



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**

**RELATÓRIO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO INSTITUTO  
INTERNACIONAL DE ECOLOGIA, SÃO CARLOS – SÃO PAULO – BRASIL.**

**ALYSSON ALENCAR DA SILVA**

---

**Relatório de Estágio Supervisionado apresentado ao  
Departamento de Engenharia de Pesca do Centro de  
Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará,  
como parte das exigências para obtenção do título  
de Engenheiro de Pesca.**

---

**FORTALEZA – CEARÁ  
JUNHO/2001**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S578r Silva, Alysson Alencar da.  
Relatório das atividades desenvolvidas no Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos  
— São Paulo — Brasil / Alysson Alencar da Silva. – 2000.  
38 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro  
de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2000.

Orientação: Prof. Dr. Jose Jarbas Sturdart Gurgel.

Orientador Técnico: Prof. Dr. José Galizia Tundisi.

1. Engenharia de Pesca. I. Título.

CDD 639.2

---

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

José Jarbas Sturdart Gurgel, Ms.  
Orientador/Presidente

---

Patrícia Rodriguez de Carvalho Pinheiro, Dr.

---

Moisés Almeida de Oliveira, Ms.

---

Orientador Técnico: José Galizia Tundisi, Dr.  
Presidente do Instituto Internacional de Ecologia

**VISTO:**

---

Luís Pessoa Aragão, Ms.  
Chefe do Departamento de Eng. de Pesca

---

Maria Selma Ribeiro Viana, Ms.  
Coordenadora do Curso de Eng. de Pesca

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me concedido saúde, sabedoria e a benção de permanecer durante os cinco anos de curso ao meu lado.

A Academia Brasileira de Ciências, através do programa Aristides Pacheco Leão de estímulo a vocações científicas por ter proporcionado a mim um estágio de tão grandeza.

Ao professor José Jarbas Studart Gurgel, do Departamento de Engenharia de Pesca – UFC, pelo apoio na orientação deste trabalho e valorosa dedicação para com este.

Ao Dr José Galizia Tundisi (Presidente do Instituto Internaciona de Ecologia – IIE) pela orientação técnica e atenção durante o período de estágio.

A Dr Takako Matsmura – Tundisi e José Eduardo Matsmura Tundisi, pela dedicação, atenção, apoio e por abrirem as portas do Instituto para execução deste trabalho.

Aos grandes amigos que fiz durante o estágio no IIE e que me ajudaram bastante na elaboração deste trabalho, Ricardo, Deyves, Valéria, Anna Paula, Donato, João, Paula, Celisa, Rogério Pessa, Keyte, Denise, Renata, em fim a todos os funcionários do IIE que me receberam de braços abertos.

Ao Prof. Msc. Francisco Hiran Farias Costa pela orientação acadêmica durante grande parte de minha vida acadêmica.

Aos funcionários Sr. Edílson e Leni, amigos de trabalho durante o período em que fui bolsista de trabalho no D.E.P., pela paciência e prestatividade para comigo.

Ao meu amigo de longas datas Pedro, pela ajuda na elaboração dos gráficos e slides deste relatório.

Aos meus amigos de faculdade Marcos Renon, Hudson, Alessandra Cristina, Rodrigo, Valdemir, Tito, Bruno, Ricardo, Márcio, Júnior pela união e amizade adquirida durante estes cinco anos na Universidade.

Em fim, por todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram por hoje eu ter dado um grande passo em minha.

**SUMÁRIO**

	Pág.
DEDICATÓRIA	lii
AGRADECIMENTOS	iv
SUMÁRIO	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
<b>2 – ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>04</b>
2.1 – Reservatório de Barra Bonita	04
2.2 – Reservatório do Lobo (Broa)	04
<b>3 – MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>06</b>
3.1 - Medidas de temperatura, OD, condutividade elétrica, pH, clorofila a e transparência.	06
3.2 – Procedimento de coleta das amostras	06
3.3 – Análise de nutrientes	07
3.4 – Análise de coliformes	07
3.5 – Análise de Alcalinidade	08
3.6 – Dureza Total	08
3.7 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	08
3.8 – Demanda Química de Oxigênio (DQO)	09
<b>4 – RESULTADOS</b>	<b>16</b>
4.1 – Estrutura térmica	16
4.2 – Oxigênio Dissolvido	16
4.3 – pH	19
4.4 – Condutividade elétrica	21
4.5 – Clorofila a	23
4.6 - Transparência	26
4.7 – Nutrientes	27
4.8 – Coliformes	27
<b>5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>30</b>
<b>6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>31</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 01. Mapa representativo da localização do reservatório de Barra Bonita.	05
Figura 02. Mapa representativo da represa do Lobo (Broa) com suas respectivas estações de coleta.	05
Figura 03. Obtenção das variáveis físico-químicas com a Sonda Horiba.	09
Figura 04. Sonda Horiba modelo U – 23	10
Figura 05. Fluorímetro utilizado na determinação de clorofila <i>a</i>	10
Figura 06. Disco de Secchi utilizado na determinação da transparência da água.	11
Figura 07. Amostras d' água sendo armazenadas em garrafas plásticas.	11
Figura 08. Garrafa de Van Dorn utilizada na coleta de água em diferentes profundidades.	12
Figura 09. Material utilizado na filtragem das amostras recém chegadas ao laboratório.	12
Figura 10. Espectrofotômetro utilizado na determinação das concentrações de nutrientes dos reservatórios.	13
Figura 11. Coloração amarela indicando presença de Coliformes Totais.	13
Figura 12. Coloração fluorescente indicando presença de Coliformes Fecais.	14
Figura 13. Aparelhagem utilizada na determinação da Alcalinidade.	14
Figura 14. Aparelhagem utilizada na determinação da Dureza Total.	15
Figura 15. Distribuição vertical da temperatura e oxigênio na primeira coleta feita em Barra Bonita	17
Figura 16. Distribuição vertical da temperatura e oxigênio na segunda coleta feita em Barra Bonita.	18
Figura 17. Distribuição vertical da temperatura e oxigênio no reservatório do Broa (Estação 02).	18
Figura 18 Distribuição vertical do pH na primeira coleta feita em Barra Bonita.	19
Figura 19. Distribuição vertical do pH na segunda Coleta feita em Barra Bonita.	20
Figura 20. Distribuição vertical do pH no reservatório do Broa (Estação 02).	20
Figura 21. Distribuição vertical da condutividade elétrica na primeira coleta de Barra Bonita.	22
Figura 22. Distribuição vertical da condutividade elétrica na segunda coleta de Barra Bonita.	22
Figura 23. Distribuição vertical da clorofila <i>a</i> na segunda coleta de Barra Bonita.	24

**LISTA DE TABELAS**

	Página
Tabela 01. Distribuição vertical da condutividade elétrica e Clorofila <i>a</i> coletados no dia 23/01/2001 na Bacia hidrográfica do Broa.	25
Tabela 02. Resultados da transparência da água nos reservatórios de Barra Bonita e Broa.	26
Tabela 03. Resultados das análises de nutrientes no reservatório de Barra Bonita em três diferentes profundidades.	28
Tabela 04. Resultados das formas de nitrogênio nas 9 estações de coleta do reservatório do Lobo (Broa).	28
Tabela 05. Resultados das formas de fósforo e coliformes totais nas 9 estações de coleta do reservatório do Lobo (Broa).	29

## RESUMO

Criado em fevereiro de 1998, o Instituto Internacional de Ecologia - IIE vem desempenhando pesquisas nas áreas de limnologia e recursos hídricos, além de uma consultoria especializada nas áreas de conservação e proteção ambiental, recuperação de ecossistemas e áreas degradadas. Esse oferece ainda de treinamento técnico e científico nas áreas de ecologia, limnologia, gerenciamento ambiental, técnicas de controle ambiental e educação ambiental. O objetivo deste relatório é relatar as atividades desenvolvidas durante o período de estágio no Instituto Internacional de Ecologia – IIE, através de análises limnológicas de dois reservatórios no Estado de São Paulo. Os reservatórios estudados durante o estágio foram os de Barra Bonita localizado no município de Barra Bonita e do Broa localizado no município de Itirapina. O estágio foi desenvolvido no período de 8 de janeiro à 20 de fevereiro de 2001. Nesse período, foram realizadas as seguintes atividades: trabalho de campo, onde se faz coletas de amostras de água, bem como a leitura de alguns parâmetros físico-químicos e análise em laboratório de componentes bióticos e abióticos. Os resultados obtidos mostraram diferenças entre um reservatório eutrófico (Barra Bonita) e um oligotrófico (Broa), no entanto observou-se uma grande entrada de nutrientes oriundas da cidade de Itirapina que poderá no futuro tornar o reservatório eutrófico.

## **RELATÓRIO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO INSTITUTO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA, SÃO CARLOS – SÃO PAULO – BRASIL.**

**Alysson Alencar da Silva**

### **1 – INTRODUÇÃO**

O crescimento descontrolado da civilização humana tem acarretado uma grande ameaça ao meio ambiente principalmente aos recursos hídricos como, rios, lagos e reservatórios. Isso se deve ao mau uso das terras que correspondem a bacia hidrográfica, provocando assim um aumento do material sólido transportado que causa a sedimentação de lagos naturais e artificiais; um outro fator se deve a produção ou utilização de tóxicos químicos utilizados nas áreas mananciais que contaminam as águas, sedimentos e produtos pesqueiros, evitando assim, a utilização desses recursos. Deve-se frisar também que a emissão de nutrientes por efluentes industriais, agrícolas e domésticos que causam a eutrofização de lagos e reservatórios, alterando de um certo modo o ecossistema aquático com crescimento acelerado de fitoplâncton e de outras plantas, que degradam a qualidade das águas utilizadas (KIRA, 2000).

Segundo STRASKRABA e TUNDISI (2000), para um gerenciamento desses recursos hídricos é indispensável e inteligente que se vise a qualidade da água, constituindo assim uma tarefa difícil, pois a maioria desses problemas são influenciados por interações extensivas que acontecem entre componentes dentro e fora do sistema hídrico.

A base para um gerenciamento seguro de lagos é a clara definição de seus problemas e causas, pois a escolha de técnicas corretivas está intimamente associada às origens, sendo, portanto, estratégia fundamental para o gerenciamento divulgar em detalhes tais origens que podem ser causadas por mais de uma fonte (JØRGENSEN e VOLLENWEIDER, 2000).

Nos últimos 100 anos o consumo de água ultrapassou os 5000 km<sup>3</sup>/ano, sendo uma das causas fundamentais no consumo de água e da rápida deterioração da qualidade, o aumento da população mundial e a taxa de urbanização. No caso do Brasil, 70% da população, hoje, vive em áreas urbanas com grande necessidade de água e com permanente aumento nos custos de tratamento (TUNDISI, 1999a).

Com 16% da água do planeta, o Brasil, por um lado possui uma abundância de água de boa qualidade disponível em muitas regiões, no entanto contrasta numa constante necessidade de água nas regiões industrializadas e nas metrópoles, colocando em risco o suprimento e ao mesmo tempo expondo a saúde humana a vários riscos.

A crescente eutrofização artificial em vários dos ecossistemas aquáticos brasileiros tem de certa forma contribuído na mudança da qualidade da água, incluindo também na redução de oxigênio dissolvido, perda das qualidades cênicas, aumento do custo de tratamento, morte extensiva de peixes e aumento de incidências de floração de microalgas e cianobactérias (AZEVEDO, 2000).

A Limnologia ocupa uma posição relevante e de grande importância no que diz respeito a situação crítica da água em nosso planeta. Portanto, proporciona um embasamento científico necessário a conservação dos recursos hídricos e a recuperação dos ecossistemas aquáticos. Sem esse banco de dados organizado e sistemático no qual a Limnologia nos oferece, é impossível qualquer gerenciamento adequado ocasionando uma crise mundial de enormes proporções (SCHWOERBEL, 1987).

Na última década, tem-se observado um avanço conceitual da Limnologia bem como o investimento científico na descoberta de processos que levam a um incremento muito grande nos programas de manejo e recuperação de sistemas aquáticos continentais (JØRGENSEN, 1992). Na mesma década ocorreu um avanço significativo na tecnologia e no desenvolvimento de métodos mais acurados e isso se deve principalmente a automação dos métodos e obtenção de dados em tempo real.

Esse avanço da Limnologia possibilitará para o próximo século um aumento na capacidade preditiva dos limnólogos de apresentarem cenários com várias possibilidades, além de desenhar alternativas adequadas para os

ambientes lacustres. Esse novo gerenciamento dos recursos hídricos no Século XXI possui três componentes principais: o primeiro segundo LINKENS (1992), refere-se ao gerenciamento em nível de bacia hidrográfica, o segundo é a implementação de programas de auditoria ambiental para se ter uma análise e avaliação dos bancos de dados existentes, estabelecendo padrões de crítica e recomendações (TUNDISI, 1999b). O terceiro e último propõe uma interação entre a Limnologia, a saúde pública, o planejamento regional e a tecnologia ambiental, incluindo ainda novas metodologias, uso de imagens de satélites e a junção do setor público e privado no desenvolvimento de parcerias (TUNDISI e STRAŠKRABA, 1995).

Criado em fevereiro de 1998, o Instituto Internacional de Ecologia - IIE vem desempenhando pesquisas nas áreas de Limnologia e recursos hídricos, além de uma consultoria especializada nas áreas de conservação e proteção ambiental, recuperação de ecossistemas e áreas degradadas. Esse dispõe ainda de treinamento técnico e científico nas áreas de ecologia, Limnologia, gerenciamento ambiental, técnicas de controle ambiental e educação ambiental.

O objetivo deste relatório é relatar as atividades desenvolvidas durante o período de estágio no Instituto Internacional de Ecologia – IIE, através de análises Limnológicas de dois reservatórios no Estado de São Paulo.

## **2 – ÁREA DE ESTUDO**

### **2.1 – Reservatório de Barra Bonita**

Localizado nas coordenadas Latitude 22°29' S e Longitude 48°34' W, o reservatório de Barra Bonita (Figura 01) encontra-se no município de Barra Bonita – SP e é formado pelo represamento dos rios Tietê e Piracicaba. Com tempo de retenção teórico de 90 dias, é utilizado basicamente para geração de energia elétrica o reservatório de Barra Bonita possui uma área de bacia hidrográfica corresponde a 324,84 km<sup>2</sup> com profundidade máxima de 25 m e média de 10 m. A vegetação circundante que predomina é a monocultura intensiva de cana-de-açúcar. O reservatório represa água de uma das mais populosas e urbanizadas áreas do Brasil.

### **2.2 – Reservatório do Lobo (Broa)**

Localizado nas coordenadas Latitude 22° 15' S e Longitude 47° 49' W o Reservatório do Broa (como é mais conhecido) (Figura 02) encontra-se no município de Itirapina – SP e é formado pelo represamento dos rios Lobo e Itaqueri. O reservatório do Broa é um exemplo de reservatório tropical, com tempo de retenção teórico de 20 dias, porém altamente variável, utilizado para recreação, abastecimento local de água potável e energia hidroelétrica. Sua bacia hidrográfica corresponde a 227,7 km<sup>2</sup> com profundidade máxima de 12 m e média de 3 m. O tipo de vegetação circundante predominante é o cerrado, além de áreas com florestas e agricultura intensiva.

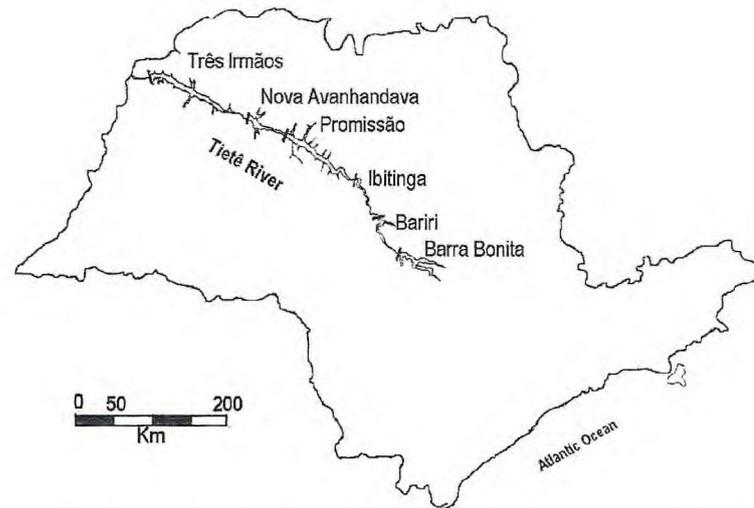


Figura 01 – Mapa representativo da localização do reservatório de Barra Bonita (Cedido pelo Instituto Internacional de Ecologia – IIE).



Figura 02 – Mapa representativo da represa do Lobo (Broa) com suas respectivas estações de coleta (Cedido pelo Instituto Internacional de Ecologia – IIE).

### **3 – MATERIAL E MÉTODOS**

O estágio foi realizado no Instituto Internacional de Ecologia - IIE em São Carlos – SP, durante o período de 8 de janeiro à 20 de fevereiro de 2001, mediante desempenho de várias atividades como: trabalho de campo, onde se fez coletas de amostras de água, bem como o monitoramento de alguns parâmetros físico-químicos e análise em laboratório de componentes bióticos e abióticos.

O monitoramento e coleta de água no reservatório de Barra Bonita foram feitas no período de 15 dias entre uma coleta e outra, tendo sido procedidas duas coletas no total, a primeira feita no dia 15/01/2001 e a segunda no dia 30/01/2001. No Segundo reservatório chamado de Lobo (Broa), foi feito apenas uma coleta durante o período de estágio no dia 23/01/2001, sendo esta coleta feita em toda sua bacia hidrográfica num total de 9 estações.

#### **3.1 – Medidas de temperatura, OD, condutividade elétrica, pH, clorofila a e transparência.**

Nas atividades de campo nesses reservatórios foram feitas análises *in loco* de algumas variáveis físico – químicas, como: temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH, cujas obtenções dessas variáveis foram feitas através de sonda Horiba modelo U – 23 (Figura 03 e 04). Os resultados de clorofila a, foram determinadas através de fluorímetro modelo Turner 10-AU (Figura 05) e a transparência através de Disco de Secchi (Figura 06), tendo sido todos os resultados anotados em ficha de bordo.

#### **3.2 – Procedimento de coleta das amostras.**

A coleta das amostras de água nos reservatórios foi feita com garrafas plásticas (Figura 07). Já a coleta em diferentes profundidades utilizou-se uma garrafa de Van Dorn (Figura 08) na qual a água é posta nos mesmos recipientes citados acima e estocados em depósito de isopor para análise em laboratório.

As amostras coletas no campo foram levadas ao Laboratório do Instituto Internacional de Ecologia – IIE, para serem analisadas algumas das variáveis bióticas e abióticas dos reservatórios.

### 3.3 – Análises de nutrientes

A análise de nutrientes em laboratório teve início com a filtragem das amostras recém chegadas do campo (Figura 09). Estas foram filtradas por meio de bomba a vácuo através de filtro Watman GFC de 45 µm de porosidade e 0,47 mm de diâmetro, onde separou-se os nutrientes dissolvidos do particulado.

As análises executadas em laboratório foram as seguintes:

a) **Nitrogênio total, nitrito e nitrato** segundo as metodologias descritas por VALDERRAMA (1981), GOLTERMAN *et al.* (1978) e MACKERETH *et al.* (1978), respectivamente. A leitura da absorbância feita no espectrofotômetro (Figura 10) no comprimento de onda 543 nm para as três formas de nitrogênio.

b) **Íon amônio**, pelo método descrito por KOROLEFF (1976), e leitura espectrofotométrica em 630 nm.

c) **Fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico**, de acordo com STRICKLAND & PARSONS (1960) e **fósforo total** descrito por VALDERRAMA (1981) e leitura espectrofotométrica a 882 nm é a mesma para as três formas.

### 3.4 – Análise de coliformes

A determinação de coliformes se deu através de método de COLILERT, descrito por MARTINS *et al* (1995), que consiste na detecção simultânea de coliformes totais e fecais. Isso se dá através de indicadores nutritivos que produzem uma coloração amarela para coliformes total e fluorescente para os fecais (Figuras 11 e 12).

### **3.5 – Análise da Alcalinidade**

A alcalinidade é a medida da capacidade que as águas tem em neutralizar ácidos, estando ela relacionada com a quantidade e tipos de compostos dissolvidos que mudam o pH para o lado alcalino da neutralidade.

O método utilizado é o da titulação potenciométrica (Figura 13), descrito por BOYD e TUCKER (1992).

### **3.6 - Dureza total**

A dureza é causada por íons metálicos bivalentes que são capazes de reagir com sabão. Do ponto de vista sanitário as águas duras são tão boas quanto as brandas. Os valores de dureza são expressos em termos de  $\text{CaCO}_3$  usando como unidade mg/l.

A determinação da dureza da água se deu pelo método titulométrico do EDTA (Figura 14), descrito por BOYD e TUCKER (1992).

### **3.7 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A DBO é conhecida como a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica, através da ação de bactérias.

O método consiste no acréscimo da amostra em frascos hermeticamente fechados, e incubados por 5 dias em temperatura de 20°C. O oxigênio dissolvido é medido antes e após incubação de acordo com APHA (1963).

### 3.8 – Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Assim como a DBO, a DQO é um indicador da presença de matéria orgânica, e consiste na quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico.

O método utilizado na determinação da DQO é a do método colorimétrico descrito por BOYD e TUCKER (1992).

Os resultados de DQO servem de orientação para estabelecimento das diluições para teste da DBO.



Figura 03 – Obtenção das variáveis físico-químicas com a Sonda Horiba.



Figura 04 – Sonda Horiba modelo U - 23



Figura 05 – Fluorímetro utilizado na determinação de clorofila *a*.



Figura 06 – Disco de Secchi utilizado na determinação da transparência da água.



Figura 07 – Amostras d'água sendo armazenadas em garrafas plásticas.



Figura 08 – Garrafa de Van Dorn utilizada na coleta de água em diferentes profundidades.



Figura 09 – Material utilizado na filtração das amostras recém chegadas ao laboratório.



Figura 10 – Espectrofotômetro utilizado na determinação das concentrações de nutrientes dos reservatórios.



Figura 11 – Coloração amarela indicando presença de Coliformes Totais.



Figura 12 – Coloração fluorescente indicando presença de Coliformes Fecais.



Figura 13 – Aparelhagem utilizada na determinação da Alcalinidade.



Figura 14 - Aparelhagem utilizada na determinação da Dureza Total

## **4 – RESULTADOS**

Os resultados obtidos em campo e das análises coletadas nos reservatórios de Barra Bonita e do Broa são detalhados abaixo, com exceção das análises de Alcalinidade, Dureza Total, Demanda Bioquímica e Química de oxigênio que só foram cedidas pelo Instituto após o término deste relatório.

### **4.1 - Estrutura Térmica**

As medidas de temperatura em diferentes profundidades são importantes na indicação de mistura e estratificação das massas hídricas e das correntes existentes no reservatório.

A figura 15 mostra a temperatura em diferentes profundidades Barra Bonita com uma pequena variação na primeira coleta de 1,4°C da superfície para o fundo, tendo observado uma temperatura máxima de 27,7°C e a mínima de 26,3°C, já na figura 16 indicam na segunda coleta de dados uma considerável variação de 2,4°C da superfície ao fundo, ficando sua temperatura máxima em 28,7°C e mínima de 26,3°C.

Considerando a estação 2 do reservatório do Broa o mais profundo para medida da temperatura em diferentes profundidades, observou-se uma variação de temperatura de 3,5°C da superfície ao fundo, com temperatura máxima de 27,5°C e mínima de 24°C (Figura 17).

### **4.2 - Oxigênio Dissolvido**

Assim como a temperatura o oxigênio dissolvido é uma variável de qualidade da água importante na determinação de estratificação dos reservatórios e deve-se considerar que a falta deste perto do fundo é um dos

mais graves fenômenos que afetam a qualidade das águas em reservatórios. Sob condições anóxicas, algumas substâncias, inclusive o fósforo, ferro e manganês são rapidamente liberados pelos sedimentos do fundo.

A figura 15 mostra a distribuição vertical de oxigênio dissolvido em diferentes profundidades durante a primeira coleta, tendo sido observado uma variação do oxigênio dissolvido de 3,53 a 8,83 mg/l. Já na segunda coleta a figura 16 mostra uma maior variação para o oxigênio dissolvido do fundo até a superfície, cujos valores mínimos e máximos foram 1,28 mg/l e 7,14 mg/l, respectivamente.

No reservatório do Broa considerou-se a mesma estação citada anteriormente na temperatura, a variação de oxigênio da superfície ao fundo ficou em 6,23 mg/l, com máxima de 8,90 mg/l e mínima de 2,67 mg/l (Figura 17).

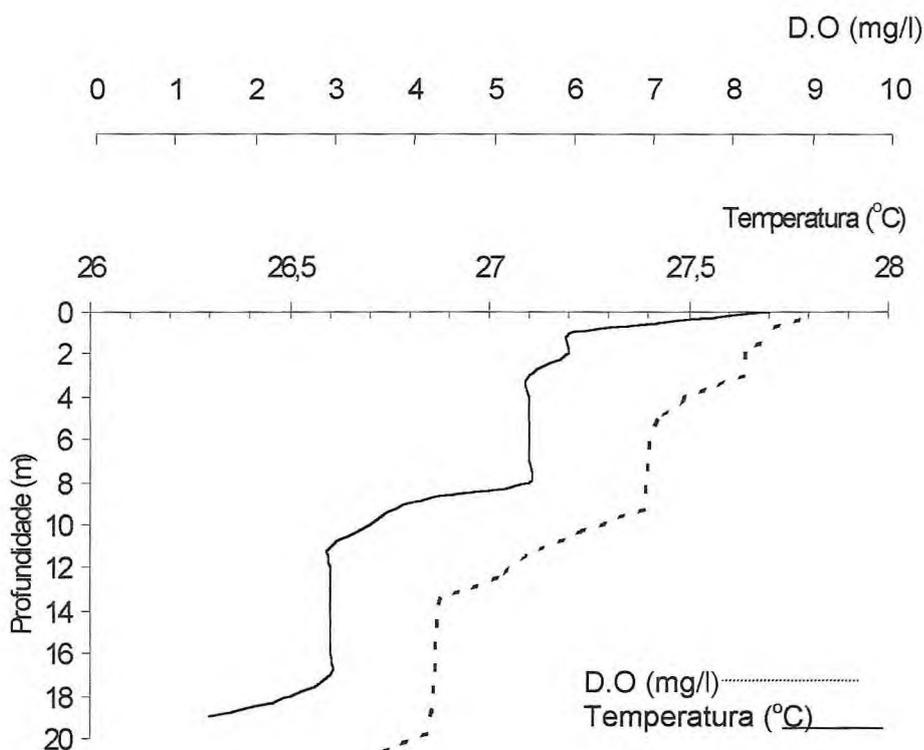


Figura 15 – Distribuição vertical da temperatura e oxigênio na primeira coleta feita em Barra Bonita.

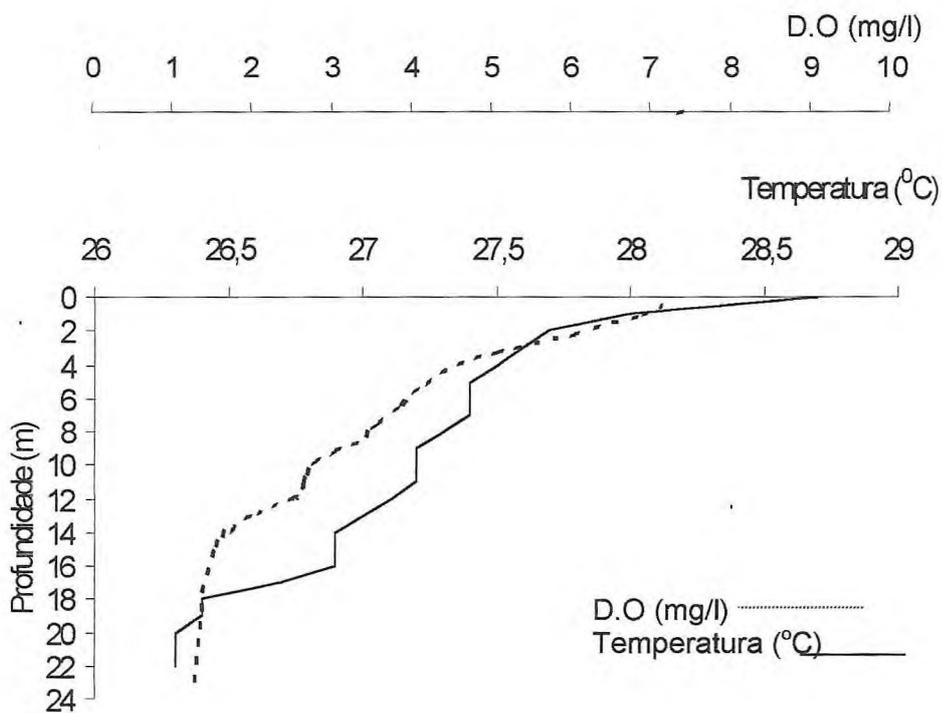


Figura 16 – Distribuição vertical da temperatura e oxigênio na segunda Coleta feita em Barra Bonita.

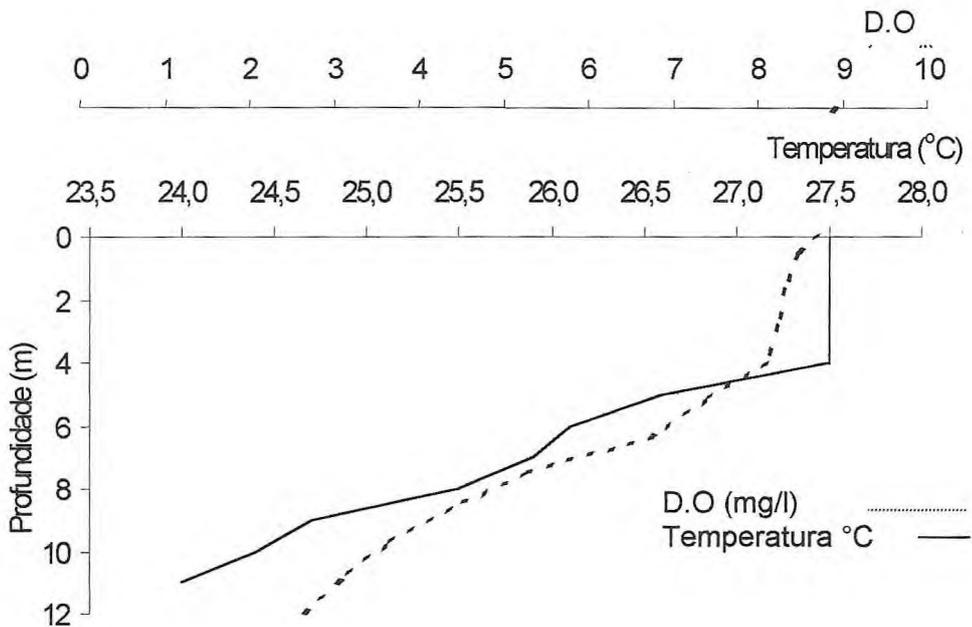


Figura 17 – Distribuição vertical da temperatura e oxigênio no reservatório do Broa (Estação 2).

### 4.3 – pH

Assim como a temperatura e o oxigênio dissolvido, o pH é também uma variável de qualidade da água importante na determinação de estratificação dos reservatórios.

Os resultados do pH em Barra Bonita nas duas coletas se mostraram bem homogêneos com máxima de 8,01 e mínima de 7,44 para a primeira coleta e máxima de 6,93 e mínima de 6,25 na segunda coleta (Figuras 18 e 19).

No reservatório do Broa foi encontrado um pH bem menor do que o encontrado em Barra Bonita, cujos resultados na Figura 20 mostram uma homogeneidade com máxima de 5,70 e mínima de 5,10, sendo que a estação de coleta foi a mesma da temperatura e oxigênio dissolvido.

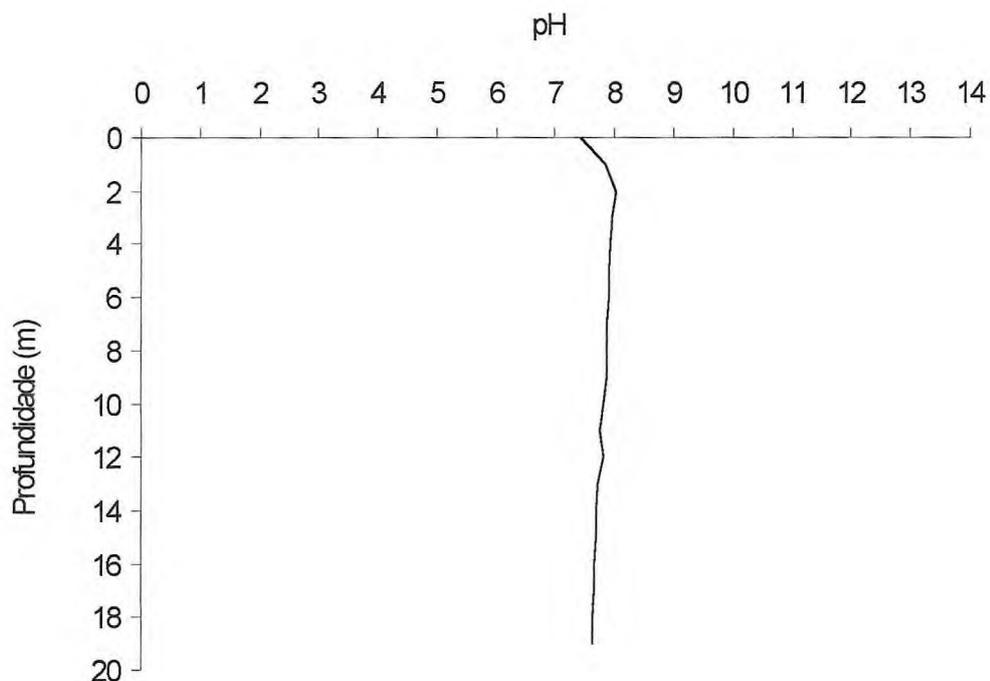


Figura 18 – Distribuição vertical do pH na primeira coleta feita em Barra Bonita.

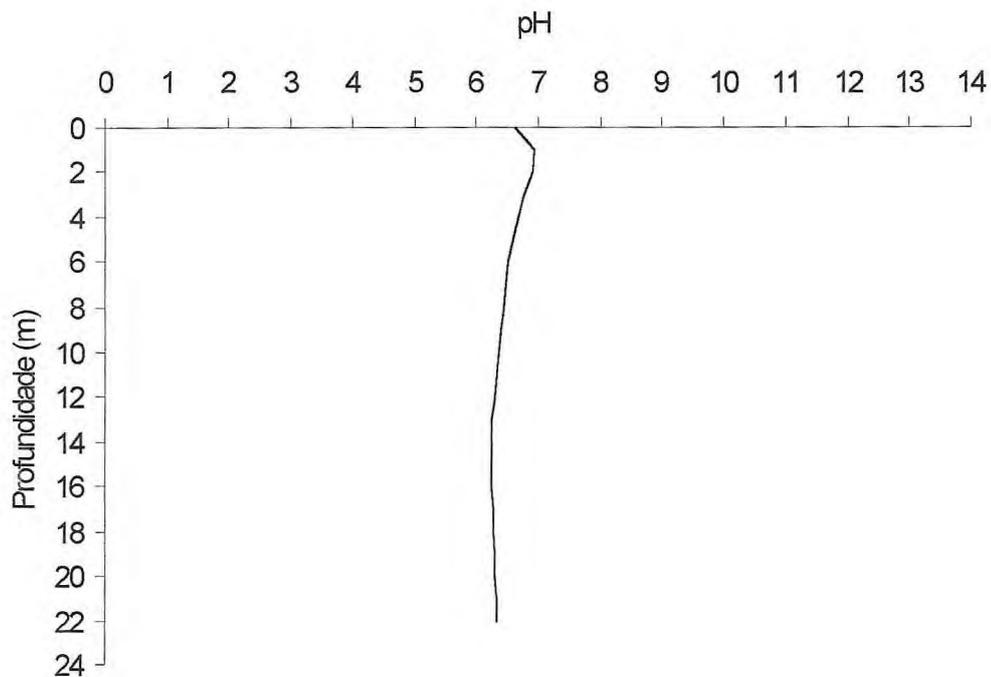


Figura 19 – Distribuição vertical do pH na segunda Coleta feita em Barra Bonita.

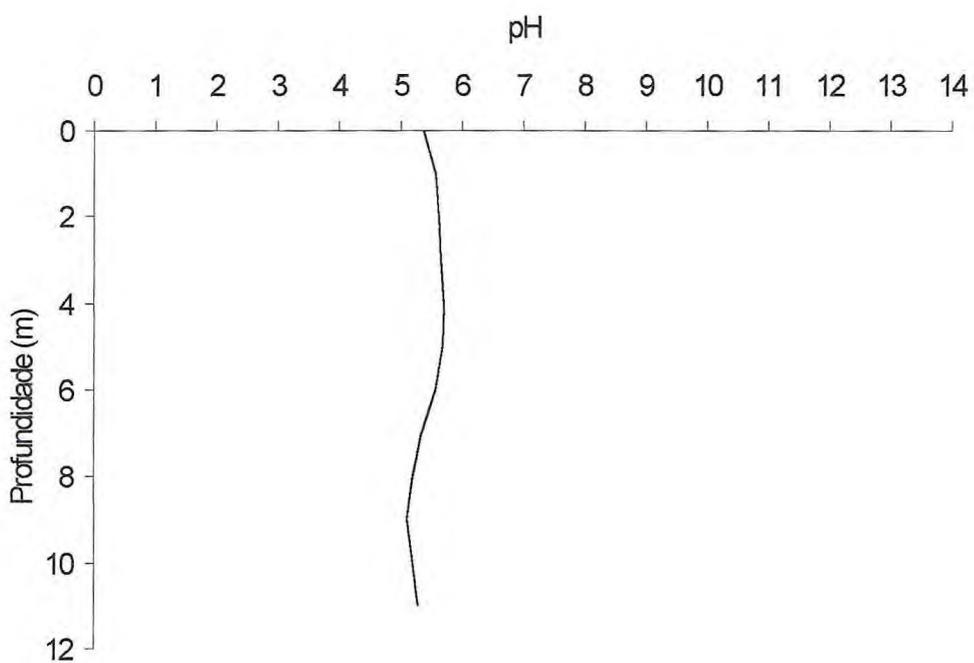


Figura 20 – Distribuição vertical do pH no reservatório do Broa (Estação 2).

#### 4.4 – Condutividade elétrica

Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.

As figuras 21 e 22 mostram os resultados referentes a condutividade em diferentes profundidades das duas coletas feitas no reservatório de Barra Bonita, a primeira mostrou uma condutividade elétrica máxima na superfície e no fundo de 262  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e mínima entre as profundidades 2 e 8m de 262  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a tabela 02 mostra na segunda coleta uma condutividade máxima de 267  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nas profundidades de fundo e mínima de 238  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na profundidade 1 e 2m.

O reservatório do Broa mostrou resultados bem inferiores ao de Barra Bonita, a estação 1 que fica a jusante do reservatório apresentou uma condutividade de 16,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a estação 2 apresenta resultados em diferentes profundidades, a máxima foi de 28,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no fundo e a mínima de 13,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  da superfície a profundidade 6m. A estação 3 apresentou máxima de 21,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no fundo e mínima de 12,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nas profundidades 0, 3 e 4m, na estação 4 a condutividade máxima ficou em 14,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no fundo e mínima de 12,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na profundidade 1m. Nas outras estações correspondentes a bacia hidrográfica do reservatório a condutividade máxima foi obtida na estação 7 com 45,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e a mínima na estação 5 com 10,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabela 01).

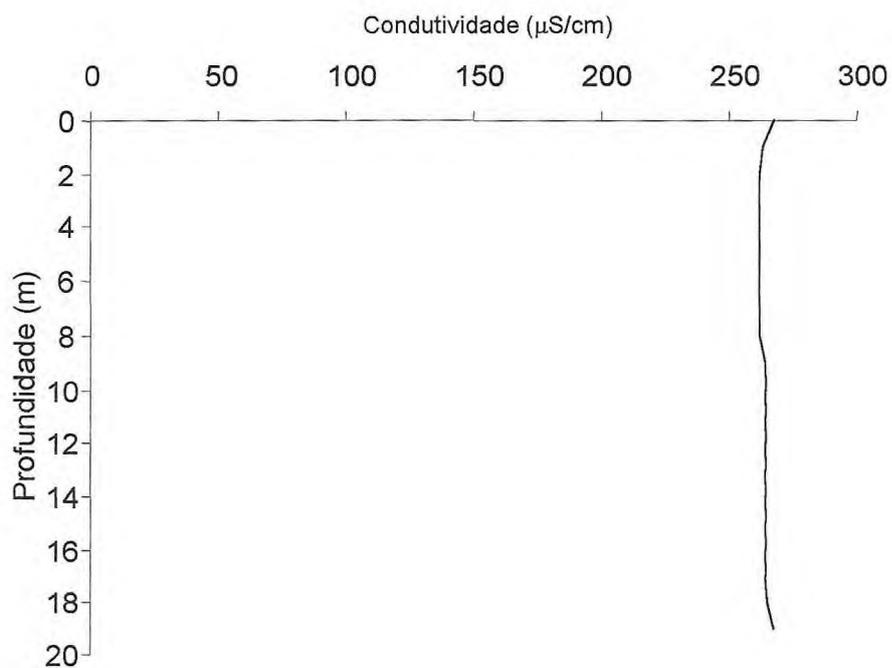


Figura 21 – Distribuição vertical da condutividade elétrica na primeira coleta de Barra Bonita (15/01).

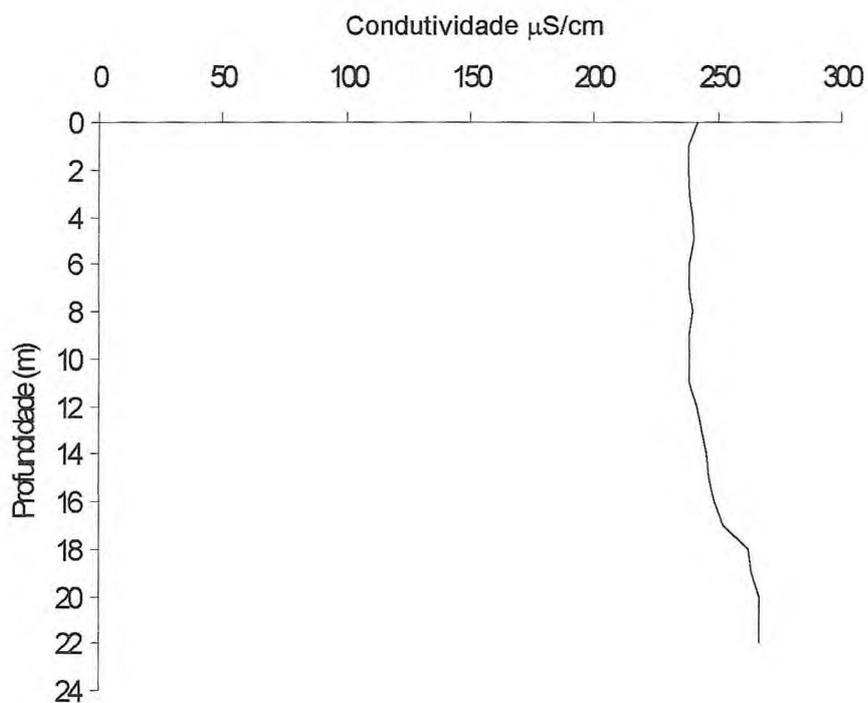


Figura 22 – Distribuição vertical da condutividade elétrica na segunda coleta de Barra Bonita (30/01).

#### 4.5 – Clorofila a

O fluorímetro determina a fluorescência *in vivo* da clorofila a presente em todas as algas e em outros organismos fotossintéticos como as bactérias fotossintéticas. Torna-se essencial a determinação de sua densidade para uma avaliação trófica do reservatório.

A figura 23 e tabela 01 mostram os resultados da concentração de clorofila a em Barra Bonita e no Broa, a leitura do aparelho é obtida em UF – Unidade de Florescência, sendo então os resultados de clorofila a obtidos em  $\mu\text{g/l}$  através da fórmula:

- Clorofila a =  $\text{UF} \cdot 7,0 / 0,237$

Os resultados de Barra Bonita mostraram uma concentração máxima de clorofila a de 147,68  $\mu\text{g/l}$  na profundidade de 10 m e uma mínima de 63,29  $\mu\text{g/l}$  no fundo do reservatório. Estes resultados foram disponíveis apenas na segunda coleta.

Na estação 2 do reservatório do Broa a concentração máxima de clorofila a encontrada foi a 7m com 2,36  $\mu\text{g/l}$  e a mínima a 3m com 0,0  $\mu\text{g/l}$ , na estação 3 onde foram encontradas as maiores concentrações de clorofila a, a máxima ficou em 70,04  $\mu\text{g/l}$  a 6m e a mínima em 42,19  $\mu\text{g/l}$  na superfície. Os resultados da estação 4 se mostraram bem homogêneos com máxima de 39,24  $\mu\text{g/l}$  na superfície e mínima de 37,97  $\mu\text{g/l}$  na profundidade 2 e 3m. Nas estações 5 e 6, foz dos dois rios que abastecem o reservatório do Broa, os resultados mostraram uma concentração de clorofila a de 38,81  $\mu\text{g/l}$  para a primeira estação e 42,19  $\mu\text{g/l}$  para a segunda.

Tabela 01 – Distribuição vertical da condutividade elétrica e Clorofila *a* coletados no dia 23/01/2001 na Bacia hidrográfica do Broa.

Estações de Coleta	Profundidade (m)	Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/l}$ )	Condutividade ( $\mu\text{S/cm}$ )
1- Broa jusante	0,0	-	16,0
	0,0	0,0	13,0
	1,0	0,0	13,0
	2,0	0,0	13,0
	3,0	0,0	13,0
	4,0	0,0	13,0
2- Barragem	5,0	0,04	13,0
	6,0	1,47	13,0
	7,0	2,36	14,0
	8,0	-	14,0
	9,0	-	18,0
	10,0	-	22,0
	11,0	-	28,0
	0,0	42,19	12,0
	1,0	56,96	13,0
	2,0	59,49	13,0
	3,0	56,54	12,0
3- Praia	4,0	58,65	12,0
	5,0	61,18	13,0
	6,0	70,04	13,0
	7,0	64,55	14,0
	8,0	-	21,0
	0,0	39,24	13,0
	1,0	38,39	12,0
4- Hobby	2,0	37,97	13,0
	3,0	37,97	13,0
	4,0	38,81	14,0
5- Foz Lobo	0,0	38,81	10,0
6- Foz Itaqueri	0,0	29,53	16,0
7- Água Branca jusante	0,0	-	45,0
8- Água Branca mont.	0,0	-	17,0
9- Itaqueri montate	0,0	-	16,0

#### 4.6 – Transparência

A transparência da água é uma variável que depende muito da quantidade de material em suspensão que pode ter origem tanto inorgânica como orgânica, além de ser um grande indicador de eutrofização.

A tabela 02 mostram os resultados da transparência nos reservatórios de Barra Bonita e Broa, o primeiro mostrou um resultado de 1,55m da transparência com o disco de Secchi na coleta do dia 30/01, enquanto o segundo reservatório apresentou um resultado de 2,3m na estação 2, 2,1m na estação 3, 1,5m na estação 4, 1,5m na estação 5 e 0,5m na estação 6.

Vale ressaltar que os resultados obtidos no instrumento são de fundamental importância na determinação da zona eufótica, pois se sabe que a luz percorre duas vezes o trajeto entre a superfície e o disco, por isso que a zona eufótica é aproximadamente calculada através do triplo da profundidade em que foi mergulhado o disco.

Tabela 02 - Resultados da transparência da água nos reservatórios de Barra Bonita e Broa

Estações de coleta	Disco de Secchi (m)
Barra Bonita (30/01)	1,5
Lobo (Broa)	
Barragem	2,3
Praia	2,1
Hobby	1,5
Lobo foz	1,5
Itaqueri foz	0,5

#### 4.7 – Nutrientes

São considerados como os principais nutrientes o nitrogênio e o fósforo, uma vez que os mesmos são os principais fatores limitantes da produção primária de fitoplâncton em reservatórios.

A tabela 03 mostra os resultados das análises de nutrientes em três diferentes profundidades no reservatório de Barra Bonita, onde a maior concentração de  $\text{NO}_2^-$  foi obtida na profundidade de 8,0m com 173  $\mu\text{g/l}$ , a de  $\text{NO}_3^-$  foi obtida na superfície com 1,78 mg/l, a  $\text{NH}_4^+$  de maior concentração foi obtida na profundidade de 8m com 8,5  $\mu\text{g/l}$ , já o N Total o máximo foi obtido na superfície com 670 mg/l. Das formas de fósforo o  $\text{PO}_4$  inorgânico mostrou uma concentração máxima na profundidade 8m com 7,5  $\mu\text{g/l}$ , já o  $\text{PO}_4$  total dissolvido mostrou uma maior concentração também na profundidade de 8m com 18,7  $\mu\text{g/l}$  e por último P total apresentou uma maior concentração na superfície com 0,78 mg/l.

Nas tabelas 04 e 05 são encontrados os resultados das análises de nutrientes em toda bacia hidrográfica do reservatório do Broa, as maiores concentrações de  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4$  inorgânico e  $\text{PO}_4$  total dissolvido foram encontradas na estação 7 com 246,0  $\mu\text{g/l}$ , 898,6  $\mu\text{g/l}$ , 240,5  $\mu\text{g/l}$ , 91,1  $\mu\text{g/l}$  e 106,7  $\mu\text{g/l}$  respectivamente. Já as concentrações de N total e P total foram maiores na estação 9 com 618,6 mg/l e 1,59 mg/l respectivamente.

#### 4.8 – Coliformes

Os organismos do grupo dos coliformes têm se mostrado, até então, como grandes indicadores da possível presença de microrganismos patogênicos. Entretanto, a presença de coliformes na água por si só não representa nenhum perigo à saúde, a não ser se este for de origem fecal.

A tabela 05 indica a quantidade de coliformes totais obtidas em 7 das 9 estações de coleta no reservatório do Broa, onde se observou que os três

pontos 1, 5 e 8 ultrapassaram o limite da Tabela MPN IDEXX Quanti-Tray/2000 do método não sendo possível a obtenção exata do número mais provável, a estação que apresentou menor quantidade de coliformes totais foi a estação 2 situado na barragem com 435,2 NMP/100ml, a maior foi observado na estação 7 com 307.600 NMP/100ml

A obtenção de coliformes fecais não foi possível devido a um defeito na lâmpada de ultravioleta que indica a presença ou não destes microrganismos.

Tabela 03 – Resultados das análises de nutrientes no reservatório de Barra Bonita em três diferentes profundidades.

Profundidades	Nutrientes						
	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N <sub>Total</sub>	PO <sub>4</sub> Inorg.	PO <sub>4</sub> Total diss.	P <sub>Total</sub>
	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\text{mg/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\text{mg/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\text{mg/L}$ )
0m	160	1,780	3	670	4,3	15,6	0,78
3,5m	164	1,649	2,9	296	5,4	16,6	0,66
8,0m	173	1,551	8,5	670	7,5	18,7	0,63

Tabela 04 – Resultados das formas de nitrogênio nas 9 estações de coleta do reservatório do Lobo (Broa).

Estações de Coleta	Nutrientes			
	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N <sub>Total</sub>
	( $\mu\text{g/l}$ )	( $\mu\text{g/l}$ )	( $\mu\text{g/l}$ )	( $\text{mg/l}$ )
1- Broa jusante (0m)	4,9	52,0	22,4	268,5
2- Barragem (0m)	2,1	1,8	0,0	64,4
2- Barragem (7m)	3,1	6,1	0,0	108,7
2- Barragem (11m)	8,4	14,6	53,0	240,2
3- Praia (0m)	1,8	0,0	0,0	129,0
4- Hobby (0m)	1,9	0,0	2,6	118,4
5- Lobo foz (0m)	4,2	17,90	0,0	107,8
6- Itaqueri foz (0m)	11,7	11,3	6,6	220,7
7- Água Branca jusante (0m)	246,0	898,6	240,5	58,8
8- Água Branca montante (0m)	7,6	64,8	7,3	78,9
9- Itaqueri montante (0m)	6,1	32,2	3,1	618,6

Tabela 05 – Resultados das formas de fósforo e coliformes totais nas 9 estações de coleta do reservatório do Lobo (Broa).

Estações de Coleta	Nutrientes			Coliformes Totais NMP/100ml
	PO <sub>4</sub> inorg ( $\mu$ g/l)	PO <sub>4</sub> Total dis. ( $\mu$ g/l)	P TOTAL (mg/l)	
1- Broa jusante (0m)	4,0	8,2	0,11	> 2419,2
2- Barragem (0m)	0,9	9,5	0,11	435,2
2- Barragem (7m)	2,0	11,6	0,14	-
2- Barragem (11m)	2,8	11,2	0,22	-
3- Praia (0m)	0,6	4,5	0,12	-
4- Hobby (0m)	1,2	6,3	0,16	770,1
5- Lobo foz (0m)	2,2	12,6	0,09	> 2419,2
6- Itaqueri foz (0m)	10,1	19,6	0,32	285100
7- Água Branca jusante (0m)	91,1	106,7	0,13	307600
8- Água Branca montante (0m)	8,0	14,4	0,14	> 2419,2
9- Itaqueri montante (0m)	7,9	16,0	1,59	-

## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram as diferença entre um reservatório eutrófico no caso de Barra Bonita com grande concentração de nutrientes que segundo STRAŠKRABA e TUNDISI (2000) se dá por meio de fontes difusas, tais como a de atividades agrícolas de plantio de cana-de-açúcar e criação de gado ou por meio de focos pontuais localizados ao longo dos rios principais e seus tributários (inclusive descargas de esgotos). Observamos ainda uma estratificação na estrutura térmica com depleção de oxigênio a partir da profundidade 12m na coleta do dia 30/01, alta condutividade elétrica, transparência baixa, altas concentrações de clorofila *a*, que são características de um reservatório eutrófico.

Diferente de Barra Bonita, o reservatório do Lobo (Broa) possui características oligotróficas, cujos resultados principalmente na estação 2, se mostraram sempre inferiores ao de Barra Bonita em relação aos nutrientes, condutividade, clorofila *a* e transparência. Em relação a estrutura térmica se mostrou bem estratificado, resultado esse inesperado pois se trata de um reservatório que há uma freqüente mistura. Com relação ao estudo de sua bacia hidrográfica, observamos uma grande entrada de nutrientes provenientes do esgoto da cidade de Itirapina na estação 7, além da grande quantidade de coliformes totais. STRAŠKRABA & TUNDISI (2000) já alertavam sobre os impactos associados às atividades humanas neste reservatório tais como: desflorestamento das galerias de florestas, descarga de esgotos residenciais, entrada de nutrientes oriundos de atividades agrícolas e impactos causados por mineração e lazer.

O estágio realizado no Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos – SP, foi de fundamental importância no aprendizado pessoal e profissional, principalmente pelos sofisticados equipamentos para análises de variáveis abióticas e bióticas em laboratório, bem como atividades práticas com materiais de coleta em tempo real.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. **Methods estandar para el examar da aguas y águas de desecho**, Editorial Interamericana S.A. México, 11ª ed. 1963. 609 p.

AZEVEDO, S. M. F. O. Cianobactérias e Eutrofização. **CONFERÊNCIA DO SEMINÁRIO INTERNACIONAL REPRESA DO LOBO – BROA – 30 ANOS DE PESQUISA EM LIMNOLOGIA, GERENCIAMENTO E PARTICIPAÇÃO DA COMUNIDADE E BAESES CIENTÍFICAS PARA O GERENCIAMENTO DA EUTROFIZAÇÃO**, 1, **Resumos...** São Carlos/SP. IIE, 2000.p. 20.

BOYD, C. E. ; TUCKER, C. S. Quality am pond soil analyses for aquaculture, **Alabama agricultural experiment station**, Auburn University, Alabama/ USA: june 1992. 183p.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. 2.ed. Oxford: Blackwell Scientific Plublications. I.B.P. Handbook, vol.8, 1978. 213p.

KIRA, T. Comitê científico do ILEC: Introdução. **Princípio para o Gerenciamento de Lagos**. In: **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. São Carlos/SP: ILEC, IIE, UNEP, 2000. v.1,p. XVII.

JØRGENSEN, S. E. **Interation of ecosystem theories: A pattern**. – Kluwer: Dordrecht, 1992. 389p.

JØRGENSEN, S. E.; VOLLENWEIDER, R. A. Problemas de lagos e reservatórios. **Princípio para o Gerenciamento de Lagos**. In: **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. São Carlos/SP: ILEC, IIE, UNEP, 2000. v.1,p. 28.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: **Methods of seawater analysis**. s.l: Verlag Chemie Weinhein, 1976. p. 117-181.

LINKENS, G. E. **The ecosystem approach: its use and abuse**. Ecology Institute, Germany: Oldenhof/ Luhe, 1992. 166p.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water analysis**: some revised methods for limnologists. s.l: Freshwater Biological Association. Scientific Publication n.36. 1978. 117p.

MARTINS, M. T. et al. Avaliação do Método do Colilert-P/A em Amostras de Água no Brasil. **Relatório Técnico do Laboratório de Microbiologia Ambiental** - Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP): 1995. 14 p.

SCHWOERBEL, J. Handbook of Limnology. Ellis Horwood series in water and wastewater technology. Halsted Press. 1987. 221p.

STRAŠKRABA, M., TUNDISI, J. G. Gerenciamento da Qualidade da Água de Represa. In: **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. São Carlos/SP: ILEC, IIE, UNEP, 2000. Vol. 9. 258p.

STRICKLAND, J.D.; PARSON, T. R. **A Manual of seawater analysis**. s.l: Bull Fsh. Res. Bel. Can, 1960. v. 125, p. 1-185.

TUNDISI, J. G. **Limnologia no século XXI**: perspectivas e desafios. São Paulo: Somus, 1999a. p. 24.

TUNDISI, J. G. Synthesis. In: **Planning and management of lakes and reservoirs**. São Carlos/SP: A. Murdrock, 1999b.

TUNDISI, J.G.; STRAŠKRABA, M. **Strategies for building partnerships in the context of river basin management**: the role of ecotechnology and ecological engineering. Lakes and reservoirs. s.n.t. 1995. v. 1, p.31-38.

VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. **Marc. Chem.**, 1981. v. 10, p. 109-122.