico)	0,886	- 0,163
PT (fósforo total)	0,804	0,259
MSO (mat. suspensão orgânico)	- 0,172	0,931
MST (mat. suspensão total)	0,225	0,930
Variância explicada	0,321	0,184
Proporção de variância total	0,536	0,307

OBS. Os números correspondem à estação de coleta e as letras (a - j) às 11 coletas realizadas durante o período de estudo.

Figura 26. Plot dos escores da PCA das variáveis mensais.

Os dois primeiros eixos da PCA somaram 84,36% da variação total dos dados, com o eixo 1 explicando 41,25% da variação, sendo representado pelo fosfato total dissolvido, nitrito, fosfato inorgânico e fósforo total que contribuíram com cargas positivas e, pelo oxigênio dissolvido que contribuiu com carga negativa. O segundo eixo, explicando 23,6% da variação, foi composto pelas variáveis material em suspensão total e material em suspensão orgânico, ambos contribuindo com carga positiva. Quando plotados os escores do PCA, observa-se a distribuição das estações, sendo que a E1 apresentou certa distância das demais. A partir dos escores obtidos na PCA, foi realizada uma análise de agrupamento (Cluster), utilizando-se a Distância Euclidiana Média e ligação pela média (UPGMA), para descobrir padrões de similaridade entre estações e as coletas realizadas (Figura 27). O coeficiente de correlação cofenético (R_c) foi de 0,8962. Coerentemente aos resultados da

OBS. A legenda com os pontos de coleta e as coletas correspondentes aos números indicados está no Anexo 3.

Figura 27. Cluster dos escores da PCA para as coletas mensais

PCA, no dendograma do Cluster foi possível verificar a formação de dois grupos ao nível de corte de 0.40, sendo um composto por 10 coletas na E1 e o outro pelas demais estações, comprovando o que vem sendo apresentado em relação à E1, pelo fato desta estação possuir um caráter diferenciado em relação às outras estações devido, principalmente, ao influxo do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos do município de Itirapina. Os demais grupos não apresentam uma ordenação em relação às estações de coleta, mas sim, em relação às coletas, não havendo, portanto, maior similaridade entre as outras estações.

5. CONCLUSÃO

- A análise do Índice de Estado Trófico indicou que o corpo da represa e a foz do ribeirão do Lobo e do córrego do Geraldo ainda podem ser considerados oligotróficos, enquanto a foz do rio Itaqueri apresentou oscilações entre as categorias de classificação ao longo do período estudado, podendo ser considerada meso-eutrófica.

- Apesar da condição apresentada pelo IET ser favorável, a análise temporal dos dados (com estudos realizados nos últimos 30 anos) mostra uma evidente e preocupante alteração nas condições naturais (originárias) do ecossistema, principalmente em relação a elevada concentração de nutrientes e suas consequências, com tendência à eutrofização.

- A análise estatística indicou que, sobre os parâmetros avaliados, não houve efeito da sazonalidade no período do estudo. Indicou também a disparidade da estação de coleta E1 (foz do rio Itaqueri) em relação às outras. De modo geral, a E1 apresentou maiores concentrações de nutrientes (particularmente nitrato, nitrito, fósforo total, fósforo total dissolvido e fosfato inorgânico) e condutividade, além da menor concentração de oxigênio dissolvido, evidenciando a poluição por compostos orgânicos. Estas características peculiares são atribuídas aos impactos ambientais localizados na bacia hidrográfica do rio Itaqueri, principalmente ao lançamento de esgotos (da ETE e das penitenciárias) pelo município de Itirapina.

- Todas as estações de coleta apresentaram concentrações médias de fósforo total superiores ao indicado na resolução 20/86 do CONAMA, que estabelece o limite de $25,0\mu\text{g.L}^{-1}$ para os corpos de água Classe 2. Além da poluição provocada pelo esgoto, contribuem para isso importantes fontes difusas de poluição.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORK ASSOCIATION; WATER CONTROL FEDERATION (1995). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 19 ed. New York. 1268 p.
- BRANCO, S. M. & ROCHA, A. A. (1977). *Poluição, proteção e usos múltiplos de represas*. CETESB & Editora Edgard Blücher Ltda. 185 p.
- CALIJURI, M.C. (1985). *Curvas de luz – fotossíntese e fatores ecológicos em ecossistema artificial e não estratificado – Represa do Broa (Lobo) – São Carlos – SP*. Dissertação (Mestrado). UFSCar, São Carlos.
- CALIJURI, M.C. (1988). *Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização*. Tese (Doutorado). EESC/USP, São Carlos. 293 p.
- CALIJURI, M.C. & TUNDISI, J.G. (1990). Limnologia comparada das represas do Lobo (Broa) e Barra Bonita - Estado de São Paulo: mecanismos de funcionamento e bases para o gerenciamento. *Revista Brasileira de Biologia*, v.50, n.4. p. 893-913.
- CARMOUZE, J.P. (1994). *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. Edgard Blücher, FAPESP. São Paulo. 253 p.
- CCOPA RIVERA, E.A. (2003). *Modelo Sistêmico para Compreender o Processo de Eutrofização em um Reservatório de Água*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP. Campinas. 135 p.
- CHAMIXAES, C.B. (1991). *Variação temporal e espacial da biomassa, composição de espécies e produtividade das algas perifíticas relacionada com as condições ambientais de pequenos rios da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo (Itirapina-SP)*. Tese (Doutorado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 334 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (1986). *Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 18 de julho de 1986.*

DORNFELD, C.B. (2002). Utilização de análises limnológicas, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para o diagnóstico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana, SP). Dissertação (Mestrado). CRHEA/EESC/USP. 211 p.

_____; MASUTTI, M.B.; SILVÉRIO, P.F.; ANDRADE, C.A.; ALMEIDA, C. (2002). Caracterização Ecotoxicológica do Sedimento da Represa do Lobo e seus tributários. In: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL-CRHEA-EESC-USP. *Recursos Hidroenergéticos: Usos, impactos e planejamento Integrado*. Ed. Rima. São Carlos. p. 75-89.

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

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)*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/EESC/USP. 233 p.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, R. (1978). *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. 2 ed. IBP. Oxford, Handbook 8, Blackwell Science Publishers.

HEIDE, J. van der (1982). *Lake Brokopondo – Filling phase limnology of a man made lake in the humid tropics*. Amsterdam. 428 p.

HINO, K. (1979). *Análise qualitativa e quantitativa do microfitoplâncton da Represa do Lobo (Broa), São Carlos – SP*. Dissertação (Mestrado). UFSCar, São Carlos.

KENNEDY, R.H. (1999). Reservoir design and operation: limnological implications and management opportunities. In: TUNDISI, J.G. & STRASKRABA, M., *Theoretical reservoir ecology and its applications*. São Carlos: IIE/Backhuys Publishers. p. 1-28.

- KIMMEL, B.L.; LIND, O.T.; PAULSON, L.J. (1990). Reservoir primary production. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. Wiley-Interscience Publication, p. 133-93.
- KOROLEFF, F. (1976). Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (ed.) *Methods of seawater analysis*. Verlag. Chemic. Weinheim, p. 117-81.
- LEITE, M.A. & ESPÍNDOLA, E.L.G. (2002). Análise do processo de eutrofização entre os reservatórios de Salto Grande (22°10'S e 47° 15'W) e do Lobo (22°10'S e 47° 57'W). In: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL-CRHEA-EESC-USP. *Recursos Hidroenergéticos: Usos, impactos e planejamento Integrado*. Ed. Rima. São Carlos. p. 107-16.
- MACKERETH, S.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.S. (1978). *Water analysis: some revised methods for limnologists* (Freshwater Biological Association Scientific Publication, 36), Kendal: Titus Wilson & Sons Ltda., 117 p.
- MARGALEF, R. (1983). *Limnologia*. Barcelona, Omega S.A. 1010 p.
- MARINELLI, C.E. (2002). *Introdução de espécies, estrutura dos habitats e padrões de diversidade da ictiofauna em ecótonos do reservatório do Broa, SP*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 225 p.
- MATHEUS, C.E. & TUNDISI, J.G. (1988). Estudo físico-químico e ecológico dos rios da bacia hidrográfica do ribeirão e represa do Lobo. In: TUNDISI, J.G. (ed.) *Limnologia e manejo de represas*. Série Monografias em Limnologia. Vol. 1. Tomo 1. EESC-USP/CRHEA/ACIESP, p. 419-71.
- MITAMURA, O. & HINO, K. (1997). Distribution of biogeochemical constituents in the waters. In: TUNDISI, J.G.; SAIJO, Y. (eds.). *Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. Brazilian Academy of Sciences. EESC/USP, Center for water Resources and Applied Ecology. P. 97-108.

- MORAES, E.M. (1978). *Ciclo sazonal, distribuições horizontal e vertical e inter-relação ecológicas de nutrientes na Represa do Lobo (Brotas-Itirapina-SP)*. Dissertação (Mestrado). I.B.-USP. São Paulo., 153 p.
- NUSCH, E.A. (1980). Comparasion of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Arch. Fur. Hydrobiol.*, v.14, p. 14-36.
- OISHI, M.K. (1990). *Determinação do potencial trófico das águas dos componentes da bacia hidrográfica da represa do Lobo (Broa-Itirapina, SP) através de ensaio algal*. Dissertação (Mestrado) – EESC/USP.
- OISHI, M.K. (1997) *Caracterização do meio físico, das características físicas e químicas e de fluxo de nutrientes em tributários da Bacia Hidrográfica do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê-SP)*. Tese (Doutorado). EESC/USP, São Carlos. 197 p.
- OLIVEIRA, M.D. (1993) *Produção primária e estrutura da comunidade fitoplanctônica no reservatório do Lobo (SP): uma comparação entre fatores ecológicos na represa e nos seus principais tributários*. Dissertação de Mestrado. CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 178 p.
- QUEIROZ, O.T.M.M. (2000). *Impactos das atividades turísticas em área de reservatório: uma avaliação sócio-ambiental do uso e ocupação na área da represa do lobo, município de Itirapina, SP*. São Carlos: CRHEA/EESC/USP. Tese de Doutorado.
- SIMONATO, A.D. (1986) *Ciclos diurnos de fatores ecológicos na represa do Lobo (Broa)*. Dissertação (Mestrado). São Carlos: UFSCar. 66 p.
- SILVA, A.C.; BATTISTELLE, R.A.; CABRAL, N.R.A.J. (2000) Clima. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; SILVA, J.S.V.; MARINELLI, C.E.; ABDON, M.M. (eds.). *A Bacia Hidrográfica do rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar*. Rima, São Carlos. p. 60-76.

- SOUZA, M.H.A.O. (1977). *Alguns aspectos ecológicos da vegetação na região perimetral da Represa do Lobo (Brotas-Itirapina, SP)*. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências-USP, São Paulo. 369 p.
- THOMAZ, S.M.; BINI, L.M.; ALBERTI, S.M (1997). Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: AGOSTINHO, A.A. & GOMES, L.C. (eds.) *Reservatório de Segredo – bases ecológicas para o manejo*. Maringá: EDUEM, 387 p.
- 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., Camboriú, *Anais*.
- TRINDADE, M. (1980). *Nutrientes em sedimentos da represa do Lobo (Brotas-Itirapina, SP)*. Dissertação (Mestrado). UFSCar, São Carlos. 219 p.
- TUNDISI, J.G. (1977). *Produção primária, standing-stock, fracionamento do fitoplâncton e fatores ecológicos em ecossistema lacustre artificial (Represa do Broa, São Carlos)*. Tese (Livre docência), Ribeirão Preto, I.B. USP-, 409 p.
- _____ (1983). A review of basic ecological processes interacting with production and standing-stock of phytoplankton in lakes and reservoirs in Brazil. *Hydrobiologia*, 100: 223-243.
- _____ (1988). Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. In: TUNDISI, J.G. (ed.) *Limnologia e manejo de represas*. Série Monografias em Limnologia. Vol. 1. Tomo 1. EESC-USP/CRHEA/ACIESP, p. 1-75.
- _____ ; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M.C. (1993). Limnology and management of reservoirs in Brazil. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A. (eds.) *Comparative limnology and water quality management*. Dordrecht: Kluwer Academic, p. 25-55.

WETZEL, R.G. (1981). *Limnologia*. Ediciones Omega, Barcelona. 679 p.

_____ (1990). Reservoir ecosystems: conclusions and speculations. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. Wiley-Interscience Publication, p. 227-38.

_____ & LIKENS, G.E. (1991). *Limnological Analysis*. New York, Springer Verlag, 391 p.

WHITAKER, V.A. (1993). *A área alagada da represa do Lobo (Itirapina, SP) – os processos ecológicos associados ao potencial de desnitrificação dos sedimentos*. Tese (Doutorado). EESC/USP, São Carlos. 137 p.

ZANATA, L.H. & ESPÍNDOLA, E.L.G. (2002). Longitudinal processes in Salto Grande Reservoir (Americana, SP, Brazil) and its influence in the formation of compartment system. *Brazilian Journal of Biology*. , 62 (2) : 347-361.

4. BALNEABILIDADE DA REPRESA DO LOBO (BROA)

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes aquáticos são utilizados para diversos usos múltiplos, entre as quais se destacam o abastecimento de água, a geração de energia elétrica, a irrigação, a navegação, a harmonia paisagística, a recreação e o lazer. Os reservatórios construídos para a geração de energia estão entre as opções de lazer para a população, fornecendo condições para o desenvolvimento de atividades de recreação em praias fluviais, esportes náuticos, pesca, navegação e contemplação da paisagem.

No Brasil, o desenvolvimento do turismo em balneários vem ocorrendo desde a década de 1930, quando as estâncias hidrotermais do interior e as turísticas do litoral estavam se estabelecendo. Ainda hoje as localidades que possuem seu principal atrativo relacionado aos recursos hídricos continuam em franco desenvolvimento (Queiroz, 2000). Um importante fator de indução do crescimento das atividades turísticas no meio rural tem sido o aproveitamento para lazer de represas formadas para a geração de energia elétrica, fenômeno observado também no reservatório do Lobo.

Este reservatório, construído inicialmente para gerar energia elétrica, teve o início do desenvolvimento das atividades turísticas a partir da década de 70, com a construção de casas de veraneio e clubes no entorno do lago. Os recursos hídricos passaram a ter outra função, sendo usados para recreação da comunidade da região. Gradativamente, a atividade recreacional foi crescendo, tornando este reservatório uma atração turística, fazendo surgir fluxos de habitantes temporários e trazendo o crescimento. O Balneário Santo Antonio, principal ponto de visitação turística no município de Itirapina, apresenta picos de ocupação de turistas no carnaval, estimando-se que aproximadamente 35.000 pessoas deslocam-se para o local. Os outros condomínios e clubes têm acesso mais restrito, atendendo um número menor de sócios e condôminos (Queiroz, *op. cit.*).

Sendo o uso recreacional a principal atividade desenvolvida nas águas do reservatório do Lobo, o monitoramento da qualidade da água investigando suas condições sanitárias é de fundamental importância. Avaliações da qualidade da água para balneabilidade (qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário, sendo este entendido como um contato direto e prolongado com a água - natação, mergulho, esqui-aquático, etc -, onde a possibilidade de ingerir quantidades apreciáveis de água é elevada) são mais comuns em praias litorâneas. O lago Paranoá, em Brasília - DF, foi um dos pioneiros no Brasil a apresentar um programa de balneabilidade, com início em 1974. No estado de São Paulo, a CETESB realiza monitoramento semanal em dois reservatórios (Guarapiranga e Billings/ Rio Grande, iniciado em 1992), e mensal em mais seis (Juqueri, Paiva Castro, Cachoeira, Jaguari, Atibainha, Itupararanga, iniciado em 1999), conforme informações da CETESB (2004).

Branco & Rocha (1977) afirmam que não tem constituído assunto de preocupação aos sanitaristas a possibilidade de contaminação pelo uso balneário das águas de represa. Uma maior ênfase tem sido dada ao problema oposto, isto é, da proteção do banhista contra a contaminação da água por outras vias, ou seja, através da poluição causada pelo lançamento de esgotos. Esse tipo de estudo visa ao estabelecimento de padrões ou requisitos de qualidade para águas de uso balneário, os quais são baseados quase exclusivamente nas concentrações de coliformes, em função da quantidade de água que o banhista ingere (acidental, mas muito repetidamente) durante a natação.

Corpos de água contaminados por esgoto doméstico ao atingirem as águas das praias podem expor os banhistas a bactérias, vírus e protozoários. Crianças e idosos, ou pessoas com baixa resistência, são as mais suscetíveis a desenvolver doenças ou infecções após terem nadado em águas contaminadas. As doenças relacionadas ao banho, em geral, não são graves. A doença mais comum associada à água poluída por esgoto é a gastroenterite. Outras doenças menos graves incluem infecções de olhos, ouvidos, nariz e garganta. Em locais muito contaminados os banhistas podem estar expostos a doenças mais graves, como disenteria, hepatite A, cólera e febre tifóide (CETESB, 2004).

A alternativa usualmente adotada para se avaliar a balneabilidade consiste usualmente na medição da concentração no meio aquático de um ou mais organismos presentes nos dejetos humanos, sendo estes números utilizados na classificação do meio em relação à balneabilidade. Esta abordagem tem sido sujeita a inúmeras críticas devido à forma como tem sido adotada em vários locais com relação à escolha e concentrações

limite dos organismos indicadores, embora tenha o mérito de fornecer um número que, de uma forma restrita, serve como indicador de qualidade da água para fins de balneabilidade (Eiger, 1999).

No Brasil, a Resolução CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – 20/86, que determina especificidades para a classificação e o enquadramento dos corpos de água, estabelecia os critérios relacionados a balneabilidade nos Artigos 26 a 34. Estes, foram revogados pela Resolução 274/00, que trata especificamente da balneabilidade. A inovação ocasionada pela nova Resolução refere-se à possibilidade da utilização de outros, e mais específicos, microrganismos indicadores de contaminação fecal, a *Escherichia coli* e os enterococos. Segundo a citada Resolução a qualidade das águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria. As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas categorias Excelente, Muito Boa e Satisfatória. A classificação se dá de acordo com as densidades de coliformes fecais (termotolerantes), *Escherichia coli* ou enterococos (em águas marinhas) amostradas durante cinco semanas consecutivas ou cinco amostragens com intervalo mínimo de 24 horas entre elas (Tabela 1). As águas são consideradas impróprias quando ultrapassarem os índices bacteriológicos admitidos, houver incidências elevadas de enfermidades transmissíveis por via hídrica, presença de resíduos como esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias capazes de oferecer riscos à saúde, floração de algas ou outros organismos ou presença de transmissores potenciais de esquistossomose e outras doenças de veiculação hídrica.

A pesquisa de microorganismos patogênicos na água requer procedimentos complexos e longo tempo para obtenção de resultados, o que inviabiliza sua aplicação na rotina, além de que, normalmente, encontram-se em número reduzido e sua chegada à água é intermitente. Portanto, para avaliação de sua qualidade do ponto de vista bacteriológico é imprescindível a utilização de organismos indicadores de contaminação fecal (Lima *et al*, 1999). Bactérias do grupo coliformes estão entre os principais microrganismos indicadores utilizados para a avaliação da qualidade sanitária dos ambientes aquáticos, além da qualidade da água para consumo humano, conforme os padrões de potabilidade, que no Brasil são estabelecidos pela Portaria 1469/00 do Ministério da Saúde.

Tabela 1. Limites de microrganismos/100 ml por categoria, segundo Resolução CONAMA 274/00. NMP- número mais provável; UCF – unidade formadora de colônias

Categoria	Porcentagem do Tempo	Limite de Coliforme Fecal (NMP/100mL)	Limite de <i>E. Coli</i> (UCF/100mL)	Limite de <i>Enterococos</i> (UCF/100mL)
PRÓPRIA				
Excelente	valor máximo	250	200	25
Muito Boa	em 80% ou	500	400	50
Satisfatória	mais do tempo	1000	800	100
IMPRÓPRIA				
	superior ao valor indicado em 20% do tempo	1000	800	100
	superior ao valor indicado na última amostragem	2500	2000	400

(Modificado de CETESB, 2004)

Inicialmente se utilizava o grupo dos chamados coliformes totais, que é constituído de vários gêneros da família Enterobacteriaceae (*Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Escherichia*) e são definidos como bacilos Gram negativos, não esporulados, anaeróbios facultativos, que fermentam a lactose com produção de ácido e gás em um período de 24-48 horas a 35°C. Alguns membros do grupo, por exemplo, dos gêneros *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter*, não são de origem exclusivamente fecal e encontram-se amplamente distribuídos na natureza, sendo encontrados no solo, na água, nos cereais; comprometendo assim a utilização desse grupo como indicador específico de contaminação fecal (Pelczar *et al*, 1997; Lima *et al*, 1999).

Assim, passou-se a utilizar os coliformes termotolerantes. Os coliformes fecais são caracterizados pela capacidade de fermentar a lactose a 44,5°C (Edberg, 1966 *apud* Lima *et al*, 1999) e apesar das polêmicas ainda é o principal grupo de microrganismo indicador da qualidade sanitária da água. Posteriormente verificou-se a maior especificidade da *Escherichia coli* e dos *Streptococcus* como indicadores. Atualmente a relação entre coliformes e estreptococos (CF/EF) tem sido indicada como um bom indicador da origem da contaminação (Sperling, 1996; Lima *et al*, 1999; Noble *et al*, 2003). Sperling (*op.cit.*) indica que quanto maior o valor da relação CF/EF, considera-se que seja maior a contribuição relativa da contaminação de origem humana.

A proposta da utilização destes como indicadores da qualidade da água para uso recreacional baseia-se no fato de estarem diretamente relacionados com a contaminação fecal de origem humana, o que indica que qualquer microrganismo patogênico que ocorra

no trato intestinal pode também estar presente (Pelczar *et al*, 1997). Elevadas densidades desses microrganismos na água indicam um alto nível de contaminação por esgoto, representando riscos à saúde dos banhistas que podem estar expostos a doenças de veiculação hídrica, como poliomielite, gastroenterite, cólera, hepatite, além de dermatoses, conjuntivite, otite, entre outras (CETESB, 1995).

2. OBJETIVOS

Avaliar a qualidade das águas superficiais da represa do Lobo e sua adequação às atividades de recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), através de parâmetros propostos na Resolução 274, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 2000.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Pontos, período de coleta e parâmetros avaliados

Considerando-se os objetivos desta pesquisa como sendo a avaliação da qualidade da água para recreação de contato primário, os pontos de coleta no sistema foram escolhidos em função das áreas de maior uso pelos turistas, entradas dos principais tributários e pontos de coleta estudados anteriormente, permitindo uma melhor comparação temporal. Os pontos de coleta distribuem-se como indicado na Figura 1, seguindo a avaliação descrita:

E1: Foz do rio Itaqueri

E2: Foz do Córrego do Geraldo

E3: Foz do ribeirão do Lobo

E4, E5, E6 e E7: Margens próximas à praia do Balneário Santo Antonio

E8: Ponto próximo à barragem

E9: Ponto à jusante da represa

Figura 1. Pontos de coleta no reservatório do Lobo.

O período de coleta foi de um ano, com início em dezembro de 2001 e término em dezembro de 2002, completando 52 semanas de amostragem. As coletas ocorreram, sempre que possível, às segundas-feiras, com amostragens sub-superficiais, tomando-se medidas *in situ* para os parâmetros pH, temperatura da água, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, com o multisensor de qualidade da água HORIBA (modelo U-10). Amostras de água foram coletadas, obedecendo aos cuidados de assepsia e preservação, para posterior análise em laboratório.

A metodologia empregada para a determinação da concentração de coliformes fecais neste estudo foi o método enzimático Colilert (APHA, 1995). Para a classificação das águas em próprias (excelente, muito boa ou satisfatória) ou impróprias à balneabilidade, seguiu-se o parâmetro do número de coliformes fecais, indicado na Resolução 274/00 do CONAMA. A água amostrada durante cinco semanas consecutivas é enquadrada nas categorias Excelente, Muito Boa, Satisfatória e Imprópria, conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação das águas para balneabilidade, segundo limite de coliformes fecais (CONAMA 274/00).

Categoria	Limite de coliforme fecal (NMP/100ml)
EXCELENTE	Máximo de 250 em 80% ou mais do tempo
MUITO BOA	Máximo de 500 em 80% ou mais do tempo
SATISFATÓRIA	Máximo de 1000 em 80% ou mais do tempo
IMPRÓPRIA	Superior a 1000 em 80% ou mais do tempo

NMP: número mais provável

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das variáveis ambientais avaliadas (pH, condutividade, temperatura da água e oxigênio dissolvido) nas 52 semanas estão no Anexo 1. Na Tabela 3 estão indicados os valores mínimos e máximos observados durante o período de estudo. Os resultados de coliformes fecais e a respectiva classificação, pelos critérios da Resolução CONAMA 274/00, estão indicados na Tabela 4.

As águas são consideradas impróprias à balneabilidade quando, no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências (Art. 2º, § 4º da Resolução CONAMA 274/00):

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- c) incidência elevada ou anormal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;

Tabela 3. Valores mínimos e máximos das variáveis medidas semanalmente, no período de estudo.

Variáveis	E1 mín-máx	E2 mín-máx	E3 mín-máx	E4 mín-máx	E5 mín-máx	E6 mín-máx	E7 mín-máx	E8 mín-máx	E9 mín-máx
pH	4,1-6,8	3,8-6,7	4,0-7,7	4,0-7,2	4,1-7,2	4,7-7,2	4,7-7,3	4,6-7,1	5,7-7,6
condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	8,0-24,0	4,0-9,0	4,0-10,0	6,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-9,0	7,0-15,0
O₂ dissolvido (mg.L^{-1})	3,0-7,8	5,9-9,2	4,9-9,5	5,7-9,1	6,4-10,2	6,2-10,3	6,3-9,2	5,6-9,9	4,0-9,6
temperatura (°C)	14,5-25,3	15,7-27,4	15,3-27,5	18,1-27,8	18,0-27,6	18,1-27,6	18,1-27,5	17,8-28,0	17,8-27,0

Tabela 4. Concentração de coliformes fecais (NMP) durante o período amostrado.

Data	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
11/12/01	2419,0	344,8	387,3	16,0	6,3	33,1	27,2	13,4	387,3
17/12/01	579,4	325,5	290,9	27,5	21,3	33,6	22,6	21,6	77,1
26/12/01	488,4	49,5	121,1	4,1	3,1	4,1	1,0	1,0	35,9
2/1/02	46,4	290,9	19,3	18,1	7,4	13,5	12,2	10,9	160,7
7/1/02	2130,0	183,5	1732,9	35,0	98,4	86,2	81,6	6,3	517,2
15/1/02	980,4	866,4	272,3	90,9	44,1	21,6	31,3	44,3	290,9
21/1/02	960,6	613,1	387,3	23,5	29,8	30,5	21,6	7,4	86,5
28/1/02	786,9	358,9	324,3	27,9	29,0	21,0	24,5	14,5	339,8
4/2/02	613,1	104,6	261,3	32,3	28,8	13,4	27,5	23,5	613,1
11/2/02	461,1	21,6	41,0	19,5	15,8	38,8	26,2	32,3	107,6
18/2/02	547,5	307,6	27,5	26,4	17,3	18,1	21,3	6,3	62,4
25/2/02	1299,7	410,6	435,2	101,4	74,8	98,5	53,6	39,1	307,6
4/3/02	1046,2	110,2	2419,2	20,3	7,4	6,3	11,0	10,9	32,7
11/3/02	344,8	42,8	14,8	8,4	11,6	33,6	59,1	9,8	275,5
19/3/02	1850,0	100,0	630,0	13,4	6,3	3,0	29,2	1,0	-
26/3/02	275,5	35,4	162,4	8,4	5,2	3,1	4,1	4,1	77,6
2/4/02	365,4	54,6	9,7	4,1	5,2	4,1	1,0	7,4	61,6
8/4/02	344,8	14,6	272,3	28,5	5,2	6,3	3,1	3,1	70,6
15/4/02	22,8	15,8	21,6	5,2	13,4	7,4	6,3	4,1	195,6
22/4/02	307,6	16,9	214,3	4,1	3,1	3,1	2,0	6,3	65,0
29/4/02	5,2	6,2	50,0	3,0	1,0	2,0	2,0	5,2	46,5
6/5/02	12,0	19,9	157,6	5,2	4,1	4,0	3,0	1,0	56,5
13/5/02	122,3	13,4	22,8	13,1	7,3	1,0	1,0	2,0	228,2
20/5/02	816,4	30,5	285,3	16,0	17,1	12,1	10,8	9,6	410,6
27/5/02	135,4	32,3	204,6	9,4	2,0	10,8	1,0	1,0	307,6
4/6/02	186,0	84,2	816,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	178,9
10/6/02	142,1	114,5	648,8	3,1	1,0	1,0	1,0	1,0	248,9
18/6/02	307,6	866,4	866,4	6,3	1,0	1,0	1,0	3,0	387,3
24/6/02	344,8	209,8	1413,6	2,0	2,0	2,0	1,0	3,0	980,4
4/7/02	196,8	387,3	1413,6	4,1	1,0	2,0	1,0	1,0	155,3
10/7/02	488,4	101,4	290,9	2,0	3,1	1,0	1,0	1,0	387,3
15/7/02	727,0	260,2	1119,9	2,0	1,0	1,0	1,0	4,0	547,5
22/7/02	410,6	488,4	1119,9	8,5	1,0	1,0	1,0	1,0	579,4
29/7/02	387,3	365,4	770,1	4,1	3,1	1,0	3,1	1,0	260,2
5/8/02	579,4	410,6	686,7	9,6	66,3	45,7	35,4	6,3	204,6
12/8/02	435,2	184,2	1732,9	6,3	2,0	8,5	4,1	3,1	133,4
19/8/02	435,2	920,8	613,1	5,2	1,0	2,0	1,0	1,0	146,7
26/8/02	435,2	435,2	686,7	5,2	1,0	1,0	1,0	1,0	178,5
2/9/02	313,0	727,0	920,8	4,1	4,1	1,0	3,1	10,8	240,0
9/9/02	461,1	325,5	770,1	3,1	1,0	1,0	1,0	1,0	125,4
16/9/02	461,1	1203,3	461,1	11,9	1,0	15,8	9,7	9,6	135,4
23/9/02	365,4	1046,2	1299,7	1,0	3,0	1,0	2,0	2,0	66,3
30/9/02	648,8	1119,9	770,1	12,2	2,0	2,0	1,0	3,1	648,8
7/10/02	488,4	1299,7	920,8	1,0	1,0	2,0	3,1	5,2	30,5
14/10/02	344,1	770,1	920,8	31,1	15,5	6,3	8,4	1,0	86,2
21/10/02	461,1	686,7	547,5	6,3	16,1	22,8	9,8	2,0	191,8
28/10/02	155,1	770,1	410,6	12,0	10,9	9,7	8,5	1,0	63,8
5/11/02	1203,3	549,2	920,8	5,2	8,6	7,3	12,0	6,3	131,7
12/11/02	980,4	1046,2	1732,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	81,6
18/11/02	360,9	343,6	2419,2	2,0	3,1	2,0	1,0	1,0	79,4
25/11/02	238,2	40,4	261,3	6,3	4,1	2,0	3,1	1,0	51,2
4/12/02	131,7	48,9	116,0	5,2	1,0	1,0	1,0	9,8	67,0

- e) $\text{pH} < 6,0$ ou $> 9,0$ (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Em relação ao pH, o menor valor observado foi 3,8 na estação de coleta E2 (foz do córrego do Geraldo), em 28 de outubro, enquanto o maior foi 7,7 na E3 (foz do ribeirão do Lobo), em 4 de julho. Apesar de em muitas situações estar fora do intervalo recomendado pela CONAMA 274/00, a característica ácida é natural da região do reservatório do Lobo, fato relacionado à geologia da região.

O oxigênio dissolvido apresentou concentração mínima de $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$ na E1 em 26 de março e máxima de $10,3 \text{ mg.L}^{-1}$ na E6, no dia 24 de junho. As concentrações nas estações de coleta correspondentes à represa (E4, E5, E6, E7 e E8) apresentaram uma menor variação ao longo do ano, quando comparadas àquelas das entradas dos tributários na represa (E1, E2 e E3) e à jusante (E9). A E1 apresentou as menores concentrações de oxigênio dissolvido ao longo do período estudado, em níveis que podem ser considerados indícios de poluição orgânica.

Os pontos de coleta correspondentes às entradas dos tributários (E1, E2 e E3) apresentaram, ao longo do período de estudo, concentrações de coliformes fecais superiores aos pontos correspondentes ao corpo da represa (E4, E5, E6, E7 e E8). Eiger (1999) indica alguns fatores que afetam a concentração de organismos indicadores no meio aquático. A densidade de coliformes fecais e a concentração de outros constituintes em um dado ponto variam ao longo do tempo em função de um grande número de fatores complexos, que podem ser enquadrados entre as características do meio aquático, as características da descarga e as características do poluente.

O poluente em questão (esgoto), tem como consequência o grupo de microrganismos indicadores representado pelos coliformes fecais. Estes não se ajustam ao meio aquático salino e com temperatura geralmente inferior à do trato intestinal, também sofrendo o efeito deletério da radiação solar, a predação por outros organismos aquáticos, floculação e sedimentação. Assim, a densidade de coliformes fecais tende a diminuir naturalmente no meio aquático, sendo este decaimento um importante mecanismo na diminuição de sua densidade no meio. É importante salientar, todavia, que as taxas de decaimento variam de

organismo para organismo, de forma que a redução significativa de coliformes fecais não significa necessariamente a redução de outros organismos patogênicos na mesma proporção (Eiger, *op. cit.*).

Este fato já seria suficiente para explicar a distribuição observada no reservatório do Lobo. No entanto, as particularidades da descarga do poluente (como vazão do poluente despejado, a localização dos pontos de despejo e a variação temporal da carga), aliadas a outras características próprias do reservatório, contribuem para que o decaimento nas concentrações seja muito acentuado, permitindo que na área de acesso aos turistas, a água fosse classificada como excelente durante todo o período amostrado.

Como principais fontes da descarga de coliformes fecais no reservatório tem-se, conforme resultados apresentados neste estudo, os dois maiores tributários do sistema: o rio Itaqueri e o ribeirão do Lobo. O rio Itaqueri recebe, através do córrego Água Branca, os efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos do município de Itirapina e das penitenciárias da cidade. A carga orgânica total (ETE + penitenciárias) estimada para o ano de 2003 foi de 869 kg.DBO.dia⁻¹ (Cabral *et al.*, 2002). A E1 apresentou-se imprópria, excedendo o limite de 1000 NMP/100ml de coliformes fecais, em 6 semanas.

O ribeirão do Lobo e o córrego do Geraldo atravessam várias propriedades rurais e sua alta contaminação fecal pode estar relacionada à criação de animais. Estudos em ecossistemas aquáticos de áreas naturais completamente protegidas da ação antrópica relatam a presença de *Escherichia coli*, indicador de contaminação fecal, que pode ser explicada pela presença de animais silvestres, ou ainda pelo contato direto dos ambientes aquáticos com solos virgens e pelo fato que estas bactérias sejam autóctones do meio aquático (Lima *et al.*, 1999). A E3 e a E2, estações de coleta correspondentes a foz de ambos os rios, estiveram impróprias em 10 e 5 ocasiões, respectivamente.

Apesar da foz do ribeirão do Lobo apresentar-se imprópria em mais situações do que o rio Itaqueri (10 contra 6 semanas), neste local a contaminação é essencialmente proveniente de outros animais, oferecendo menor insalubridade aos turistas. Sabe-se que a procedência dos coliformes fecais na foz do rio Itaqueri é o esgoto de Itirapina e, portanto, proveniente do trato digestivo humano. Assim, representa uma maior preocupação em relação à contaminação por organismos patogênicos, como vírus, bactérias e vermes.

Como pode ser observado na Figura 2, a qualidade da água para balneabilidade no reservatório do Lobo pode ser considerada própria, em relação ao parâmetro coliformes

fecais, durante todo o período de estudo. No entanto, pela Tabela 4, nota-se que houve um aumento no número de coliformes nas estações de coleta correspondentes à praia do Balneário Santo Antonio, no período do verão (dezembro de 2001 a março de 2002). Este acréscimo pode estar relacionado ao maior escoamento dos poluentes, devido a maior pluviosidade e também ao grande número de pessoas que freqüentam o local nesse período. Figueroa (1996) e Tundisi *et al* (2003) afirmam que a prefeitura do município de Itirapina obriga todas as construções no entorno da represa a terem fossa séptica e a construir poços artesianos para consumo de água. Mesmo assim, foram verificados alguns problemas de contaminação da água na represa. Por não haver a fiscalização e o controle adequados, muitas vezes as fossas acabam sendo fossas negras. A existência de vestiário público à beira da praia com a fossa voltada para a represa pode também estar causando problemas de infiltração.

Figura 2. Classificação das estações de coleta (%), segundo o parâmetro coliformes fecais, durante o período de estudo.

Segundo Eiger (1999), o meio aquático transporta os poluentes através de seu campo de velocidades e de suas características de turbulência. Por sua vez, estas grandezas são afetadas por um grande número de fatores, tais como a geometria do meio, ação do vento, entradas de água e pelo campo de densidade (influenciado principalmente pela temperatura).

Apesar da importância recreacional que lagos e reservatórios de água doce representam, os estudos para a compreensão das características da contaminação microbiológica e da dinâmica desses poluentes na água, ainda se concentram em praias de ambientes marinhos (Coelho *et al*, 1999; Braga *et al*, 2000; Crowther *et al*, 2001; Noble *et al*, 2003), cujas características de salinidade, turbulência e marés diferem muito de ambientes dulcícolas.

O reservatório do Lobo é um sistema raso e turbulento, com um baixo tempo de residência (aproximadamente 20 dias) e sofre a ação constante de ventos na direção do eixo principal (sul para norte), produzindo alta turbulência durante todo o ano e altas concentrações de oxigênio dissolvido em toda a coluna de água. Apresenta períodos limitados de estratificação térmica e química, alta transparência da água durante o ano todo, zona eufótica atingindo praticamente toda a coluna de água, com estrutura ótica sem variações consideráveis no ciclo diurno e sazonal (Calijuri & Tundisi, 1990).

Rio (2003), estudando a circulação nesse reservatório, concluiu ser um sistema dinâmico e complexo, no qual se desenvolve um ciclo diurno de estratificação e mistura, com grande variabilidade das forçantes meteorológicas que atuam no sistema, sendo caracterizada por períodos calmos interrompidos por pulsos ambientais. Os ventos usualmente sopram do meio da manhã até o final da tarde e na direção norte-sul. No outono o resfriamento da água faz com que a densidade aumente e penetre nas camadas inferiores, assim, nessa época do ano, a quantidade de energia necessária para causar mistura completa é menor. A cada dia o vento se encarrega de balançar a termoclima e modificar a estratificação do dia anterior na represa. Não ocorrendo uma estratificação bem definida e mais duradoura, não há tempo suficiente para o estabelecimento de ondas internas com períodos bem definidos. A clássica circulação induzida pelo vento é com a água na superfície movimentando-se na direção do vento, com velocidades em torno de 10 a 15 cm.s^{-1} , e retornando na direção contrária pelo fundo. As correntes de densidade, provocadas por chuvas intensas ocorridas no outono que produzem um escoamento superficial que é mais frio que a temperatura do epilânio, avançam pelo fundo e carregam água e sedimento e atravessam o comprimento de 6 Km do reservatório em 5 dias, o que significa que têm uma velocidade de aproximadamente 1,4 cm.s^{-1} . Essas correntes reforçam a estratificação, a oxigenação do hipolânio e podem ter aumentado a concentração de sólidos suspensos e de nutrientes, mudando a turbidez e transparência da água, com mistura turbulenta e ressuspensão ao longo do percurso. Essa complexidade

pode ser também traduzida em forte susceptibilidade às forçantes, o que significa a possibilidade de obter-se respostas rápidas a pequenas intervenções. Portanto, a dinâmica desse sistema aquático é, sem dúvida, um fator que contribui para a situação favorável observada, principalmente nas áreas utilizadas pelos turistas.

Há uma escassez de dados anteriores de coliformes fecais na represa do Lobo. Abe *et al* (2000) *apud* Leite & Espíndola (2002), avaliando a foz do rio Itaqueri, encontraram uma concentração de 524,7 NMP/100ml em uma única coleta. Queiroz (2000), realizou uma avaliação mais sistemática da área, com coletas mensais (de janeiro a abril de 1997) em alguns pontos comuns a este trabalho, como a foz do rio Itaqueri (E1) e a praia do Balneário Santo Antonio (E5). A comparação entre esses dados indica que houve um aumento nas concentrações observadas na E1 (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de coliformes fecais obtidos por Queiroz (2000) e neste estudo.

Queiroz(2000)	E1	E5	Este estudo	E1	E5
16/01/97	45,3	6,4	15/01/02	980,4	44,1
30/01/97	118,4	36,4	28/01/02	786,9	29,0
11/02/97	32,4	59,1	11/02/02	461,1	15,8
30/03/97	3,1	6,4	26/03/02	275,5	5,2
21/04/97	22,2	8,7	22/04/02	307,6	3,1

Em apenas 5 anos os valores são muito discrepantes. A perda na qualidade do efluente da ETE e o aumento da vazão de esgoto são, provavelmente, os principais motivos para esse quadro. Segundo dados do IBGE, a população de Itirapina em 1996 era de 9.436 habitantes e em 2000, 10.486 habitantes. Cabral *et al* (2002) calculam a vazão total de esgotos do município, no ano de 2003, em $2.732 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, com uma carga orgânica de $869 \text{ KgDBO} \cdot \text{dia}^{-1}$. A estimativa é que em 2023 a população esteja em torno de 21.000 habitantes, com uma vazão de esgotos de $4.300 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ e carga orgânica de $1.398 \text{ KgDBO} \cdot \text{dia}^{-1}$. A necessidade de obras e seu manejo adequado é urgente para evitar o maior comprometimento futuro do reservatório além de problemas de saúde pública.

No Art. 2º, § 4º da Resolução CONAMA 274/00, são indicados outros critérios para a classificação da região como imprópria a balneabilidade, dentre os quais destaca-se “a presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários,...”, ou seja, o principal contribuinte das cargas de nutrientes e coliformes fecais na represa do Lobo. Enquanto o esgoto municipal recebe tratamento (nas condições atuais, não adequado) na ETE de Itirapina, o das penitenciárias do município são despejados *in natura* no córrego Água Branca. Apesar de não ser um despejo direto na represa, este estudo comprovou que o esgoto compromete a qualidade do rio Itaqueri e, conseqüentemente, da represa do Lobo.

A presença do caramujo *Biomphalaria sp.*, vetor da esquistossomose (*Schistosoma mansoni*) também é prevista na resolução 274/00, como condição passível de interdição dos trechos de sua ocorrência. Barbosa (comunicação pessoal) realizou, em 2002, uma avaliação nas áreas utilizadas pelos banhistas na represa, não encontrando o citado molusco.

As atividades de turismo e recreação são, atualmente, os usos principais na represa do Lobo. Estas exigem um gerenciamento adequado do ambiente, pois ao mesmo tempo devem fornecer subsídios aos turistas, como boas condições ambientais e sanitárias, infraestrutura, segurança e principalmente, garantir a preservação do sistema, assegurando assim, a própria manutenção da atividade.

As condições oferecidas para os freqüentadores da represa não são adequadas, principalmente no Balneário Santo Antonio. A infra-estrutura não é suficiente (poucos banheiros e vestiários), há informações do aparecimento de doenças de pele nos banhistas (Tundisi *et al*, 2003), além da ausência de um salva-vidas nos períodos de pico de visitação (só em 2002 houve, pelo menos, 3 afogamentos no local). Em relação às questões ambientais, observa-se que os impactos provocados pelo aumento destas atividades estão modificando as condições naturais da área. O aumento da geração de esgotos e do acúmulo de lixo, que comprometem a qualidade da água, o estabelecimento da infra-estrutura para o turismo que provoca a retirada da vegetação original, acentuando processos de assoreamento nos corpos de água, são alguns exemplos dos problemas que a atividade turística não planejada está acarretando na represa do Lobo.

O gerenciamento das atividades turísticas demanda, entre outros, a execução de programas de monitoramento da qualidade da água da represa, medidas para minimizar os impactos sobre o ambiente, além de programas de educação. Tundisi *et al* (2003) afirmam

que a implantação de programas e projetos de educação ambiental e sanitária é imprescindível para a valorização do ambiente natural e da vida propriamente dita, de modo a atingir usuários, freqüentadores, moradores e público em geral no tocante à conscientização e à modificação de conduta para o uso da represa do Lobo, conservando não somente o ambiente natural, mas propiciando melhor qualidade de vida. Para que isso ocorra é igualmente imprescindível o estabelecimento de legislação que regulamente as atividades (construções no entorno, uso de embarcações, entre outras), por meio de normas que venham a conciliar lazer e garantia de segurança dos usuários em consonância com os anseios e costumes da população.

5. CONCLUSÃO

- As densidades de coliformes fecais foram superiores nos pontos de coleta correspondentes às entradas do rio Itaqueri, do córrego do Geraldo e do ribeirão do Lobo (E1, E2 e E3, respectivamente), classificando essas estações como impróprias a balneabilidade (mais de 1000NMP) em algumas semanas, durante o período de estudo.

- O ribeirão do Lobo e o córrego do Geraldo atravessam propriedades rurais e a principal fonte de contaminação fecal, neste caso, pode estar relacionada a criação de animais domesticados (gado bovino, porcos, cavalos) e silvestres, como a capivara, muito comuns na área. Já o rio Itaqueri recebe o esgoto do município de Itirapina, através da confluência com o córrego Água Branca, representando uma maior preocupação em relação à contaminação dos freqüentadores da área, por organismos patógenos, como vírus, bactérias e vermes.

- No corpo da represa, a qualidade da água para balneabilidade foi considerada própria (excelente), em relação ao parâmetro coliformes fecais, durante todo o período de estudo. O aumento nas concentrações de coliformes na praia do Balneário Santo Antonio, no período do verão, provavelmente está relacionado a maior pluviosidade e também ao número de pessoas que freqüentam o local nesse período. O uso de fossas nas construções no entorno da represa e no vestiário público à beira da praia podem estar causando problemas de infiltração.

- Algumas características hidrodinâmicas da represa contribuem para a manutenção da situação favorável, em relação aos coliformes fecais. O fato de ser raso, com a zona eufótica atingindo praticamente toda a coluna de água, apresentar alta turbulência durante

todo o ano, apresentar altas concentrações de oxigênio e o baixo tempo de retenção, promove processos que auxiliam na redução dos coliformes fecais (autodepuração).

- O prognóstico do aumento na vazão do esgoto e na carga orgânica indica o comprometimento futuro da represa, além de problemas relacionados à saúde pública, se não forem realizadas obras no sentido de melhorar o tratamento de esgotos do município de Itirapina.

- O gerenciamento adequado das atividades turísticas demanda, entre outros, a implantação de programas de monitoramento da qualidade da água da represa, medidas para minimizar os impactos sobre o ambiente e programas de educação ambiental para os turistas e para os moradores do entorno da represa do Lobo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORK ASSOCIATION; WATER CONTROL FEDERATION (1995). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 19 ed. New York. 1268 p.

BRAGA, E.; BONETTI, C.V.D.A.; BURONE, L.; BONETTI FILHO, J. (2000). Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System – Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, vol.40, nº2, p. 165-173.

BRANCO, S. M. & ROCHA, A. A. (1977) *Poluição, proteção e usos múltiplos de represas*. CETESB & Editora Edgard Blücher Ltda. 185 p.

CABRAL, A.; MARAN, C.; SÁ, I.B.; POSSIDONIO, O. (2002). *Estação de tratamento de esgotos do município de Itirapina – SP: análise da situação atual e da proposta de projeto futuro*. Relatório apresentado à disciplina Prevenção e Controle da Poluição Pontual e Difusa. SEA/CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 20 p.

- CALIJURI, M.C. & TUNDISI, J.G. (1990). Limnologia comparada das represas do Lobo (Broa) e Barra Bonita - Estado de São Paulo: mecanismos de funcionamento e bases para o gerenciamento. *Revista Brasileira de Biologia*, v.50, n.4. p. 893-913.
- COELHO, M.P.P.; MARQUES, M.E.; ROSEIRO, J.C. (1999). Dynamics of microbiological contamination at a marine recreational site. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 38, nº 12, p.1242-1246.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL-CETESB (1995). *Relatório de balneabilidade das praias paulistas – 1994*. CETESB, São Paulo.
-
- (2004).
www.cetesb.sp.gov.br/agua/praias/reservatorios.asp (acesso em 4 de janeiro de 2004).
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (1986). *Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 18 de julho de 1986*.
-
- (2000). *Resolução nº 274 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 29 de novembro de 2000*.
- CROWTHER, J.; KAY, D. & WYER, M.D. (2001). Relationships between microbial water quality and environmental conditions in coastal recreational waters: the Fylde Coast, UK. *Water Research*. Vol.35, nº17, p.4029-4038.
- EIGER, S. (1999). Comentários sobre a avaliação da balneabilidade de águas litorâneas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Vol.4, nº1. p.16-24.
- FIGUEROA, F.E.V. (1996). *Avaliação econômica de ambientes naturais: o caso das áreas alagadas: uma proposta para a represa do Lobo (Broa). Itirapina – SP*. Dissertação (Mestrado). CRHEA/SHS/EESC/USP, São Carlos.

- LEITE, M.A. & ESPÍNDOLA, E.L.G. (2002). Análise do processo de eutrofização entre os reservatórios de Salto Grande (22°10'S e 47°15'W) e do Lobo (22°10'S e 47°57'W). In: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL-CRHEA-EESC-USP. *Recursos Hidroenergéticos: Usos, impactos e planejamento Integrado*. Ed. Rima. São Carlos. p. 107-16.
- LIMA, C.L.S.; BRAZ, V.N.; RIVERA, I.G. (1999). Pesquisa de coliformes e estreptococos fecais em um ambiente aquático protegido. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Vol.4, nº3. p. 127-132.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (2000). *Portaria nº1469, de 29 de dezembro de 2000*.
- NOBLE, R.T.; MOORE, D.F.; LEECASTER, M.K.; MCGEE, C.D.; WEISBERG, S.B. (2003). Comparison of total coliform, fecal coliform, and enterococcus bacterial indicator response for ocean recreational water quality testing. *Water Research*, vol. 37. p. 1637-1643.
- PELCZAR, M.J.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R.; EDWARDS, D.D. (1997) Microbiologia das águas naturais, potáveis e dos esgotos. In: *Microbiologia, Conceitos e Aplicações – Volume II*. São Paulo: Makron Books. p.337-61.
- QUEIROZ, O.T.M.M. (2000). *Impactos das atividades turísticas em área de reservatório: uma avaliação sócio-ambiental do uso e ocupação na área da represa do lobo, município de Itirapina, SP*. Tese (Doutorado). CRHEA/EESC/USP, São Carlos. 237 p.
- RIO, C..M.M.G. (2003). *Modelagem da circulação de um Reservatório Tropical Polimítico*. Tese (Doutorado). UFSCar, São Carlos. 96 p.
- SPERLING, M. von (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Série Princípios do Tratamento de Águas Residuárias, V.1. 2ª ed., UFMG, Belo Horizonte. 243 p.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRIGUES, S.L. (2003). *Gerenciamento e recuperação das bacias hidrográficas dos rios Itaquerí e do Lobo e da UHE Carlos Botelho (Lobo-Broa)*. São Carlos: IIE, IIEGA. 72 p.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A represa do Lobo foi mantida, ao longo destes trinta anos, com boa qualidade, devido às condições favoráveis observadas, o que inclui sua localização na APA de Corumbataí; reduzida densidade demográfica e atividade industrial; estruturas ecológicas que funcionam como proteção natural para o ecossistema como as áreas alagadas e o banco de macrófitas que fica na cabeceira da represa, funcionando como um filtro, além do baixo tempo de retenção da represa.

Os impactos ambientais na área têm aumentado nos últimos anos, verificando-se o aumento das atividades turísticas, loteamentos e construções no entorno do lago, retirada da vegetação original e da mata ciliar para substituição por culturas, descarga de esgotos sem o devido tratamento e o aumento de fontes não pontuais. A partir da década de 90, iniciou-se o processo de eutrofização no sistema, principalmente na foz do rio Itaqueri.

Em relação aos tributários da represa, o córrego Água Branca foi considerado eutrófico enquanto os outros (córrego do Geraldo, rio Itaqueri, ribeirão do Lobo e córrego das Perdizes) estão oligotróficos. O córrego Água Branca, como corpo receptor do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos e do esgoto das duas penitenciárias de Itirapina, é o mais comprometido dos corpos de água avaliados, além de ser o principal contribuinte de poluentes para a represa do Lobo, através do rio Itaqueri.

No rio Itaqueri, após a confluência com o córrego Água Branca, a concentração de fósforo total aumenta em mais de 100% enquanto o nitrato tem um acréscimo em mais de 1200%, o que evidencia o efeito do esgoto na qualidade dos tributários e da represa do Lobo, bem como a não adequação da Estação de Tratamento de Esgotos de Itirapina.

O corpo da represa, a foz do ribeirão do Lobo e do córrego do Geraldo ainda se apresentam como oligotróficos, enquanto a foz do rio Itaqueri deve ser considerada meso-

eutrófica. Apesar da condição favorável apresentada pelo IET, a análise temporal dos dados (com estudos realizados nos últimos 30 anos), mostra uma evidente e preocupante alteração nas condições originárias desse sistema, principalmente em relação ao aumento na concentração de nutrientes e suas conseqüências.

A estimativa do crescimento populacional de Itirapina, leva à previsão de que em 2023 a carga orgânica da vazão de esgoto do município será 160% maior em relação ao ano de 2003, o que é um fator preocupante para os tributários mas principalmente para os usos múltiplos da represa do Lobo, principalmente quando se considera o seu potencial para o uso turístico (recreação de contato primário). Esse quadro confirma, de forma eminente, a necessidade de um tratamento de esgoto mais eficiente para a atual e futura demanda, com a urgência da adoção de medidas efetivas não somente relacionadas ao efluente urbano (melhoria da ETE), mas também ao controle das atividades de pecuária (pastoreio intensivo e excrementos), agricultura (aporte de fertilizantes e pesticidas), desmatamento (redução da capacidade de retenção de sedimento e conseqüente assoreamento da represa), mineradora (controle da extração de areia), urbanização na área de entorno da represa, pesca predatória (com uso indiscriminado da “ceva”, uma mistura de ração de coelho e milho), o turismo, entre outros.

Em relação à qualidade da água para as atividades de recreação de contato primário (balneabilidade), os principais pontos de contaminação fecal na represa são as entradas dos tributários. A contaminação no ribeirão do Lobo e no córrego do Geraldo está mais associada à criação de animais nas propriedades rurais na bacia hidrográfica e à presença de animais silvestres. Já no rio Itaqueri a contaminação ocorre devido ao esgoto de Itirapina, portanto, com procedência humana, constituindo, dessa forma, uma maior preocupação em relação à contaminação dos freqüentadores da área, por organismos patógenos, como vírus, bactérias e vermes.

No corpo da represa, a qualidade da água para balneabilidade foi considerada apropriada (excelente), em relação ao parâmetro coliformes fecais, durante todo o período de estudo. As características hidrodinâmicas da represa contribuem para a situação favorável observada. O fato de ser raso, com a zona eufótica atingindo praticamente toda a coluna de água, apresentar alta turbulência durante todo o ano, apresentar altas concentrações de oxigênio e o baixo tempo de retenção, promove processos que auxiliam na redução dos organismos patogênicos.

O adequado gerenciamento da área e das atividades turísticas demanda, entre outros, a implantação de programas de monitoramento da qualidade da água da represa, medidas para minimizar os impactos sobre o ambiente e programas de educação ambiental para os turistas e para os moradores do entorno da represa do Lobo.

ANEXO 1. Resultados das variáveis avaliadas semanalmente (pH, condutividade, OD e temperatura.

pH									
Data	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
11/12/01	5,1	5,2	6,8	4,9	6,5	5,5	5,4	5,2	6,5
17/12/01	5,5	5,6	6,1	5,3	6,0	5,8	5,9	5,8	6,2
26/12/01	5,7	6,0	5,6	6,0	6,2	6,1	6,5	6,1	6,3
2/1/02	5,7	5,8	6,0	6,1	5,8	5,8	5,8	6,1	6,1
7/1/02	5,9	5,7	7,0	5,7	5,5	5,6	5,4	5,8	5,8
15/1/02	4,3	4,4	6,1	5,0	5,0	5,1	5,0	5,1	5,9
21/1/02	5,1	5,0	6,0	5,0	5,2	5,2	5,1	5,4	6,5
28/1/02	5,6	5,8	5,8	6,0	6,2	6,3	6,4	6,5	6,1
4/2/02	4,2	4,0	4,7	4,0	4,1	4,7	4,7	5,5	6,0
11/2/02	5,2	5,8	6,0	5,6	5,4	5,5	5,2	6,9	5,7
18/2/02	5,7	5,4	6,6	5,2	5,7	5,3	5,5	6,0	6,3
25/2/02	4,4	4,4	4,9	4,5	4,6	4,7	4,9	5,1	6,2
4/3/02	4,6	4,4	5,0	4,7	4,9	5,1	5,2	5,1	5,7
11/3/02	5,3	5,3	6,0	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,9
19/3/02	5,1	5,3	5,8	5,9	6,0	6,1	6,1	6,7	6,7
26/3/02	5,8	6,2	6,2	6,3	6,1	6,0	6,0	6,3	6,6
2/4/02	6,6	6,7	6,8	7,2	7,2	7,2	7,3	6,8	6,6
8/4/02	5,3	5,8	5,1	5,8	5,9	5,5	5,3	5,2	6,9
15/4/02	5,4	5,2	6,1	5,6	5,6	5,6	5,7	5,9	7,1
22/4/02	5,5	5,8	4,5	5,6	5,9	5,8	5,7	5,7	6,7
29/4/02	5,3	5,3	5,9	5,4	5,4	5,5	5,4	5,6	6,9
6/5/02	5,1	5,4	4,9	5,8	5,6	5,5	5,5	5,6	7,1
13/5/02	5,4	5,1	5,7	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	6,8
20/5/02	4,7	4,8	4,8	4,7	4,7	4,7	4,7	4,6	6,8
27/5/02	5,7	5,7	6,5	6,2	6,2	6,3	6,3	6,2	6,8
4/6/02	6,1	5,7	6,6	6,5	6,5	6,5	6,4	6,6	6,7
10/6/02	4,9	4,6	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	6,7
18/6/02	6,1	5,4	6,3	5,9	6,1	6,1	6,3	6,3	6,9
24/6/02	5,6	4,9	5,4	5,9	5,5	5,6	5,6	5,6	7,1
4/7/02	6,8	6,0	7,7	6,0	6,1	6,2	6,3	6,5	7,6
10/7/02	6,4	6,3	6,4	6,6	6,5	6,7	6,8	6,8	7,0
15/7/02	5,9	5,6	5,6	6,0	6,4	6,5	6,6	6,7	7,4
22/7/02	5,7	5,5	6,4	5,6	5,8	5,9	5,9	6,1	7,3
29/7/02	5,6	5,1	5,7	5,6	6,0	6,2	6,2	6,2	7,2
5/8/02	5,8	5,6	6,0	6,0	6,3	6,4	6,4	6,4	7,0
12/8/02	5,3	5,1	6,1	5,2	5,3	5,5	5,5	5,7	6,1
19/8/02	5,4	5,2	5,1	5,4	5,7	5,8	5,8	5,3	5,8
26/8/02	5,0	5,0	5,0	5,3	5,5	5,8	5,6	6,0	6,0
2/9/02	5,4	5,0	5,6	5,4	5,6	5,9	5,9	5,9	6,0
9/9/02	5,5	5,5	5,8	5,9	6,5	6,1	5,8	5,9	6,3
16/9/02	5,5	5,2	5,9	5,6	5,9	6,2	6,2	6,4	6,2
23/9/02	4,5	4,2	4,1	4,7	5,0	5,1	5,2	5,3	6,1
30/9/02	4,9	4,4	4,4	5,0	5,6	5,8	6,0	6,5	6,4
7/10/02	4,5	4,5	4,4	5,2	5,7	5,9	5,9	7,1	6,5
14/10/02	4,9	4,6	5,5	5,0	5,2	5,4	5,6	6,0	6,4
21/10/02	4,8	4,0	4,4	4,6	5,0	5,0	5,2	5,3	6,3
28/10/02	4,1	3,8	4,6	4,6	4,9	4,8	4,9	5,2	6,5
5/11/02	4,6	3,9	5,6	4,5	4,7	4,8	4,9	4,9	6,0
12/11/02	4,8	4,2	4,0	4,6	4,9	5,1	5,1	5,2	6,1
18/11/02	5,8	5,5	6,2	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2
25/11/02	5,8	6,1	5,5	6,3	6,5	6,4	6,4	6,6	6,2
4/12/02	4,9	5,3	5,2	5,6	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3

Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$)									
Data	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
11/12/01	12,0	6,0	5,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	12,0
17/12/01	16,0	7,0	6,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	10,0
26/12/01	24,0	7,0	7,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0
2/1/02	8,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	10,0
7/1/02	16,0	8,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	9,0
15/1/02	9,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	15,0
21/1/02	13,0	4,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0
28/1/02	23,0	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0	8,0	8,0	10,0
4/2/02	12,0	7,0	8,0	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0	12,0
11/2/02	10,0	6,0	6,0	7,0	7,0	9,0	8,0	7,0	9,0
18/2/02	16,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,0	10,0
25/2/02	10,0	6,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
4/3/02	17,0	6,0	10,0	8,0	8,0	7,0	7,0	7,0	9,0
11/3/02	18,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	10,0
19/3/02	12,0	6,0	6,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	12,0
26/3/02	14,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
2/4/02	17,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
8/4/02	17,0	8,0	6,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
15/4/02	15,0	5,0	8,0	8,0	9,0	8,0	9,0	8,0	9,0
22/4/02	17,0	8,0	6,0	9,0	8,0	9,0	8,0	8,0	10,0
29/4/02	10,0	8,0	5,0	8,0	9,0	8,0	8,0	8,0	9,0
6/5/02	9,0	8,0	5,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0	9,0
13/5/02	17,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
20/5/02	16,0	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
27/5/02	16,0	5,0	5,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
4/6/02	18,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
10/6/02	17,0	5,0	4,0	8,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0
18/6/02	17,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
24/6/02	16,0	4,0	4,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
4/7/02	18,0	4,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0
10/7/02	17,0	4,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0
15/7/02	17,0	4,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
22/7/02	16,0	4,0	4,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
29/7/02	16,0	4,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0
5/8/02	18,0	4,0	5,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0
12/8/02	19,0	6,0	5,0	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0	9,0
19/8/02	19,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
26/8/02	17,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
2/9/02	17,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	10,0
9/9/02	18,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
16/9/02	18,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
23/9/02	17,0	4,0	5,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
30/9/02	18,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
7/10/02	14,0	5,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
14/10/02	19,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	10,0
21/10/02	19,0	5,0	4,0	8,0	9,0	9,0	9,0	8,0	10,0
28/10/02	18,0	5,0	5,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
5/11/02	20,0	4,0	4,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	10,0
12/11/02	19,0	5,0	4,0	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	9,0
18/11/02	18,0	5,0	7,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0
25/11/02	19,0	7,0	5,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0
4/12/02	17,0	7,0	4,0	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	11,0

Oxigênio dissolvido (mg/L)									
Data	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
11/12/01	4,7	6,9	6,6	7,6	7,4	7,1	7,8	8,3	6,1
17/12/01	5,1	7,2	6,8	7,8	7,5	7,6	7,8	8,0	6,5
26/12/01	6,1	7,8	6,9	8,7	8,0	7,9	7,8	8,9	7,3
2/1/02	5,5	6,9	5,3	7,5	7,9	7,7	7,6	7,7	5,8
7/1/02	4,2	5,9	5,4	7,9	7,7	8,2	7,9	8,1	5,2
15/1/02	4,6	6,3	5,2	6,5	7,4	7,0	7,3	7,0	5,0
21/1/02	4,2	6,0	5,2	7,5	7,9	8,1	8,1	7,5	6,2
28/1/02	3,9	6,8	6,8	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1	5,4
4/2/02	3,7	6,3	5,4	5,9	7,0	7,3	7,2	7,3	6,3
11/2/02	4,3	6,5	5,7	8,1	7,8	7,3	7,5	6,8	6,8
18/2/02	4,3	6,1	6,5	6,1	7,2	7,1	7,0	7,9	6,4
25/2/02	3,8	6,5	5,4	7,7	6,4	6,2	7,6	8,0	7,2
4/3/02	4,4	7,0	5,5	7,3	8,0	7,9	8,3	8,0	6,1
11/3/02	4,3	7,6	6,2	7,8	8,5	8,3	8,4	8,4	6,0
19/3/02	3,2	7,0	4,9	6,3	7,6	7,3	7,7	8,0	4,0
26/3/02	3,0	6,8	5,2	6,7	7,1	6,8	6,6	5,6	7,8
2/4/02	3,8	6,4	5,9	7,2	7,7	7,7	7,8	7,7	8,0
8/4/02	4,1	7,1	5,8	6,9	6,8	6,9	6,8	6,3	7,4
15/4/02	5,2	6,8	6,4	6,8	6,9	6,9	7,6	7,8	7,1
22/4/02	3,5	7,1	6,0	5,7	7,3	7,3	7,1	7,8	6,6
29/4/02	5,5	7,0	5,9	6,9	7,6	7,1	7,5	7,0	8,1
6/5/02	6,6	7,5	6,2	7,0	6,4	6,4	6,3	7,3	7,9
13/5/02	4,5	7,7	6,7	7,3	7,6	7,1	7,0	6,9	6,6
20/5/02	4,7	7,9	7,1	8,2	8,2	8,0	8,1	7,3	7,3
27/5/02	5,5	7,4	6,8	8,4	8,3	7,9	8,4	7,8	8,1
4/6/02	5,5	7,4	7,7	7,9	8,3	8,2	8,5	8,5	8,0
10/6/02	6,3	7,9	7,7	9,1	8,2	8,8	8,2	8,7	8,8
18/6/02	7,2	8,3	8,2	8,8	8,2	8,8	8,9	8,3	7,4
24/6/02	7,7	9,2	8,4	9,0	9,0	8,9	9,0	9,2	9,2
4/7/02	7,7	8,6	9,5	8,2	10,2	10,3	9,2	9,9	9,6
10/7/02	7,7	7,9	8,3	8,9	8,8	9,0	8,8	8,6	8,1
15/7/02	7,5	7,6	8,2	8,6	8,2	8,7	8,5	8,8	8,4
22/7/02	6,5	6,4	6,6	7,7	8,5	8,2	8,4	8,2	7,8
29/7/02	7,1	8,0	7,6	7,3	8,9	8,5	8,7	8,9	8,0
5/8/02	6,4	7,3	7,3	8,6	9,1	9,2	8,3	9,0	6,8
12/8/02	6,9	7,2	6,6	8,4	8,3	8,3	8,5	8,7	7,8
19/8/02	6,8	7,2	7,6	6,8	8,3	8,0	8,4	8,1	7,4
26/8/02	7,5	8,1	8,2	9,1	9,1	8,7	9,1	9,1	8,1
2/9/02	7,3	8,1	7,7	8,3	8,6	8,3	8,5	6,7	7,6
9/9/02	7,8	8,4	7,5	8,0	8,4	8,5	8,4	7,4	8,2
16/9/02	6,1	7,0	6,5	7,0	7,8	7,7	8,0	8,0	7,2
23/9/02	6,4	7,1	7,2	6,1	7,1	6,8	6,9	7,1	7,3
30/9/02	6,3	6,7	6,7	7,9	8,3	8,4	8,4	8,3	7,7
7/10/02	5,9	6,8	6,7	7,9	8,2	8,0	8,3	8,7	7,5
14/10/02	5,9	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	8,0	8,1	6,5
21/10/02	6,0	7,4	7,2	6,6	8,0	7,8	8,0	7,6	6,0
28/10/02	6,4	7,3	7,3	6,7	7,9	6,8	7,9	8,3	6,5
5/11/02	6,7	7,7	6,9	8,1	6,4	7,2	7,5	7,5	6,7
12/11/02	7,1	7,7	7,9	8,1	8,9	8,6	8,7	8,5	8,1
18/11/02	5,7	6,5	6,2	6,7	6,7	7,2	7,1	7,5	6,8
25/11/02	6,5	8,3	7,1	9,0	9,3	9,1	9,1	8,7	7,4
4/12/02	5,8	6,7	6,4	7,1	8,0	7,9	8,1	8,1	6,6

Temperatura da água (°C)									
Data	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
11/12/01	21,4	24,1	23,5	26,2	26,0	26,0	26,2	26,0	25,3
17/12/01	21,3	23,2	22,8	24,0	24,1	24,1	24,2	24,2	23,8
26/12/01	21,3	22,2	21,2	24,7	24,5	24,5	24,9	24,7	24,8
2/1/02	25,3	23,7	24,0	26,0	25,5	25,2	25,3	25,6	24,5
7/1/02	22,5	23,4	22,3	26,8	26,7	26,7	26,6	26,1	24,5
15/1/02	21,6	21,9	21,6	24,4	24,6	24,9	24,8	24,4	23,9
21/1/02	21,1	21,5	21,2	23,8	24,1	24,3	24,2	24,1	23,7
28/1/02	23,8	27,4	27,5	27,8	27,4	27,2	27,1	26,5	24,5
4/2/02	21,4	23,0	21,4	25,1	25,8	25,8	26,0	25,8	24,8
11/2/02	20,9	23,2	22,6	25,3	25,4	25,4	25,4	25,4	25,0
18/2/02	22,3	24,0	24,7	25,0	25,4	25,4	25,6	26,0	25,2
25/2/02	21,9	23,3	22,0	24,9	24,9	24,9	25,7	26,3	25,6
4/3/02	22,1	24,2	22,3	25,2	25,7	25,6	25,8	26,0	25,0
11/3/02	22,8	26,2	27,5	27,3	27,4	27,4	27,3	27,8	25,1
19/3/02	22,5	25,9	22,7	27,4	27,6	27,6	27,5	27,4	25,1
26/3/02	21,9	25,5	22,6	26,2	26,0	26,6	26,5	26,4	25,9
2/4/02	21,8	25,8	25,9	27,0	26,8	27,0	27,2	26,0	26,0
8/4/02	21,4	24,8	20,9	25,7	26,0	26,1	26,3	26,2	25,8
15/4/02	23,2	23,2	25,3	25,9	25,8	25,8	26,2	26,5	26,0
22/4/02	21,8	24,5	21,3	25,5	25,9	26,0	26,1	26,3	25,8
29/4/02	24,3	24,8	20,1	25,2	25,2	25,3	25,2	25,2	25,0
6/5/02	24,5	24,2	20,9	24,8	24,6	24,7	24,7	25,0	24,8
13/5/02	19,3	21,8	22,4	24,2	24,5	24,4	24,3	24,4	23,9
20/5/02	19,3	22,1	19,6	22,9	23,0	22,9	23,0	23,1	22,7
27/5/02	15,6	16,3	16,3	19,9	20,1	20,1	20,1	20,2	20,2
4/6/02	16,9	17,7	17,3	20,8	20,9	21,0	21,2	20,5	20,3
10/6/02	17,8	18,9	17,9	20,7	20,6	20,6	20,7	20,6	20,4
18/6/02	16,7	17,0	16,9	20,5	20,7	20,8	20,8	20,9	20,6
24/6/02	16,6	17,1	17,0	19,8	20,0	19,9	20,0	20,3	20,1
4/7/02	17,9	19,6	18,5	19,8	21,0	20,4	20,8	20,9	20,2
10/7/02	15,0	17,6	16,0	20,0	18,9	19,2	19,2	19,8	19,3
15/7/02	14,5	15,7	15,3	18,4	18,3	18,5	19,3	18,9	18,8
22/7/02	17,1	18,3	17,5	18,4	18,0	18,1	18,1	17,8	17,8
29/7/02	16,1	16,2	15,9	18,1	18,5	18,7	19,0	19,1	18,4
5/8/02	17,0	18,5	17,6	19,9	20,1	20,1	19,7	19,7	19,1
12/8/02	17,5	19,1	17,7	21,5	21,3	21,5	21,6	21,5	19,8
19/8/02	18,4	18,8	18,1	21,1	21,4	21,4	21,4	21,5	21,0
26/8/02	18,3	18,3	17,9	22,6	22,8	22,9	23,0	23,7	21,0
2/9/02	16,3	16,2	16,7	20,4	20,5	20,6	20,8	20,3	20,0
9/9/02	18,5	20,1	19,2	21,0	21,1	21,2	21,1	21,5	21,9
16/9/02	19,8	20,4	19,8	21,5	22,2	22,1	22,3	22,5	20,9
23/9/02	17,7	18,7	18,2	21,4	21,3	21,4	21,4	21,3	21,0
30/9/02	19,1	19,5	19,2	22,8	23,0	22,9	23,0	22,5	21,0
7/10/02	21,3	22,5	21,0	25,0	25,3	25,2	25,4	25,8	22,6
14/10/02	22,4	21,4	21,5	26,1	26,2	26,1	26,2	26,2	22,5
21/10/02	22,0	21,9	21,5	25,8	25,7	25,7	25,6	25,1	23,9
28/10/02	22,4	21,5	21,6	25,6	25,9	25,7	26,0	26,7	24,9
5/11/02	21,5	21,2	20,8	25,1	25,1	25,2	25,3	25,1	24,3
12/11/02	21,7	22,5	21,1	24,3	24,1	24,2	24,6	24,3	23,3
18/11/02	22,2	22,6	21,7	26,4	25,5	26,1	26,2	26,1	24,7
25/11/02	23,1	25,5	22,4	26,8	26,6	26,6	26,5	26,3	25,7
4/12/02	23,4	25,0	23,6	26,4	27,0	26,8	27,2	28,0	27,0

ANEXO 2. Variáveis ambientais obtidas nas coletas mensais.

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	5,1	5,2	6,8	4,9	6,5	5,5	5,4	5,2	6,5
Condutividade (µS/cm)	12,0	6,0	5,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	12,0
Temperatura (°C)	21,4	24,1	23,5	26,2	26,0	26,0	26,2	26,0	25,3
Oxig. Dissolvido (mg/L)	4,7	6,9	6,6	7,6	7,4	7,1	7,8	8,3	6,1
Nitrito (µg/L)	6,0	1,4	1,4	1,0	1,1	0,9	1,0	1,0	1,5
Nitrato (µg/L)	140,1	30,9	22,6	10,9	11,7	20,1	20,8	11,7	40,5
Amônio (µg/L)	64,0	27,7	10,5	29,8	38,2	19,1	52,2	16,3	82,2
Nitrog. Org. Total (mg/L)	1,77	0,65	0,62	0,92	1,11	1,26	1,08	1,01	0,90
Fósforo total (µg/L)	163,8	48,0	37,6	46,3	39,7	45,3	46,2	46,5	64,0
Fosfato total dissolvido (µg/L)	45,9	13,0	11,1	9,8	10,2	10,6	10,2	13,9	11,9
Fosfato inorgânico (µg/L)	25,6	4,8	4,2	4,4	1,9	2,6	4,7	4,1	1,4
Silicato reativo (mg/L)	5,02	2,41	3,48	0,49	0,35	0,38	0,30	0,32	0,75
Mat. Suspensão Total (mg/L)	38,6	6,7	3,9	9,0	6,6	7,8	6,8	6,4	8,9
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	14,8	4,0	2,8	6,3	4,9	5,8	5,0	5,4	4,7
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	23,8	2,7	1,1	2,7	1,7	2,0	1,8	1,0	4,2
Clorofila a + feofitina (µg/L)	4,2	6,3	13,4	13,8	18,6	20,7	22,0	22,0	12,3

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (11 de dezembro de 2001)

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	4,3	4,4	6,1	5,0	5,0	5,1	5,0	5,1	5,9
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	9,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	15,0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	21,6	21,9	21,6	24,4	24,6	24,9	24,8	24,4	23,9
Oxig. Dissolvido (mg/L)	4,6	6,3	5,2	6,5	7,4	7,0	7,3	7,0	5,0
Nitrito ($\mu\text{g}/\text{L}$)	4,8	4,2	5,9	3,1	2,7	1,8	1,6	1,8	3,3
Nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$)	46,9	21,7	15,4	8,3	9,8	13,9	12,1	12,2	24,1
Amônio ($\mu\text{g}/\text{L}$)	26,0	28,4	104,6	107,3	29,2	5,1	4,6	73,7	73,7
Nitrog. Org. Total (mg/L)	0,55	0,53	0,30	0,60	0,30	0,17	0,53	0,64	0,10
Fósforo total ($\mu\text{g}/\text{L}$)	93,9	63,7	78,0	57,9	68,0	58,9	60,1	65,7	84,6
Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g}/\text{L}$)	44,5	20,2	31,2	15,7	15,5	13,2	16,0	18,6	22,8
Fosfato inorgânico ($\mu\text{g}/\text{L}$)	18,4	10,6	8,7	7,9	2,3	4,8	4,2	1,8	5,0
Silicato reativo (mg/L)	0,94	0,73	0,93	0,69	0,62	0,77	0,62	0,67	0,70
Mat. Suspensão Total (mg/L)	17,9	6,0	8,7	7,4	6,7	7,1	8,9	10,0	13,8
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	4,9	2,9	2,5	3,4	3,6	4,0	5,4	7,5	4,7
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	13,0	3,1	6,2	4,0	3,1	3,1	3,5	2,5	9,1
Clorofila a + feofitina ($\mu\text{g}/\text{L}$)	3,6	8,1	1,9	21,5	24,5	33,5	48,8	-	29,8

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (15 de janeiro de 2002)

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	5,7	5,4	6,6	5,2	5,7	5,3	5,5	6,0	6,3
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	16,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,0	10,0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	22,3	24,0	24,7	25,0	25,4	25,4	25,6	26,0	25,2
Oxig. Dissolvido (mg/L)	4,3	6,1	6,5	6,1	7,2	7,1	7,0	7,9	6,4
Nitrito ($\mu\text{g}/\text{L}$)	6,8	3,6	3,2	2,3	2,6	2,7	2,6	2,7	3,1
Nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$)	25,6	10,3	8,6	8,0	6,7	5,4	10,9	8,0	8,9
Amônio ($\mu\text{g}/\text{L}$)	11,3	4,6	7,1	1,3	1,0	5,4	5,1	3,7	31,5
Nitrog. Org. Total (mg/L)	0,26	0,87	0,23	0,37	0,27	0,11	0,25	0,32	0,15
Fósforo total ($\mu\text{g}/\text{L}$)	75,0	44,7	44,2	44,7	43,3	48,9	46,9	41,7	43,9
Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g}/\text{L}$)	47,4	22,2	16,6	15,4	15,8	16,0	18,0	14,8	17,1
Fosfato inorgânico ($\mu\text{g}/\text{L}$)	27,1	10,8	5,9	6,1	5,1	5,8	5,6	5,0	4,3
Silicato reativo (mg/L)	2,45	1,97	2,09	2,23	2,12	2,18	2,25	2,02	1,99
Mat. Suspensão Total (mg/L)	5,6	10,3	3,5	9,9	7,8	5,2	7,3	4,0	4,6
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	1,9	4,0	2,6	5,4	4,5	3,6	4,8	3,3	3,2
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	3,7	6,3	0,9	4,5	3,3	1,6	2,5	0,7	1,4
Clorofila a + feofitina ($\mu\text{g}/\text{L}$)	3,9	15,3	10,6	62,1	51,9	42,4	53,7	54,1	20,6

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (18 de fevereiro de 2002).

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	5,8	6,2	6,2	6,3	6,1	6,0	6,0	6,3	6,6
Condutividade (µS/cm)	14,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Temperatura (°C)	21,9	25,5	22,6	26,2	26,0	26,6	26,5	26,4	25,9
Oxig. Dissolvido (mg/L)	3,0	6,8	5,2	6,7	7,1	6,8	6,6	5,6	7,8
Nitrito (µg/L)	7,5	3,4	5,1	2,5	1,8	2,3	2,0	3,1	2,8
Nitrato (µg/L)	100,2	16,0	15,6	7,7	7,9	6,1	5,5	7,8	8,1
Amônio (µg/L)	8,1	11,7	5,2	15,2	11,6	5,8	7,8	10,3	17,5
Nitrog. Org. Total (mg/L)	0,45	0,26	0,01	0,05	0,27	0,31	0,67	0,09	0,41
Fósforo total (µg/L)	69,4	34,2	33,7	21,4	18,4	27,2	23,1	21,2	30,6
Fosfato total dissolvido (µg/L)	42,5	16,9	19,5	13,2	14,2	13,4	14,9	15,8	13,4
Fosfato inorgânico (µg/L)	25,5	8,4	8,4	4,4	4,9	5,9	4,9	4,9	4,9
Silicato reativo (mg/L)	1,04	0,95	0,70	1,19	2,13	2,14	1,70	1,22	1,83
Mat. Suspensão Total (mg/L)	6,3	4,4	8,7	5,1	7,8	7,0	5,1	5,7	6,0
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	3,7	3,8	4,7	4,3	6,3	5,8	4,2	4,7	4,6
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	2,6	0,6	3,9	0,8	1,6	1,2	0,9	1,0	1,4
Clorofila a + feofitina (µg/L)	3,9	15,1	5,6	30,7	45,2	38,5	16,2	21,8	27,9

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (26 de março de 2002).

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	5,3	5,3	5,9	5,4	5,4	5,5	5,4	5,6	6,9
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	10,0	8,0	5,0	8,0	9,0	8,0	8,0	8,0	9,0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	24,3	24,8	20,1	25,2	25,2	25,3	25,2	25,2	25,0
Oxig. Dissolvido (mg/L)	5,5	7,0	5,9	6,9	7,6	7,1	7,5	7,0	8,1
Nitrito ($\mu\text{g/L}$)	3,9	2,6	2,5	1,8	3,1	1,8	1,4	2,5	1,9
Nitrato ($\mu\text{g/L}$)	23,4	8,9	23,7	7,8	6,4	8,6	7,3	5,6	20,6
Amônio ($\mu\text{g/L}$)	5,0	8,2	15,3	8,6	18,1	11,7	20,1	23,2	26,0
Nitrog. Org. Total (mg/L)	0,51	0,7	0,7	0,51	0,47	0,47	0,42	0,23	0,98
Fósforo total ($\mu\text{g/L}$)	43,6	43,7	40,7	38,4	40,0	48,2	45,3	41,7	49,3
Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g/L}$)	19,4	13,9	17,8	10,9	13,4	13,2	14,3	15,4	16,9
Fosfato inorgânico ($\mu\text{g/L}$)	6,7	5,7	10,0	6,5	4,9	4,6	5,3	7,6	5,9
Silicato reativo (mg/L)	0,66	0,78	0,46	0,75	0,82	0,78	1,19	0,76	0,76
Mat. Suspensão Total (mg/L)	2,3	3,2	3,4	4,0	4,5	3,9	4,9	4,4	3,9
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	2,2	2,9	3,1	3,2	3,7	3,2	4,6	3,9	3,7
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	0,1	0,3	0,3	0,8	0,8	0,7	0,3	0,5	0,2
Clorofila a + feofitina ($\mu\text{g/L}$)	11,2	13,4	2,8	21,8	27,0	26,5	31,6	21,4	24,2

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (29 de abril de 2002).

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	6,1	5,7	6,6	6,6	6,5	6,5	6,4	6,4	6,7
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	18,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	16,9	17,7	17,3	20,8	20,8	20,9	21,0	20,5	20,3
Oxig. Dissolvido (mg/L)	5,5	7,4	7,7	7,9	8,3	8,2	8,5	8,5	8,0
Nitrito ($\mu\text{g/L}$)	18,4	2,1	1,7	0,4	0,4	0,3	0,4	1,9	0,7
Nitrato ($\mu\text{g/L}$)	365,1	73,8	28,4	11,2	9,4	8,6	5,5	6,1	20,0
Amônio ($\mu\text{g/L}$)	101,5	25,3	19,8	16,5	16,2	18,2	20,1	24,1	26,5
Nitrog. Org. Total (mg/L)	0,47	0,23	0,61	0,42	0,56	0,47	0,47	0,51	0,84
Fósforo total ($\mu\text{g/L}$)	98,3	49,0	37,9	43,8	52,1	42,8	44,1	40,1	46,3
Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g/L}$)	50,8	22,4	14,6	15,4	15,3	13,5	15,1	18,4	15,8
Fosfato inorgânico ($\mu\text{g/L}$)	43,3	10,5	7,9	7,1	6,3	6,1	5,9	10,3	6,0
Silicato reativo (mg/L)	1,08	0,7	0,67	0,8	0,84	0,84	0,8	0,9	0,83
Mat. Suspensão Total (mg/L)	5,6	1,7	2,9	3,1	3,2	3,5	3,9	3,7	3,7
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	2,5	1,4	2,0	2,8	2,9	3,2	3,2	3,5	2,7
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	3,1	0,3	0,9	0,3	0,3	0,3	0,7	0,3	1,0
Clorofila a + feofitina ($\mu\text{g/L}$)	4,5	4,5	1,1	20,9	24,0	18,7	17,6	22,0	25,7

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (04 de junho de 2002)

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	5,9	5,6	5,6	6,0	6,4	6,5	6,6	6,7	7,4
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	17,0	4,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	14,5	15,7	15,3	18,4	18,3	18,5	19,3	18,9	18,8
Oxig. Dissolvido (mg/L)	7,5	7,6	8,2	8,6	8,2	8,7	8,5	8,8	8,4
Nitrito ($\mu\text{g/L}$)	17,9	2,7	1,2	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,9
Nitrato ($\mu\text{g/L}$)	86,8	29,6	17,5	5,1	3,5	4,7	6,6	4,7	7,6
Amônio ($\mu\text{g/L}$)	109,2	21,8	8,3	10,0	9,7	11,2	11,9	10,7	28,0
Nitrog. Org. Total (mg/L)	0,79	0,42	1,21	0,65	0,65	0,65	0,7	0,75	0,51
Fósforo total ($\mu\text{g/L}$)	73,9	22,2	44,2	26,6	28,0	27,4	23,1	25,2	49,3
Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g/L}$)	-	9,7	10,2	5,4	7,7	8,9	9,8	7,8	5,7
Fosfato inorgânico ($\mu\text{g/L}$)	50,1	8,0	7,4	5,3	6,2	4,7	5,0	4,6	4,0
Silicato reativo (mg/L)	6,68	6,55	6,26	2,45	2,4	2,39	2,41	2,42	2,76
Mat. Suspensão Total (mg/L)	3,7	2,1	3,6	4,9	5,4	5,4	4,3	5,4	6,1
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	1,9	1,2	2,6	3,9	4,3	4,4	3,7	4,5	4,2
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	1,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0	0,6	0,9	1,9
Clorofila a + feofitina ($\mu\text{g/L}$)	3,9	0,6	0,8	38,2	45,5	39,1	38,8	35,0	43,0

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (15 de julho de 2002)

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	5,4	5,2	5,1	5,4	5,7	5,8	5,8	5,3	5,8
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	19,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	18,4	18,8	18,1	21,1	21,4	21,4	21,4	21,5	21,0
Oxig. Dissolvido (mg/L)	6,8	7,2	7,6	6,8	8,3	8,0	8,4	8,1	7,4
Nitrito ($\mu\text{g/L}$)	19,6	2,1	2,1	1,7	1,0	1,1	1,1	1,0	1,2
Nitrato ($\mu\text{g/L}$)	569,5	169,0	25,7	16,4	12,3	12,0	10,8	17,3	40,0
Amônio ($\mu\text{g/L}$)	57,6	10,4	2,1	6,7	9,2	6,0	12,5	6,6	56,2
Nitrog. Org. Total (mg/L)	0,70	0,42	0,56	0,51	0,56	0,51	0,49	0,47	0,51
Fósforo total ($\mu\text{g/L}$)	102,3	37,5	35,1	43,5	45,8	45,4	54,4	41,4	35,0
Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g/L}$)	57,3	9,6	10,9	13,0	11,1	8,9	8,2	11,8	8,3
Fosfato inorgânico ($\mu\text{g/L}$)	38,5	3,7	1,9	5,3	1,3	1,0	1,7	3,2	0,3
Silicato reativo (mg/L)	1,24	0,40	0,72	0,43	0,42	0,58	0,83	0,87	0,60
Mat. Suspensão Total (mg/L)	4,4	7,1	2,6	4,4	20,8	4,5	5,7	4,2	5,1
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	2,1	2,6	1,4	3,3	4,5	3,5	4,4	3,7	3,5
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	2,3	4,5	1,2	1,1	16,3	1,0	1,3	0,5	1,6
Clorofila a + feofitina ($\mu\text{g/L}$)	3,3	1,7	1,9	47,4	38,1	34,4	31,6	28,8	22,3

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (19 de agosto de 2002)

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	4,5	4,2	4,1	4,7	5,0	5,1	5,2	5,3	6,1
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	17,0	4,0	5,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	17,7	18,7	18,2	21,4	21,3	21,4	21,4	21,3	21,0
Oxig. Dissolvido (mg/L)	6,4	7,1	7,2	6,1	7,1	6,8	6,9	7,1	7,3
Nitrito ($\mu\text{g/L}$)	13,2	2,7	3,1	1,2	1,3	0,9	1,0	1,2	1,5
Nitrato ($\mu\text{g/L}$)	547,7	192,8	44,1	17,5	18,5	12,1	18,5	14,8	35,2
Amônio ($\mu\text{g/L}$)	70,9	16,0	21,3	46,6	20,1	26,6	31,7	23,9	26,9
Nitrog. Org. Total (mg/L)	0,98	0,65	0,93	0,84	0,56	0,65	0,70	0,79	0,84
Fósforo total ($\mu\text{g/L}$)	90,7	22,1	24,8	37,2	33,6	33,0	29,6	29,7	29,3
Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g/L}$)	47,5	11,3	11,8	12,0	11,7	8,6	8,4	8,1	7,3
Fosfato inorgânico ($\mu\text{g/L}$)	41,2	6,5	7,1	1,3	3,9	1,9	4,3	4,9	4,8
Silicato reativo (mg/L)	2,75	1,39	1,46	1,06	0,99	1,04	1,21	0,95	1,08
Mat. Suspensão Total (mg/L)	8,9	4,8	4,8	8,9	8,5	9,0	7,8	8,4	7,7
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	3,4	2,3	3,5	5,3	6,7	7,5	6,6	6,5	5,6
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	5,5	2,5	1,3	3,6	1,8	1,5	1,2	1,9	2,1
Clorofila a + feofitina ($\mu\text{g/L}$)	5,0	2,3	2,3	41,8	34,9	35,8	32,5	22,9	31,6

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (23 de setembro de 2002)

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	4,1	3,8	4,6	4,6	4,9	4,8	4,9	5,2	6,5
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	18,0	5,0	5,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	22,4	21,5	21,6	25,6	25,9	25,7	26,0	26,7	24,9
Oxig. Dissolvido (mg/L)	6,4	7,3	7,3	6,7	7,9	6,8	7,9	8,3	6,5
Nitrito ($\mu\text{g}/\text{L}$)	5,6	1,2	1,2	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2
Nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$)	460,0	168,5	26,6	20,7	8,9	16,5	9,4	9,4	52,0
Amônio ($\mu\text{g}/\text{L}$)	11,6	16,3	15,9	18,1	13,4	19,1	13,0	7,5	83,0
Nitrog. Org. Total (mg/L)	0,70	0,47	0,54	0,51	0,56	0,51	0,51	0,56	0,61
Fósforo total ($\mu\text{g}/\text{L}$)	110,3	24,9	24,6	31,5	29,6	31,7	31,4	28,7	33,8
Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g}/\text{L}$)	45,6	11,9	9,3	11,1	10,7	12,6	11,8	8,3	12,2
Fosfato inorgânico ($\mu\text{g}/\text{L}$)	60,3	1,3	1,3	0,8	0,7	0,8	1,1	0,9	1,5
Silicato reativo (mg/L)	6,89	7,12	6,96	1,78	1,33	1,43	1,26	1,27	1,66
Mat. Suspensão Total (mg/L)	9,3	7,6	6,4	7,4	6,1	6,9	6,9	6,1	5,1
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	3,7	3,0	3,1	4,9	5,2	5,6	5,6	5,0	3,6
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	5,6	4,6	3,3	2,5	0,9	1,3	1,3	1,1	1,5
Clorofila a + feofitina ($\mu\text{g}/\text{L}$)	5,9	3,7	4,7	24,2	27,4	32,5	28,4	26,0	34,4

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (28 de outubro de 2002)

Variáveis	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
pH	4,9	5,3	5,2	5,6	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	17,0	7,0	4,0	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	11,0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	23,4	25,0	23,6	26,4	27,0	26,8	27,2	28,0	27,0
Oxig. Dissolvido (mg/L)	5,8	6,7	6,4	7,1	8,0	7,9	8,1	6,4	6,6
Nitrito ($\mu\text{g}/\text{L}$)	13,1	2,5	2,5	1,7	1,6	2,0	2,0	1,7	3,7
Nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$)	375,6	51,1	51,5	78,3	69,4	52,0	52,3	52,8	95,9
Amônio ($\mu\text{g}/\text{L}$)	68,6	54,7	53,0	54,7	53,5	67,5	71,9	63,2	213,0
Nitrog. Org. Total (mg/L)	0,56	0,51	0,20	0,42	0,18	0,53	0,23	0,46	0,68
Fósforo total ($\mu\text{g}/\text{L}$)	97,9	36,5	38,6	26,5	25,5	24,7	29,0	23,9	36,6
Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g}/\text{L}$)	50,4	10,3	10,6	12,7	9,5	12,9	11,2	8,9	10,3
Fosfato inorgânico ($\mu\text{g}/\text{L}$)	42,4	3,8	4,1	2,8	2,5	4,1	2,5	2,0	2,0
Silicato reativo (mg/L)	2,03	1,33	1,57	0,83	0,73	1,37	0,82	0,76	0,99
Mat. Suspensão Total (mg/L)	6,7	4,9	3,7	4,6	3,0	2,3	2,7	3,4	5,9
Mat. Suspensão Org. (mg/L)	3,2	3,4	2,4	3,5	2,5	2,1	2,3	2,6	4,0
Mat. Suspensão Inorg. (mg/L)	3,5	1,5	1,3	1,1	0,5	0,2	0,4	0,8	1,9
Clorofila a + feofitina ($\mu\text{g}/\text{L}$)	11,2	25,1	1,9	29,8	17,2	20,0	18,6	17,7	11,6

Resultados obtidos na represa do Lobo (Broa) para algumas variáveis ambientais (4 de dezembro de 2002)

ANEXO 3. Legenda do Cluster (Figura 27 – Capítulo 3)

Número na figura (Cluster), estação de coleta e coleta correspondente.

nº	est.	coleta	nº	est.	coleta	nº	est.	coleta	nº	est.	coleta
DEZ/2001			MAR/2002			JUL/2002			OUT/2002		
1	E1	1	28	E1	4	55	E1	7	82	E1	10
2	E2	1	29	E2	4	56	E2	7	83	E2	10
3	E3	1	30	E3	4	57	E3	7	84	E3	10
4	E4	1	31	E4	4	58	E4	7	85	E4	10
5	E5	1	32	E5	4	59	E5	7	86	E5	10
6	E6	1	33	E6	4	60	E6	7	87	E6	10
7	E7	1	34	E7	4	61	E7	7	88	E7	10
8	E8	1	35	E8	4	62	E8	7	89	E8	10
9	E9	1	36	E9	4	63	E9	7	90	E9	10
JAN/2002			MAIO/2002			AGO/2002			DEZ/2002		
10	E1	2	37	E1	5	64	E1	8	91	E1	11
11	E2	2	38	E2	5	65	E2	8	92	E2	11
12	E3	2	39	E3	5	66	E3	8	93	E3	11
13	E4	2	40	E4	5	67	E4	8	94	E4	11
14	E5	2	41	E5	5	68	E5	8	95	E5	11
15	E6	2	42	E6	5	69	E6	8	96	E6	11
16	E7	2	43	E7	5	70	E7	8	97	E7	11
17	E8	2	44	E8	5	71	E8	8	98	E8	11
18	E9	2	45	E9	5	72	E9	8	99	E9	11
FEV/2002			JUN/2002			SET/2002					
19	E1	3	46	E1	6	73	E1	9			
20	E2	3	47	E2	6	74	E2	9			
21	E3	3	48	E3	6	75	E3	9			
22	E4	3	49	E4	6	76	E4	9			
23	E5	3	50	E5	6	77	E5	9			
24	E6	3	51	E6	6	78	E6	9			
25	E7	3	52	E7	6	79	E7	9			
26	E8	3	53	E8	6	80	E8	9			
27	E9	3	54	E9	6	81	E9	9			