

Acta Limnol. Brasl.	Vol. 11	129-151	1988
---------------------	---------	---------	------

CICLO ANUAL DE TEMPERATURA E SUA INFLUÊNCIA NAS VARIAÇÕES SAZONAIS DE ALGUNS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E DA CLOROFILA E FEOFITINA A NA LAGOA CARIOCA - PARQUE FLORESTAL DO RIO DOCE, MG.

BARBOSA, F.A.R.*; TÔRRES, G.E.* e COUTINHO, M.E.**

RESUMO

Visando determinar o ciclo limnológico predominante na Lagoa Carioca (Parque Florestal do Rio Doce, MG), bem como a amplitude da variação anual para alguns parâmetros, foram medidas, de setembro de 1982 a setembro de 1983, as flutuações da temperatura da água, pH, condutividade, os teores de oxigênio dissolvido, silicato "reativo", nitritos, nitratos, amônia, orto-fosfatos e as concentrações de clorofila e feofitina a. As amostragens foram realizadas em uma estação central, nas profundidades correspondentes à 100%, 10% e 1% da luz incidente na superfície e na zona afótica, determinadas a partir das leituras do desaparecimento visual do disco de Secchi. Os resultados sugerem que a Lagoa Carioca se comporta como um lago monomítico quente, com o perío-

* Departamento de Biologia Geral, ICB/UFMG

** Bolsista do CNPq

do de estratificação térmica se estendendo de setembro a abril. Esta estrutura térmica é vista como uma "matriz" que condiciona a distribuição dos demais parâmetros. Durante o verão, observou-se uma acentuada estratificação química, com um hipolimnio anóxico durante todo o período. No restante do ano, toda a coluna d'água mostrou valores entre 60 a 70% de saturação de oxigênio dissolvido. O pH manteve-se levemente ácido, com valores entre 5,5 e 6,5. A condutividade elétrica variou entre 40 e 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A clorofila *a* mostrou concentrações reduzidas durante todo o ano, enquanto a feofitina *a* mostrou valores mais elevados. O comportamento térmico e a entrada de água de chuvas, juntamente com o material alóctone, são sugeridos como prováveis causas das variações sazonais observadas.

ABSTRACT - ANNUAL TEMPERATURE CYCLE AND ITS INFLUENCE ON SEASONAL VARIATIONS OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS, CHLOROPHYLL AND PHEOPHYTIN A IN LAGOA CARIOCA - RIO DOCE FOREST PARK, MINAS GERAIS.

With the aim of determining the predominant limnological cycle of Lake Carioca and the annual range of some parameters, fluctuations of water temperature, dissolved oxygen, pH, electrical conductivity, levels of reactive silicate, nitrite, nitrate, ammonia, ortho-phosphate and concentrations of chlorophyll and pheophytin *a* were measured from september 1982 until september 1983. Samples were taken at a central station at depths corresponding to 100%, 10% and 1% of surface light and one in the aphotic zone, determined from Secchi disk disappearance. The results suggest that Lake Carioca behaves as a warm monomictic lake with the stratification period from september to april. Such thermal structure is taken as a "matrix" which affects the distribution of the other parameters. During the stratification period anoxic conditions prevailed in the hypolimnion and

oxygen saturation values ranged between 120 and 0%. During the rest of the year these values ranged between 60 and 70%. The thermal regime and the rain inputs associated with the allochthonous material from the surrounding forest are suggested as the main causes of the observed seasonal variations.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de variações temporais, em intervalos diurnos e, simultaneamente, em acentuados padrões sazonais de vários parâmetros físico-químicos e biológicos já foi demonstrada para a Lagoa Carioca (BARBOSA & TUNDISI, 1980; BARBOSA, 1981). Porém, nenhum estudo sistemático avaliou a amplitude de tais variações e seu comportamento durante um ciclo anual.

A não ocorrência de variações sazonais significativas da temperatura e radiação solar em lagos tropicais tem sido sugerida por diversos autores (TALLING, 1969 e.g.), o qual vê, no entanto, a ocorrência de um período de homogeneidade térmica como um fator fundamental para os processos físicos, químicos e biológicos, ocorrendo num lago. Por outro lado, a possibilidade de que variações diurnas exerçam um papel mais significativo no metabolismo global da Lagoa Carioca do que diferenças sazonais foi sugerida por BARBOSA (1981). Em função da relativa homogeneidade sazonal na maioria dos parâmetros, este autor propõe uma abordagem de estudos mais detalhados, no tempo e no espaço, de modo a poder-se identificar problemas característicos específicos de águas tropicais, que poderiam ser subestimados numa análise sazonal, assumindo, virtualmente, um grau de importância menor.

Propõe-se, portanto, no presente estudo, a determinação do ciclo limnológico predominante na Lagoa Carioca, através da análise das variações de diferentes parâmetros ao

longo de um ano. Tal estudo permitirá também conhecer a amplitude de variação desses parâmetros, com o que se poderá estabelecer uma comparação com os estudos anteriormente realizados sob um enfoque diurno, obtendo-se assim subsídios para a compreensão da dinâmica global da Lagoa Carioca. Este modelo, analisado conjuntamente com outros modelos tropicais já descritos (SCHIMIDT, 1973; LEWIS, 1973; GANF, 1974; TALLING, 1969; TUNDISI, 1977, 1979) permitirá uma melhor compreensão e caracterização de ecossistemas aquáticos tropicais, particularmente daqueles lagos formadores do Sistema Lacustre do Parque Florestal Estadual do Rio Doce, possibilitando, numa etapa seguinte, uma tipologia de ecossistemas lacustres tropicais.

Caracterização geral da Lagoa Carioca

Uma descrição detalhada da Lagoa Carioca, com os principais dados morfométricos pode ser vista em BARBOSA & TUNDISI (1980) e BARBOSA (1981).

MATERIAL E MÉTODOS

As profundidades de coleta das amostras foram determinadas em função da luz incidente na superfície (100%), a partir do desaparecimento visual do disco de Secchi, de acordo com COLE (1983). Além das 3 profundidades na zona eufótica, foi determinada também, uma profundidade na zona afótica, geralmente acima da superfície do sedimento (1 a 2 metros).

As amostras de água para a determinação dos parâmetros físico-químicos e da clorofila e feofitina a foram colhidas, a intervalos mensais, exceto em janeiro de 1983, utilizando-se uma garrafa de van Dorn com capacidade de 6 litros, no período de setembro de 1982 a setembro de 1983.

A temperatura da água foi medida, a intervalos de

0,10 m no primeiro metro e de 0,50 m no restante da coluna d'água, com um termistor digital com $1/10^{\circ}\text{C}$ de precisão.

O pH foi determinado, "in situ", com um pHmetro Micronal, modelo B 278. A condutividade foi lida no laboratório, com um condutivímetro Methron modelo E 585 acoplado a um eletrodo com constante de célula de 0,80. O oxigênio dissolvido foi determinado com a técnica de Winkler, modificada por POMEROY & KIRSCHMAN (1945). Para as análises de nutrientes (silicato reativo, nitrito, nitrato, amônia e orto-fosfato) as amostras foram filtradas em pré-filtros Millipore AP 20 e congeladas a aproximadamente -20°C e as determinações foram feitas por meio de um espectrofotômetro Beckman 25, sendo utilizadas as técnicas descritas em GOLTHERMAN & CLYMO (1969), KQROLEFF (1976) e MACKERETH et al. (1978).

A clorofila a foi determinada espectrofotometricamente, de acordo com os métodos descritos em VOLLENWEIDER (1969), após filtração em pré-filtros Millipore AP 20 e extração com acetona 90%.

A feofitinação foi feita segundo LORENZEN (1967) e as leituras espectrofotométricas feitas a 663 e 750 nm.

RESULTADOS

A variação sazonal da temperatura da água é mostrada, através de um diagrama de profundidade/tempo, na Fig. 1. Dois períodos distintos podem ser identificados: i) estratificação, de setembro a maio, quando os valores de temperatura oscilaram entre $24,4$ e $30,2^{\circ}\text{C}$ na superfície e entre $22,3$ e $23,6^{\circ}\text{C}$ próximo ao fundo, sendo a maior diferença entre superfície e fundo ($7,6^{\circ}\text{C}$) verificada em fevereiro de 1983; ii) homogeneidade térmica, de maio a agosto, quando os valores oscilaram entre $22,6$ e $24,9^{\circ}\text{C}$ na superfície e entre $21,6$ e $23,8^{\circ}\text{C}$ próximo no fundo, sendo a maior diferença entre superfície e fundo ($1,6^{\circ}\text{C}$) verificada em agosto/83.

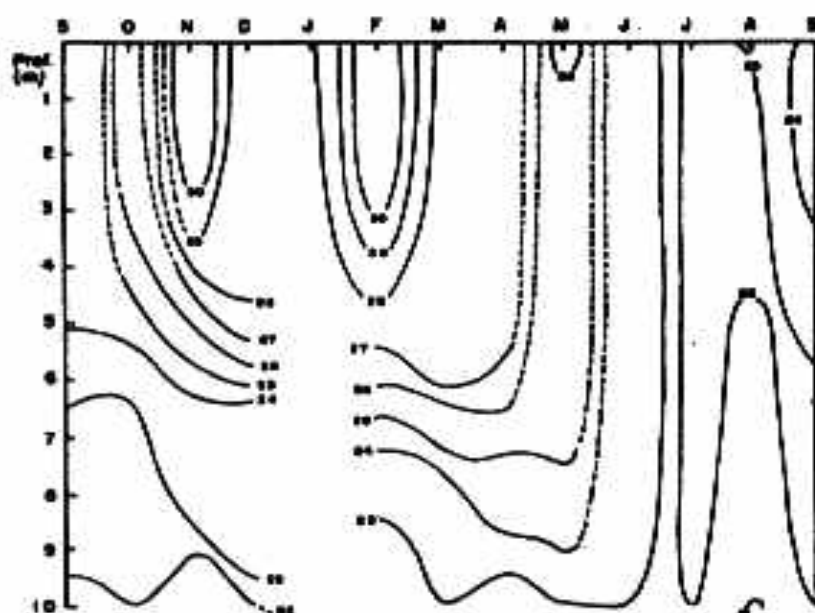


Figura 1 - Diagrama de profundidade/tempo da temperatura da água na Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

A presença de micro-estratificações próximo à superfície é comum ao longo do ano. Junho e julho são os períodos de completa homogeneização térmica da coluna d'água ("mixing"). Durante todo o período de estratificação, observa-se um acentuado gradiente térmico na coluna d'água, particularmente no metalímnio, que, em dezembro, é de $2,3^{\circ}\text{C}/\text{m}$, em média (HENRY & BARBOSA, em preparação).

A Fig. 2 mostra o diagrama de profundidade/tempo do oxigênio dissolvido (% de saturação).

Observa-se, como para a temperatura, a existência de 2 períodos: no 1º período (setembro a maio), observa-se uma acentuada estratificação do oxigênio dissolvido, com valores de saturação variando entre 85 a 112% na superfície e um acentuado gradiente em direção ao fundo. A anoxia no fundo é constante durante todo o período. No 2º período (maio a julho) toda a coluna d'água se apresenta oxigenada, com os valores de saturação oscilando entre 62 e 106% na superfície e entre 57 e 75% próximo no fundo. Em agosto, apesar

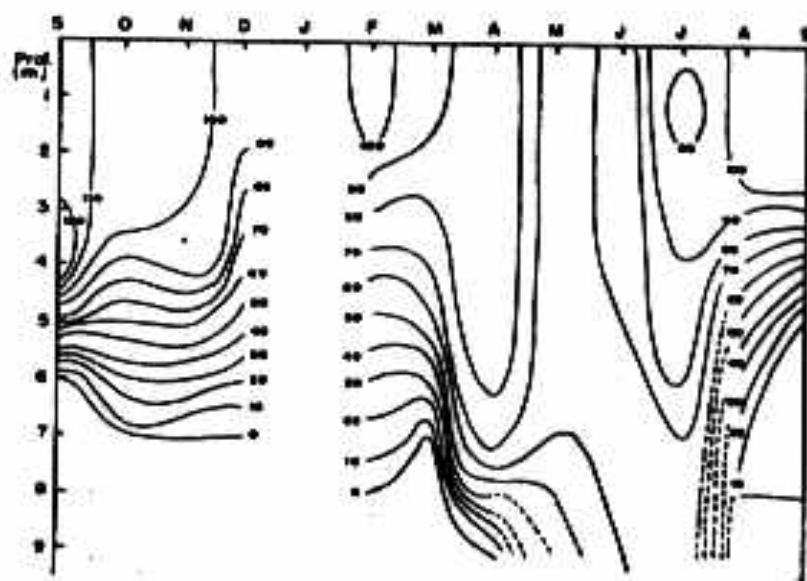


Figura 2 - Diagrama de profundidade/tempo do oxigênio dissolvido (% de saturação) na Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

de a coluna d'água permanecer praticamente oxigenada, observa-se um acentuado gradiente, com os valores oscilando entre 102 e 5% entre superfície e fundo, quando se dá o início do novo período na estratificação térmica.

O pH (Fig. 3), segue, em linhas gerais o padrão descrito para a temperatura e o oxigênio. Assim, de setembro a março, mostra-se estratificado, com valores oscilando entre 5,7 e 6,8 na superfície e entre 5,3 e 5,9 próximo ao fundo. A partir de abril e até agosto, mostra-se bastante homogêneo em toda a coluna d'água, com valores oscilando entre 6,1 e 6,8 na superfície e entre 5,9 e 6,8 próximo ao fundo.

A condutividade elétrica (Fig. 4) apresenta, durante todo o ano, valores bastante reduzidos, podendo também ser identificados dois períodos. Assim, de setembro a abril, mostrou-se estratificada, com valores entre 22 e 29 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na superfície e entre 38 e 130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ próximo ao fundo, sendo a maior diferença (superfície/fundo) igual a

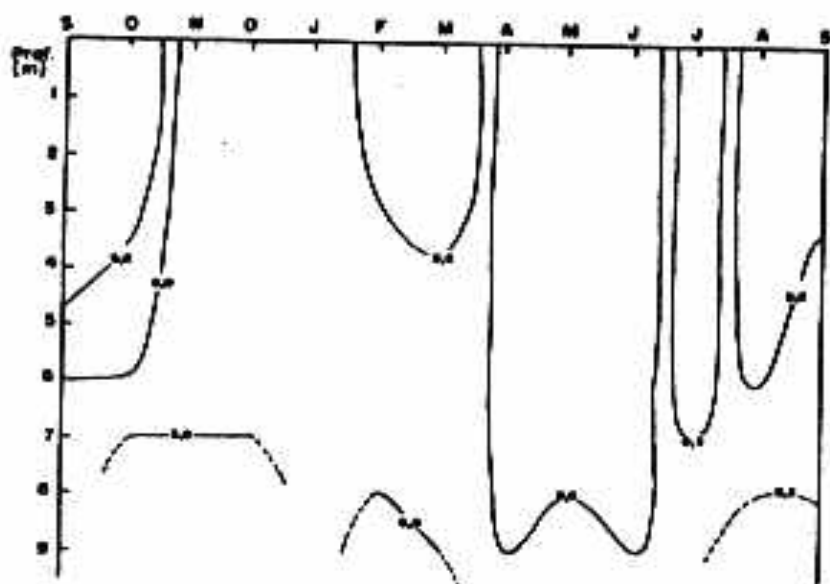


Figura 3 - Diagrama de profundidade/tempo do pH da água na Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

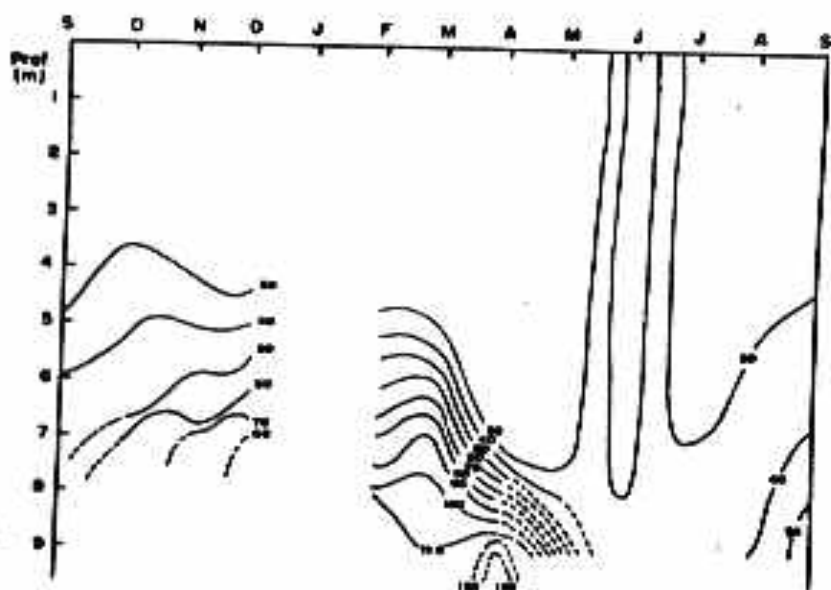


Figura 4 - Diagrama de profundidade/tempo da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

105 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em abril de 1983. De maio a agosto os valores oscilaram entre 23 e 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na superfície e entre 23 e 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no fundo, sendo a maior diferença (6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) em agosto de 1983.

As Fig. 5, 6, 7 e 8 mostram, respectivamente, os perfis de distribuição das concentrações de silicato reativo, nitrato e nitrito, amônia e orto-fosfato. Não se observa um padrão sazonal de distribuição para estes nutrientes, embora, em termos gerais, o lago tenha apresentado uma tendência à estratificação durante o período de verão e uma distribuição mais homogênea, durante o inverno.

Os valores do silicato reativo oscilarem entre 0,4 e 4,7 mg/l na superfície e subsuperfície e entre 0,2 e 4,2 mg/l próximo ao fundo.

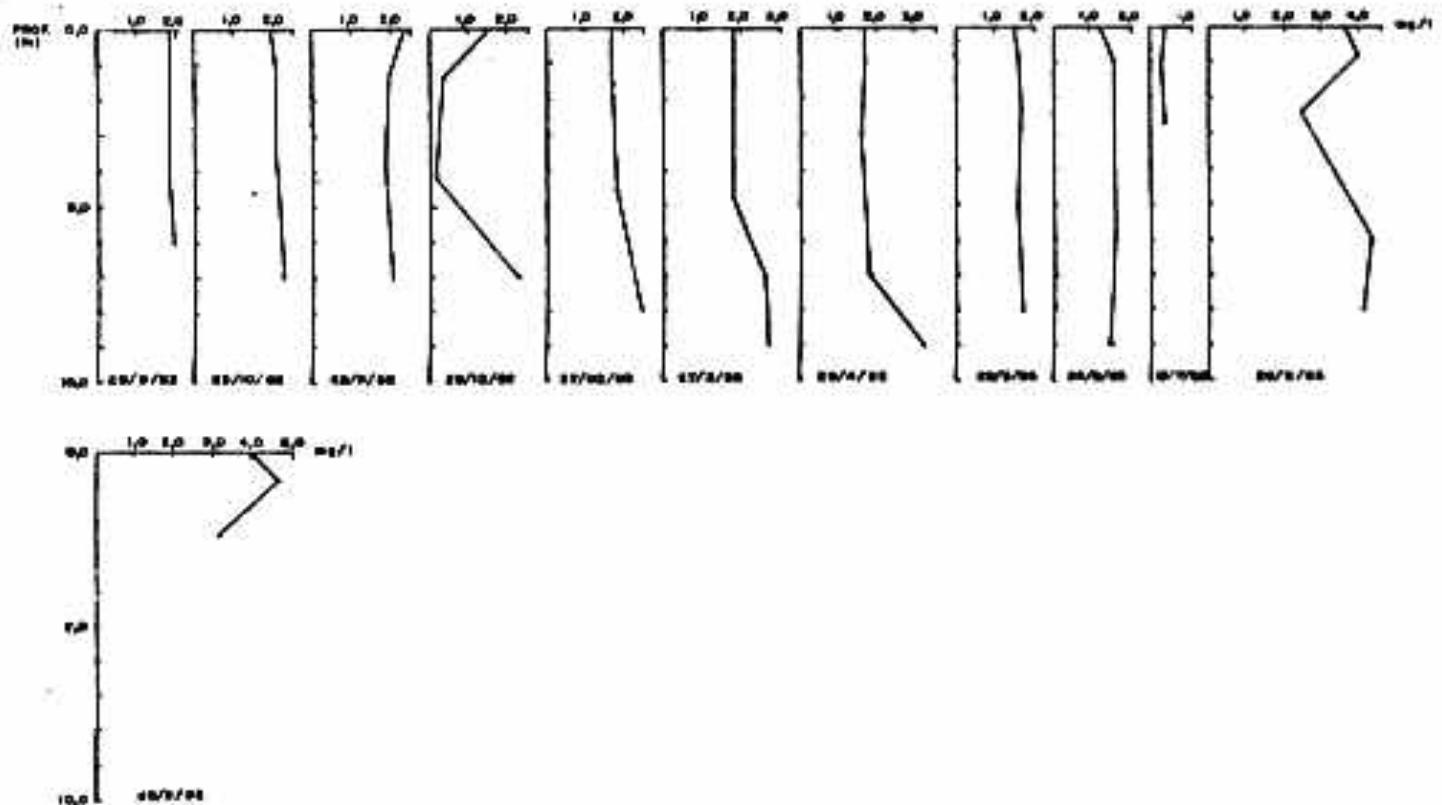


Figura 5 - Variação sazonal das concentrações (mg/l) de silicato "reativo" na Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

Os valores de nitrato oscilaram entre 0,5 e 23,0 $\mu\text{g/l}$ na superfície e entre 0,5 e 17,0 $\mu\text{g/l}$ próximo ao fundo. Nitritos variaram entre 0,5 e 11,0 $\mu\text{g/l}$ na superfície e entre 0,5 e 5,7 $\mu\text{g/l}$ próximo ao fundo.

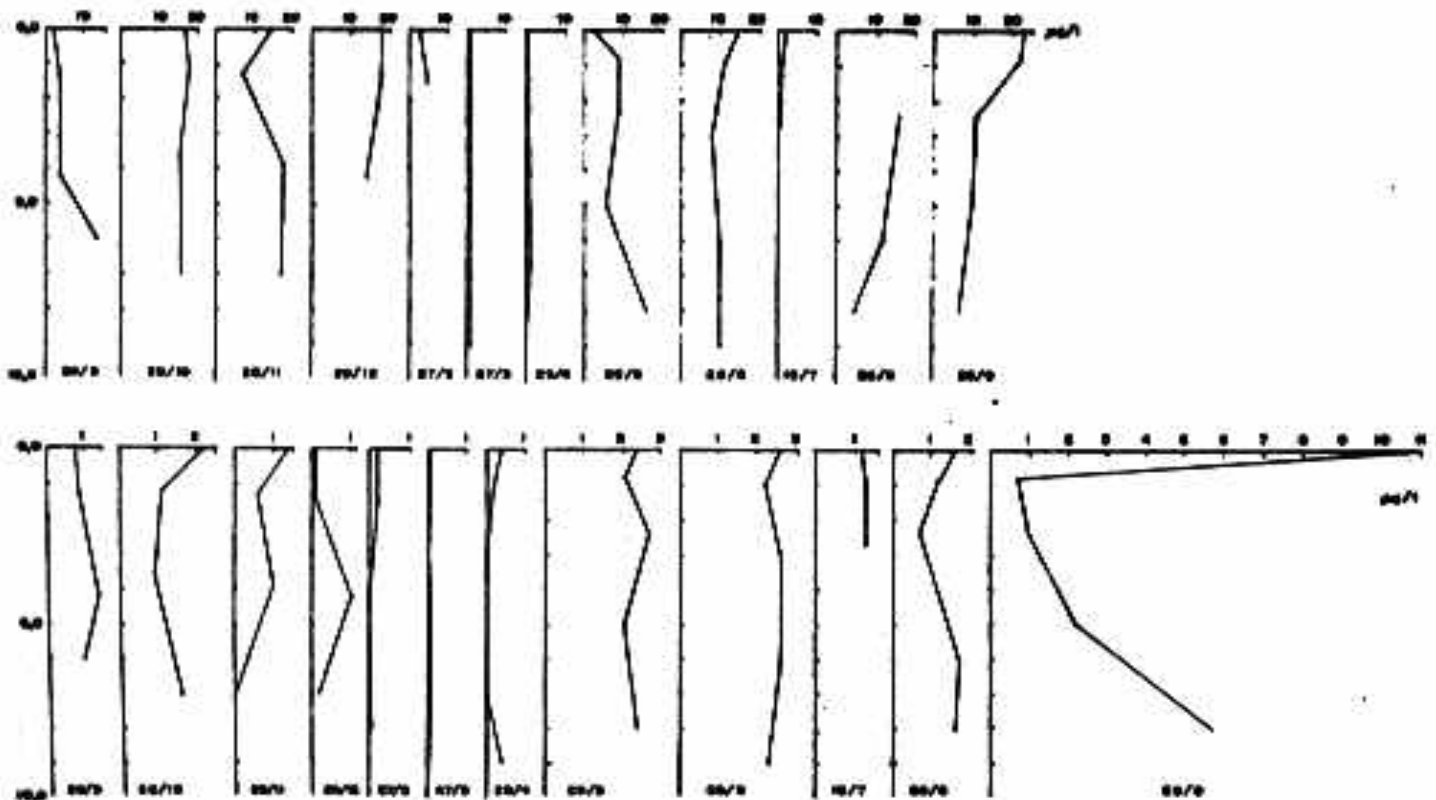


Figura 6 - Variação sazonal das concentrações ($\mu\text{g/l}$) de nitrato (A) e nitritos (B) na Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

Amônia mostrou uma distribuição particularmente estratificada no verão, com acentuadas diferenças entre superfície e fundo. Assim, os valores oscilaram entre 0,0 e 343 $\mu\text{g/l}$ na superfície e entre 5,0 e 800 $\mu\text{g/l}$ próximo ao fundo. De maio a julho manteve-se relativamente homogênea em toda a coluna d'água, com valores oscilando entre 160 e 350 $\mu\text{g/l}$.

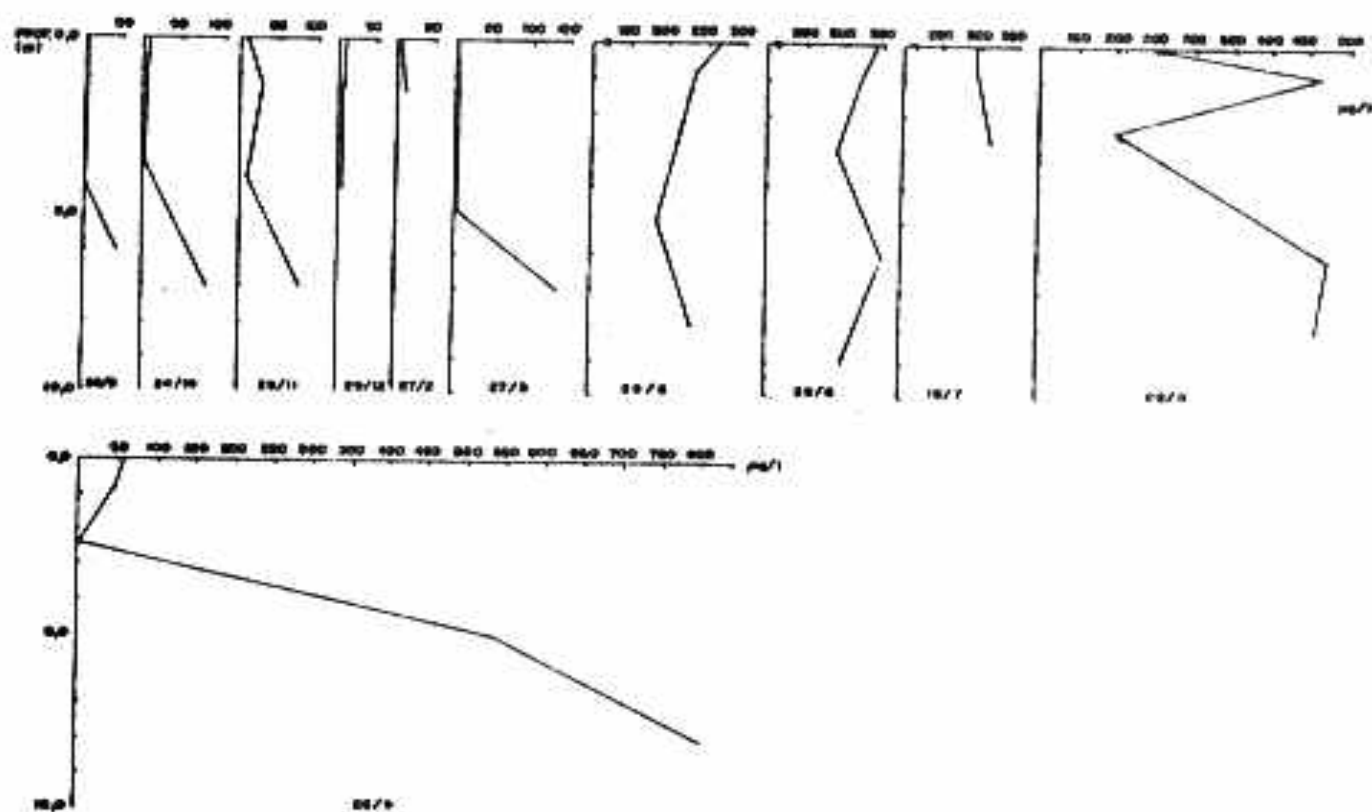


Figura 7 - Variação sazonal das concentrações ($\mu\text{g}/\text{l}$) de amônia na Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

Orto-fosfatos apresentaram uma grande variação no período estudado, sem contudo mostrar um padrão definido de distribuição. Os valores oscilaram entre 0,45 e 73 $\mu\text{g}/\text{l}$ na superfície, e entre 0,0 e 49 $\mu\text{g}/\text{l}$ no fundo. Em grande parte do ano, todo o fosfato dissolvido se encontra praticamente na forma de orto-fosfato sendo portanto, prontamente utilizável pelos produtores primários.

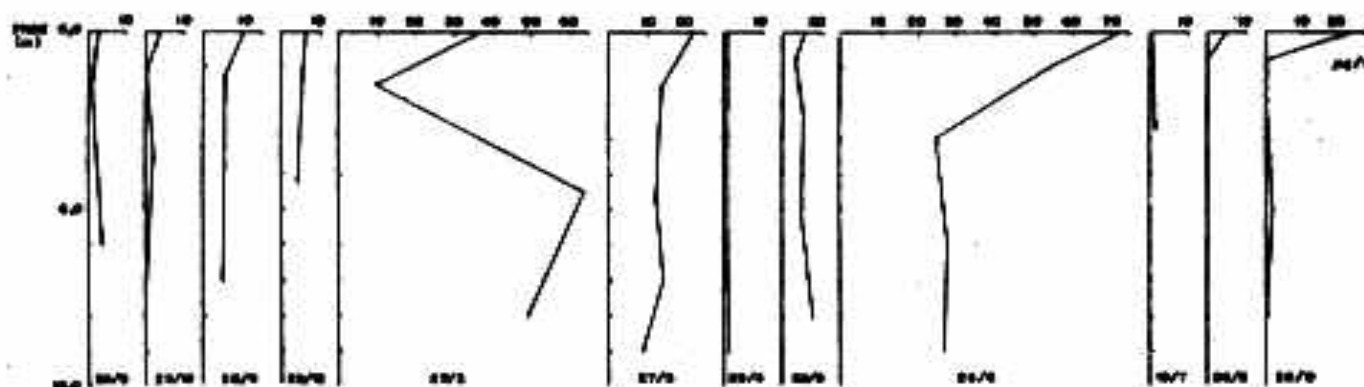


Figura 8 - Variação sazonal das concentrações ($\mu\text{g}/\text{l}$) de orto-fosfato na Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

A variação sazonal das concentrações de clorofila a é mostrada na Fig. 9, na forma de diagrama de profundidade/tempo. A distribuição da clorofila a também se apresenta estratificada de setembro a maio e mais homogênea de maio/junho e agosto.

Suas concentrações oscilaram entre 0,0 e 8,12 $\mu\text{g}/\text{l}$ em toda a coluna d'água.

Uma distribuição bem mais estratificada, com uma amplitude de variação mais acentuada, é mostrada, contudo, pela feofitina a, conforme pode ser visto no diagrama de profundidade/tempo da Fig. 10. Os valores oscilaram entre 8,0 e 24,0 $\mu\text{g}/\text{l}$ na superfície e entre 4,0 e 58,0 $\mu\text{g}/\text{l}$ (próximo no fundo).

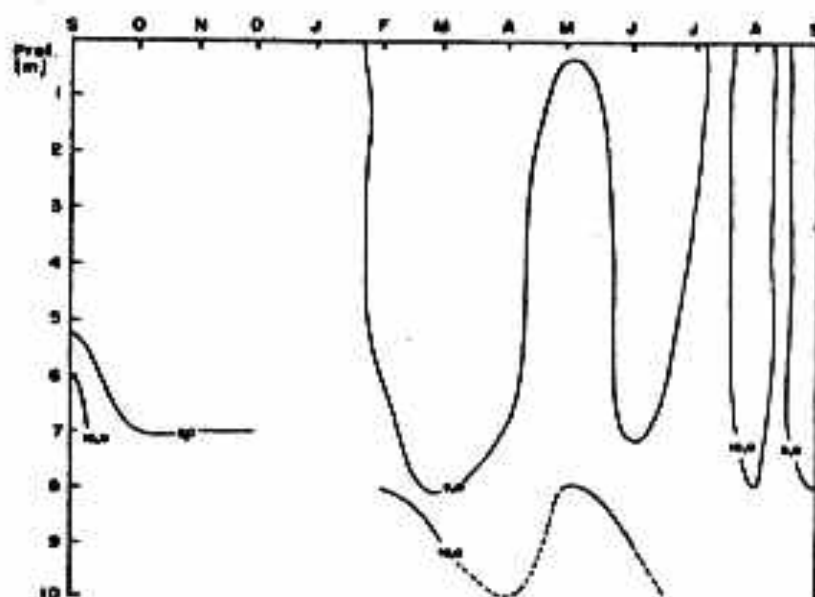


Figura 9 - Diagrama de profundidade/tempo das concentrações ($\mu\text{g/l}$) de clorofila a na Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

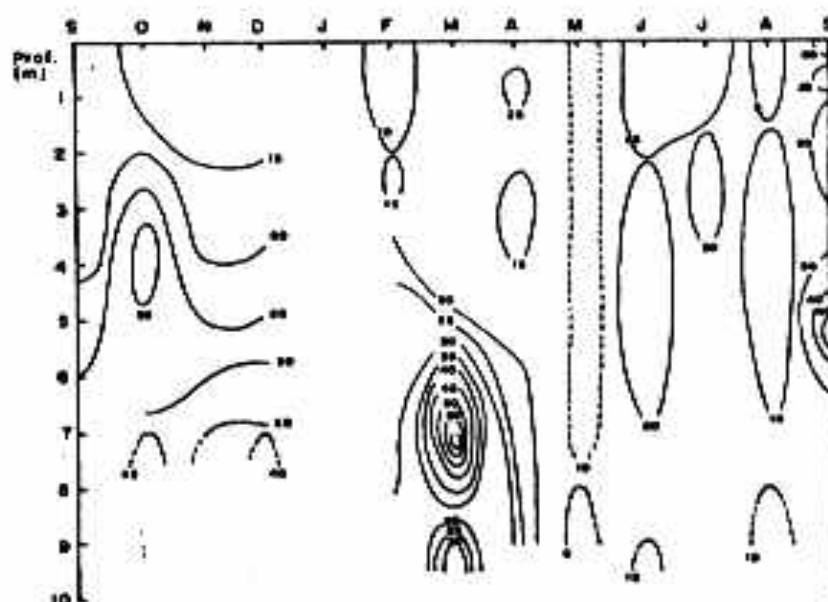


Figura 10 - Diagrama de profundidade/tempo das concentrações ($\mu\text{g/l}$) de feofitina a na Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

DISCUSSÃO

O ciclo climático anual e o padrão térmico da coluna d'água

Apesar da inexistência de períodos bem marcados durante o ciclo anual, principalmente se comparados com aqueles obtidos em regiões temperadas, diferenças sazonais para a maioria dos parâmetros físico-químicos e biológicos têm sido descritas para a Lagoa Carioca. Contudo, quando tais diferenças são comparadas com aquelas obtidas a intervalos curtos (horas, por exemplo), estas últimas parecem exercer um papel mais predominante no metabolismo desse ambiente (BARBOSA, 1981). Tais evidências já foram demonstradas para outros ambientes tropicais.

Apesar disso, falta ainda uma definição dos padrões de variação sazonal para a maioria dos parâmetros na Lagoa Carioca.

Por outro lado, LEWIS (1983) salienta que a sazonalidade reduzida, nos lagos tropicais, torna difícil qualquer julgamento, "a priori", sobre a ocorrência de padrões térmicos e de fluxo de calor previsíveis em termos anuais.

A Fig. 11 mostra o registro de alguns parâmetros climatológicos num intervalo de 2 anos. Nesta figura observa-se que o ano está claramente dividido em períodos distintos: chuvoso, de setembro a março, onde se registram as maiores temperaturas do ar, e seco, de maio a julho, com as menores temperaturas do ar.

Comparando-se estes resultados com a temperatura da água, obtida em 4 profundidades, no período de setembro de 1982 a setembro de 1983 (Fig. 12), observa-se um padrão de temperatura da água muito semelhante, no qual as maiores temperaturas são registradas durante o período chuvoso, período em que o lago se encontra estratificado e temperaturas significativamente mais baixas, durante o período de seca (inverno), quando o lago está praticamente isotérmico.

Tais resultados vêm corroborar a hipótese de que

a principal causa da estratificação/desestratificação térmica da Lagoa Carioca é o resfriamento do ar nos períodos noturnos (BARBOSA & TUNDISI, 1980; BARBOSA, 1981), que provoca uma diminuição gradual da temperatura da coluna d'água, a partir da superfície, graças ao fenômeno da atelomixia, descrito por LEWIS (1973) para o Lago Lanao, nas Filipinas. Esta hipótese ficou melhor evidenciada quando foram estudados os ciclos diurnos (BARBOSA, 1981) que estiveram presentes quase todo o ano, inclusive durante o inverno, não ultrapassando contudo, nesta época, a primeira camada, próxima à superfície. A presença de microestratificação, provavel

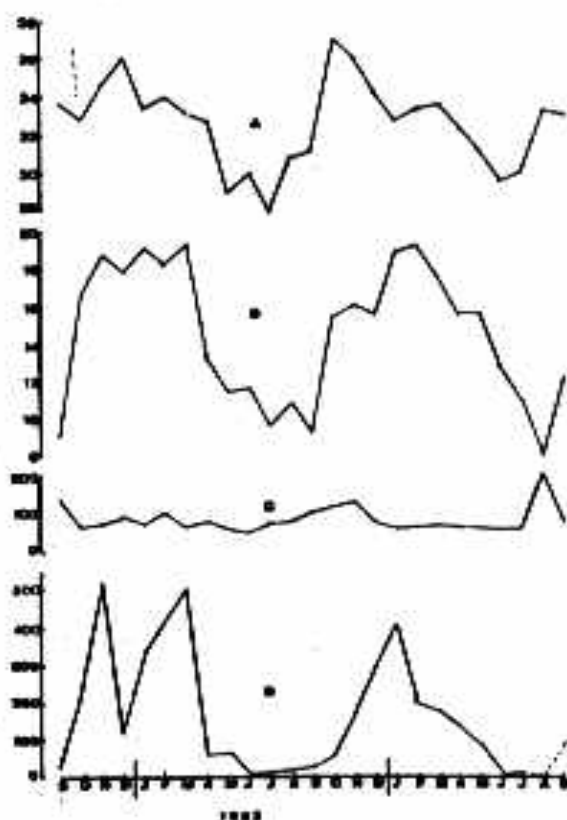


Figura 11 - Algumas variáveis climáticas (precipitação, evaporação, temperatura máxima e mínima) relacionadas com o ciclo de temperatura anual na Lagoa Carioca-MG. Dados obtidos na Estação climatológica de Ponte Alta, gentilmente cedidos pela Cia. Agrícola e Florestal Santa Bárbara-MG.

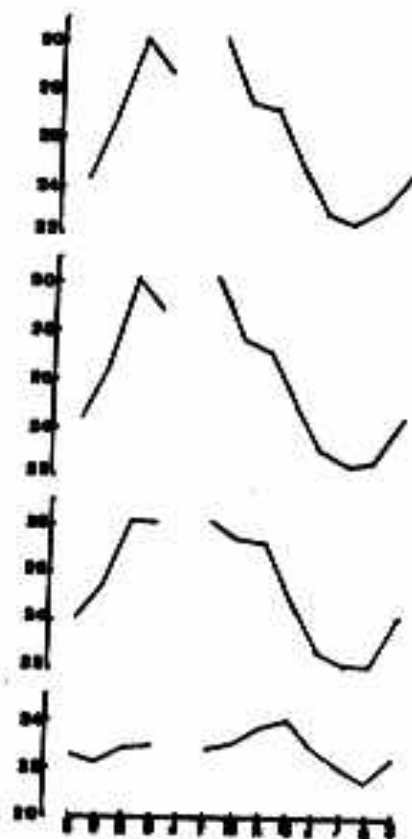


Figura 12 - Variação sazonal da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) em 4 profundidades da coluna d'água da Lagoa Carioca-MG, de setembro de 1982 a setembro de 1983.

mente com duração diurna, facilita o estabelecimento desse fenômeno conforme sugerido anteriormente por BARBOSA & TUNDISI (1980).

A Lagoa Carioca comporta-se como um lago monomítico quente, tendo sido evidenciado, portanto, um único período de circulação anual, que se estende de maio a julho (inverno), enquanto durante todo o restante do ano permanece termicamente estratificado, com consideráveis conseqüências para os demais parâmetros físico-químicos e biológicos.

LEWIS (1983) estudando a estrutura térmica e o fluxo de calor no Lago Valencia, Venezuela, demonstrou que o mesmo é, sem dúvida, um lago monomítico quente, com um "turnover" anual bastante previsível e um período de homoge

neização térmica bem definido.

Uma comparação do presente estudo com aquele de LEWIS (op. cit.) mostra que ambos os lagos têm, basicamente, o mesmo padrão anual de temperatura da água, embora no Lago Valencia, por diferenças latitudinais, o período de homogeneização se estenda de novembro/dezembro a março/abril, portanto o oposto daquele verificado na Lagoa Carioca.

Provavelmente a maioria dos lagos tropicais seja do tipo monomítico quente, com um período de circulação anual bem definido e não oligomíticos, como anteriormente se suspeitava (LEWIS, 1983).

Os resultados do comportamento térmico verificado para a Lagoa Carioca confirmam tal hipótese, mostrando porém que este período de circulação varia entre os diferentes lagos tropicais, principalmente em função das diferenças latitudinais e da morfometria da bacia.

Outro aspecto importante e relacionado com o comportamento térmico da coluna d'água é a própria duração da estação de crescimento para o fitoplâncton, a qual pode ser vista como compreendendo cerca de 2/3 do ano no lago Valencia e ligeiramente maior na Lagoa Carioca.

Entretanto, uma estação de crescimento tão longa implica em limitações nutricionais para os organismos fotossintetizantes, fato que, para a Lagoa Carioca, pode ser evidenciado pela variação nas concentrações dos principais nutrientes (orto-fosfato, por exemplo), que normalmente mostraram concentrações reduzidas na zona eufótica, durante o período de estratificação. Para LEWIS (1974), os nutrientes em águas tropicais constituem o fator controlador dominante durante o período de estratificação.

O comportamento térmico descrito no presente estudo é fundamental para os processos dinâmicos no lago, já que funciona como uma "matriz" segundo a qual os demais parâmetros se ajustam.

TALLING (1966) interpreta o resfriamento e a homogeneização térmica da coluna d'água como eventos decisivos,

os quais controlam a estrutura térmica, as condições químicas e a periodicidade dos organismos planctônicos.

As conseqüências do ciclo anual de temperatura da água podem ser evidenciadas neste trabalho, principalmente quando se analisa a variação sazonal do oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e alguns nutrientes dissolvidos (amônia e orto-fosfatos, principalmente), os quais sofrem uma nítida influência do comportamento térmico ao longo do ano.

A circulação dos nutrientes e da clorofila a

Apesar da existência de períodos bem marcados de estratificação e "mixing", não é evidente a identificação de um padrão sazonal de distribuição para os nutrientes analisados. Contudo, uma distribuição estratificada pôde ser evidenciada para a amônia e orto-fosfato.

Além disso, diferenças nas concentrações entre superfície e fundo são marcantes durante o período de estratificação, no qual, a existência de camadas com temperatura e densidade diferentes restringe efetivamente os movimentos verticais, particularmente a mobilidade dos nutrientes liberados pelo sedimento e sua conseqüente utilização pelo fitoplâncton na zona eufótica, cuja evidência direta é o acúmulo de amônia nas camadas inferiores da coluna d'água e as diferenças significativas de produtividade primária observadas entre os períodos de estratificação (verão) e homogeneidade térmica (inverno) apresentadas por BARBOSA & TUNDISI (1980), bem como a distribuição das populações de *Lyngbia limnetica* estudada por REYNOLDS et al. (1983).

Os baixos valores de produtividade primária fitoplanctônica durante os períodos de estratificação térmica são o resultado direto da depleção de nutrientes na zona eufótica, causada pela estratificação térmica e da densidade associada com as elevadas temperaturas da água de superfície.

O padrão de distribuição da clorofila a reflete também as consequências de tal comportamento térmico, uma vez que suas concentrações tendem a ser diminuídas, na zona eufótica, tanto pela limitação de nutrientes (fosfato, principalmente) como pela foto-oxidação e elevação da temperatura da água.

Em relação à definição de um padrão geral para a distribuição dos nutrientes e da clorofila a, vários estudos em regiões temperadas têm demonstrado estar esta distribuição numa dependência direta destes fatores com as características morfométricas das bacias, principalmente a profundidade (RAWSON, 1955, e.g.).

Nas regiões tropicais, por outro lado, outros fatores têm sido sugeridos, destacando-se o papel da morfologia das bacias (RUTTNER, 1931, e.g.), os ciclos de estratificação e "mixing" (TALLING, 1969; VINER, 1975; BARBOSA & TUNDISI, 1980).

Para TUNDISI (1981), três padrões distintos de circulação de nutrientes podem ocorrer nos lagos tropicais rasos, dependendo, basicamente:

- i) da extensão da área de inundação do rio e do efeito do enriquecimento, tanto pela introdução de novas fontes de nutrientes como da ressuspensão de material do fundo. Este é o caso dos lagos de várzea da região amazônica e dos lagos marginais de rios como o Paraná e São Francisco.
- ii) das flutuações do nível da água e da ação dos ventos (principalmente lagos rasos), característico dos lagos do Pantanal Matogrossense.
- iii) do abaixamento e "quebra" da termoclina e conseqüente redistribuição do oxigênio dissolvido e nutrientes na coluna d'água, característico do Sistema Lacustre do Vale do Rio Doce.

Como principais causas determinantes dos padrões de distribuição sazonal dos nutrientes e da clorofila *a* na Lagoa Carioca, acrescentamos ao comportamento térmico descrito no presente estudo, a entrada de água de chuvas, juntamente com o material alóctone proveniente da floresta circundante, conforme descrito anteriormente por BARBOSA et al. (1982).

Outro aspecto importante relacionado à variação anual da clorofila *a* é o fato de existirem concentrações significativamente mais elevadas de feofitina *a* durante todo o ano, o que reflete uma certa deficiência nas condições nutricionais afetando o estado fisiológico das populações fitoplanctônicas e ocasionando uma predominância de células "velhas" e portanto menos ativas no trabalho fotossintético. A hipótese de o fitoplâncton não ser o principal produtor primário na Lagoa Carioca foi anteriormente salientada por BARBOSA (1979) e BARBOSA et al. (1982) que sugeriram a possibilidade do bacterioplâncton ocupar esta posição, principalmente considerando a qualidade óptica da água e as taxas de fixação de carbono obtidas com a utilização de diferentes frações do fitoplâncton total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, F.A.R. *Produção primária e fatores ambientais na Lagoa Carioca - Parque Florestal do Rio Doce-MG.* São Carlos-SP, UFSCar, 1979. (Dissertação)
- _____. *Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na Lagoa Carioca - Parque Florestal do Rio Doce-MG, Brasil.* São Carlos, UFSCar, 1981. (Tese)
- BARBOSA, F.A.R. & TUNDISI, J.G. Primary production of phytoplankton and environmental characteristics of a shallow

- quaternary lake at Eastern Brasil. *Arch. Hidrobiol.*, 90 (2): 139-61, 1980.
- BARBOSA, F.A.R.; ESTEVES, F.A.; TUNDISI, J.G. Limnological studies at Eastern Brazil (Rio Doce Valley). II. Chemical composition and nutritional quality of the forest litter. *Trop. Ecol.*, 23 (1): 155-64, 1982.
- COLE, G.A. *Textbook of limnology*. 2 ed. St. Louis, The C.V. Mosby, 1983.
- GANF, G.C. Incident solar irradiance and underwater light penetration as a factor controlling the chlorophyll a content of a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). *J. Ecol.*, 62: 593-609, 1974.
- GOLTERMAN, H.L. & CLYMO, R.S. *Methods for chemical analysis of freshwaters*. Oxford, Blackwell, 1969. (IBP Handbook, 8)
- KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. *Methods of seawater analysis*. New York, Verlag Chemie Weinheim, 1976. p. 117-81.
- LEWIS, W.M. The thermal regime of Lake Lanao (Philippines) and it's theoretical implication for tropical lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 18: 200-17, 1973.
- _____. Primary production in the plankton community of a tropical lake. *Ecol. Monogr.*, 44: 377-409, 1974.
- LEWIS, W.M. Jr. Temperature, heat, and mixing in Lake Valencia, Venezuela. *Limnol. Oceanogr.*, 28 (2): 273-86, 1983.
- LORENZEN, C.J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 343-6, 1967.

- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Kendal, Titus Wilson, 1978. (FBA Scientific Publication, 36)
- POMEROY, R. & KIRSHMAN, H.D. Determination of dissolved oxygen: proposed modification of the Winkler method. *Ind. Eng. Chem. Anal.*, 17: 715-6, 1945.
- RAWSON, D.S. Merphometry as a dominant factor in the productivity of large lakes. *Ver. Int. Ver. Limnol.*, 18: 164-75, 1953.
- REYNOLDS, C.S.; TUNDISI, J.G.; HINO, K. Observations on a metalimnetic *Lyngbya* population in a stably stratified tropical lake (Lagoa Carioca, Eastern Brasil). *Arch. Hydrobiol.*, 97 (1): 7-17, 1983.
- RUTTNER, F. Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. *Arch. Hydrobiol.*, 8: 197-454, 1931. (Suppl.)
- SCHIMIDT, G.W. Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. II. The limnology of a tropical floodplain lake in Central Amazonia (Lago do Castanho). *Amazonia*, 4: 138-203, 1973.
- TALLING, J.F. The annual cycle of stratification and phytoplankton growth in Lake Victoria (East Africa). *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 50: 421-63, 1966.
- _____. The incidence of vertical mixing and some biological and chemical consequences in tropical African lakes. *Ver. Int. Ver. Limnol.*, 17: 998-1012, 1969.
- TUNDISI, J.G. *Produção primária, "standing-stock", fracionamento do fitoplâncton e fatores ecológicos em ecossistema lacustre artificial (Represa do Broa, São Carlos)*. Ribeirão Preto, SP, USP, 1977. (Tese Livre-Docência)

TUNDISI, J.G. O modelo Broca. In: SIMPÓSIO COMUNIDADES VEGETAIS, Academia de Ciências, São Paulo, 1979. p. 99-113. *Anais ...*

_____. *Shallow waters in South America: present knowledge and perspectives for future research and management.* Workshop. Dynamics of Continental Wetlands and Water Bodies. s.l.p. SCOPE/UNEP, 1981.

VINER, A.B. The supply of minerals to two tropical rivers and lakes (Uganda). In: HASLER, A.D., ed. *Coupling of Land and water systems.* s.l, 1975. p. 227-61. (Ecological Studies, 10)

VOLLENWEIDER, R.A. *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environment.* Oxford, Blackwell, 1969. (IBP Handbook, 12)

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos à Luzia Márcia de Araújo, Rosa Maria Menendez, José Eugênio Cortez Figueira e Alexandre Grimaldi de Castro, por sua participação nas coletas e análises de laboratório. Agradecem também ao CNPq e ao CPq/UFMG pelo suporte financeiro e ao Instituto Estadual de Florestas - IEF de Minas Gerais, pelas facilidades concedidas durante os trabalhos de campo.

ENDEREÇO DOS AUTORES

BARBOSA, F.A.R. e TÔRRES, G.E.
Departamento de Biologia Geral - ICB/UFMG
Caixa Postal, 2486
30161 Belo Horizonte - MG

COUTINHO, M.E.
Bolsista do CNPq