

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E  
RECURSOS NATURAIS**

**A COMUNIDADE BACTERIOPLANCTÔNICA E O ESTADO  
TRÓFICO DE DOIS ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS DE MINAS  
GERAIS**

**FÁBIO ALBERTO NASCIMENTO**

**SÃO CARLOS – SP  
1999**

**A COMUNIDADE BACTERIOPLANCTÔNICA E O ESTADO  
TRÓFICO DE DOIS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS DE MINAS  
GERAIS**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E  
RECURSOS NATURAIS**

**A comunidade bacterioplanctônica e o estado trófico de dois  
ecossistemas aquáticos de Minas Gerais**

**Fábio Alberto Nascimento**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais (Campo de Pesquisa: Ecologia de Microorganismos).**

**SÃO CARLOS**

**1999**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

N244cb

Nascimento, Fábio Alberto.

A comunidade bacterioplanctônica e o estado trófico de dois ecossistemas aquáticos de Minas Gerais / Fábio Alberto Nascimento. -- São Carlos : UFSCar, 2007.  
42 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 1999.

1. Ecologia aquática. 2. Bacterioplâncton. 3. Eutrofização.  
4. Lagos tropicais. 5. Estado trófico. 6. Limnologia. I. Título.

CDD: 574.5263 (20ª)

**Orientador**

---

**Prof. Dr. Francisco Antônio Rodrigues Barbosa**

Pelo amor, dedicação e por acreditar em mim, ofereço aos meus pais  
Izolino e Guiomar, à minha esposa Cecília, ao meu querido irmão Paulo César  
Nascimento e ao meu eterno amigo e irmão Marco A. R. Franco.

“A satisfação está no esforço e não apenas na realização final”  
(Gandhi)

## **AGRADECIMENTOS**

- ✓ Ao **Prof. Dr. Francisco Antonio Rodrigues Barbosa** pela orientação e amizade durante a realização deste trabalho.
- ✓ Ao **Prof. Dr. Paulo César Abreu** por sua participação na banca examinadora e, principalmente, pela orientação “on line” com relação ao mundo microbiano
- ✓ À **Profª Drª Mirna Januário L. Godinho** por sua participação na banca examinadora e pelas sugestões e críticas a este trabalho.
- ✓ Ao Conselho Nacional de Pesquisa (**CNPq**) pelo apoio financeiro.
- ✓ Ao **Prof. Dr. José Bento** do Departamento de Morfologia da UFMG pelo empréstimo da ocular milimetrada, sem a qual não seriam possíveis as análises do bacterioplâncton ao microscópio de epifluorescência.
- ✓ Ao **Prof. Dr. Biddanda** que pacientemente conferiu os dados do bacterioplâncton junto com o Prof. Paulo C. Abreu, também “on line”.
- ✓ À **Profª Paulina M. Barbosa** pelas sugestões, empréstimos de publicações e pela convivência.
- ✓ Ao **Prof. Dr. Marcos Callisto** por ter me colocado em contato com as pessoas certas nas horas certas e pela convivência no laboratório.
- ✓ Ao **Prof. Dr. Ivan Sampaio** da Escola de Veterinária da UFMG pela ajuda nas análises estatísticas.
- ✓ Ao **Prof. Gilmar Bastos Santos** pela ajuda na utilização do programa Statistica for Windows e pela convivência antes do meu casamento.
- ✓ À Deus por ter estado sempre presente nos bons e maus momentos que marcaram a realização deste trabalho.
- ✓ À amiga Luciana Maria de Oliveira que me ensinou os primeiros passos para trabalhar com as bactérias.

- ✓ Ao amigo Bias Marçal de Farias pelas contribuições “on line” direto da Suécia.
- ✓ À amiga Dionéia Evangelista Cesar pela ajuda com as planilhas de dados do bacterioplâncton.
- ✓ Ao grande amigo João Pedro Mendes Dias por estar sempre alegre e sorridente, o que ajudou muito nas horas de descanso durante a redação deste trabalho.
- ✓ À todos os amigos dos Laboratórios de Limnologia, Zooplâncton e Bentos do ICB/UFMG, por toda e qualquer ajuda e convivência.
- ✓ À Rosinha, do Laboratório de Zooplâncton do ICB/UFMG pela ajuda ao microscópio.
- ✓ Aos amigos Fábio da Cunha Garcia, Meg e Beatriz N. Cambraia pela ajuda nos trabalhos de campo.
- ✓ À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram negativamente com este trabalho, principalmente ao “ônibus voador”, que de uma forma ou de outra me deram mais ânimo para terminar este trabalho.
- ✓ À todos os amigos com quem convivi durante os anos de Mestrado no PPG-ERN, desde o dia da prova de admissão (com toda aquela tensão) e pelos shows e bares que pudemos freqüentar durante este período.
- ✓ Aos amigos Lisandro, Francisco, Stefani, Pazú, Dri e Alessandra pela acolhida na casa durante o período de realização dos créditos em São Carlos.
- ✓ Ao grande amigo José da Silva Mourão pela acolhida em São Carlos durante a defesa da Dissertação e por pacientemente ter assistido a minha apresentação.
- ✓ Eternamente grato aos meus queridos pais Izolino e Guiomar por acreditarem em mim e pelo amor e dedicação durante todos esses anos.
- ✓ Especialmente à Cecília Maria Dias Nascimento, minha esposa, que esteve sempre ao meu lado nos bons e maus momentos e pela imensurável ajuda desde a minha chegada à Belo Horizonte.
- ✓ À Nicinha, Ana Paula, Juanita e Pulguinha pela acolhida em Belo Horizonte.

## RESUMO

Densidade, biomassa e biovolume bacteriano foram analisados através da microscopia de epifluorescência, relacionando-os com o estado trófico de dois ecossistemas aquáticos de Minas Gerais. As amostras foram coletadas em setembro de 1995 (período de seca) e fevereiro de 1996 (período de chuvas) nas regiões litorâneas e limnética da represa da Pampulha (ecossistema urbano eutrofizado), e na Lagoa Olhos d'Água (lago natural urbano, oligotrófico). Foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis físicas, químicas e biológicas nos dois ambientes. Na represa da Pampulha, a densidade bacteriana variou entre  $0,30 \times 10^6$  bactérias/ml e  $1,73 \times 10^6$  bactérias/ml no período de seca e entre  $0,31 \times 10^6$  bactérias/ml e  $1,15 \times 10^6$  bactérias/ml no período de chuvas. A biomassa variou entre  $50,9 \mu\text{g C/l}$  e  $279,9 \mu\text{g C/l}$  no período de seca e entre  $66,6 \mu\text{g C/l}$  e  $205,2 \mu\text{g C/l}$  no período de chuvas. O biovolume variou entre  $0,376 \mu\text{m}^3$  e  $0,644 \mu\text{m}^3$  no período de seca e entre  $0,377 \mu\text{m}^3$  e  $0,667 \mu\text{m}^3$  no período de chuvas. Na Lagoa Olhos d'Água a densidade variou entre  $0,15 \times 10^6$  bactérias/ml e  $0,19 \times 10^6$  bactérias/ml no período de seca e entre  $0,13 \times 10^6$  bactérias/ml e  $0,22 \times 10^6$  bactérias/ml no período de chuvas. A biomassa variou entre  $9,9 \mu\text{g C/l}$  e  $44,7 \mu\text{g C/l}$  no período de seca e entre  $14,7 \mu\text{g C/l}$  e  $28,3 \mu\text{g C/l}$  no período de chuvas. O biovolume variou entre  $0,151 \mu\text{m}^3$  e  $0,728 \mu\text{m}^3$  no período de seca e entre  $0,221 \mu\text{m}^3$  e  $0,591 \mu\text{m}^3$  no período de chuvas. Esses resultados sugerem existir uma relação entre a comunidade bacteriana e o estado trófico em ambientes eutróficos onde a comunidade bacteriana se apresenta em números mais elevados (densidade e biomassa), devido a maior quantidade de carbono disponível no ambiente. Estudos acerca da quantidade de carbono orgânico dissolvido (COD) disponível no ambiente, possíveis relações entre as comunidades bacteriana e fitoplanctônica e taxa de predação do picoplâncton pelo protozooplâncton se fazem necessários em ambientes tropicais, para se entender a dinâmica bacteriana nesses ambientes.

# THE BACTERIOPLANKTONIC COMMUNITY AND THE TROPHIC STATE OF ECOSYSTEMS OF MINAS GERAIS

## ABSTRACT

This work analyzed the density, biomass and bacterian biovolume through epifluorescence's microscopy with acridina's orange, they were related with the trophic state of two aquatic ecosystem in Minas Gerais. The samples were collected in september 1995 (dry season) and february 1996 (rainy season) in the littoral and limnetic zone of Pampulha reservoir, a eutrofized urban ecosystem, located at north region of Belo Horizonte city, strongly influenciaded by the exhaust of the domestic and industrial sewers derived from of its tributaries and by the dumping of garbage by the population around, and in the Olhos d'Água lagoon, a natural urban ecosystem, oligotrophic, and little antropofically influenciaded. Significantly differences were founded between physics, chemistry and biological varieties in that two environments. At Pampulha reservoir, the bacterian density oscillated from  $0.31 \times 10^6$  bacteria/ml and  $1.73 \times 10^6$  bacteria/ml in the drying season and between  $0.31 \times 10^6$  and  $1.15 \times 10^6$  bacteria/ml in the raining season. The biomass oscillated between  $50.9 \mu\text{gC/l}$  and  $279.9 \mu\text{gC/l}$  in the drying season and between  $66.6 \mu\text{gC/l}$  and  $205.2 \mu\text{gC/l}$  in the drying season. The biovolume oscillated between  $0.376 \mu\text{m}^3/\text{l}$  and  $0.644 \mu\text{m}^3/\text{l}$  in the drying season and between  $0.377 \mu\text{m}^3/\text{l}$  and  $0.667 \mu\text{m}^3/\text{l}$  in the raining season. In the Olhos d'Água lagoon the density oscillated between  $0.15 \times 10^6$  bacteria/ml and  $0.19 \times 10^6$  bacteria/ml in the drying season. The biomass oscillated between  $9.9 \mu\text{gC/l}$  and  $44.70 \mu\text{gC/l}$  in the drying season and between  $14.70 \mu\text{gC/l}$  and  $28.33 \mu\text{gC/l}$  in the raining season. The biovolume oscillated between  $0.151 \mu\text{m}^3/\text{l}$  and  $0.728 \mu\text{m}^3/\text{l}$  in the drying season and between  $0.221 \mu\text{m}^3/\text{l}$  and  $0.591 \mu\text{m}^3/\text{l}$  in the raining season. These results suggest that there is a relationship between the bacterian community and the trophic state at the eutrophic environments where the bacterian community exists with higher results (density and biomass) due to major quantity of carbon available in the environment proceeding from the antropogenic actions. Studies about the quantity of (DOC) dissolved organic carbon, possible relationship among the bacterian and fitoplanktonic communities and predatories taxes of the picoplankton by the microzooplankton are needed at tropical environments to understand the bacterian dynamic in those environments.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Tipologia de lagos tropicais e o grau de trofia .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ÁREAS DE ESTUDO .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Procedimentos estatísticos .....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Variáveis físicas e químicas .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2</b>	<b>Concentração de nutrientes inorgânicos e o estado trófico dos ambientes estudados.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1</b>	<b>A qualidade da água e a comunidade bacterioplanctônica .....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A vida microbiana em lagos está relacionada a vários fatores como morfometria, condições climatológicas, poluição, dentre outros. Estes fatores regulam o estado trófico, a taxa de turbulência e as condições de anoxia do hipolímnio (Steenbergen, *et al.*, 1993).

Depois do desenvolvimento do conceito de “microbial loop” (Azam *et al.* 1983), onde é discutida a predação do bacterioplâncton pelo microzooplâncton como a principal via de retorno de nutrientes inorgânicos para os produtores primários e a transferência parcial de energia na forma de carbono para níveis tróficos superiores, vários estudos têm sido conduzidos para se caracterizar os fatores que controlam a dinâmica bacteriana em ambientes aquáticos (e.g. Abreu *et al.* 1992). Billen *et al.* (1990) salientam que a biomassa bacteriana é proporcional à riqueza do ambiente, refletindo, portanto, diretamente no grau de trofia.

Várias técnicas vêm sendo utilizadas para o estudo da comunidade bacterioplanctônica em ambientes aquáticos, destacando-se dentre elas a microscopia de epifluorescência (Hobbie *et al.*, 1977), microscopia eletrônica e citometria de fluxo. Para a mensuração da produção secundária do bacterioplâncton baseada na quantidade de carbono incorporado, os métodos mais utilizados são os da incorporação da timidina (Tobin & Anthony, 1978; Fuhrman & Azam, 1982) e da leucina (Kirchiman *et al.*, 1985; Simon & Azam, 1989).

As algas picoplanctônicas e as bactérias são reconhecidas como componentes-chave de comunidades planctônicas, especialmente em lagos oligotróficos, onde têm sido demonstrado serem importantes na transferência de material e energia (Stockner 1987; Pick & Caron 1987).

Segundo Padisák *et al.* (1998), alguns fatores podem influenciar a composição e a dominância de grupos do fitoplâncton em ambientes oligotróficos. O desenvolvimento destes microorganismos pode ser limitado por fatores físicos ou por escassez de nutrientes.

As bactérias podem constituir mais de 50% da biomassa do pico e nanoplâncton em lagos (Caron *et al.* 1985). A contagem direta de amostras

coradas com laranja de acridina (Hobbie *et al.* 1977; Zimmermann *et al.* 1974), ou com outros corantes tem se tornado rotina para se determinar a densidade de populações de picoplâncton em ambientes aquáticos.

Os primeiros estudos realizados com microorganismos datam do século XIX. Louis Pasteur (1822-1895) estudou a fisiologia dos microorganismos e o papel dos micróbios na natureza. Na microbiologia aquática destaca-se o sanitarista brasileiro Oswaldo Cruz com a sua tese de doutoramento “A veiculação microbiana pelas águas” defendida em 1822 na Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro. Na região de Lagoa Santa, MG, merece destaque o trabalho de Warming a respeito da flora dessa região, publicado em 1892 na Dinamarca.

Em ambientes tropicais, em geral, e no Brasil em particular, estudos da comunidade bacteriana são muito recentes, destacando-se Schimidt (1969; 1970) que estudou a distribuição vertical e a densidade de bactérias e algas e suas inter-relações; Rai (1979) analisou a microbiologia de lagos da Amazônia Central; Rai & Hill (1980) classificaram os lagos da Amazônia Central com base nas suas características microbiológicas, físicas e químicas; Rai & Hill (1981a) descreveram a atividade heterotrófica em um lago de várzea da Amazônia Central; Rai & Hill (1981b) estudaram a dinâmica bacteriana em um lago de águas pretas da Amazônia; Rai & Hill (1982) analisaram o padrão de atividade heterotrófica em três lagos da Amazônia Central; Rai & Hill (1984) estudaram o conceito de troca de energia/biomassa em termos do sistema microbiano com ênfase em vários grupos bacteriológicos em três lagos da Amazônia Central; Freitas & Godinho-Orlandi (1991) verificaram a distribuição de bactérias no sedimento de um lago do estado de São Paulo; Abreu *et al.* (1992), estudaram a dinâmica bacteriana relacionada com a produção do fitoplâncton na Lagoa dos Patos, RS; Godinho-Orlandi & Barbieri (1983) estudaram os microorganismos perifíticos (bactérias, algas e protozoários) na região marginal de um ecossistema aquático do estado de São Paulo; Gomes (1991) analisou a densidade, biomassa, composição e distribuição temporal e espacial de bactérias e protozoários em um reservatório eutrófico no estado de São Paulo; Thomaz (1995) estudou a produção secundária da comunidade bacterioplanctônica aderida a detritos de macrófitas em

uma lagoa costeira no estado do Rio de Janeiro; Kolm & Absher (1995), verificaram a distribuição espacial e variabilidade temporal de bactérias saprófitas na superfície da água das baías de Paranaguá e Antonina no estado do Paraná; Cesar (1997), estudou a influência dos nutrientes orgânicos e inorgânicos na dinâmica bacteriana na Lagoa dos Patos/RS; Anesio et al. (1997), analisaram a influência do ciclo hidrológico no bacterioplâncton em um lago impactado por bauxita na Amazônia; Lemos *et al.* (no prelo), estudaram as interações tróficas entre o fito, zoo e o bacterioplâncton em “enclosures” na Lagoa Olhos d’Água.

O rápido processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas tem favorecido o aparecimento de sérios problemas nos ecossistemas aquáticos urbanos como, por exemplo, a descarga de matéria orgânica proveniente dos esgotos doméstico e industrial e despejo de lixo pela população do entorno contribuindo para um rápido processo de eutrofização do ambiente. A comunidade bacteriana é um dos principais responsáveis pela degradação da matéria orgânica e regeneração de minerais em ecossistemas aquáticos (Wang *et al.*, 1992). Kapustina (1996), em uma revisão sobre as pesquisas com bactérias no lago Ladoga, na Rússia, constatou um aumento na densidade bacteriana durante o processo de eutrofização decorrente de atividades humanas no ambiente, associando baixas densidades bacterianas com ambientes oligotróficos. Este autor em experimentos de enriquecimento com amônia e ortofosfato, em laboratório, constataram um aumento do número de células, incorporação de timidina e atividade específica bacteriana. Em ambientes tropicais estudos “in situ” sobre a relação entre a comunidade bacteriana e a concentração de nutrientes são ainda escassos, embora amplamente aceito que a comunidade bacteriana pode constituir um bom indicador de estado trófico desses ambientes.

## **1.1 TIPOLOGIA DE LAGOS TROPICAIS E O GRAU DE TROFIA**

Nas regiões temperadas, os ambientes aquáticos têm sido classificados segundo o seu grau de trofia como eutróficos, oligotróficos, mesotróficos e distróficos (Vollenweider, 1968). Assim, eutróficos são aqueles ambientes ricos em nutrientes orgânicos e inorgânicos, com alta produção primária, déficit de oxigênio no hipolímnio devido à decomposição de matéria orgânica; ambientes oligotróficos são aqueles que apresentam baixas concentrações de nutrientes inorgânicos, baixas concentrações de matéria orgânica e geralmente com a coluna d'água bem oxigenada; ambientes que recebem, sob condições naturais, substâncias húmicas originadas de plantas terrestres como componente de matéria orgânica alóctone são denominados “lagos de água escura” e são classificados como distróficos devido ao elevado conteúdo de matéria orgânica húmica; mesotróficos são aqueles ambientes que possuem características intermediárias entre eutrófico e oligotrófico (Wetzel, 1983).

Trofia de um lago é a taxa de matéria orgânica que é fornecida pelo lago ou a um lago por unidade de tempo, sendo assim uma expressão dos efeitos combinados de matéria orgânica fornecida ao lago (Wetzel, 1983). O botânico alemão Weber (1907) foi o primeiro pesquisador a utilizar o termo trofia para descrever as condições que determinam a comunidade de plantas no seu estágio inicial de desenvolvimento. Os estágios foram denominados “eutrofia”, “mesotrofia” e “oligotrofia”. Estes três termos foram utilizados pela primeira vez na Limnologia por Naumann (1919) para descrever lagos com baixas, moderadas ou altas concentrações de fósforo, nitrogênio, cálcio, classificando seus efeitos sobre a transparência da água e a comunidade fitoplanctônica. Sendo assim, um lago oligotrófico possuía águas claras com pouco fitoplâncton, um lago eutrófico apresentava água turva com crescimento acentuado do fitoplâncton e um lago mesotrófico era intermediário entre os dois. Teiling (1916), dando prosseguimento ao trabalho realizado por West & West (1909), desenvolveu uma classificação de lagos europeus baseada na dominância do fitoplâncton com dois extremos: os lagos profundos da Escandinávia e Grã-Bretanha com dominância de desmídias (algas verdes) e os lagos rasos do Báltico com dominância de cianobactérias. Thienemann (1918), classificou os lagos do distrito de Eifel na Alemanha baseado

na sazonalidade do oxigênio e nas diferenças da fauna bentônica onde os lagos profundos, improdutivos e com oxigênio no hipolímnio nos meses de verão, devido à pequena carga de matéria orgânica carregada pelas chuvas, apresentavam fauna diversificada, enquanto os lagos mais rasos com alta produção de matéria orgânica durante o verão e com redução do oxigênio no hipolímnio, apresentavam poucas espécies tolerantes às baixas concentrações de oxigênio. Na Inglaterra, Pearsall (1921, 1932), classificou os lagos do “Lake District” com base nas espécies de macrófitas e no fitoplâncton classificando-os como “envolvidos” e “não envolvidos”, o mesmo que eutrófico e oligotrófico. Mortimer (1941,1942) estudou as mudanças evolutivas nos lagos dissertando sobre os processos que controlam as trocas de substâncias dissolvidas entre a água do lago e o sedimento. Ele concluiu que o grau de oxidação-redução na superfície do sedimento, como uma consequência da desoxigenação da água, determina o movimento dos solutos entre o sedimento e a água (sendo o fósforo o mais importante). Lindeman (1942), desenvolveu o conceito de fluxo de energia através dos diferentes níveis de cadeia alimentar aquática, sugerindo que a eutrofização era um estágio natural na vida de um lago, sendo gradativamente preenchido com o sedimento e matéria orgânica do seu próprio metabolismo (Harper, 1995).

Eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes de um corpo d'água resultando em mudanças sintomáticas como aumento na produção de algas e macrófitas, deterioração da qualidade da água tornando-a imprópria para o consumo humano (OECD 1982). A eutrofização é um problema que vem sendo amplamente estudado pela comunidade científica desde os anos 40. Várias técnicas, como por exemplo a remoção de nutrientes, foram utilizadas para reverter o processo de eutrofização de um ambiente, entretanto em alguns locais tais técnicas eram muito caras. Nos últimos dez anos deu-se maior atenção à técnicas mais baratas como a biomanipulação com o objetivo de minimizar os efeitos da eutrofização. Devido ao grande interesse, muitos pesquisadores publicaram trabalhos sobre o assunto a partir da década de 60 (Rohlich, 1969; Likens, 1972; USEPA, 1979; Barica, 1980; Persson, 1988; Vollenweider, 1968; OECD, 1982; Ryding & Rast, 1989 *apud* Harper, 1995).

Apesar de terem sido propostas diferentes classificações para o grau de trofia de lagos (Vollenweider, 1968; OECD, 1982; Carlson, 1977; Downing & Mc Cauley, 1992), em sua maioria estas propostas foram desenvolvidos para lagos de regiões temperadas. Esteves (1988), sugere a não utilização de tal tipologia de lagos para se classificar lagos tropicais devido ao fato de que os ambientes tropicais ora apresentam características eutróficas (alta produtividade anual), ora características oligotróficas (baixa concentração de nutrientes).

O Centro Pan Americano de Engenharia Sanitária e Ciência Ambiental (CEPIS) em Lima, Peru vem desenvolvendo um Programa Regional desde 1981 para o desenvolvimento de uma metodologia simplificada para a avaliação da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais da América Latina e Caribe. Este trabalho começou com uma revisão do modelo proposto pela OECD (1982) e concluiu-se que existiam diferenças fundamentais entre os lagos tropicais e os temperados. O trabalho desenvolvido pelo CEPIS utilizou dados de vários países da América Central, América do Sul e América do Norte (Brasil, Argentina, Colômbia, Equador, México, Porto Rico, Venezuela e Estados Unidos), tomando variáveis como clorofila (a, b e c), fósforo total, transparência da água para a classificação dos lagos (Salas & Martino, 1991).

O trabalho desenvolvido pela OECD (1982), utilizou dados de ambientes exclusivamente temperados. O fato de os ambientes temperados apresentarem-se cobertos por gelo em determinadas épocas do ano, inviabiliza a utilização dessa metodologia para os ambientes quentes dos trópicos. Segundo a classificação proposta pela OECD, um ambiente eutrófico apresenta um valor médio de fósforo total de 84,4 µg/l. Essa mesma concentração segundo o estudo de Salas & Martino (op cit.), classifica o ambiente tropical como sendo mesoeutrófico.

Para classificar os ambientes estudados neste trabalho, utilizou-se a classificação desenvolvida por Salas & Martino (op cit.).

Tradicionalmente, as variáveis mais utilizadas para se classificar ambientes aquáticos quanto ao estado trófico são P-total, N-total, clorofila-a e transparência da água (Vollenweider, 1968). Frequentemente utiliza-se a concentração de 20-30 µg/l de fósforo para se classificar corpos d'água em meso-

eutróficos em ambientes temperados, valores estes considerados baixos para ambientes tropicais segundo Ryding & Rast (1989). Thornton (1987), sugere uma concentração entre 50-60  $\mu\text{g/l}$  de fósforo para o lago McIlwaine no Zimbabwe para esta categoria.

Visando responder à pergunta: “Existe uma relação (direta/indireta) entre o grau de trofia de um ecossistema aquático e a densidade, biomassa e biovolume da sua comunidade bacterioplanctônica?”, foram escolhidos para este estudo, dois ambientes: lagoa Olhos d’Água, ambiente que vem sofrendo com a ocupação antrópica desordenada de seu entorno, situado no município de Lagoa Santa (região metropolitana de Belo Horizonte) e represa da Pampulha, ambiente caracteristicamente eutrófico situada na região norte de Belo Horizonte.

O presente trabalho teve como objetivos:

- a) caracterizar o grau de trofia dos ambientes selecionados;
- b) verificar a existência, ou não, de relação direta ou indireta entre o grau de trofia e a comunidade bacterioplanctônica destes ambientes.

## 2 ÁREAS DE ESTUDO

A lagoa Olhos d’Água localiza-se no carste do planalto de Lagoa Santa, Minas Gerais (19° 44’ e 19° 30’S; 44° 05’ e 43° 50’ W) (Fig. 1). Trata-se de um lago paleocárstico, urbano, apresentando uma grande variedade de macrófitas em sua região litoral (Rosa, 1989). A região apresenta uma precipitação anual variando entre 1000 e 1200 mm, sendo os meses de maio, junho, julho e agosto os mais secos do ano (Renault, 1991). Rosa (op cit.) desenvolveu o primeiro trabalho de microbiologia aquática neste ambiente, cujo objetivo foi correlacionar a variação sazonal de leveduras com os parâmetros físicos e químicos da água e a densidade de coliformes totais. Esta lagoa vem sofrendo crescentes transformações, destacando-se o assoreamento das suas margens, decorrente principalmente, da ocupação antrópica não orientada de sua bacia (Coutinho & Barbosa, 1986; Renault, 1991).

Estudos feitos por Coutinho & Barbosa (op cit.) mostraram que a lagoa é um sistema dinâmico, influenciado por fatores climatológicos tais como

temperatura, ventos e precipitação atmosférica, sendo característica uma estratificação térmica no verão e uma completa isoterminia no inverno.

A Lagoa Olhos d'Água está localizada sobre rochas do tipo Bambuí, apresentando filitos, argilitos e calcáreos na sua litografia (Kohler *et al.*, 1978).

As macrófitas aquáticas mais freqüentemente encontradas neste ambiente são as dos gêneros *Nymphaea*, *Eleocharis*, *Salvinia* e *Typha* (Rosa, 1989).

A composição fitoplanctônica é composta pelos grupos *Cyanophyceae*, *Euchlorophyceae*, *Zigophyceae*, *Chrysophyceae*, *Dinophyceae*, *Euglenophyceae* e a composição do zooplâncton é representada por flagelados, com dominância de fitoflagelados como *Trachelomonas* spp, sarcodinos representados pelos gêneros *Arcella* sp e *Diffugia* sp, ciliados representados por *Dileptus anser*, *Didinium* sp, *Halteria* sp, *Mesodinium* sp e *Vorticella* sp e os rotíferos *Anuraeopsis* sp, *Cephalodella* sp, *Collotheca* sp, *Epifhanes* sp, *Hexarthra* sp, *Keratella* spp, *Lepadella* sp, *Polyarthra* spp, *Trichocerca* sp (Lemos, 1996).

A represa da Pampulha com um volume aproximado de 12 milhões de m<sup>3</sup> e área de 2,4 km<sup>2</sup> está localizada na região norte de Belo Horizonte, Minas Gerais (19° 55' 09" S; 43° 56' 47" W) (fig. 02). Foi construída em 1938 e reconstruída em 1957 com a finalidade de abastecer de água a região norte de Belo Horizonte. Seu fechamento como reservatório de abastecimento de água se deu em 1980 em consequência de sucessivas aflorações de cianobactérias com consequente diminuição da qualidade da água (Pinto-Coelho, 1992). A sua bacia de drenagem compreende uma região densamente povoada englobando parte dos municípios de Contagem e Belo Horizonte; possui 11 tributários os quais recebem esgoto doméstico e industrial sem qualquer tratamento (Barbosa *et al.*, 1998). Apresenta uma concentração considerada mediana de clorofila-a (Araújo, 1995) sendo o fitoplâncton uma importante fonte de carbono. Um terço de sua área encontra-se completamente assoreada (Giani *et al.*, 1988).

O mesozooplâncton está representado pelos grupos *Daphnia*, *Diaphanosoma* sp, *Cyclopoida* e *Calanoida* (Araújo, 1995).

Goodwin (1997), em um estudo realizado neste ambiente à respeito da dinâmica de cianobactéria, encontrou *Chroococcus turgidus*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis flos-aquae*, *Microcystis viridis*, *Woronichina naegeliana*

e *Anabaena solitaria*, sendo que *M. aeruginosa* e *M. flos-aquae* estiveram presentes em todo o período de estudo.

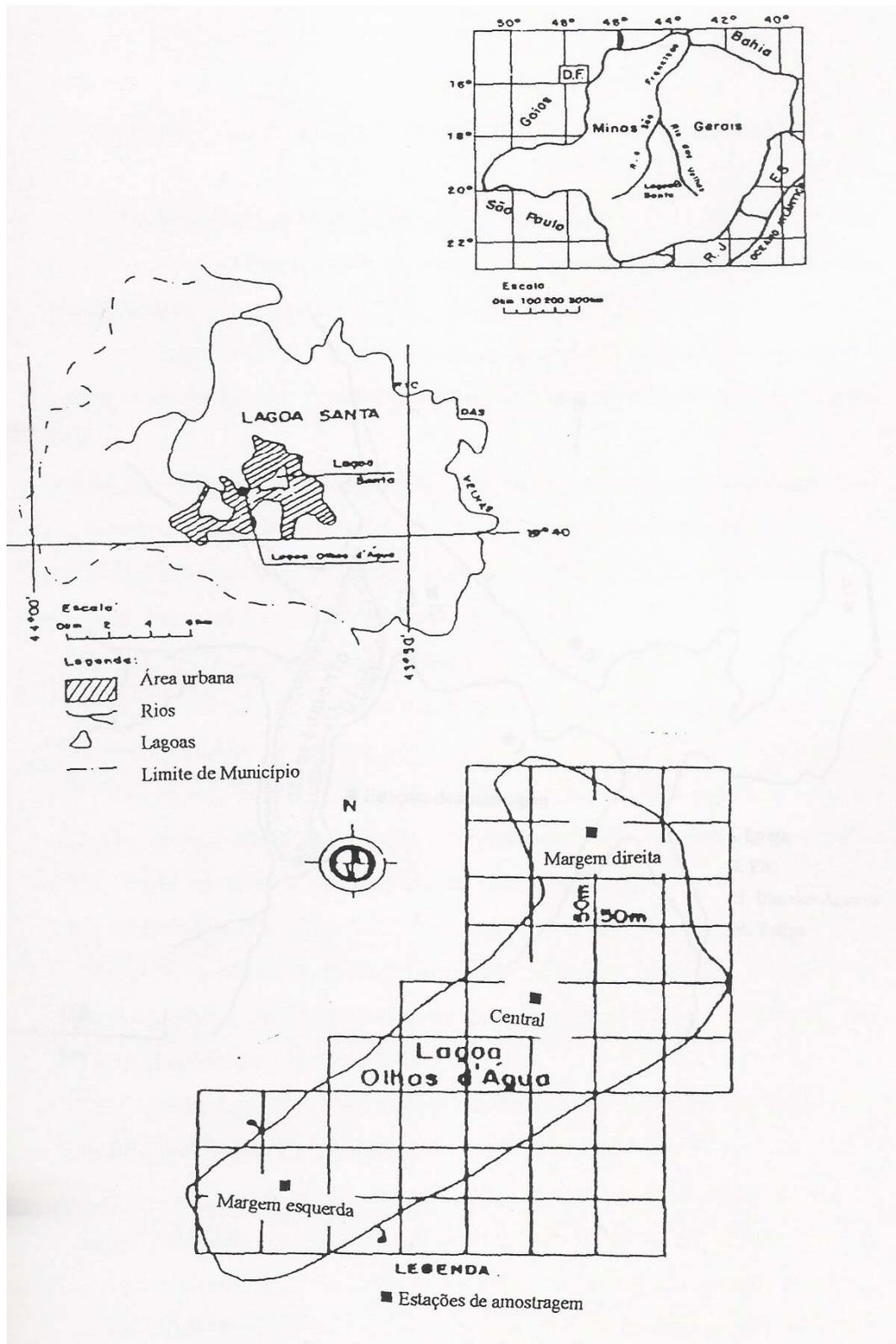
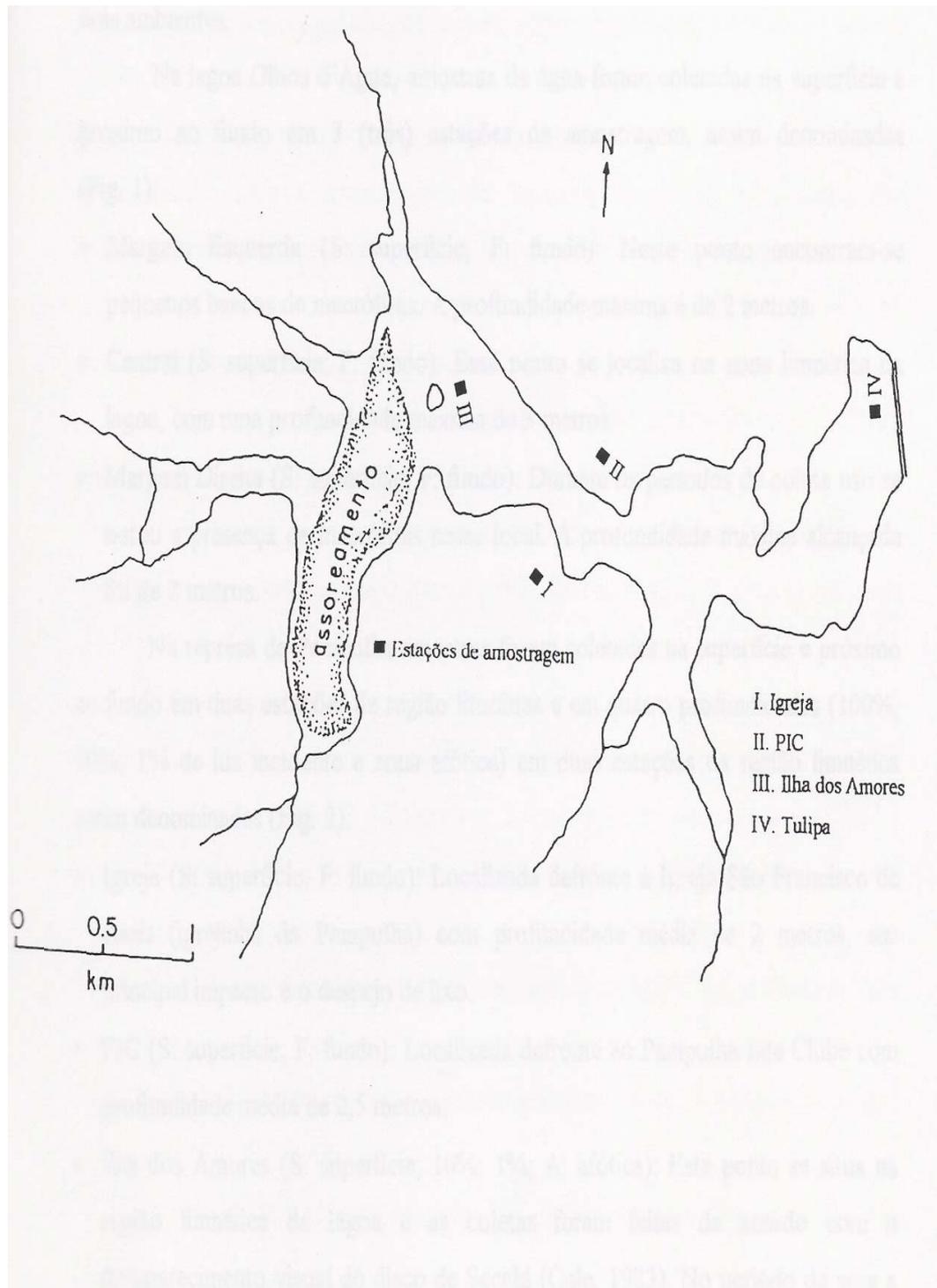


Fig. 1: lagoa Olhos d'Água



**Fig. 2:** represa da Pampulha

### 3 METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados em setembro de 1995 (período de seca) e em fevereiro de 1996 (período de chuvas) nas regiões limnética e litorânea, dos dois ambientes.

Na lagoa Olhos d'Água, amostras de água foram coletadas na superfície e próximo ao fundo em 3 (três) estações de amostragem, assim denominadas (Fig. 1):

- Margem Esquerda (S: superfície; F: fundo): Neste ponto encontram-se pequenos bancos de macrófitas. A profundidade máxima é de 2 metros.
- Central (S: superfície; F: fundo): Esse ponto se localiza na zona limnética da lagoa, com uma profundidade máxima de 3 metros.
- Margem Direita (S: superfície; F: fundo): Durante os períodos de coleta não se notou a presença de macrófitas nesse local. A profundidade máxima alcançada foi de 2 metros.

Na represa da Pampulha amostras foram coletadas na superfície e próximo ao fundo em duas estações da região litorânea e em quatro profundidades (100%, 10%, 1% de luz incidente e zona afótica) em duas estações da região limnética assim denominadas (Fig. 2):

- Igreja (S: superfície; F: fundo): Localizada defronte à Igreja São Francisco de Assis (igrejinha da Pampulha) com profundidade média de 2 metros, seu principal impacto é o despejo de lixo.
- PIC (S: superfície; F: fundo): Localizada defronte ao Pampulha Iate Clube com profundidade média de 2,5 metros.
- Ilha dos Amores (S: superfície; 10%; 1%; A: afótica): Este ponto se situa na região limnética da lagoa e as coletas foram feitas de acordo com o desaparecimento visual do disco de Secchi (Cole, 1983). No período de seca a profundidade do disco de Secchi foi de 0,60 m e no período de chuvas foi de 0,70 m.
- Tulipa (S: superfície; 10%; 1%; A: afótica): Se localiza próximo ao eixo da barragem. Por se localizar na zona limnética, as amostras foram coletadas de

acordo com o desaparecimento visual do disco de Secchi. A profundidade máxima medida foi de 12 metros.

Utilizou-se uma garrafa de van Dorn de 1,2 litros para a coleta das amostras de água para análise das concentrações de nitrito (Strickland & Parsons, 1960), nitrato, nitrogênio total, ortofosfato e fósforo total (Mackereth *et al.* 1978), amônia (Koroleff, 1976). Sub-amostras de 10 ml foram colhidas nas mesmas profundidades para a determinação da densidade, biomassa e biovolume das bactérias sendo as amostras colhidas em frascos previamente autoclavados à 120 °C por 20 minutos aos quais acrescentou-se algumas gotas de solução de lugol 0,1% (Nishino, 1986).

Para as contagens de bactérias, as amostras foram filtradas à vácuo, utilizando-se filtros de membrana Nucleopore preto de 25 mm de diâmetro e 0,22 µm de tamanho de poro e coradas com o fluorocromo laranja de acridina de acordo com os procedimentos adotados por Hobbie *et al.* (1977), com as seguintes modificações:

Filtrou-se 1,0 ml da amostra sob pressão de vácuo inferior a 5 cm de Hg. Em seguida, adicionou-se algumas gotas de água deionizada para retirar o lugol, realizando-se nova filtração. Adicionou-se 1,0 ml de laranja de acridina 0,1% (p/v) e após 15 minutos filtrou-se o corante. Depois de seco, o filtro foi colocado sobre uma lâmina, adicionando-se uma gota de óleo Nujol, cobrindo-o com uma lamínula. A lâmina montada foi observada sob microscópio de epifluorescência marca Zeiss, modelo Standard 20, utilizando-se filtros do tipo 2 FI 450-490 nm. Contou-se o número de células bacterianas encontradas em 30 campos aleatórios com aumento de 1000 vezes.

A densidade bacterioplanctônica foi obtida segundo Wetzel & Likens (1991):

Bactérias/ml = número médio de bactérias x fator, onde:

$f = \text{área de filtração} / \text{área do campo contado} / \text{volume da amostra filtrada (ml)} = 78000.$

Mediu-se também, ao acaso, 30 células esféricas ou elipsóides calculando-se os valores de biovolume médio para cada tipo utilizando-se as seguintes equações:

Bactérias esféricas (largura = comprimento):  $V = 4\pi r^3/3$

Bactérias elipsóides (largura  $\neq$  comprimento):  $V = \pi l d^2/6$ , onde:

$r$  = medida de comprimento  $\div 2$ ;

$l$  = largura;

$d$  = diâmetro.

Os valores de biovolume foram transformados em carbono, considerando que  $1\mu\text{m}^3 = 3,5 \times 10^{-13}$  gC (Bjorsen, 1986).

O estado trófico foi determinado com base nos estudos feitos por Salas & Martino (1991) em ambientes tropicais.

Algumas dificuldades foram encontradas durante a realização deste trabalho. O excesso de solução de lugol apresentado em algumas amostras dificultou a visualização ao microscópio muitas vezes impossibilitando a contagem, sendo necessário a preparação de novas lâminas. Algumas amostras, após terem sido filtradas, apresentaram muito sedimento e sujeira por terem sido coletadas próximas ao fundo o que dificultou a visualização do material sendo necessário a repetição de algumas amostras.

Com relação às outras análises, algumas amostras podem ter apresentado supersaturação do oxigênio dissolvido por terem apresentado bolhas ao serem coletadas com a garrafa de van Dorn.

Todas as análises de nutrientes que apresentaram valores discrepantes foram repetidas.

### **3.1 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS**

Para a análise estatística dos dados, utilizou-se o teste de correlação linear de Pearson ( $p < 0,05$ ) para se verificar a existência, ou não, de correlações entre o estado trófico do ambiente e as variáveis biológicas (densidade, biomassa e biovolume bacteriano).

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS NA LAGOA OLHOS D'ÁGUA**

A tabela 1 mostra as variáveis físicas e químicas da água na Lagoa Olhos d'Água, nos dois períodos distintos de coletas.

**Tabela 1**

**Variáveis físicas e químicas na Lagoa Olhos d'Água em setembro de 1995 (seca) e fevereiro de 1996 (chuvas).**

Variável	Temp. água (°C)		Oxig. Dissol. (% sat.)		Cond. (µS/cm)		pH		Alcal. (meqCO <sub>2</sub> /l)	
	seca	chuva	Seca	chuva	Seca	chuva	seca	chuva	Seca	chuva
Margem Esq. Sup.	21,7	27,2	104,14	87,74	73,7	58,2	7,49	7,08	0,780	0,625
Margem Esq. Fundo	21,9	27,2	104,14	86,34	74,6	58,2	7,46	7,31	0,780	0,625
Central Superfície	21,7	27,3	106,80	89,13	73,7	57,7	7,12	7,09	0,710	0,643
Central Fundo	21,7	27,3	106,80	87,74	74,3	57,0	7,27	7,35	0,710	0,642
Margem Dir. Sup.	21,2	27,2	104,14	86,34	71,0	57,3	7,52	7,11	0,700	0,631
Margem Dir. Fundo	21,2	27,2	103,89	86,34	72,6	58,2	7,35	7,30	0,700	0,631

A temperatura da água variou, no período de seca, entre 21,2 °C e 21,9 °C e entre 27,2 °C e 27,3 °C no período de chuvas, evidenciando uma significativa variação sazonal (Fig. 3).

Tanto no período de seca como no período de chuvas, os valores de pH mostraram-se levemente alcalinos com pequena oscilação, ficando entre 7,12 e 7,52 no período de seca e entre 7,08 e 7,35 no período de chuvas, sendo predominantemente mais elevados no período de seca.

Os valores de condutividade elétrica mostraram significativas diferenças entre os períodos amostrados, embora não tenham mostrado grande variação na coluna d'água em ambos os períodos, ficando entre 71,0 µS/cm e 74,6 µS/cm no período de seca e entre 57,0 µS/cm e 58,2 µS/cm no período de chuvas.

Semelhantemente não houve variação significativa na alcalinidade total em ambos os períodos, sendo que no período de seca os valores ficaram entre 0,70 e 0,78 meq CO<sub>2</sub>/l e entre 0,62 e 0,64 meq CO<sub>2</sub>/l no período de chuvas, com os valores mais elevados sendo encontrados no período de seca.

A água mostrou-se bem oxigenada com os valores entre 103,9% e 106,8% no período de seca e entre 86,4% e 89,1% no período de chuvas, embora diferenças sazonais sejam evidentes em todas as estações de amostragem.

#### 4.2 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS NA REPRESA DA PAMPULHA

A tabela 2 mostra as variáveis físicas e químicas da água na Represa da Pampulha nos dois períodos distintos de coletas.

**Tabela 2**

**Variáveis físicas e químicas na Represa da Pampulha em setembro de 1995 (seca) e fevereiro de 1996 (chuvas).**

Variável	T. água (°C)		O.D. (% sat.)		Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )		PH		Alcal. ( $\text{meqCO}_2/\text{l}$ )	
	seca	chuva	Seca	chuva	seca	chuva	Seca	chuva	seca	chuva
EA/Per.										
Igreja Superfície	25,0	27,7	164,88	93,81	319,0	236,0	8,15	8,48	2,75	2,03
Igreja Fundo	21,9	27,5	53,34	9,09	325,0	238,0	7,36	8,06	2,76	1,97
PIC Superfície	25,4	28,3	374,79	96,20	318,0	238,0	7,81	8,13	2,76	1,97
PIC Fundo	22,1	27,8	42,41	42,10	324,0	239,0	7,08	7,65	2,75	2,00
Ilha Superfície	24,7	27,3	274,54	96,51	321,0	245,0	8,22	8,04	2,77	2,01
Ilha 10%	23,5	27,3	204,86	94,16	323,0	46,0	7,96	7,95	2,75	2,01
Ilha 1%	22,9	26,8	292,46	44,34	330,0	260,0	7,49	7,60	2,79	2,12
Ilha Afótica	22,2	26,6	58,70	51,35	329,0	261,0	7,67	7,66	2,78	2,04
Tulipa Superfície	23,3	28,5	64,20	112,54	321,0	230,0	7,27	8,42	2,74	1,88
Tulipa 10%	23,1	27,6	77,09	117,67	321,0	236,0	7,12	8,37	2,80	1,88
Tulipa 1%	21,2	27,3	315,74	67,82	323,0	235,0	6,80	7,77	2,74	1,86
Tulipa Afótica	21,6	27,2	69,29	81,99	322,0	234,0	6,77	7,83	2,74	1,86

A temperatura variou entre 21,2 °C e 25,4 °C no período de seca e entre 26,6 °C e 28,5 °C no período de chuvas.

No período de seca o pH variou entre 6,77 e 8,22 e entre 7,60 e 8,48 no período de chuvas.

A condutividade elétrica variou entre 318  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 330  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no período de seca e entre 234  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 261  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no período de chuvas, demonstrando considerável efeito de diluição neste período.

A alcalinidade total variou entre 2,74 meq CO<sub>2</sub>/l e 2,80 meq CO<sub>2</sub>/l no período de seca e entre 1,87 meq CO<sub>2</sub>/l e 2,13 meq CO<sub>2</sub>/l no período de chuvas, com os valores mais elevados sendo encontrados no período de seca.

A saturação de oxigênio variou entre 53,34 % e 374,08% no período de seca e entre 44,34% e 117,67% no período de chuvas. Assim, observou-se estações super-saturadas como a estação PIC superfície, Ilha dos Amores superfície, Ilha dos Amores 10%, Ilha dos Amores 1% e Tulipa 1%, todas no período de seca. Algumas estações se mostraram sub-saturadas como Igreja fundo, PIC fundo, Ilha dos Amores 1%. Ilha dos Amores afótica, Tulipa 1% e Tulipa afótica, todas no período de chuvas.

#### 4.3 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES INORGÂNICOS E O ESTADO TRÓFICO DA LAGOA OLHOS D'ÁGUA

A tabela 3 mostra a concentração dos nutrientes inorgânicos na Lagoa Olhos d'Água nos dois períodos de coletas.

**Tabela 3**

##### Concentração de nutrientes inorgânicos na Lagoa Olhos d'Água em setembro de 1995 (seca) e fevereiro de 1996 (chuvas)

Nutriente	Nítrito (µg/l)		Nitrato (µg/l)		Amônia (µg/l)		N-total (µg/l)		Ortofosfato (µg/l)		P-total (µg/l)	
	seca	chuva	seca	chuva	Seca	chuva	seca	chuva	Seca	chuva	seca	chuva
E.S.	3,45	1,74	8,30	5,04	21,73	31,94	640,30	2908,0	7,38	1,89	32,59	41,97
E.F.	2,67	2,65	127,4	4,10	23,80	120,15	533,90	4770,0	10,56	3,68	33,26	140,70
C.S.	3,19	1,69	34,07	13,58	17,94	33,42	643,00	1633,0	8,50	3,80	34,30	44,55
C.F.	2,54	1,78	5,63	11,21	19,41	37,00	536,80	2546,0	9,43	2,02	42,68	102,96
D.S.	2,54	2,00	45,62	35,42	17,70	14,09	493,40	1617,0	4,74	3,25	31,61	32,41
D.F.	2,80	1,56	21,63	12,16	20,14	2,11	564,70	1820,0	7,94	2,20	47,99	39,93

Os valores de nitrato variaram, no período de seca, entre 5,7 µg/l e 127,4 µg/l e entre 4,1 µg/l e 35,4 µg/l no período de chuvas com ampla diferença entre as estações e também sazonalmente.

As concentrações de nitrito variaram entre 2,54 µg/l e 3,45 µg/l no período de seca e entre 1,56 µg/l e 2,65 µg/l no período de chuvas com os valores se apresentando abaixo do limite de detecção do método de análise (11.0 µg/l), não mostrando ampla diferença entre as estações e nem sazonalmente.

As concentrações de amônia variaram entre 17,70 µg/l e 23,80 µg/l no período de seca, e entre 2,11 µg/l e 120,15 µg/l no período de chuvas. Não apresentou amplas diferenças entre as estações de amostragem no período de seca e no período de chuvas, com exceção das estações E.F. e D.F., ambas no período de chuvas.

Os valores de nitrogênio total apresentaram ampla variação sazonal com os maiores valores sendo encontrados no período de chuvas. As concentrações variaram entre 493,40 µg/l e 643,0 µg/l no período de seca e entre 1617,0 µg/l e 4770,0 µg/l no período de chuvas. Com exceção da estação E.F. no período de chuvas, não encontrou-se grandes diferenças entre as estações de amostragem em cada período amostrado.

As concentrações de ortofosfato não apresentaram grandes diferenças entre as estações de amostragem e sazonalmente com os valores não ultrapassando 10,56 µg/l no período de seca. Em algumas estações de amostragem (Margem esquerda “superfície”, Margem direita “fundo” e Central “fundo”), no período de chuvas, as concentrações de fósforo solúvel “reativo” (ortofosfato) estiveram abaixo do limite de detecção do método (3.0 µg/l).

As concentrações de fósforo total não apresentaram amplas diferenças entre as estações de amostragem e também sazonalmente, com exceção da estação E.F. no período de chuvas onde encontrou-se 140,70 µg/l. Os valores ficaram entre 31,61 µg/l e 47,99 µg/l no período de seca e entre 32,41 µg/l e 140,70 µg/l no período de chuvas.

Entre os compostos nitrogenados dissolvidos, o íon nitrato foi dominante em ambos os períodos amostrados.

Na série de nutrientes fosfatados, verificou-se que a maior fração encontrada na lagoa se apresenta na forma orgânica.

Com base nestes resultados verifica-se que a Lagoa Olhos d'Água se apresenta limitada por fósforo em ambos os períodos estudados, de acordo com a proposta de Salas & Martino (1991), e portanto pode ser considerada oligotrófica (concentração média de P-total de 31,6 µg/l) no período de seca e mesoeutrófica (concentração média de P-total de 67,1 µg/l) no período de chuvas.

#### 4.4 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES INORGÂNICOS E O ESTADO TRÓFICO DA REPRESA DA PAMPULHA

A tabela 4 mostra a concentração de nutrientes inorgânicos na Represa da Pampulha em dois períodos distintos de coleta.

**Tabela 4**

#### Concentração de nutrientes inorgânicos na Represa da Pampulha em setembro de 95 (seca) e fevereiro de 96 (chuvas)

Nutriente	Nitrito (µg/l)		Nitrato (µg/l)		Amônia (µg/l)		N-total (µg/l)		Ortofosfato (µg/l)		P-total (µg/l)	
	Seca	chuva	Seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	Seca	chuva	seca	chuva
I.S.	26,94	29,84	50,95	149,80	2328,0	925,55	3873,0	6013,0	9,81	1,52	297,95	42,33
I.F.	29,69	5,65	58,95	109,50	2358,5	952,96	4372,0	8900,0	11,50	3,00	325,85	78,73
P.S.	57,17	26,84	92,48	176,90	4743,5	985,10	8211,0	9492,0	4,38	2,88	226,65	46,95
P.F.	57,32	23,14	32,24	94,57	5063,0	987,40	7869,0	8948,0	25,02	1,15	243,90	66,26
IL.S.	51,72	25,63	74,41	106,80	4850,0	2109,0	7533,0	7402,0	22,57	2,71	456,30	63,30
IL.10	53,12	26,03	59,96	137,70	5034,0	2125,5	7913,0	6339,0	10,35	3,98	342,00	64,83
IL.1	61,68	24,60	73,21	111,20	5044,0	2325,5	8644,0	8538,0	26,70	4,63	355,85	106,16
IL.A.	65,10	21,12	75,62	96,98	4824,0	2279,5	7941,0	7585,0	23,60	3,42	373,60	95,33
T.S.	15,78	2,38	37,06	57,54	4918,5	1912,5	7102,0	4909,0	6,62	4,68	353,20	121,40
T.10	13,90	23,80	10,56	117,90	4871,5	2021,5	6874,0	6472,0	7,54	3,32	222,00	59,79
T.1	11,42	21,70	18,99	98,83	4812,5	2119,0	6598,0	5523,0	7,34	4,58	215,20	62,60
T.A.	20,29	18,96	13,57	102,10	4947,5	56,38	7745,0	5999,0	14,98	2,76	153,05	59,70

As concentrações de nitrato variaram entre 10,6 µg/l e 92,5 µg/l no período de seca e entre 94,6 µg/l e 176,9 µg/l no período de chuvas. Observa-se uma ampla diferença entre os valores tanto entre as estações de amostragem como sazonalmente com os maiores valores sendo encontrados no período de chuvas.

Os valores de nitrito oscilaram entre 11,42 µg/l e 65,10 µg/l no período de seca e entre 2,38 µg/l e 29,84 µg/l no período de chuvas com amplas diferenças entre as estações de amostragem e também sazonalmente com os maiores valores sendo encontrados no período de seca.

As concentrações de amônia variaram entre 2328,0 µg/l e 5063,0 µg/l no período de seca e entre 56,38 µg/l e 2325,5 µg/l no período de chuvas com os maiores valores sendo encontrados no período de seca. Observa-se que, em ambos os períodos amostrados com exceção da estação T.A., as maiores concentrações foram encontradas na estação I.L. (Ilha dos Amores).

As concentrações de nitrogênio total variaram entre 3873,0 µg/l e 8644,0 µg/l no período de seca e entre 4909,0 µg/l e 9492,0 µg/l no período de chuvas com os maiores valores sendo encontrados no período de chuvas. Com exceção das estações I.S., I.F., T.S. e T.A., não encontrou-se amplas diferenças sazonais.

Da série nitrogenada, amônia foi o elemento químico mais abundante em ambos os períodos amostrados.

A represa da Pampulha apresentou-se fósforo-limitada, de acordo com classificação proposta por Salas & Martino (1991), podendo ser considerada mesoeutrófica (concentração média de P - total de 58,3 µg/l) no período de chuvas e hipereutrófica (concentração média de P-total de 297,1 µg/l) no período de seca.

Observa-se que a maior fração de nutrientes, tanto nitrogenados como fosfatados, presentes no ambiente se apresentam na forma orgânica, conforme demonstrado por Barbosa *et al.* (1998).

#### **4.5 DENSIDADE, BIOVOLUME E BIOMASSA BACTERIOPLANCTÔNICA DA LAGOA OLHOS D'ÁGUA**

A tabela 5 mostra a densidade, biovolume e biomassa do bacterioplâncton na lagoa Olhos d'Água nos períodos de seca e chuvas de 1996.

**Tabela 5**

**Densidade, biovolume e biomassa do bacterioplâncton na lagoa Olhos d'Água**

Variável	Densidade (bact./ml)		Biovolume ( $\mu\text{m}^3$ )		Biomassa ( $\mu\text{g C/l}$ )	
	Seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva
Esquerda Superfície	$0,16 \times 10^6$	$0,19 \times 10^6$	0,181	0,295	10,43	20,10
Esquerda Fundo	$0,18 \times 10^6$	$0,19 \times 10^6$	0,151	0,221	9,9	14,70
Central Superfície	$0,19 \times 10^6$	$0,22 \times 10^6$	0,451	0,318	30,47	25,00
Central Fundo	$0,16 \times 10^6$	$0,18 \times 10^6$	0,539	0,435	30,10	16,20
Direita Superfície	$0,15 \times 10^6$	$0,13 \times 10^6$	0,435	0,591	23,55	28,33
Direita Fundo	$0,17 \times 10^6$	$0,19 \times 10^6$	0,728	0,229	44,70	15,24

As maiores densidades foram encontradas no período de chuvas e os valores oscilaram entre  $0,15 \times 10^6$  e  $0,19 \times 10^6$  bactérias/ml no período de seca e entre  $0,13 \times 10^6$  e  $0,22 \times 10^6$  bactérias/ml no período de chuvas. Não encontrou-se amplas diferenças entre as estações de amostragem e sazonalmente, com exceção da estação “Direita Superfície”.

O biovolume bacteriano apresentou-se mais elevado no período de seca com um valor médio de  $0,414 \mu\text{m}^3$ , enquanto no período de chuvas a média foi de  $0,348 \mu\text{m}^3$ . No período de seca o biovolume apresentou maiores diferenças entre as estações de amostragem, com valores oscilando entre  $0,151 \mu\text{m}^3$  e  $0,728 \mu\text{m}^3$ , enquanto no período de chuvas os valores oscilaram entre  $0,221 \mu\text{m}^3$  e  $0,591 \mu\text{m}^3$ . Não houve diferença significativa entre os dados de superfície e fundo no período de seca ( $p = 0,573$ ) e no período de chuvas ( $p = 0,641$ ).

A biomassa bacteriana apresentou valores entre  $9,9 \mu\text{g C/l}$  e  $44,7 \mu\text{g C/l}$  no período de seca e entre  $14,7 \mu\text{g C/l}$  e  $28,3 \mu\text{g C/l}$  no período de chuvas. No período de seca, com exceção da estação “Esquerda Fundo”, não encontrou-se amplas diferenças entre as estações de amostragem. Não houve diferença significativa entre os dados de superfície e fundo no período de seca ( $p = 0,594$ ),

porém encontrou-se diferença significativa entre os dados de superfície e fundo no período de chuvas ( $p = 0,0199$ ).

#### 4.6 DENSIDADE, BIOVOLUME E BIOMASSA BACTERIOPLANCTÔNICA DA REPRESA DA PAMPULHA

A tabela 6 mostra a densidade, biovolume e biomassa do bacterioplâncton nos períodos de seca e chuvas de 1996, neste ambiente.

**Tabela 6**

##### Densidade, biovolume e biomassa bacterioplanctônica na represa da Pampulha em setembro de 95 (seca) e fevereiro de 96 (chuvas)

Variável	Densidade (bact./ml)		Biovolume ( $\mu\text{m}^3$ )		Biomassa ( $\mu\text{g C/l}$ )	
	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva
I.S.	$0,60 \times 10^6$	$0,47 \times 10^6$	0,532	0,424	113,1	70,6
I.F.	$0,39 \times 10^6$	$0,65 \times 10^6$	0,421	0,487	57,8	111,5
P.S.	$1,02 \times 10^6$	$0,66 \times 10^6$	0,545	0,603	194,6	140,5
P.F.	$1,73 \times 10^6$	$0,59 \times 10^6$	0,468	0,667	83,2	138,5
II.S.	$1,25 \times 10^6$	$1,15 \times 10^6$	0,635	0,377	279,9	151,9
II.10	$1,62 \times 10^6$	$0,61 \times 10^6$	0,546	0,456	310,5	97,9
II.1	$0,38 \times 10^6$	$0,74 \times 10^6$	0,376	0,520	50,9	136,0
II.A.	$0,91 \times 10^6$	$1,03 \times 10^6$	0,464	0,568	149,2	205,2
T.S.	$0,47 \times 10^6$	$0,31 \times 10^6$	0,496	0,599	83,1	66,6
T.10	$1,24 \times 10^6$	$0,85 \times 10^6$	0,408	0,559	178,0	166,7
T.1	$0,30 \times 10^6$	$0,43 \times 10^6$	0,644	0,663	68,8	100,6
T.A.	$1,03 \times 10^6$	$0,51 \times 10^6$	0,755	0,580	274,2	103,5

A densidade bacteriana variou entre  $0,30 \times 10^6$  e  $1,73 \times 10^6$  bactérias/ml no período de seca e entre  $0,31 \times 10^6$  e  $1,15 \times 10^6$  bactérias/ml no período de chuvas.

O biovolume bacteriano oscilou entre  $0,376 \mu\text{m}^3$  e  $0,755 \mu\text{m}^3$  no período de seca e entre  $0,377 \mu\text{m}^3$  e  $0,667 \mu\text{m}^3$  no período de chuvas, não apresentando amplas diferenças tanto entre as estações de amostragem, como sazonalmente, com exceção das estações Il.S., no período de chuvas, e Il1, no período de seca. O período de chuvas apresentou biovolume médio mais elevado em relação ao período de seca, com os valores oscilando entre  $0,524 \mu\text{m}^3$  e  $0,542 \mu\text{m}^3$ , respectivamente.

A biomassa bacteriana variou entre  $50,9 \mu\text{g C/l}$  e  $310,5 \mu\text{g C/l}$  no período de seca e entre  $66,6 \mu\text{g C/l}$  e  $205,2 \mu\text{g C/l}$  no período de chuvas. Observa-se que os maiores valores encontrados em ambos os períodos de amostragem foram encontrados nas estações da Ilha dos Amores, região onde é observado o grau mais elevado de impacto antrópico no ambiente.

O período de seca apresentou as maiores densidades, com os valores oscilando entre  $0,30 \times 10^6$  e  $1,73 \times 10^6$  bactérias/ml, enquanto no período de chuvas estes valores estiveram compreendidos entre  $0,31 \times 10^6$  e  $1,15 \times 10^6$  bactérias/ml. Não houve diferença significativa entre os dados de superfície e fundo no período de seca ( $p = 0,311$ ) e no período de chuvas ( $p = 0,832$ ).

O biovolume variou entre  $0,376$  e  $0,755 \mu\text{m}^3$  no período de seca e entre  $0,377$  e  $0,667 \mu\text{m}^3$  no período de chuvas. Não houve diferença significativa entre o biovolume de superfície e fundo no período de seca ( $p = 0,675$ ) e no período de chuvas ( $p = 0,322$ ).

A biomassa variou entre  $50,9$  e  $310,5 \mu\text{g C/l}$  no período de seca e entre  $66,6$  e  $205,2 \mu\text{g C/l}$  no período de chuvas. Não houve diferença significativa entre os valores de superfície e fundo no período de seca ( $p = 0,359$ ) e no período de chuvas ( $p = 0,355$ ).

Os valores de densidade, biomassa e biovolume de todas as estações de amostragem apresentaram diferenças significativas entre os ambientes estudados sendo que a represa da Pampulha apresentou valores mais elevados em ambos os períodos de amostragem.

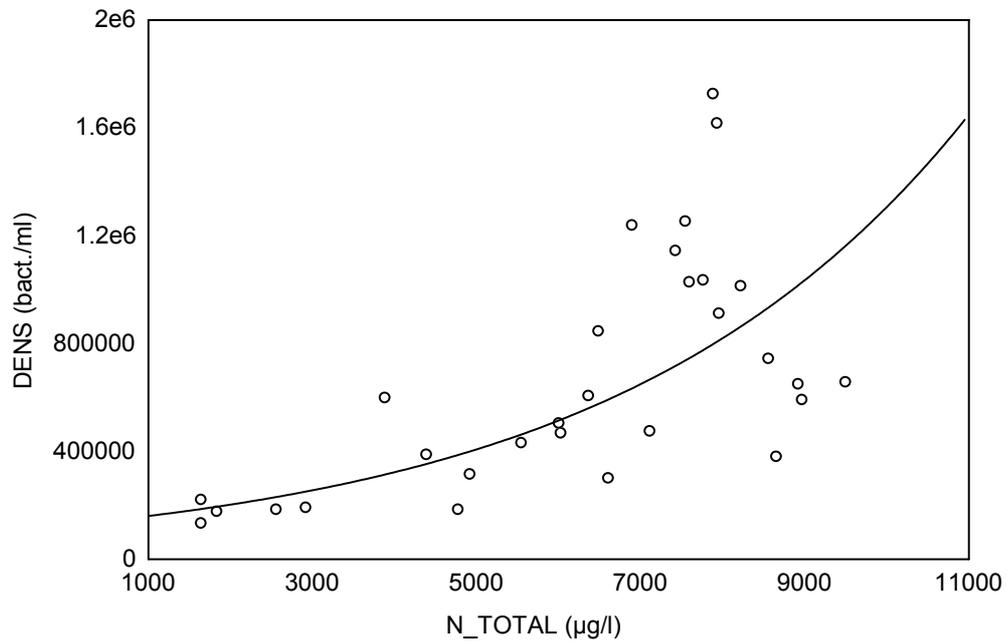


Fig. 3: Relação entre a concentração de nitrogênio total e a densidade bacteriana em ambos os ambientes amostrados.

A figura 3 mostra que existe uma correlação positiva entre a densidade bacteriana e as concentrações de nitrogênio total, ou seja, à medida em que ocorre um aumento nas concentrações de nitrogênio total, há um aumento na densidade bacteriana ( $r^2 = 0,495814$ ;  $p = 0,000002$ ).

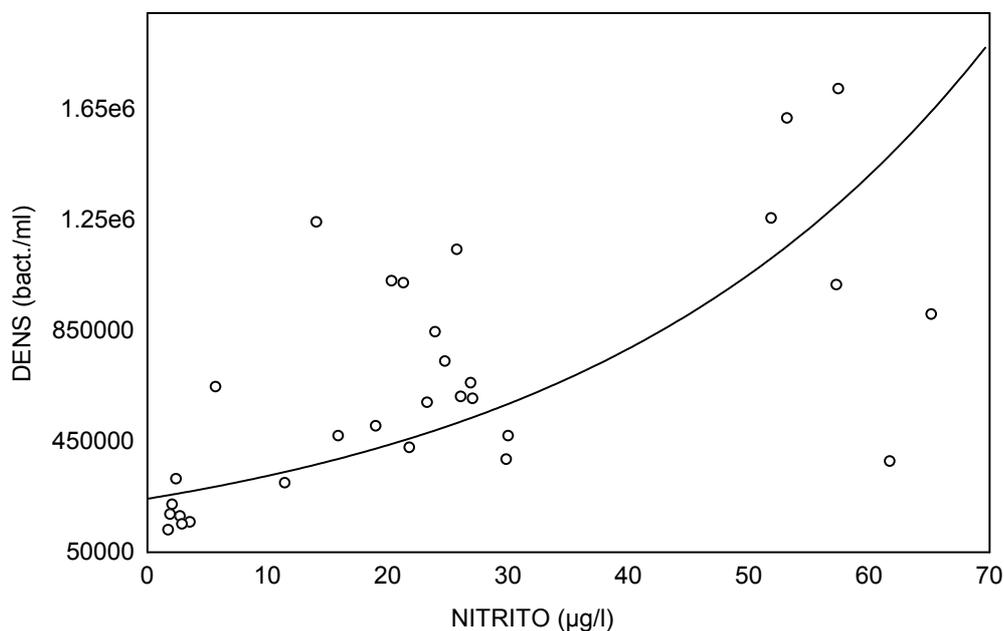


Fig. 4: Relação entre a concentração de nitrito e a densidade bacteriana em ambos os ambientes amostrados.

A figura 4 mostra que existe uma correlação positiva entre a densidade bacteriana e as concentrações de nitrito, ou seja, à medida em que ocorre um aumento nas concentrações de nitrito, há um aumento na densidade bacteriana ( $r^2 = 0,506755$ ;  $p = 0,000001$ ). Essa relação pode ser explicada pelo fato de que as altas concentrações de oxigênio dissolvido encontradas nos dois ambientes amostrados favorecem a nitrificação (oxidação de nitrato em nitrito).

A represa da Pampulha se apresenta altamente eutrofizada tomando-se como base os níveis de nutrientes propostos por Vollenweider (1968).

Além deste, outros estudos feitos na represa apresentaram altas concentrações de nutrientes (Giani *et al.*, 1988; Giani, 1994; Araújo, 1995; Barbosa *et al.* 1998). Dentre os onze tributários da represa da Pampulha, os córregos Sarandi e Ressaca são os que apresentam, juntos, a maior área de drenagem (6,152 ha) e são responsáveis pela maior carga de nitrogênio e fósforo que deságuam na represa ( 91,8% no período de seca e 90,1% no período de chuvas de nitrogênio total; 96,42% no período de seca e 88,6% no período de chuvas de fósforo total) (Barbosa *et al.* op cit.). Segundo esses autores, as altas concentrações de nitrogênio e fósforo são rapidamente incorporados pelo

fitoplâncton e pelas macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes*), ocasionando freqüentes florações de algas e rápido crescimento das macrófitas aquáticas no ambiente.

Uma medida de manejo atual das populações de macrófitas aquáticas é a retirada freqüente destas plantas do ambiente, evitando-se assim as florações de algas.

A represa da Pampulha apresenta freqüentes florações de cianobactérias, principalmente *Microcystis aeruginosa*, que liberam na água produtos orgânicos dissolvidos que podem servir como substrato para heterótrofos planctônicos, proporcionando um aumento significativo na sua população. Segundo Abreu et al. (1992), as bactérias devem utilizar as descargas de esgotos doméstico e industrial e a decomposição de macrófitas como fontes de carbono.

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA NOS AMBIENTES ESTUDADOS

As altas temperaturas atuam como fator indireto no controle da concentração de oxigênio por influenciar tanto a respiração dos organismos como outros processos oxidativos como a decomposição de matéria orgânica por microorganismos.

Na Lagoa Olhos d'Água, as altas temperaturas no período de chuvas podem estar atuando diretamente na concentração de oxigênio dissolvido aumentando a taxa respiratória dos organismos aquáticos. Na represa da Pampulha, a concentração de matéria orgânica (dissolvida e particulada) pode ser um fator que está atuando indiretamente na redução da concentração de oxigênio dissolvido no período de chuvas devido às altas cargas de matéria orgânica que é depositada no ambiente diariamente.

Valores mais elevados de pH e supersaturação do oxigênio dissolvido na superfície são resultantes da intensa atividade fotossintetizante nesta camada

(Gomes, 1991). Esses resultados foram obtidos na represa da Pampulha durante este trabalho.

## **5.2 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES INORGÂNICOS NOS AMBIENTES ESTUDADOS**

A represa da Pampulha apresentou concentrações de amônia até vinte vezes mais elevadas em relação à Lagoa Olhos d'Água. A amônia é formada durante o processo de decomposição, tanto aeróbia como anaeróbia da matéria orgânica por organismos heterotróficos. As diferenças nas concentrações de amônia nos dois ambientes podem ser explicadas pelas altas cargas de matéria orgânica presentes na represa da Pampulha.

Com a oxidação da amônia há formação de nitrato, processo denominado nitrificação que é predominantemente aeróbio ocorrendo em ambientes ricos em oxigênio. A represa da Pampulha apresentou concentrações mais elevadas de oxigênio dissolvido e amônia em ambos os períodos amostrados em relação à Lagoa Olhos d'Água.

Na represa da Pampulha três de seus onze afluentes (Sarandi + Ressaca e Água Funda) são responsáveis pela maior descarga de nitrogênio e fósforo provenientes das descargas de esgotos doméstico e industrial dos municípios de Contagem e Betim na região metropolitana de Belo Horizonte. Segundo Barbosa *et al.* (1998), os córregos Sarandi e Ressaca juntos são responsáveis por uma entrada de 372,4 kg/dia (91,8%) no período de seca e 409 kg/dia (90,1%) no período de chuvas de nitrogênio total na represa. Quanto ao fósforo total, esses mesmos córregos são responsáveis pela entrada de 43,4 kg/dia (96,42%) no período de seca e 38,7 kg/dia (88,6%) no período de chuvas. As altas concentrações desses nutrientes são rapidamente incorporados pelos produtores primários, principalmente o fitoplâncton e macrófitas aquáticas, principalmente *Eichhornia crassipes*, o que justifica as freqüentes florações e o grande crescimento de algas ocorridas no ambiente.

### 5.3 DENSIDADE, BIOVOLUME E BIOMASSA BACTERIOPLANCTÔNICA NOS AMBIENTES ESTUDADOS

Geralmente, a biomassa e a densidade bacteriana aumentam com o aumento da produtividade e concentração de compostos orgânicos e inorgânicos nos ambientes lacustres, aumentando de ambientes oligotróficos a eutróficos (Wetzel, 1983). A represa da Pampulha, ambiente eutrófico, apresentou em ambos os períodos amostrados, valores mais elevados de densidade e biomassa bacteriana em relação à Lagoa Olhos d'Água, ambiente oligotrófico.

A biomassa bacteriana encontrada na Lagoa Olhos d'Água, ambiente pouco afetado por altas descargas de esgoto doméstico e industrial, não apresentou significativa variabilidade espacial horizontal, já a represa da Pampulha, ambiente fortemente impactado por altas descargas de matéria orgânica provenientes de esgoto doméstico e industrial (Barbosa *et al.*, 1998), apresentou tal variabilidade corroborando as sugestões de Wetzel (1983).

A represa da Pampulha possui uma área com alta densidade de macrófitas aquáticas. As macrófitas aquáticas, principalmente as  $C_4$ , e o fitoplâncton, expresso pela concentração de clorofila-a, são importantes fontes de carbono para a comunidade bacteriana (Wetzel, 1983; Waichman, 1996). Isso explica a grande diferença entre a biomassa bacterioplanctônica da Lagoa Olhos d'Água e da represa da Pampulha em ambos os períodos do presente estudo.

Araújo (1995), encontrou concentrações de clorofila-a variando entre 0 e  $126 \text{ mg C.m}^{-3}$  ( $126 \text{ } \mu\text{g C/l}$ ) durante o ano de 1993 e concentrações de carbono orgânico particulado (COP) consideradas altas ( $13,6 \pm 2,4 \text{ gC m}^{-2}$ ). A biomassa bacteriana encontrada neste estudo apresentou valores mais elevados em ambos os períodos estudados com valores médios em torno de  $153,6 \text{ } \mu\text{g C/l}$ . Waichman (1996), destaca a utilização das macrófitas aquáticas como fonte de carbono pelas bactérias em ambientes onde a produção de carbono pelo fitoplâncton não é suficiente.

Segundo Araújo (op cit.), no ano de 1994 foi registrado grande porção do COP composto por detritos e heterótrofos planctônicos como bactérias e protozoários. A produção primária líquida para a fração  $< 160 \text{ } \mu\text{m}$  variou entre

54,0 e 159,0 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> e para a fração < 50 µm variou entre 2,0 e 37,3 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> apresentando os maiores valores no período de seca. Segundo este autor, pode-se esperar, em ambientes altamente eutrofizados com lançamentos de esgotos como é o caso da represa da Pampulha, a presença de grande quantidade de agregados formados por matéria orgânica, bactérias, protozoários e agregados de sedimento com matéria orgânica adsorvida.

Lemos & Barbosa (1994), em um estudo feito sobre a colonização de substrato artificial por protozoários na lagoa Olhos d'Água, mostraram que os protozoários colonizam rapidamente o ambiente (altas densidades, principalmente de flagelados, após 1 dia de colonização), devido principalmente à descarga de matéria orgânica, sugerindo estar ocorrendo uma colonização típica de ambientes em processo de eutrofização.

A concentração de carbono presente na biomassa bacterioplânctônica da Lagoa Olhos d'Água, apresentou valores mais baixos em relação a concentração de carbono proveniente do fitoplâncton (116 µg C/l) encontrada por Cambraia (com. pess.), sugerindo que a principal fonte de carbono para as bactérias provém da produção primária do fitoplâncton. Neste caso, a dinâmica bacteriana não é controlada por predação pelo protozooplâncton.

A lagoa Olhos d'Água apresentou valores diferentes na comunidade bacteriana entre os períodos amostrados, com os maiores valores sendo encontrados no período de chuvas. Com as chuvas muito material alóctone é carregado para o corpo d'água, aumentando as concentrações de nutrientes e, conseqüentemente, aumentando os valores da comunidade bacteriana.

A dinâmica bacteriana é controlada por dois aspectos importantes. Um é o controle por predação pelo protozooplâncton (top-down) e o outro é o controle por disponibilidade de nutrientes (bottom-up) (Psenner & Sommaruga, 1992; Jeppesen et al., 1997; Schelske & Stoemer, 1994; Evans, 1994) e em ambientes onde ocorrem os dois aspectos, a alternância na ocorrência dos mesmos pode ocorrer rapidamente. Segundo Psenner & Sommaruga (op cit.), a abundância e biomassa bacteriana podem ser controladas pela predação por pequenos flagelados (top-down) e por outro lado pode depender, principalmente, do suprimento de nutrientes (bottom-up).

As fontes de carbono e o consumo de bactérias por predadores são considerados controles importantes da dinâmica bacteriana. Regulação por fontes de carbono e/ou predação são frequentemente associados aos efeitos “bottom-up” e “top-down”. As fontes de carbono para as bactérias não são derivadas exclusivamente da produção primária e de material alóctone, mas sim também da reciclagem de nutrientes e produção de carbono proveniente da excreção e egestão por consumidores (efeito “bottom-up”). O efeito “top-down” é aplicado para indicar o controle direto da dinâmica bacteriana por predação pelo protozooplâncton (Pace & Cole, 1994).

Lemos (com. pess.), encontrou densidades bacterianas mais elevadas ( $0,65 \times 10^6$  bact./ml no período de seca e  $0,91 \times 10^6$  bact./ml no período de chuvas) na Lagoa Olhos d'Água em 1993. Neste estudo, foi também sugerido que o bacterioplâncton não é diretamente afetado pela adição de nutrientes (efeito “bottom-up”) mas sim pela predação pelo protozooplâncton (efeito “top-down”), devido as correlações encontradas entre o número de bactérias e a densidade do protozooplâncton e, o autor conclui haver uma alternância de interações tróficas no ambiente, podendo prevalecer o efeito “top-down” ou o efeito “bottom-up”, dependendo do grau de trofia do ambiente.

As variáveis biológicas apresentaram diferenças significativas entre os ambientes estudados. Wang *et al.* (1992), mostraram que nutrientes inorgânicos (nitrogênio e fósforo) aumentam o número de células. Mostraram também que amônia e aminoácidos são fontes primárias de nitrogênio para o bacterioplâncton e em ambientes com baixas concentrações de aminoácidos, as bactérias são forçadas a utilizar amônia como fonte de nitrogênio. Na represa da Pampulha as bactérias provavelmente utilizam a amônia como fonte de nitrogênio, devido a alta concentração desse nutriente no corpo d'água, enquanto na Lagoa Olhos d'Água, devido às pequenas concentrações de amônia encontradas, a fonte principal de nitrogênio para as bactérias deve vir dos aminoácidos. Outros fatores, não medidos neste trabalho, podem estar influenciando as diferenças encontradas entre as variáveis biológicas nos dois ambientes como por exemplo, os níveis de carbono orgânico dissolvido, concentração de aminoácidos, produção e biomassa do fitoplâncton e produção de células microfitobênticas..

A represa da Pampulha apresenta constantes florações de cianobactérias, fato que ocasionou o seu fechamento como fonte de abastecimento de água em 1980. Segundo Pinto-Coelho (1992), a espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* era a mais abundante no biênio 1984/85, sendo substituída por *Microcystis* spp. (*M. flos-aquae* e *M. aeruginosa*) no biênio 1990/91 responsáveis por 84% de dominância no período. Altafin *et al.* (1995) em um estudo do lago Paranoá em Brasília/DF, destaca as várias florações de *M. aeruginosa* ocorridos em 1978 como fator importante para a degradação da qualidade da água. Destaca também a redução da área ocupada pela cianobactéria depois de 1993 como resultado de um programa de recuperação do lago.

Outro problema apresentado na represa da Pampulha é o excessivo crescimento de macrófitas aquáticas, principalmente *Eichhornia crassipes*, ocupando extensas áreas próximas às principais descargas de esgoto. Greco (1996), encontrou valores de biomassa de *E. crassipes* variando entre 192,382 g PS.m<sup>-2</sup> e 1635,196 g PS.m<sup>-2</sup> em um estudo realizado neste ambiente entre maio de 1994 e junho de 1995. Grandi *et al.* (1992), em um levantamento florístico encontrou além de *E. crassipes*, as macrófitas: *Utricularia pallens*, *Calomba warmingii*, *Heteranthera reniformis*, *Pontederia ovalis* e *Salvinia auriculata*.

Altafin (op cit.) relata o crescimento excessivo de *E. crassipes* no lago Paranoá nos anos de 1985 a 1987.

A represa da Pampulha apresentou concentrações de carbono mais elevadas na comunidade bacteriana em relação à comunidade fitoplanctônica. Neste ambiente as bactérias utilizam o carbono proveniente de outras fontes como por exemplo, as altas descargas de matéria orgânica na represa provenientes do esgoto doméstico e industrial, as macrófitas aquáticas em decomposição e também as freqüentes florações de cianobactérias que ocorrem no ambiente. Os protozoários (próximo nível trófico na cadeia) adquirem o carbono proveniente das bactérias, devido às altas densidade e biomassa.

Kapustina (1996), associou baixas densidades bacterianas com ambientes oligotróficos. Lagos oligotróficos apresentam baixa produtividade causada pela entrada de nutrientes inorgânicos de origem alóctone em pequenas quantidades.

As baixas concentrações de substrato orgânico dissolvido de rápida decomposição de origem planctônica, ou da região litoral, fazem com que existam populações pequenas de bactérias e baixas taxas de metabolismo microbiano (Wetzel, 1983).

Os valores de densidade, biovolume e biomassa bacteriana na represa da Pampulha foram maiores no período de seca. Com a ausência de chuvas não ocorre diluição da matéria orgânica depositada no ambiente, fazendo com que as concentrações de nutrientes sejam maiores nesse período, aumentando assim os valores da comunidade bacteriana.

Os dois ambientes estudados diferem muito com relação ao estado trófico. A lagoa Olhos d'Água, classificada neste estudo como um ambiente oligotrófico, apresenta mudanças nas suas características tróficas com o passar dos anos, porém não se apresenta, ainda, fortemente impactada antropicamente. A represa da Pampulha por outro lado, apresenta um histórico muito grande de impactos representados principalmente pelas altas descargas de esgoto doméstico e industrial proveniente dos seus tributários (Barbosa *et al.*, 1998).

## 6 CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos neste estudo, conclui-se que:

- a) Quanto ao estado trófico a represa da Pampulha pode ser classificada como eutrófica/hipereutrófica devido principalmente aos impactos sofridos com o passar dos anos.

Já a lagoa Olhos d'Água se apresenta oligotrófica/mesoeutrófica mostrando que vem sofrendo crescentes transformações na sua estrutura trófica por causa, principalmente, pelo crescente uso indevido de seu entorno;

- b) A comunidade bacterioplanctônica está relacionada com o grau de trofia do ambiente apresentando correlação com a concentração de nitrito e amônia nos dois ambientes estudados.
- c) Com base nos resultados obtidos neste estudo, a comunidade bacterioplanctônica pode ser utilizada como uma ferramenta biológica eficaz para a classificação trófica dos ambientes estudados.

## 7 BIBLIOGRAFIA

ABREU, P.C.; BIDDANDA, B.B. & ODEBRECHT, C. Bacterial dynamics of the Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil (32°S, 52°W): Relationship with phytoplankton production and suspended material. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 35: 621-635. 1992.

- ALTAFIN, I.G.; MATTOS, S.P.; CAVALCANTI, C.G.B. & ESTUQUI, V.R. Paranoá Lake - Limnology and Recovery Program. **In:** Tundisi, J.G.; Bicudo, C.E. & Matsumura-Tundisi, T. Limnology in Brazil. Rio de Janeiro, ABC/SBL, 1995. p. 325-349.
- ANESIO, A.M.; ABREU, P.C.; ESTEVES, F.A. Influence of the hydrological cycle on the bacterioplankton of an impacted clear water Amazonian lake. **Microbial Ecology**, 34: 66-73. 1997.
- ARAÚJO, M.A.R. **Produção e consumo de carbono orgânico na comunidade planctônica da represa da Pampulha – Belo Horizonte – MG.** Belo Horizonte, ICB/UFMG, 1995. 86 p. (Dissertação).
- AZAM, F.; FENCHEL, T.; FIELD, J.G.; GRAY, J.S.; MEYER-REIL, L.A. & THINGSTAD, F. The ecological role of water-column microbes in the sea. **Marine Ecology Progress Series**, 10: 257-263. 1983.
- BARBOSA, F.A.R.; GARCIA, F.C.; MARQUES, M.M.G.S.M. & NASCIMENTO, F.A. Nitrogen and phosphorus balance in a eutrophic reservoir in Minas Gerais: a first approach. **Rev. Bras. Biol.**, 58(2): 233-239. 1998.
- BILLEN, G.; SERVAIS, P. & BECQUEVORT, S. Dynamics of bacterioplankton in oligotrophic and eutrophic aquatic environments: bottom-up or top-down control? **Hydrobiologia**, 207: 37-42. 1990.
- CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, 22 (2): 361-369. 1977.
- CARON, D.A.; PICK, F.R. & LEAN, D.R.S. Chroococcoid cyanobacteria in Lake Ontario: vertical and seasonal distributions during 1982. **J. Phycol.** 21: 171-175. 1985.

- CESAR, D.E. **Influência dos nutrientes orgânicos e inorgânicos na dinâmica bacteriana no estuário da Lagoa dos Patos/RS.**, Rio Grande, Fundação Universidade do Rio Grande/RS, 1997. 91 p. (Dissertação).
- COLE, J.J. **Textbook of Limnology.** Saint Louis: C.V. Mosby Company, 1983, 401 p.
- COUTINHO, M.C. & BARBOSA F.A.R. Distribuição vertical de matéria orgânica, nitrogênio orgânico total, fósforo total e algumas formas iônicas nos sedimentos de 3 lagos de Minas Gerais. **Acta Limnologica Brasiliensia.** 1: 401-429. 1986.
- DOWNING, J.A. & McCAULEY, E. The nitrogen: phosphorus relationship in lakes. **Limnol. Oceanogr.**, 37(5): 936-945. 1992.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro, Editora Interciência/FINEP, 1988. 575 p.
- EVANS, M.S. Reply to “Did top-down effects amplify anthropogenic nutrient perturbations in lake Michigan?”. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 51: 2149-2151. 1994.
- FUHRMAN, J.A. & AZAM, F. Thymidine incorporation as a measure of heterotrophic bacterioplankton production in marine surface waters: evaluation and field results. **Mar. Biol.** 66: 109-120. 1982.
- FREITAS, E.A.C. & GODINHO-ORLANDI, M.J.L. Distribution of bacteria in the sediment of an oxbow tropical lake (Lagoa do Infernã, SP, Brazil). **Hydrobiologia** 211: 33-41. 1991.
- GIANI, A.; PINTO-COELHO, R.M.; OLIVEIRA, S.J.M. & PELLI, A. Ciclo sazonal de parâmetros físico-químicos da água e distribuição horizontal de

nitrogênio e fósforo no reservatório da Pampulha (Belo Horizonte, MG, Brasil). **Ciência e Cultura**, 40: 69-77. 1988.

GIANI, A. Limnology in Pampulha reservoir: some general observations with emphasis on the phytoplankton community. **In:** Pinto-Coelho, R. M; Giani, A. & von Sperling, E. Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies. Belo Horizonte (MG). SEGRAC . 1994. P. 151-163.

GODINHO-ORLANDI, M.J.L. & BARBIERI, S.M. Observação de microorganismos perifíticos (bactérias, protozoários e algas) na região marginal de um ecossistema aquático. In: III Sem. Reg. Ecol. UFSCar, São Carlos, SP. 1983. **Anais...** 1983, p. 135-155.

GOLTERMAN, H.L. & CLYMO, R.S. **Methods for chemical analysis of freshwaters**. Oxford. IBP Handbook nº 8, 2<sup>nd</sup> ed. Blackwell Scientific Publications. 1969. 166 p.

GOMES, E.A.T. **Microorganismos planctônicos (bactérias e protozoários) em um reservatório tropical - densidade, biomassa, composição e distribuição temporal e espacial**. São Carlos, DCB/UFSCar. 1991. 125 p. (Dissertação).

GOODWIN, K.L. **Dinâmica das populações de cianobactéria no reservatório da Pampulha (MG) em duas escalas temporais (sazonal e diurna)**. Belo Horizonte, ICB/UFMG. 1997. 114 p. (Dissertação).

GRANDI, T.S.M.; CARVALHO, R.C.F.; GIGNA, E.A.G.D.; LOPES, M.A. & RENNÓ, L.R. Levantamento florístico da margem da Lagoa da Pampulha – Belo Horizonte, Minas Gerais. **In: Seminário da Bacia Hidrográfica da Pampulha**. Anais..., Belo Horizonte, p: 1-14. 1992.

GRECO, M.K.B. **Determinação da produção de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. na represa da Pampulha BH/MG, através dos métodos tradicional e demográfico.** Belo Horizonte, ICB/UFMG. 1996. 72 p. (Dissertação).

HARPER, D. **Eutrophication of freshwaters - Principles, problems and restoration.** London, Chapman & Hall, 1995. 325 p.

HOBBIE, J.E.; DALEY, R.J. & JASPER, S.. Use of Nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. **Appl. Environ. Microbiol.** 33: 1225-1228. 1977.

JEPPESEN, E.; JENSEN, J.P.; SØNDERGAARD, M.; LAURIDSEN, T.; PEDERSEN, L.J. & JENSEN, L. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. **Hydrobiologia.** 342/343: 151-164. 1997.

KAPUSTINA, L.L. Bacterioplankton response to eutrophication in Lake Ladoga. **Hydrobiologia,** 322: 17-22. 1996.

KIRCHMAN, D.L.; K'NEES, E. & HODSON, R. Leucine incorporation and its potential as a measure of protein synthesis by bacteria in natural aquatic systems. **Appl. Environ. Microbiol.** 49(3): 599-607. 1985.

KOHLER, H.C., COUTARD, P.; QUEIROZ-NETO, J.P. Guia de excursão a região karstica de Lagoa Santa, M.G. In: **Estudo e cartografia de formações superficiais e suas aplicações em regiões tropicais.** Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Instituto de Geografia, USP, São Paulo. 1978. p. 5-42.

KOLM, H.E. & ABSHER, T.M. Spatial and temporal variability of saprophytic bacteria in the surface waters of Paranaguá and Antonina Bays, Paraná, Brazil. **Hydrobiologia**, 308: 197-206. 1995.

KOROLEFF, F. **Determination of nutrients**. In: Grasshoff K. *Methods of Seawater Analysis*, New York, Verlag Chemie Weinheim, 1976. p. 117-181.

LEMOS, M.D.P. & BARBOSA, F.A.R. O uso de substrato artificial na caracterização de protozoários de um lago urbano do planalto de Lagoa Santa, MG. **Rev. Bras. Biol.**, 54 (4): 649-659. 1994.

LEMOS, M.D.P. **Interações tróficas na comunidade planctônica da lagoa Olhos d'Água, Lagoa Santa - MG**. Belo Horizonte, ICB/UFMG. 1996. (Dissertação).

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. & TALLING, J.F. **Water analysis. Freshwater** Cumbria, UK, Biological Association, 1978. 120 p.

NISHINO, S. Direct acridine orange counting of bacteria preserved with acidified Lugol iodine. **Appl. Environ. Microbiol.** 52:602-604. 1986.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control**. Pretoria. Biblioteek Library. 1982. 155 p.

PACE, M.L. & COLE, J.J. Comparative and Experimental Approaches to Top-Down and Bottom-Up Regulation of Bacteria.. **Microbial Ecology** 28: 181-193. 1994

PADISÁK, J.; KRIENITZ, L.; SCHEFFLER, W.; KOSCHEL, R.; KRISTIANSEN, J. & GRIGORSZKI, I. Phytoplankton succession in the

- oligotrophic Lake Stechlin (Germany) in 1994 and 1995. **Hydrobiologia** 00: 1-19. 1998.
- PICK, F.R. & CARON, D.A. Pico and nanoplankton biomass in Lake Ontario: relative contribution of phototrophic and heterotrophic communities. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 44: 2164-2172. 1987.
- PINTO-COELHO, R.M. Evolução do grau de eutrofização na lagoa da Pampulha: Comparação de ciclos sazonais de nutrientes (N e P) e organismos planctônicos. In Seminário da Bacia Hidrográfica da Pampulha. Anais..., Belo Horizonte, 1992. p: 1-14.
- PSENNER, R. & SOMMARUGA, R. Are rapid changes in bacterial biomass caused by shifts from top-down to bottom-up control? **Limnol. Oceanogr.** 37(5): 1092-1100. 1992.
- RAI, H. & HILL, G. Classification of Central Amazon lakes on the basis of their microbiological and physico-chemical characteristics. **Hydrobiol.** 72: 85-99. 1980.
- RAI, H. & HILL, G. Observations on heterotrophic activity in Lago Janauari: a rio/várzea lake of Central Amazon. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** 21: 683-688. 1981a.
- RAI, H. & HILL, G. Bacterial biodynamics in Lago Tupé, a Central Amazonian black water 'ria lake'. **Arch. Hydrobiol.** Suppl. 58(4): 420-468. 1981b.
- RAI, H. & HILL, G. Establishing the pattern of heterotrophic activity in three Central Amazonian lakes. Proc. Lakes + Wat. Management Jubilee Symp. Helsink. Sept. 1980. **Hydrobiol.** 86: 121-126. 1982.

- RAI, H. & HILL, G. **Microbiology of Amazonian waters**. In: The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Boston, Dordrecht, Lancaster D.W. Junk Publishers,. 1984.
- RAI, H. Microbiology of the Central Amazon lakes. **Amazoniana**, 6 (4): 583-599. 1979.
- RENAULT, C.P. **Variação sazonal de bolores no sedimento da Lagoa Olhos d'Água, "karst" do planalto de Lagoa Santa, MG**. Belo Horizonte, UFMG. 1991. (Dissertação).
- ROSA, C.A. **Variações sazonais de leveduras na Lagoa Olhos d'Água, Lagoa Santa, MG**. Belo Horizonte, UFMG. 1989. (Dissertação).
- RYDING, S.-O. & RAST, W. **The control of eutrophication of lakes and reservoirs**. Parthenon Publishing. 1989. 314 p.
- SALAS, H.J. & MARTINO, P. A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. **Wat. Res.** 25(3): 341-350. 1991.
- SCHELSKE, C.L. & STOERMER, E.F. Did top-down effects amplify anthropogenic nutrient perturbations in lake Michigan? **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 51: 2147-2149. 1994.
- SCHIMIDT, G.W. Vertical distribution of bacteria and algae in a tropical lake. **Int. Rev. ges. Hydrobiol.** 54: 791-797. 1969.
- SCHIMIDT, G.W. Numbers of bacteria and algae and their inter-relations in some Amazonian waters. **Amazoniana**, 11:4: 393-400. 1970.
- SIMON, M. & AZAM, F. Protein content and protein synthesis rates of planktonic marine bacteria. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 51:201-213. 1989.

- STEENBERGEN, C.L.M.; SWEERTS, J.P.R.A. & CAPPENBERG, T.E. **Microbial biogeochemical activities in lakes: stratification and eutrophication.** In: FORD, T.E. **Aquatic Microbiology.** Boston: Blackwell Scientific Publications. p. 69-99. 1993.
- STOCKNER, J.G. **Lake fertilization: the enrichment cycle and lake sockeye (*Onchorhynchus nerka*) production.** 198-215. In: H.D. SMITH, L. MARGOLIS and C.C. WOOD. Sockeye salmon (*Onchorhynchus nerka*) population biology and future management. **Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.** 96. 1987.
- STRICKLAND, J.H.D. & PARSONS, T.R. A manual of seawater analysis. **Bull. Fish. Res. Bd. Can.** 125: 1-185. 1960.
- THOMAZ, S.M. **Biovolume, densidade, biomassa e produção secundária da comunidade de bactérias perifíticas associadas aos detritos de *Typha dominguensis* (Pers.) na Lagoa Emboacica, Rio de Janeiro.** São Carlos, DCB/UFSCar. 142 p. 1995. (Doutorado).
- THORNTON, J.A. Aspects of eutrophication management in tropical/sub-tropical regions: A review. **Jour. Limnol. Soc. S. Afr.** 13: 25-43. 1987.
- TOBIN, R.S. & ANTHONY, D.H.J. Tritiated thymidine incorporation as a measure of microbial activity in lake sediments. **Limnol. Oceanogr.** 23: 161-165. 1978.
- VOLLENWEIDER, R.A. **Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication.** OECD, Paris, France. 1968.

WAICHMAN, A.V. Autotrophic carbon sources for heterotrophic bacterioplankton in a floodplain lake of central Amazon. **Hydrobiologia**, 341: 27-36. 1996.

WANG, L.; MILLER, T.D. & PRISCU, J.C. Bacterioplankton nutrient deficiency in a eutrophic lake. **Arch. Hydrobiol.**, 125(4): 423-439. 1992.

WETZEL, R.G. **Limnology**. W.B. Saunders Company, 1983. 743 p.

WETZEL, R.G. & LIKENS, G.E. **Limnological Analyses**. Spring Verlag, New York. 1991.

ZIMMERMANN, R. & MEYER-REIL, L.A. **A new method for fluorescent staining of bacterial populations on membrane filters**. **Kiel. Meeresforsch.** 30: 24-27. 1974.