

VARIAÇÕES DIURNAS DE PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS NO
LAGO PARANOÁ, BRASÍLIA-DF, BRASIL,

TOLEDO, L.G.*; FREITAS, J.S.** e FERREIRA, C.J.A.*

RESUMO

Perfis diurnos de parâmetros limnológicos foram obtidos na época de chuva e na época de estiagem em uma estação de coleta no braço norte do Lago Paranoá. As amostras foram coletadas da superfície à 11 m de profundidade, durante 24 horas, com intervalos de 3 horas.

Na época chuvosa, os perfis de temperatura mostraram-se estratificados com camada epilimnética espessa (2 a 5 m). Na época de estiagem, a camada epilimnética foi estreita, caracterizada por um aquecimento diurno superficial até 1 m de profundidade, com o restante da coluna homogênea. Os valores absolutos foram maiores na época chuvosa. Os padrões de oxigênio dissolvido, pH, clorofila e fitoplâncton, representado por *Raphidiopsis brooki*, apresentaram os mesmos padrões descritos para temperatura, nas épocas chuvosa e seca. O paralelismo observado, entre os perfis destes parâmetros, foi corroborado pelos resultados do coeficiente de

* Laboratório de Ecologia da UnB

** Laboratório de Malacologia da UnB

correlação de Pearson, para um nível de significância $P < 0,01$.

As espécies mais abundantes de zooplâncton foram *Bosmina longirostris* e *B. hagmanni*, que coexistiram durante a época chuvosa, atingindo altas densidades, principalmente à 0,5 m de profundidade, às 15 e 18 h. Na época de estiagem houve uma redução de mais de 50% na população destas espécies. Nesta época os padrões de distribuição vertical e diurno se mostraram mais homogêneos, como foi observado para os outros parâmetros.

Para quase todos os parâmetros estudados foram observadas maiores diferenças entre as duas épocas do que variações ao longo do período de 24 horas.

ABSTRACT - DIURNAL VARIATIONS OF LIMNOLOGICAL PARAMETERS IN LAKE PARANOÁ, BRASÍLIA-FEDERAL DISTRICT, BRAZIL.

Diurnal profiles of limnological parameters were obtained in the rainy (february, 1985) and dry (july, 1985) seasons at a sampling station in the north arm of Lake Paranoa. Samples were taken from the surface to 11 m depth, during 24 hours, at intervals of three hours.

In the rainy season, temperature profiles were stratified with a thick epilimnetic layer (2 to 5 m). In the dry season, temperature profiles were more homogeneous, with a narrow epilimnetic layer (0 to 1 m). During the rainy season the temperature absolute values were higher. The profiles of dissolved oxygen, pH, chlorophyll and phytoplankton, represented by *Raphidiopsis brooki*, had the same patterns as temperature profiles in the dry and rainy seasons. The parallelism among these parameters profiles was confirmed by Pearson correlation coefficient test. A negative correlation was found between ammonia and these parameters.

Bosmina longirostris and *B. hagmanni* were the most abundant zooplankton species. They coexisted during the rainy season reaching high densities, mainly at 0.5 m, at

15:00 and 18:00 hours. In the dry season the number of individuals of these species was reduced to less than half. As was observed for the other parameters, vertical distribution and diurnal patterns of the zooplankton were more homogeneous in the dry than in the rainy season.

Most parameters showed more variation among seasons than within 24 hour periods.

INTRODUÇÃO

Os ciclos limnológicos diários nas regiões tropicais podem apresentar uma grande variação de amplitude (BARBOSA, 1981), e podem contribuir para o padrão de estratificação e para os processos dinâmicos dos sistemas aquáticos. A distribuição de nutrientes nos lagos e reservatórios depende em grande parte do padrão de circulação, seja ele sazonal ou diário (TALLING, 1969; GANF, 1974; TUNDISI, 1977, 1981; MELACK e FISCHER, 1983 e HINO et al., 1984). HARRIS et al. (1980) evidenciaram que em lagos temperados eutróficos, as variações diárias e semanais se sobrepõem às variações sazonais.

No Brasil, tendo em conta o grande número de reservatórios artificiais, poucas informações são disponíveis sobre as variações diurnas nestes ambientes. TUNDISI (1983) salienta a importância do conhecimento dos ciclos diurnos dos parâmetros limnológicos nos ecossistemas aquáticos brasileiros. BARBOSA (1981) mostrou que a dinâmica da Lagoa Carioca (MG) não é somente sazonal, mas é influenciada por variações diurnas.

No Lago Paranoã pouco se conhece sobre o padrão de circulação da massa d'água. FREITAS (1983), MATTOS et al (1986), PINTO-COELHO e GIANI (1985) e TOLEDO (1981) estudaram a variação sazonal de parâmetros limnológicos, entretanto nenhum trabalho tinha verificado padrões de circulação diária no lago. A identificação dos possíveis ciclos diurnos

do no Distrito Federal, aproximadamente a 1.000 m de altitude, na região do Cerrado. Possui 40 km² de superfície, um volume de acumulação de 560 x 10⁶ m³, com profundidade média de 14 m e máxima de 38 m. Pelo critério de Vollenweider, o Lago Paranoá apresenta-se eutrófico (PEREIRA, 1985).

O clima da região é tropical chuvoso, com uma estação seca de maio a setembro; aproximadamente 80% da média anual de precipitação de 1.600 mm ocorre de dezembro a março CODEPLAN (1976).

A estação de coleta localiza-se na Baía Norte do Lago Paranoá, aproximadamente a 800 m da margem com uma profundidade de 14 m. Para a definição da estação, foi considerado o grau de eutrofia intermediário (GIANI, 1984), e sua localização numa baía com características limnéticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas duas coletas, uma na estação chuvosa (07 e 08 de fevereiro de 1985) e outra na estação seca (02 e 03 de julho de 1985). Amostragens foram realizadas de três em três horas num período de 24 horas.

Para a temperatura e condutividade da água foram feitas leituras de metro em metro de profundidade, com um termo-condutivímetro YSI (Modelo 33).

Para os demais parâmetros físico-químicos, fitoplâncton e clorofila a, foram coletadas amostras de água nas profundidades de 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 8,0 e 11,0 m com auxílio da garrafa Kemmerer (5 litros).

O oxigênio dissolvido foi determinado no campo com oxímetro YSI (Modelo 54A). A alcalinidade e pH foram determinados no campo segundo o método descrito em GOLTERMAN et al. (1978). A amônia foi determinada pelo método de Nesslerização; o nitrato dissolvido pelo método de redução de cádmio e o fósforo pelo método do ácido ascórbico (GOLTERMAN et al., 1978).

Para a análise de clorofila a usou-se o método de LORENZEN (1967). A contagem de fitoplâncton foi feita em câmaras de sedimentação segundo método de Utermöhl. Contou-se apenas o número de tricomas de *Raphidiopsis brooki*, devido a sua dominância no Lago Paranoá.

Para a contagem do zooplâncton, foram coletados 10 litros de água nas profundidades de 0,5; 5,0 e 11,0 metros, com auxílio da armadilha de zooplâncton tipo Juday, modificado por Clarke (CLARKE, 1942). A contagem do zooplâncton foi feita em lâminas de Sedgwick-Rafter.

Utilizou-se o "Statistical Package for Social Science" (SPSS), para obter a matriz de correlação de Pearson (NIE et al., 1975).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os parâmetros químicos apresentados na Tab. 1, não mostraram padrões diurnos e de distribuição vertical durante as 24 horas, tanto na época chuvosa como na seca, apesar de que os valores absolutos foram mais elevados na primeira.

Os perfis de temperatura apresentados nas Fig. 2 e 3, mostram na época chuvosa estratificação com camada epilimnética espessa (2 a 5 m) durante o período de 24 horas, o que contrasta com a época seca, quando a camada epilimnética é estreita e caracterizada por um aquecimento diurno superficial até 1 m de profundidade. Nas primeiras horas da manhã o perfil torna-se ortogrado, o que pode favorecer uma circulação de toda a massa d'água. Ainda, os valores absolutos foram maiores na época chuvosa.

O pH e oxigênio dissolvido apresentaram padrões bem semelhantes ao encontrado para temperatura, sendo que a coluna d'água se manteve sempre estratificada quanto ao O.D. Seus valores na época chuvosa também foram mais elevados.

Baseado neste padrão sazonal e no encontrado por FREITAS (1983) e TOLEDO (1986) poderíamos classificar o La-

Tabela 1 - Valores obtidos para alguns parâmetros, nas duas épocas estudadas. Min (valor mínimo encontrado), Max (valor máximo), \bar{x} (média), σ (desvio padrão), - (dados não coletados).

	Nitrato Total ($\mu\text{g/l}$)	Fósforo Total ($\mu\text{g/l}$)	Alcalinidade Total (m.mol/l)	Condutividade ($\mu\text{s/cm}$)
CHUVA				
Min	13	17,7	0,7802	-
Max	95	94,5	0,3566	-
\bar{x}	33,4	25,5	0,314	-
σ	14,7	10,2	0,023	-
SECA				
Min	13	18,8	0,2311	39
Max	42	58,6	0,3362	82
\bar{x}	28,9	24,2	0,294	42,55
σ	7,9	5,4	0,019	5,72

go Paranoã como monomítico quente. No entanto, PINTO-COELHO (1983) e GIANI (1984) encontraram períodos de homogeneidade na época chuvosa e estratificação na seca e ainda, segundo a última autora, ocorrem variações nos padrões em diferentes pontos do Braço Norte do Lago.

A amônia apresentou-se também estratificada na época chuvosa mas ao contrário do encontrado para os outros parâmetros, apresentou valores mais elevados no fundo e próximos de zero à superfície. Isso se manteve durante as 24 horas. Por outro lado, na época de estiagem o perfil foi homogêneo com valores levemente superiores no fundo. Valores altos de amônia na superfície foram detectados para todos os horários neste período (Fig. 4 e 5).

Os padrões de distribuição vertical e diurno da

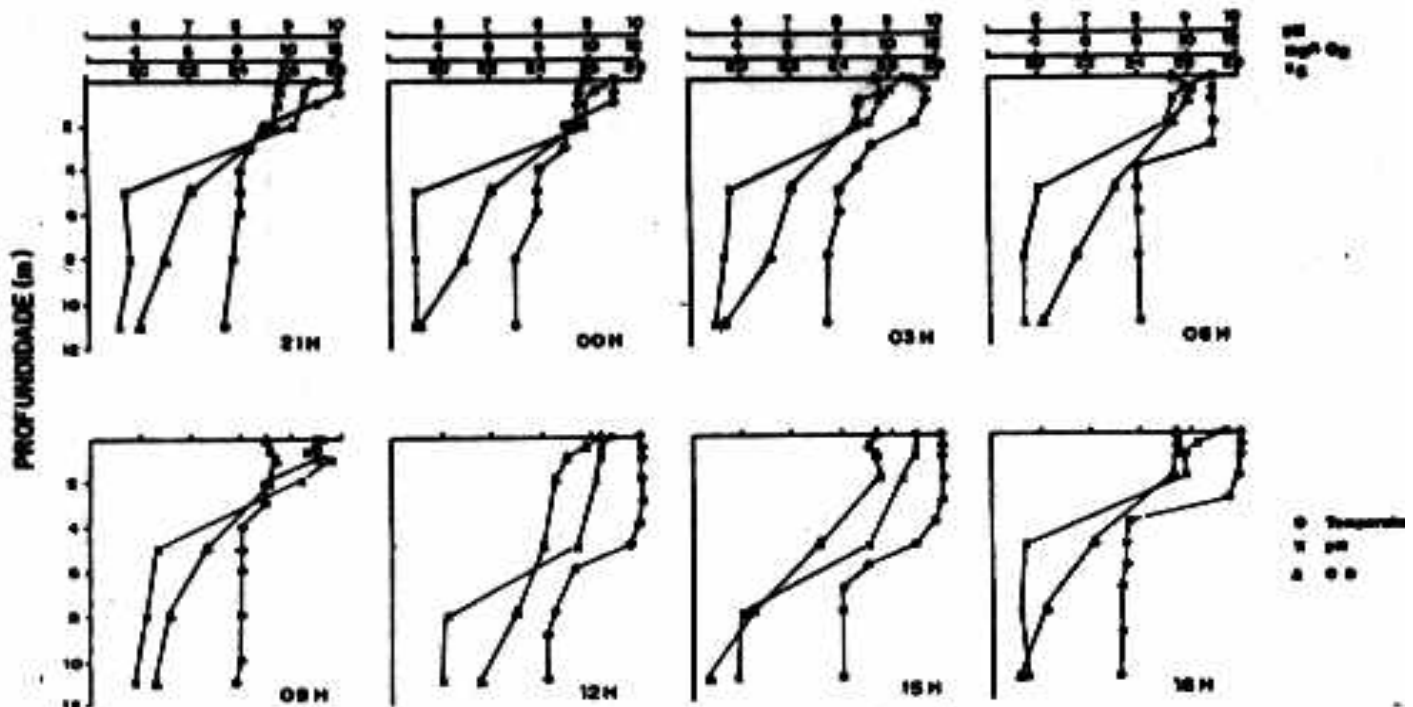


Figura 2 - Variações diurnas do pH, OD (mg/l) e temperatura ($^{\circ}$ C), no Lago Paranoá, em fevereiro de 1985.

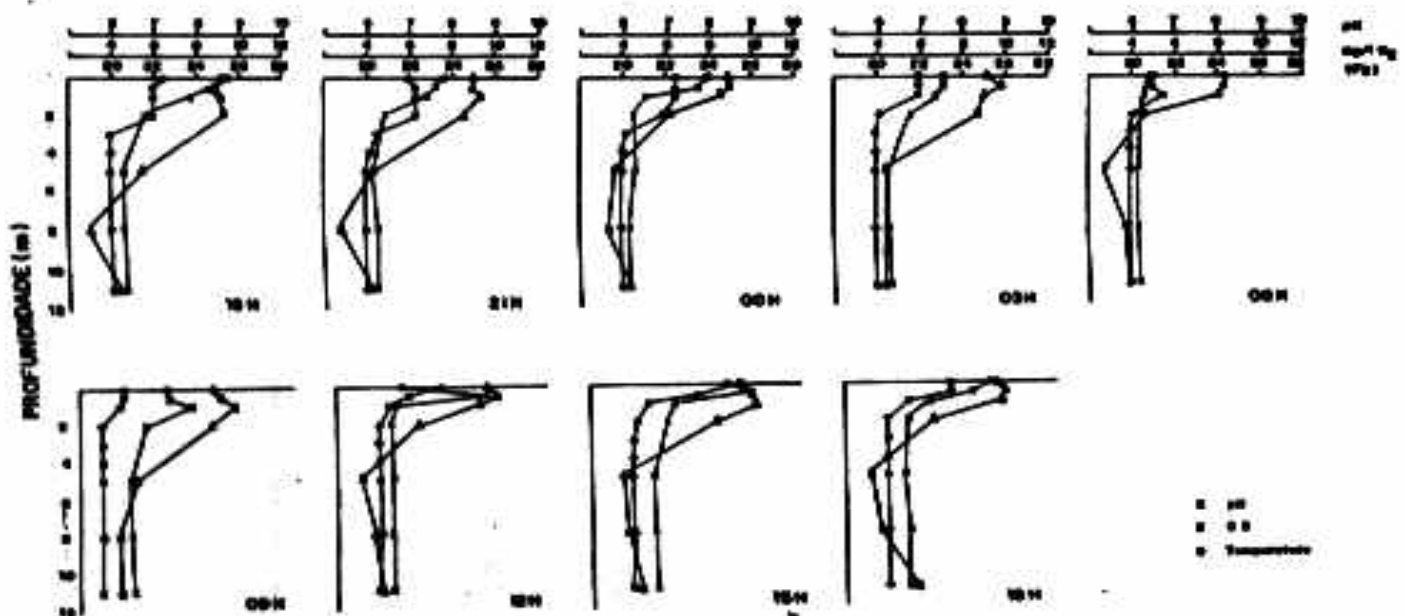


Figura 3 - Variações diurnas do pH, OD (mg/l) e temperatura ($^{\circ}$ C), no Lago Paranoá, em julho de 1985.

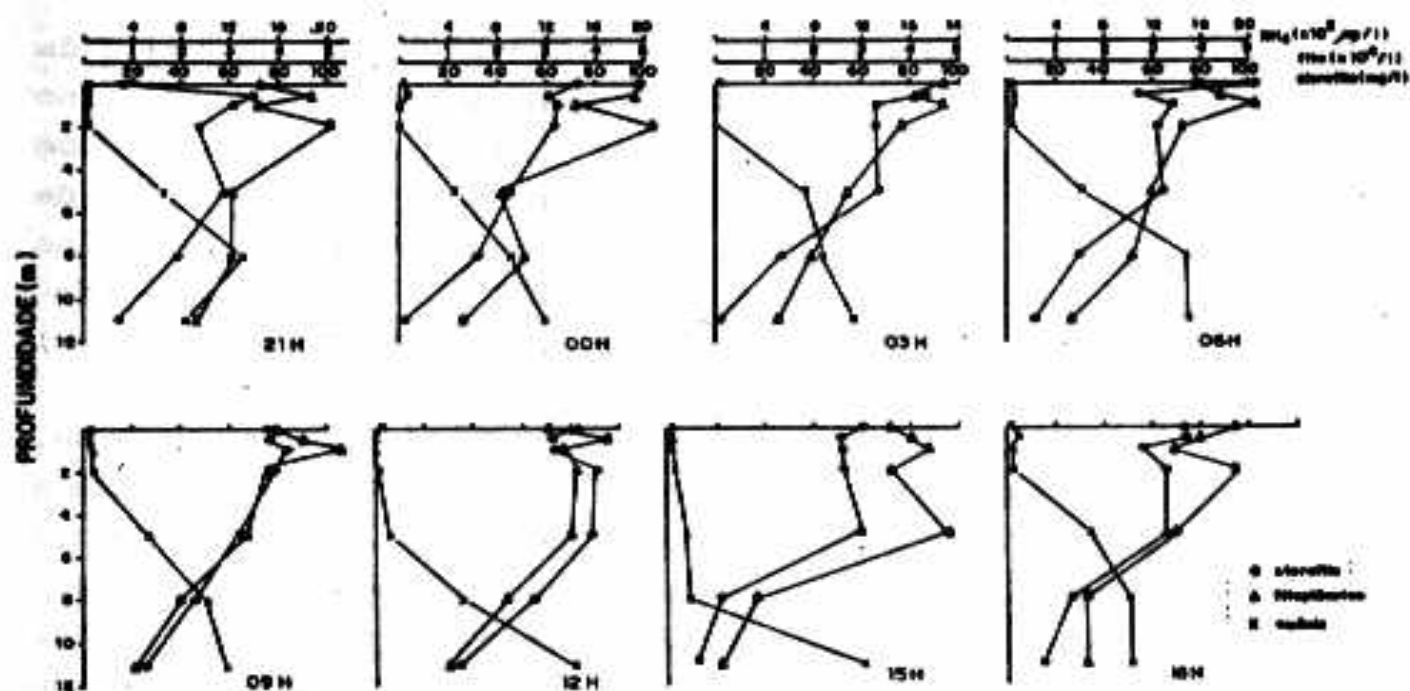


Figura 4 - Variações diurnas da clorofila, fitoplâncton e amônia no Lago Paranoá, em fevereiro de 1985.

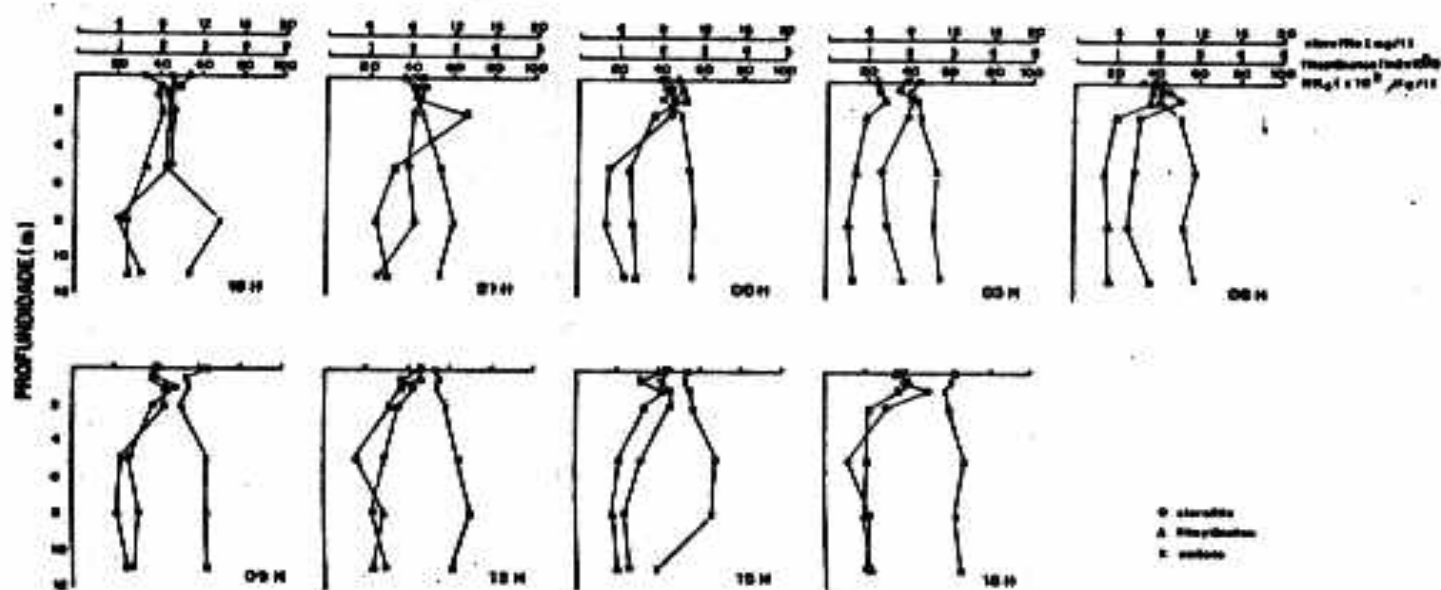


Figura 5 - Variações diurnas da clorofila, fitoplâncton e amônia no Lago Paranoá, em julho de 1985.

concentração de clorofila foi semelhante ao da densidade da *Raphidiopsis brooki*. Mostraram-se sempre estratificados no período chuvoso e mais homogêneo ao longo da coluna e com valores inferiores no período de seca. Valores médios de densidade de *Raphidiopsis brooki* por horário para a coluna variou de 33.740 ind/l (03 H) a 40.766 ind/l (15 H) na época chuvosa e de 12.879 ind/l (06 H) a 19.790 ind/l (21 H) na época de estiagem.

O paralelismo observado entre os perfis de pH, temperatura, oxigênio dissolvido, fitoplâncton e clorofila a foram corroborados pelos resultados obtidos através da correlação de Pearson para um nível de significância $P < 0,01$. Encontramos correlações positivas entre estes elementos nas duas épocas de estudo (Tab. 2 e 3). Isto pode ser explicado pelo fato de que em temperaturas mais elevadas a atividade metabólica dos organismos fitoplanctônicos é incrementada, desta forma produzindo mais oxigênio dissolvido ao mesmo tempo que consome CO_2 causando um aumento nos valores de pH, isto podendo ser interpretado tanto a nível de perfis, como do processo diurno e das diferenças sazonais.

Dos outros parâmetros químicos, a amônia foi o único que apresentou correlações significativas ($P < 0,01$) negativas com os parâmetros citados no parágrafo anterior. Os valores altos de amônia encontrados nas camadas superiores na época seca em contraste aos valores próximos de zero na época chuvosa, podem ser interpretados como uma homogeneização da coluna d'água igualando estes valores à superfície e fundo. Entretanto a homogeneização não explica a diminuição de densidade de *R. brooki* quando há alta concentração de amônia.

A comunidade zooplanctônica foi representada principalmente pelas duas espécies de Cladocera: *Bosmina longirostris* e *B. hagmanni* (Tab. 4). *Diaphanosoma brachyurum*, apresentou baixas densidades nas duas épocas de estudo. *Thermoocyclops decipiens*, a única espécie de Copepoda encontrada, apresentou maiores densidades de náuplius, seguido de

Tabela 2 - Valores de coeficiente de correlação simples entre parâmetros limnológicos coletados em fevereiro/85, no Lago Paranoá.

	Amônia	Clorofila	pH	Temp.	OD	Fito.	<i>B. longirostris</i>	<i>B. hagmanni</i>	<i>T. decipiens</i> (nauplius)	Rotifera
Amônia	1,0	-0,7**	-0,9**	-0,8**	-0,9**	-0,8**	-0,5*	-0,3	-0,2	-0,3
Clorofila		1,0	0,7**	0,7**	0,8**	0,8**	0,4*	0,3	-0,2	0,3
pH			1,0	0,9**	0,9**	0,8**	0,6**	0,4*	0,2	0,3
Temperatura				1,0	0,9**	0,8**	0,6**	0,4*	0,2	0,4*
OD					1,0	0,9**	0,5*	0,3	0,2	0,4*
Fitoplâncton						1,0	0,5**	0,3	0,2	0,3
<i>B. longirostris</i>							1,0	0,7**	0,4*	0,4*
<i>B. hagmanni</i>								1,0	0,5**	0,6**
<i>T. decipiens</i> (nauplius)									1,0	0,9**

* $P < 0,05$

** $P \leq 0,01$

Tabela 3 - Valores de coeficiente de correlação simples entre parâmetros limnológicos coletados em julho/85, no Lago Paraná.

	Amônia	Clorofila	pH	Temp.	OD	Fito.	<i>B. longirostris</i>	<i>B. hagemanni</i>	<i>T. decipiens</i> (nauplius)	
Amônia	1,0	-0,5*	-0,3**	-0,5**	-0,6**	-0,6**	-0,1	-0,2	0,1	-0,1
Clorofila		1,0	0,4**	0,5**	0,7**	0,6**	0,1	-0,1	0,2	0,4*
pH			1,0	0,7**	0,7**	0,6**	0,2	0,0	0,0	0,2
Temperatura				1,0	0,7**	0,7**	0,1	0,3	0,0	0,2
OD					1,0	0,9**	0,0	-0,1	0,1	0,4*
Fitoplâncton						1,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,3
<i>B. longirostris</i>							1,0	0,2	0,0	-0,1
<i>B. hagemanni</i>								1,0	0,0	-0,2
<i>T. decipiens</i> (nauplius)									1,0	0,5*

* P < 0,05

** P ≤ 0,01

Tabela 4 - Densidade absoluta (ind/L) e relativa (X) de organismos zooplânctônicos encontrados na estação de coleta do Lago Paranoá em fevereiro e julho/85.

	Fevereiro/85			Julho/85		
	x(ind/L)	CV(X)	X	x(ind/L)	CV(X)	X
CLADOCERA						
<i>Bosmina longirostris</i>	175,6	66	44,2	40,2	17	31,5
<i>B. hagmanni</i>	163,6	95	41,1	22,8	19	22,4
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	2,8	37	0,7	5,7	45	5,6
Total	342,0		86,0	68,7		67,6
COPEPODA						
<i>Thermocyclops decipiens</i>						
Nauplius	17,2	77	4,2	17,4	31	17,1
Copepoditos	10,3	61	2,6	3,1	57	3,0
Adultos	0,9	52	0,2	2,3	40	2,3
Total	27,9		7,0	22,8		22,4
ROTIFERA						
<i>Conochilus</i> sp	23,2	132	5,8	7,3	48	7,1
Outros	4,5	38	1,1	2,9	58	2,9
Total	27,7		6,9	10,2		10,0

copepoditos e adultos. Entre os Rotifera, o gênero dominante foi *Conochilus* sp. Foram também encontrados: *Collotheca* sp, *Conochiloides* sp, *Ptygura* sp, *Brachionus* sp, *Polyarthra* sp e *Keratella* sp. As densidades destas espécies foram agrupadas na Tab. 4 por terem sido encontradas em quantidades inferiores a um indivíduo por litro. Na época chuvosa, observou-se uma diminuição no número de organismos zooplanctônicos, principalmente de cladóceros, da superfície para o fundo. Houve uma diminuição da densidade de cladóceros e rotíferos de 24 H às 12 H, e um aumento a partir deste horário, ocorrendo picos às 15 H e 18 H (Fig. 6). Estes picos foram observados nas três profundidades estudadas, tendo sido mais acentuados a 0,5 m. Um comportamento similar, mas não tão nítido, foi observado para os copépodos. Estes tiveram tendência a se distribuírem mais uniformemente por toda a coluna d'água. Os picos de *Bosmina* e rotíferos encontrados a 0,5 m às 15 H e 18 H podem ser atribuídos a deslocamentos horizontais ou à migração vertical. Neste caso os organismos poderiam se encontrar em profundidades que não foram amostradas. Contudo, devido à estratificação da coluna d'água, a migração vertical seria dificultada sendo mais provável um deslocamento horizontal. Ainda com relação aos picos de *Bosmina*, ressalta-se a coexistência das duas espécies, apresentando ambas, altas densidades (361 ind/l de *B. longirostris* e 511 ind/l de *B. hagmanni* às 15 H). As análises estatísticas mostraram um alto coeficiente de correlação positiva entre estas espécies (Tab. 2) na época chuvosa. Na época seca observou-se uma diminuição de mais de 50% das populações de *Bosmina* e rotíferos. Os padrões de distribuição vertical e diurno dos organismos zooplanctônicos foram mais homogêneos (Fig. 7). Nesta época o lago se encontrava com tendências à homogeneização térmica e química (Fig. 3 e 5) e menores densidades de *R. brooki*. No entanto, os coeficientes de correlação entre organismos zooplanctônicos e os outros parâmetros não foram significativos (Tab. 2 e 3).

Pode-se concluir portanto que a época chuvosa foi

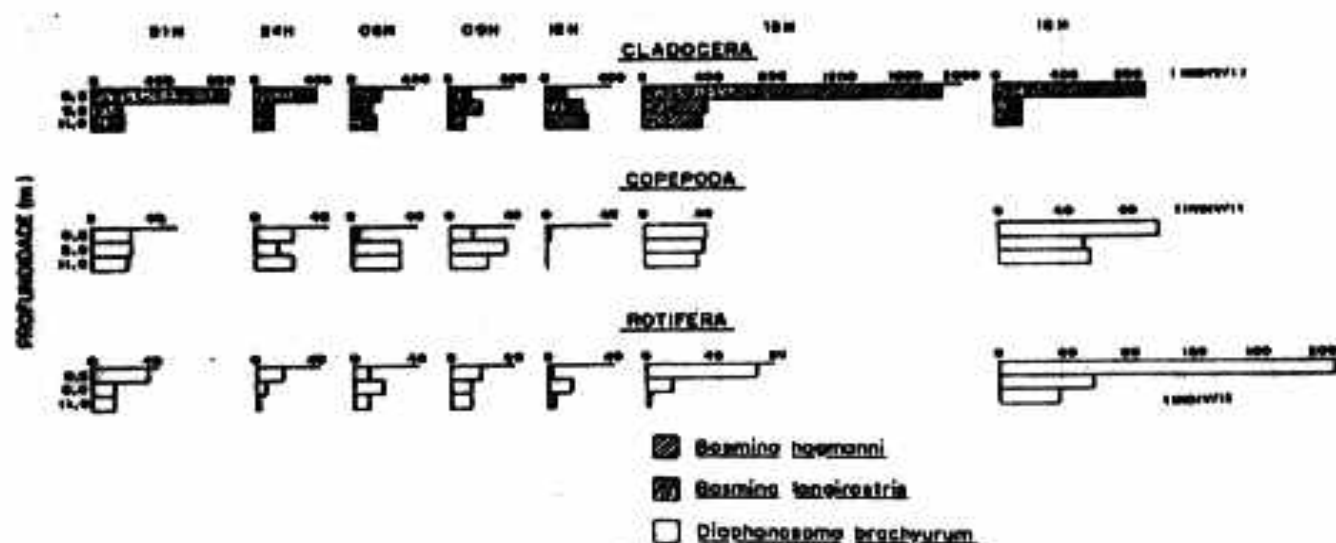


Figura 6 - Variações diurnas dos organismos zooplanctônicos (ind/l), no Lago Paranoá, em fevereiro de 1985.

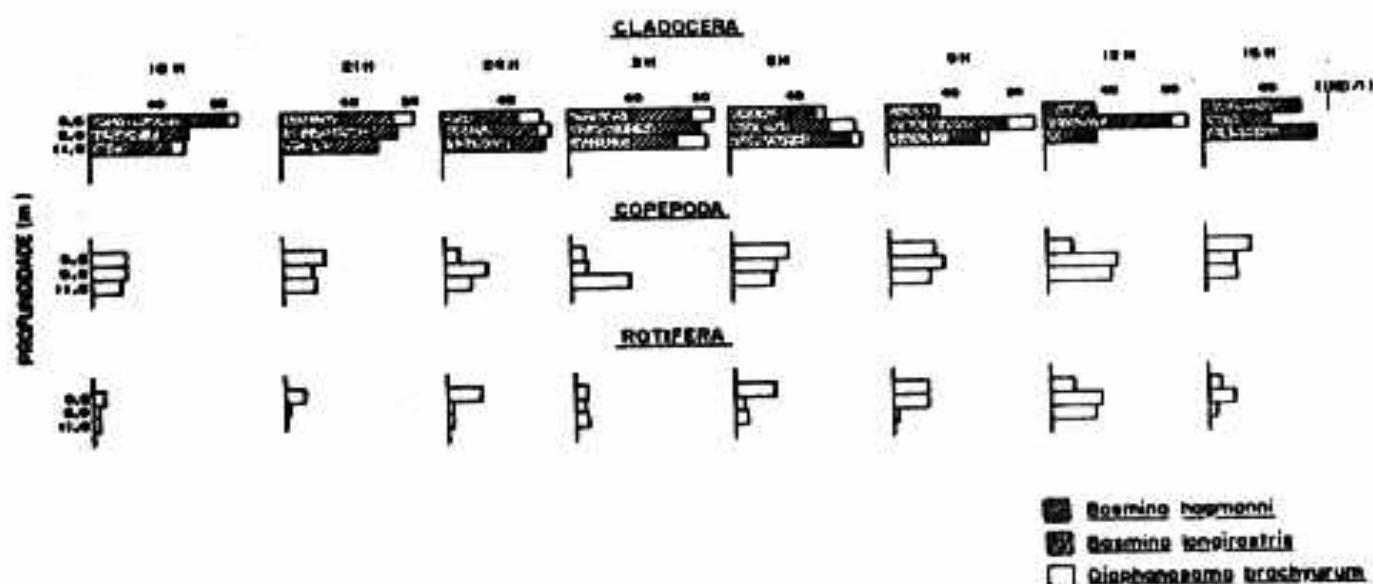


Figura 7 - Variações diurnas dos organismos zooplanctônicos (ind/l), no Lago Paranoá, em julho de 1985.

caracterizada por uma estratificação térmica, química e biológica, com poucas variações ao longo do período (24 horas). A época seca caracterizou-se por estratificação térmica superficial (0 a 1 m de profundidade), com o restante da coluna homogênea. Os parâmetros químicos e biológicos também mostraram tendência a homogeneização.

Foram observadas maiores diferenças entre as duas épocas estudadas do que variações ao longo do período de estudo (24 horas).

Devido a heterogeneidade do lago, é interessante que se estenda os estudos diurnos a outros pontos, para que se possa obter maiores esclarecimentos sobre a dinâmica do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, F.A.R. *Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária de fitoplâncton na Lagoa Carioca, Parque Florestal do Rio Doce, MG.* São Carlos, SP, UFSCar, 1981. (Tese)
- CLARKE, E.B. *A modification of the Juday plankton trap.* Michigan, University of Michigan, 1942. (Social Publication, 8)
- CODEPLAN, Secretaria do Governo do Distrito Federal. *Diagnóstico do espaço natural do Distrito Federal.* Brasília, 1976.
- FREITAS, J.S. *Variação sazonal e distribuição vertical de microcrustáceos planctônicos no Lago Paranoá, DF.* Brasília-DF, UnB, 1983. (Dissertação)
- GANF, G.G. Diurnal mixing and vertical distribution of phytoplankton in a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). *J. Ecol.*, 62: 641-59, 1974.

- GIANI, A. *Distribuição horizontal do fitoplâncton e zooplâncton no Lago Paranoá, DF.* Brasília-DF, UnB, 1984. (Dissertação)
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters.* Oxford, Blackwell, 1978. (IBP Handbook, 8)
- HARRIS, G.P.; HOFFMAN, G.D.; PICCININ, B.B. Physical variability and phytoplankton communities: II Primary productivity by phytoplankton in a physically variable environment. *Arch. Hidrobiol.*, 88 (4): 393-425, 1980.
- HINO, K.; SIMONATO, A.D.; HATANAKA, T. Preliminary limnological studies in Monjolinho reservoir. *Ci. e Cult.*, 36: 1402-7, 1984.
- LORENZEN, C.J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 343-4, 1967.
- MATTOS, S.P.; ALVES, V.R.E.; CAVALCANTI, C.G.B.; EVARISTO, S.M.G.; COLARES, G.A.P. Contribuição ao estudo limnológico do Lago Paranoá, Brasília, Brasil. *Acta Limnol. Bras.*, 1: 129-54, 1986.
- MELACK, J.M. & FISHER, T.R. Diel oxygen variations and their ecological implications in Amazon Floodplain lakes. *Arch. Hydrobiol.*, 98: 422-42, 1983.
- NIE, N.H.; HULL, C.H.; JENKINGS, J.G.; STEINBRENNER, K.; BENT, D.H. *Statistical package for social sciences - SPSS.* 2 ed. New York, McGraw-Hill, 1975.
- PEREIRA, A. *Aplicação de modelos matemáticos de eutrofização no Lago Paranoá.* Brasília, DF, UnB, 1985. (Monografia de projeto final)
- PINTO COELHO, R.M. & GIANI, A. Variações sazonais de fito-

plâncton e fatores físicos-químicos da água no Reservatório do Paranoá, Brasília, DF. *Ci. e Cult.*, 37 (12): 2000-6, 1985.

TALLING, J.F. The incidence of vertical mixing and some biological and chemical consequence in tropical African lakes. *Ver. Int. Ver. Limnol.*, 17: 998-1012, 1969.

TOLEDO, L.G. *Estudo anual da produção primária do fitoplâncton e dos fatores limnológicos no Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil.* Brasília-DF, UnB, 1986. (Dissertação)

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)

_____. Typology of reservoirs in Southern Brazil. *Ver. Int. Ver. Limnol.*, 21: 1031-9, 1981.

_____. A review of basic ecological processes interacting with production and standing stock of phytoplankton in lakes and reservoirs in Brazil. *Hydrobiologia*, 100: 223-43, 1983.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Prof. JOHN DUVALL HAY por ter proporcionado condições para elaboração deste trabalho.

ENDEREÇO DOS AUTORES

TOLEDO, L.G. e FERREIRA, C.J.A.

Laboratório de Ecologia - VEG, Universidade de Brasília
70000 Brasília - DF

FREITAS, J.S.

Laboratório de Malacologia - ANI, Universidade de Brasília
70000 Brasília - DF