

**MÁRCIO ASSIS DE SÁ**

**A influência de variáveis físicas e químicas sobre a  
biomassa e a produção primária fitoplanctônica da  
lagoa dos Frades, Salvador, Bahia**

Salvador  
2008

**MÁRCIO ASSIS DE SÁ**

**A influência de parâmetros físicos e químicos sobre a  
biomassa e a produção primária da lagoa dos Frades,  
Salvador, Bahia**

Dissertação apresentada ao Instituto  
de Biologia da Universidade Federal  
da Bahia, para a obtenção de Título  
de Mestre em Ecologia e  
Biomonitoramento.

Orientador(a): Eduardo Mendes da  
Silva

Salvador

2008

## COMISSÃO JULGADORA

---

Dr. Mauricio Mello Petrucio

---

Dr. Gilberto Gonçalves Rodrigues

---

Dr. Eduardo Mendes da Silva  
Orientador

## Ficha Catalográfica

---

### Sistema de Bibliotecas - UFBA

Sá, Márcio Assis de.

A influência de parâmetros físicos e químicos sobre a biomassa e a produção primária da Lagoa dos Frades, Salvador, Bahia / Márcio Assis de Sá. - 2008.  
66 f. : il.

Inclui anexos.

Orientador: Profº Dr. Eduardo Mendes da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Salvador, 2009.

1. Biomassa - Frades, Lagoa dos (BA). 2. Produtividade primária (Biologia) - Frades, Lagoa dos (BA). 3. Eutroficação - Frades, Lagoa dos (BA). I. Silva, Eduardo Mendes da. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia. III. Título.

CDD - 577.63158

CDU - 556.55

Dedico este trabalho aos meus pais,  
que foram e continuam sendo os  
grandes pilares de minha vida.

**“O que me preocupa não é o grito dos maus. É o silêncio dos bons”.**

**Martin Luther King**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus

Aos meus pais, o sr<sup>o</sup>. Gumercindo Sá e sr<sup>a</sup>. Edna Assis por estarem sempre comigo nas muitas horas, ao longo da minha vida.

Aos meus Filhos, Roberto, Bruna e Laís, que sempre acreditaram que poderia fazer o trabalho e aos meus irmãos.

Ao Dr. Eduardo Mendes, meu orientador, que sem ele não poderia estar aqui, me ajudando da melhor forma possível, para que o trabalho apresentasse uma boa qualidade.

Aos componentes da banca examinadora, por abdicarem de seus afazeres, para que pudessem apreciar este trabalho e poderem estar presentes no exame.

À coordenação do curso de PPG em Ecologia e Biomonitoramento, na pessoa do Dr. Mauro Ramalho, e de Jussara Neves C. Gomes, que foi uma grande incentivadora da realização deste trabalho.

Ao Dr. Francisco Barros pela ajuda dada em diversas etapas do trabalho.

Ao Dr. Doriedson Gomes pelas contribuições na estrutura de meu texto.

Ao MARENBA – Nas pessoas de Kátia Silva, Salomão Pinho, Alice Andrade, Sheila Bonfim, Ticiane, Ubiratan, Leonardo Azevedo, Zolachio Guimarães, Ana Paula, que sem eles o trabalho não poderia acontecer, a minha amiga Valdinéia Silva pela fidelidade e muito a agradecer a Jorgelina Loiola pela imensa contribuição as análises laboratoriais.

A prefeitura de Salvador na pessoa de Benedito Wenceslau pela ajuda no trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

Aos meus amigos, do mestrado, que foram grandes companheiros durante toda a jornada, aos meus amigos pessoais, pela amizade, me ouvindo em muitos momentos de dificuldade.

## **SUMÁRIO**

Resumo	
Abstract	
1. Introdução	01
2. Materiais e Métodos	04
2.1. Sítio de amostragem	04
2.2. Delineamento Amostral	06
2.3. Parâmetros analisados	06
2.4. Análise estatística	08
2.5. Cálculo do estado trófico	08
3. Resultados	09
4. Discussão	28
5. Considerações finais	37
6. Referências Bibliográficas	38
7. Anexos	43
7.1. Escores dos índices do estado trófico	43
7.2. Quadro com os valores ponderados para o índice de estado trófico de acordo com o índice de Carlson modificado	43
7.3. Especificações para os índices de estado trófico	43
7.4. Outputs da regressão	44
7.5. Tabelas com os dados brutos	46
7.6. Imagens de algas identificadas na lagoa dos Frades	51
7.7. Outputs do APC	52

5

10

15



## RESUMO

A lagoa dos Frades, localizada na cidade de Salvador-Ba ao nível do mar, é uma lagoa rasa, com um espelho d'água de 9,8 mil m<sup>2</sup>, profundidade máxima de 2,7m em ambiente de dunas, estando envolvida por edificações. Com o objetivo de avaliar variáveis qualitativas e quantitativas da lagoa dos Frades, foram realizadas amostragens nictemerais e amostragens mensais entre outubro de 2006 e setembro de 2007 em um único ponto central da lagoa. Foram realizadas análises de pH, transparência, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), séries fosfatadas e nitrogenadas, sílica carbono orgânico dissolvido e particulado e clorofila *a*. Duas análises de produção primária foram conduzidas nos meses de outubro e abril. Os resultados obtidos foram submetidos à análise dos componentes principais (ACP) e a uma regressão múltipla utilizando os dois primeiros eixos do ACP, com o intuito de se verificar a existência de correlação espacial ou temporal das variáveis e a biomassa. A lagoa é polimítica e se encontra em estado eutrófico, identificando valores elevados de produção primária (106,7mgC/m<sup>3</sup>/h), sendo mais influenciada pelos efeitos da radiação luminosa e da profundidade. A identificação da temperatura ao longo do perfil vertical mostrou que a estratificação térmica ocorre em curtos períodos de tempo. A lagoa dos Frades apresentou dois períodos térmicos bem definidos, sendo que o OD, o amônio, e a condutividade elétrica estiveram mais associados ao período quente enquanto a clorofila *a* esteve mais associada ao período mais frio. A análise dos componentes principais mostrou diferenças entre a superfície e o fundo, onde os valores de OD, Amônio, COP e COD estiveram mais associados ao padrão.

Palavras Chave: lagoa dos Frades, Biomassa, Produção primária, Estado trófico.

30

35

40

45

## ABSTRACT

The Frades pond, located in the city of Salvador-Ba in the sea level, is a shallow pond, with a water surface of 9.8 thousand m<sup>2</sup>, maximum depth of 2.7 m in the environment of dunes and is surrounded by buildings . To evaluate qualitative and quantitative variables of the lagoon of Frades, nictemerais samples were taken and samples monthly between October 2006 and September 2007 in one central point of the lagoon. We performed analyses of pH, transparency, conductivity, temperature, dissolved oxygen (OD), series phosphated and nitrogen, dissolved organic carbon and silica particles and chlorophyll a. Two analyses of primary productivity were conducted in october and april. The results were submitted to the main components (ACP) and a multiple regression using the first two axles of the ACP, with the aim of verifying the existence of spatial or temporal correlation of variables and biomass. The lake is polimitic and is in eutrophic state, identifying high values of primary productivity (106.7 mgC/m<sup>3</sup>/h), being more influenced by the effects of radiation light and depth. The identification of temperature along the vertical profile showed that the thermal stratification occurs in short periods of time. The pond of Frades made two thermal well defined, and the OD, ammonium, and electrical conductivity were more associated with the warm period while the chlorophyll was more associated with the coldest period. The analysis of the major components showed differences between the surface and bottom, where the values of OD, Amônio, COP and COD were more associated with the standard.

Key Words: Frades pond, Biomass, Primary productivity, Trophic state

## 1. INTRODUÇÃO

Quando consideramos a diversidade e importância dos ambientes aquáticos epicontinentais, notamos que a ciência parece demonstrar maior interesse por aqueles cujas dimensões, importância histórica, econômica ou social suscitem de respostas mais imediatas e concretas no sentido de entender padrões ou retratar paisagens (Mieleitner & Reichert, 2008), muito embora se saiba que a maioria dos lagos do planeta são de pequeno tamanho (Wetzel, 2001).

O crescimento exponencial da população humana tem aumentado a demanda pela água (Henry *et al.*, 2004) e, por conseguinte o surgimento de vilas ou cidades próximas a corpos d'água, tem ocorrido ao longo do processo de civilização, alterando a qualidade pristina das águas (Schaeffer, 1998). Nas últimas décadas o consumo de água para diversas atividades como utilização na agricultura, indústria e abastecimento público municipal tem aumentado significativamente, sendo que o total no início do século XXI já é superior a 5.000 Km<sup>3</sup>/ano (Soares & Mozeto, 2006). Entre os diversos tipos de corpos d'água encontrados em centros urbanos, os lagos e lagoas se destacam pela sua importância paisagística, econômica ou cultural (Henry *et al.*, 2004).

Lagos localizados em centros urbanos apresentam algumas particularidades como o elevado grau de atividades humanas no seu entorno ou o tipo de recobrimento que existe em suas margens, pois podemos identificar pavimentações asfaltadas ou acimentadas (ambientes impermeabilizados). Estudos importantes têm sido realizados em lagos urbanos, como os trabalhos desenvolvidos no lago das Garças, São Paulo (Henry *et al.*, 2004; Fonseca & Bicudo, 2008) no lago Paranoá (Angelini *et al.*, 2008), na lagoa do Abaeté, Salvador, Bahia (da Silva *et al.*, 1997) e da Silva *et al.* (1995) na lagoa dos Frades, objetivando a descrição ecológica do meio, a determinação de padrões ou processos inerentes a estes corpos d'água.

Muitos ecossistemas lacustres vêm apresentando uma acelerada taxa de deterioração promovida por ações alóctones, autóctones ou ainda a ação sinérgica de ambos os processos e por conseqüência, as suas funções têm sido alteradas significativamente (Mariani *et al.*, 2006). De uma maneira ou de outra, os lagos recebem matéria e energia proveniente de seu entorno,

determinando gradativamente o seu assoreamento e alterações físicas, químicas e biológicas da água (Averhoff *et al.*, 2007; Quiblier *et al.*, 2007). Além dos mecanismos citados, também interferem para a degradação dos lagos, chuvas, vento, taxa de escoamento e tempo de residência que são determinantes das principais funções nos ciclos de nutrientes, biomassa e produção primária (Henry *et al.*, 2004; Soares & Mozeto, 2006), determinando assim uma categorização para lagos e lagoas de acordo com suas características.

Nos lagos a biomassa vegetal pode ser representada pelas macrófitas aquáticas, pelo perifiton ou pelo fitoplâncton, todos estes determinantes dos processos de produção primária. Destes a biomassa fitoplanctônica pode ser identificada a partir da análise dos valores da clorofila a, pois referencia a massa biológica das células das algas aí presentes (Bicudo & Bicudo, 2004). Além do mais a variação na biomassa nos ambientes aquáticos é dependente de diversos fatores como nutrientes (nitrogênio (N) e fósforo (P)), luz, ação de pastoreio, ruptura de células e regime de mistura da coluna d'água (Gurung *et al.*, 2006; Khan, 2003).

Os ambientes lacustres urbanos, principalmente os que apresentam uma pequena área, sejam naturais ou artificiais precisam ser investigados para que se possa conhecer os seus padrões funcionais, permitindo assim a criação de planos de manejo adequados (Jiang, 2006; Hwang *et al.*, 2007, Scheffer & van Nes, 2007). Segundo Cavalcante *et al.* (2007) e Hwang *et al.* (2007) entender o modelo de funcionamento de lagos é de grande relevância para prevenir e adaptar as diversas mudanças que ocorrem no ambiente e aos múltiplos usos que podem ser dados ao local, como atividades recreacionais, paisagismo, para desdentação de animais ou para o consumo humano.

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar variáveis qualitativas e quantitativas da lagoa dos Frades, utilizando amostragens nictemerais e amostragens mensais. Assim alguns objetivos específicos foram traçados no intuito de conectar as etapas do trabalho, como a Identificação da influência das variáveis limnológicas sobre a biomassa e também sobre a produção primária fitoplanctônica em dois momentos de incubação, seguindo o método de Gaarder & Gran (1927), além da identificação do Índice de Estado Trófico (IET) durante o período de estudo, (índice de Carlson). Ainda foi necessário

avaliar as diferenças existentes entre dois períodos sazonais, um mais quente entre outubro e janeiro e outro mais frio entre junho e setembro.

No desenvolvimento deste trabalho foi traçado como hipótese que a lagoa dos Frades apresenta diferenças em suas variáveis limnológicas em dois períodos, um compreendido entre outubro e janeiro e outro período compreendido entre junho e setembro.

10

15

20

25

30

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Sítio de amostragem

O clima de Salvador é tropical úmido de baixa latitude com uma alta umidade relativa do ar, sendo que as precipitações médias anuais são elevadas, superiores a 1600mm, temperaturas médias anuais entre 18°C e 28°C, ocorrendo a formação de precipitações tropicais e extratropicais (Jesus, 2001).

A lagoa dos Frades é um ecossistema urbano localizado em região de dunas na cidade de Salvador (Bahia) entre as coordenadas 12° 58' 54''S e 38°26'34''O à 12°58'55''S e 38°26'30''O, numa depressão dentro de um pequeno vale, estando completamente envolvida por edificações e empreendimentos, sendo que as ruas do entorno são também revestidas por asfalto. (Figura 1). Os dados morfométricos atuais estão identificados na Tabela 1.



Figura 1 – Localização da lagoa dos Frades. (Salvador, Bahia). Fonte: Prefeitura Municipal de Salvador.

Tabela 1 – Dados morfométricos da lagoa dos Frades

Área	Volume	Profundidade média	Profundidade máxima	Comprimento	Largura. Máxima
<b>9,8 mil m<sup>2</sup></b>	<b>20,5 mil m<sup>3</sup></b>	<b>1,6 m</b>	<b>2,7m</b>	<b>276 m</b>	<b>75m</b>

Sendo:

A = área

V = Volume

5  $\bar{Z}$  = Profundidade média

Z máx. = Profundidade máxima

L = comprimento

Esta lagoa apresentou uma grande variação em sua morfometria, pois originalmente estava completamente inserida em dunas, contudo com a expansão do mercado imobiliário a região foi gradualmente sendo transformada. Grandes construções como prédios de apartamentos, conjuntos habitacionais, posto de gasolina, hotéis e o centro de convenções da Bahia são exemplos de estruturas que foram construídas sobre as dunas de entorno da lagoa (Figura 2). A construção destes empreendimentos causou impermeabilização do solo, bem como alterações no micro clima, como a ação dos ventos e na temperatura local. Inclusive uma boa parte da estrutura original da lagoa foi aterrada, gerando a formação de uma outra pequena lagoa, denominada lagoa dos Pássaros, localizada a sudoeste da lagoa dos Frades.



Figura 2 – Imagem da estrutura original da lagoa, destacando as dunas de seu entorno. Década de 70.

## 2.2 Delineamento Amostral

As amostras de água foram obtidas em um ponto central do lago, devido  
5 à sua pequena área e maior profundidade neste sítio ( $12^{\circ} 58' 54,9''$  e  $38^{\circ} 26' 32,1''$ ), em três profundidades, superfície, na profundidade aferida ao nível do disco de Secchi (que será denominada de agora em diante apenas Secchi) e fundo (Bicudo & Bicudo, 2004). Para Secchi e fundo foi utilizada uma garrafa de van Dorn com capacidade para 2 litros e na superfície foi realizada a coleta  
10 direta com os vasilhames pela sua imersão superficial.

Foram realizadas sete coletas na lagoa dos Frades durante o período de outubro de 2006 a setembro de 2007, sendo três coletas simples no período entre novembro e janeiro, outras quatro no período entre junho e setembro, sempre às 09h00, e duas coletas nictemeraias uma em outubro e outra em abril,  
15 tendo início às 16h00 horas e término às 16h00 do dia seguinte com intervalo de 4h. A escolha dos meses de outubro e abril para as coletas nictemeraias foi embasada no fato de representarem períodos com diferentes características climáticas para a cidade de Salvador (PMS, 2006, 2007).

## 2.3 Parâmetros Analisados

A coleta das amostras seguiu as normas do APHA (1995). Nos dois tipos de coleta foram medidos em campo temperatura (Temp. °C), com um termômetro analógico; condutividade elétrica (Cond.  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), com um condutímetro digital Hanna Instruments HI 9033; pH, com um potenciômetro digital Misura Line 1010 e oxigênio dissolvido (OD), utilizando um oxímetro  
25 Lutron DO5510 (dados convertidos em percentual de saturação de acordo com Wetzel, 2001). Para determinação da transparência da água foi utilizado um disco de Secchi de 30 cm de diâmetro.

Para análise de sílica e carbono orgânico particulado (COP) foi utilizado o método de Strickland & Parsons (1972), para as séries nitrogenadas (nitrato, nitrito, Amônio e N-total) e fosfatada (P-total e ortofosfato (P-orto)), o método  
30 de Koroleff (1976), para carbono orgânico dissolvido (COD) o método de Anne & Dábin adaptado e para clorofila *a* o método da APHA (1995). Para as



análises espectrofotométricas foi utilizado um espectrofotômetro (U2010 HITACHI). Os dados pluviométricos e a temperatura do ar relativo ao período foram gentilmente cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

A produção primária foi determinada durante as coletas nictemerais, de acordo com Gaarder & Gran (1927). Foram utilizadas duas profundidades para incubação das garrafas, superfície e Secchi, utilizando um incubador artesanal (Figura 3).

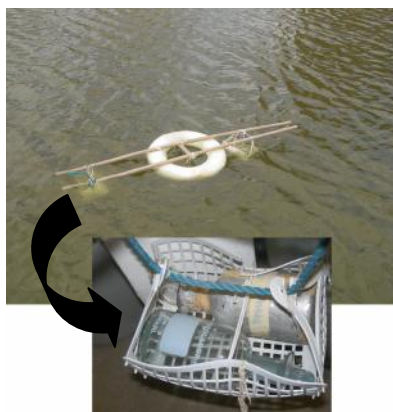


Figura 3 – Identificação do incubador artesanal utilizado na incubação das garrafas

Em cada profundidade foram incubadas três garrafas claras e três garrafas escuras (triplicatas), durante o período das 04h00 às 08h00 e das 12h00 às 16h00, evitando-se assim a proliferação de bactérias (Bicudo & Bicudo, 2004). A determinação do oxigênio dissolvido foi realizada eletroquimicamente com a utilização de um oxímetro Lutron DO5510, logo após a retirada das garrafas de sua incubação.

Para o cálculo da taxa de produção primária foram utilizadas as fórmulas propostas por Tundisi & Tundisi (1976) e Calijuri & Santos (2004). Para o cálculo das taxas de produção bruta e líquida foi utilizada a fórmula de Gaarder e Gran (1927), com os valores sendo expressos em  $\text{mg C/m}^3/\text{h}$ .

## 2.4 Análise estatística

Com objetivo de resumir as relações entre as variáveis ambientais os dados foram submetidos à Análise de Componentes Principais - APC, utilizando o pacote estatístico Primer 6, onde os dados foram transformados pelo log x+1, sendo que os dois primeiros eixos da APC e os valores de Clorofila a (biomassa) foram utilizados para uma regressão múltipla utilizando o pacote estatístico INSTAT, permitindo uma melhor análise da influencia dos parâmetros sobre a biomassa da lagoa. Como as amostras de COP e COD no mês de novembro não puderam ser analisadas, pois foram descartadas por um erro laboratorial, optou-se por utilizar as médias com relação aos outros meses.

## 2.5 Cálculo do estado trófico

O Índice do Estado Trófico (IET) adotado foi o índice clássico introduzido por Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1983), sendo os resultados expressos em uma escala de 0 a 100, seguindo as fórmulas:

$$IET = \frac{IET_{CLA} + IET_{PT} + IET_s}{3}$$

$$IET_{Cl} = 10 \left\{ 6 - \left[ \frac{2,04 - 0,695 * \ln(Cl^" a")}{\ln(2)} \right] \right\}$$

$$IET_{PT} = 10 \left\{ 6 - \left[ \frac{\ln\left(\frac{80,32}{PT}\right)}{\ln 2} \right] \right\}$$

$$IET_s = 10 \left( 6 - \frac{I_n s}{\ln 2} \right)$$

Onde:

$PT$  = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu M$ ;

$Cl$  = concentração de clorofila a medida à superfície da água, em  $\mu M$ ;

$s$  = Profundidade do disco de Secchi;

$I_n$  = logaritmo natural.

Este índice foi escolhido por melhor representar o estado trófico em ambientes lacustres, além de ser amplamente utilizado para ambientes tropicais. (Mercante & Tucci-Moura, 1999)

### 5 3. RESULTADOS

A profundidade do ponto central da lagoa durante as coletas variou entre 1,5 a 2,7m no período amostrado (Figuras 4a e 5). Os resultados para a transparência da água estimada através do disco de Secchi mostraram variação entre 0,25 e 0,4 m. Os resultados pluviométricos encontrados nos meses de coleta estão demonstrados na Figura 4b. A temperatura do ar nos dias de coleta mostrou temperaturas mais altas (entre outubro e janeiro) e temperaturas mais baixas (entre junho e setembro) (Figuras 4c).

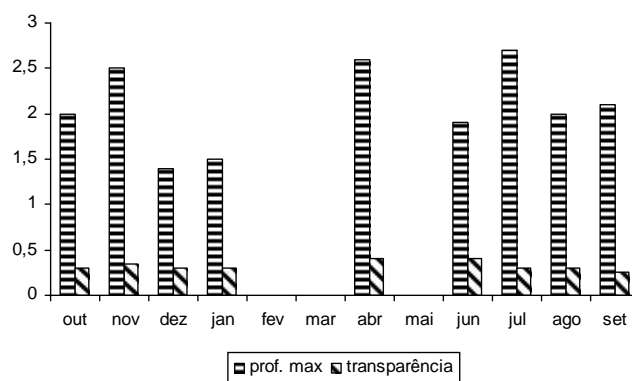


Figura 4a - Variação das profundidades máximas e da transparência em m.

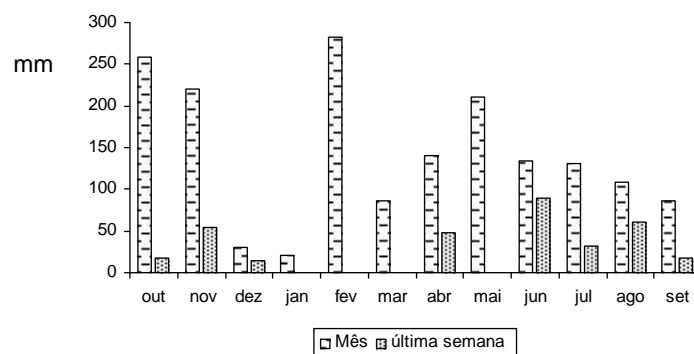


Figura 4b - Variação do índice pluviométrico mensal e nos últimos sete dias (em mm) antes do dia de cada uma das coletas.

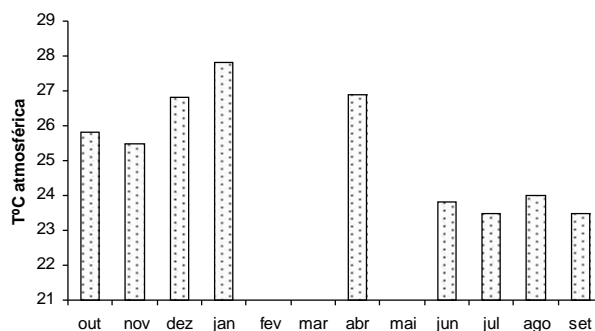


Figura 4c – Variação da temperatura atmosférica nos dias de coleta



Figura 5 – Fotos da área de estudo com a menor e a maior profundidade, janeiro e julho de 2007, respectivamente.

10 A distribuição da temperatura da água variou entre 25,4 e 35°C, tendo o  
 fundo registrado menores valores. A partir dos dados de temperatura obtidos  
 nas três profundidades a coluna d'água apresentou estratificação em alguns  
 períodos da amostragem, tendo sido melhor verificado na coleta do mês de  
 abril e nas coletas nictemerais. Dois períodos foram claramente definidos na  
 15 lagoa dos Frades, um compreendido entre outubro e janeiro e outro  
 compreendido entre junho e setembro, onde a média da temperatura  
 atmosférica no período entre outubro e janeiro foi de 26,4, e no período entre  
 junho e setembro foi de 23,7°C (Figura 6). A variação da temperatura da água  
 seguiu a variação da temperatura atmosférica, onde a média no período entre  
 20 outubro e janeiro foi de 31°C e no período entre junho e setembro foi de  
 28,8°C.

Os valores de condutividade elétrica variaram entre 128 e 273  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,  
 mostrando um gradiente vertical, onde o fundo apresentou os maiores valores.  
 Nos meses entre outubro e janeiro os valores foram maiores, enquanto entre  
 25 junho e setembro foram menores (Figura 7).

Com relação ao pH, o perfil vertical da lagoa mostrou uma superfície com valores mais altos, diminuindo gradativamente em direção ao fundo, apresentando uma variação de 5,5 a 9,5 no período analisado (Figura 8).

Os valores da saturação de oxigênio mostraram-se menores no fundo (chegando à anóxia) na maior parte das coletas, no entanto, foi verificada no mês de setembro e em alguns horários da coleta de abril, uma inversão, onde o fundo apresentou valores elevados. Os valores da saturação de oxigênio variaram entre 3 e 171% (Figura 9).

O N-total apresentou variação de 45,9 a 194,7  $\mu\text{M}$  N, apresentando-se bem superior às formas inorgânicas registradas (Figura 10). O amônio apresentou valores maiores no fundo, ocorrendo uma distinção entre os meses, sendo que houve variação de 2,93 a 88,6  $\mu\text{M}$  (Figura 11). Os valores de nitrato variaram ao longo do perfil vertical da lagoa, observado tanto nas coletas nictemerais como mensais, onde foram identificados maiores valores no período de novembro a janeiro e no mês de abril, variando de 0,1 a 4,84  $\mu\text{M}$  (Figura 12). Os valores de nitrito na maioria (85,7%) dos meses mostraram-se abaixo do limite de detecção do método (0,05  $\mu\text{M}$ ). As tabelas 2a e 2b mostram a variação dos parâmetros com respectivas médias.

20 Tabela 2a - Variação dos parâmetros analisados

Parâmetros	Cond. $\mu\text{S/cm}$	pH	Temp. $^{\circ}\text{C}$	OD %	COD mg/l	COP mg/l	Clor. a $\mu\text{g/L}$
Mínimo	128	5,5	25,4	3	1,68	2,7	14
Máximo	273	9,5	35	171	14,1	16,9	372
Média	173,9	7,7	28,6	66	6,6	8,6	118,3

Tabela 2b - Variação dos parâmetros analisados

Parâmetros	N-total $\mu\text{M}$	Nitrito $\mu\text{M}$	Nitrato $\mu\text{M}$	Amônio $\mu\text{M}$	P-total $\mu\text{M}$	P-orto $\mu\text{M}$	Sílica $\mu\text{M}$
Mínimo	45,9	<0,05	0,1	2,93	3,2	0,75	32
Máximo	194,7	<0,05	4,84	88,6	6,8	3,54	105,7
Média	141,2	<0,05	0,7	17	4,7	1,8	73,1

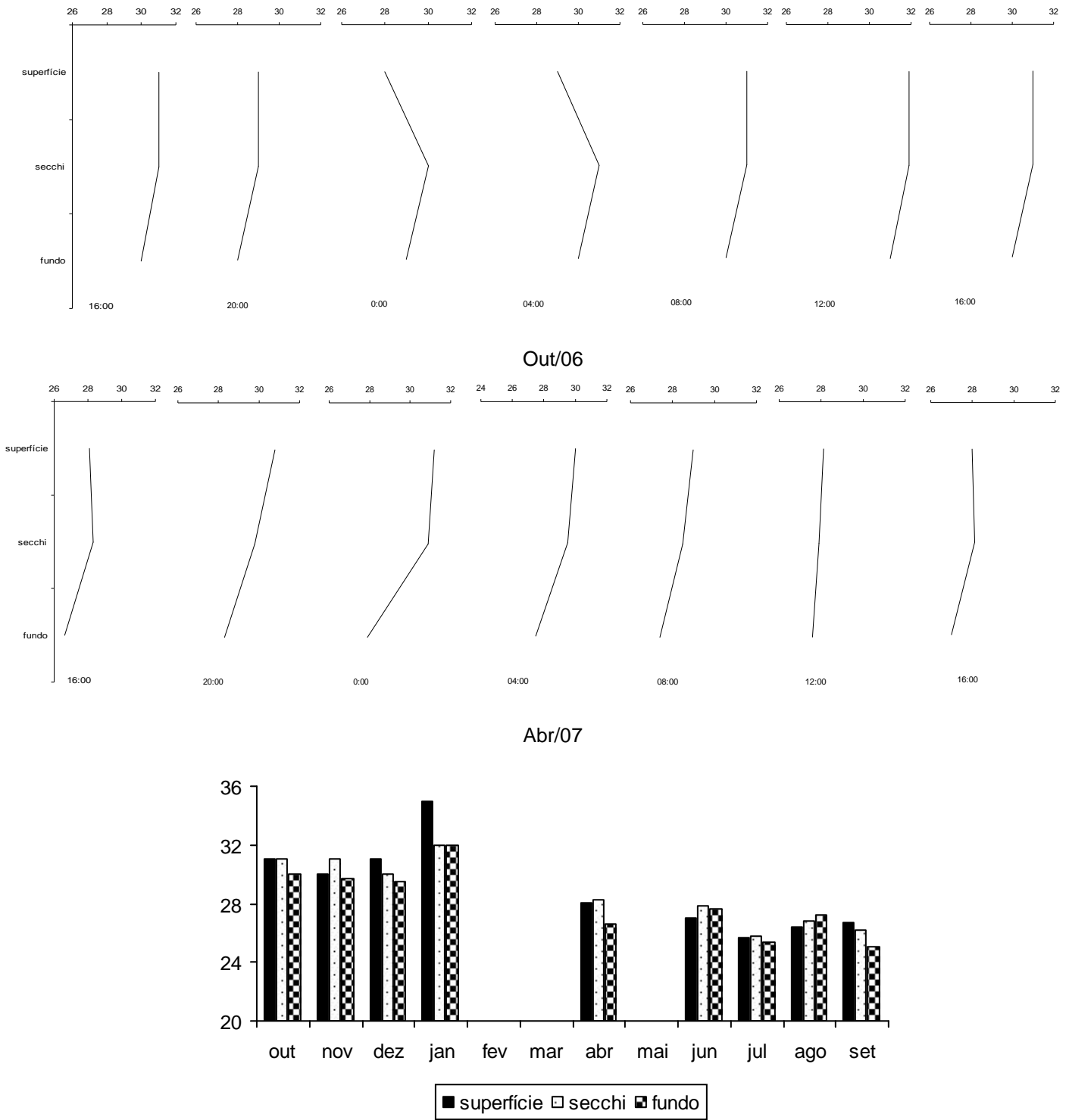
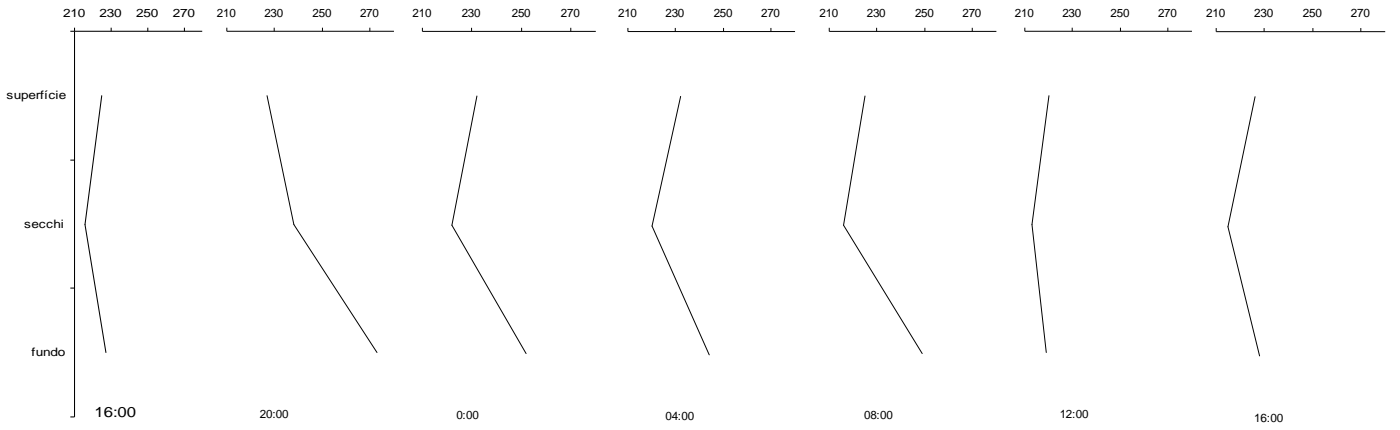
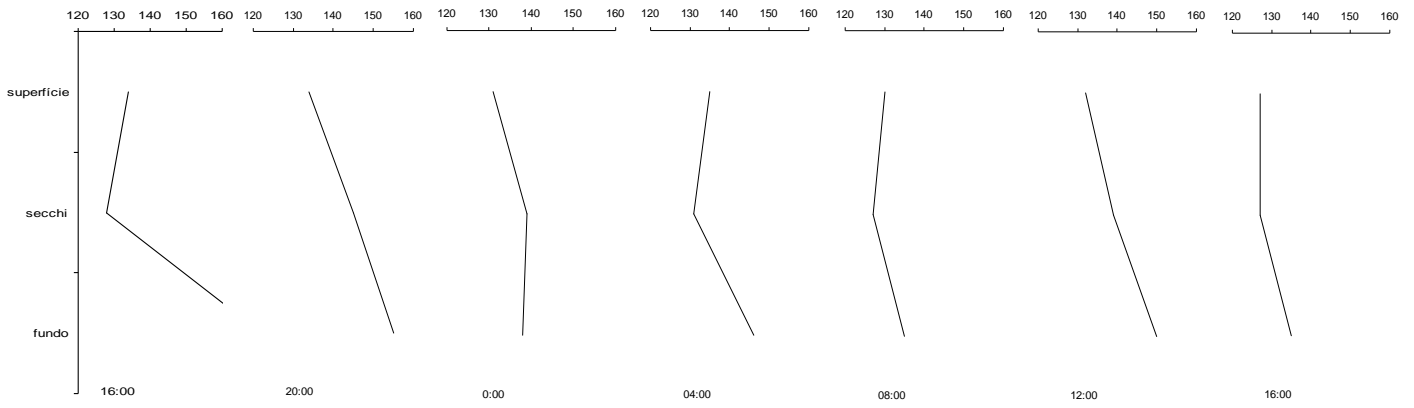


Figura 6 – Variação da temperatura nos meses analisados, nas três profundidades de coleta.



Out/06



Abr/07

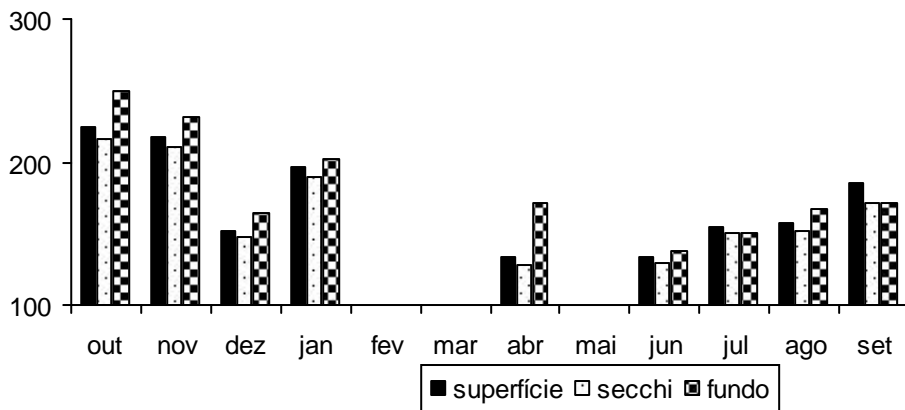
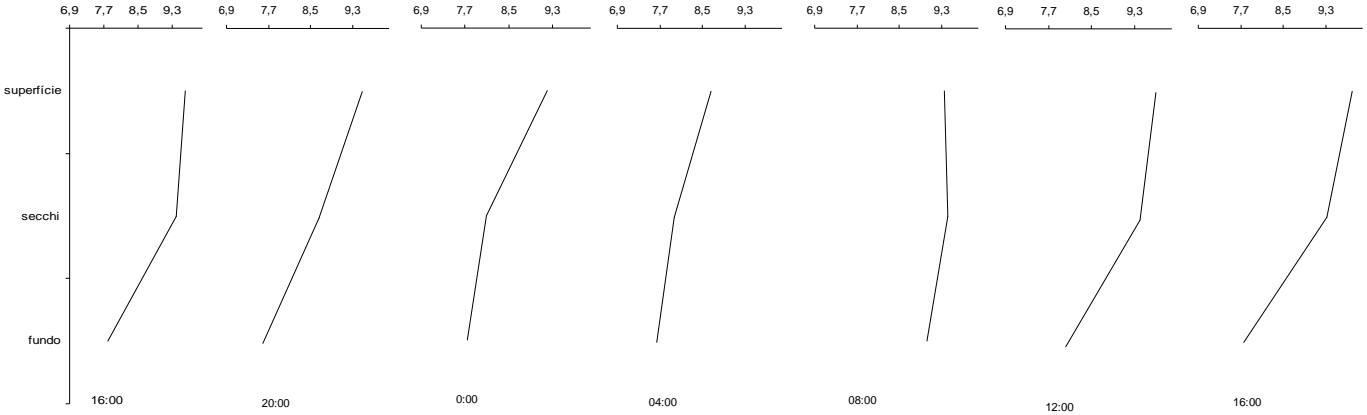
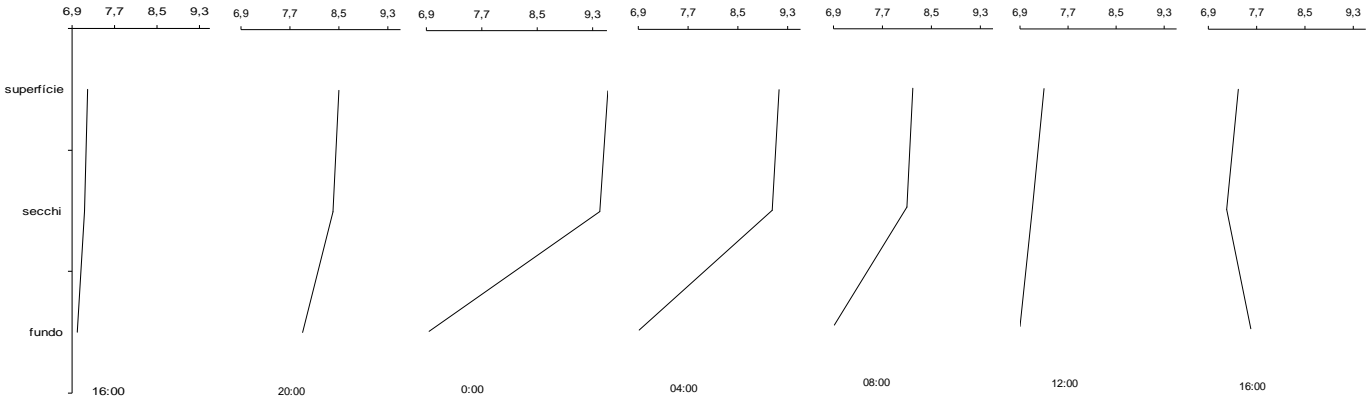


Figura 7 – Variação da condutividade em  $\mu\text{S/cm}$  nos meses analisados, nas três profundidades de coleta.



Out/06



Abr/07

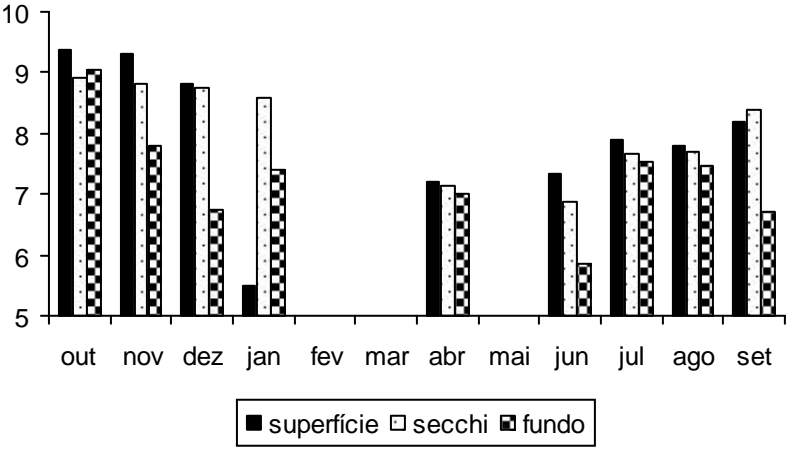
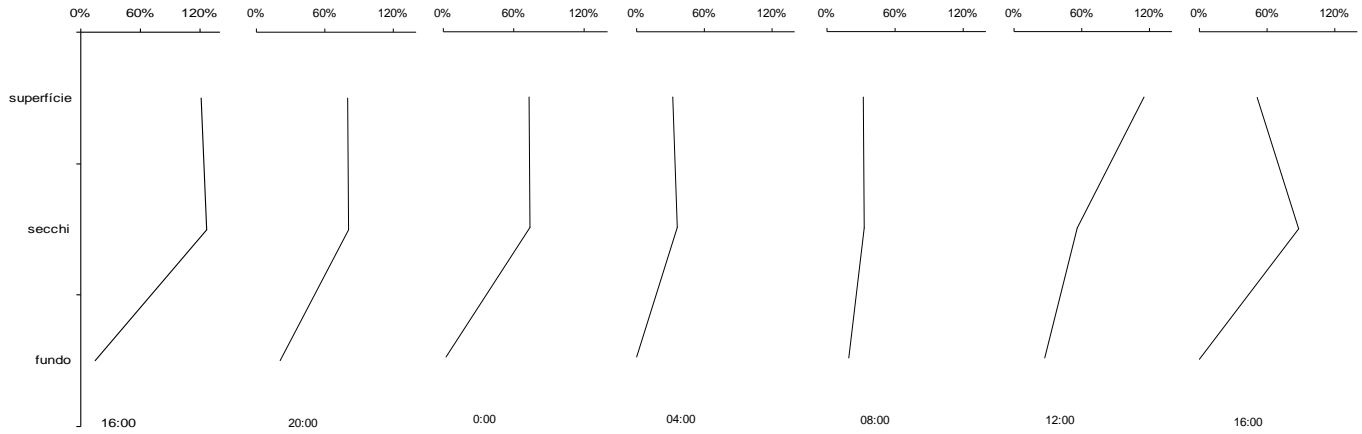
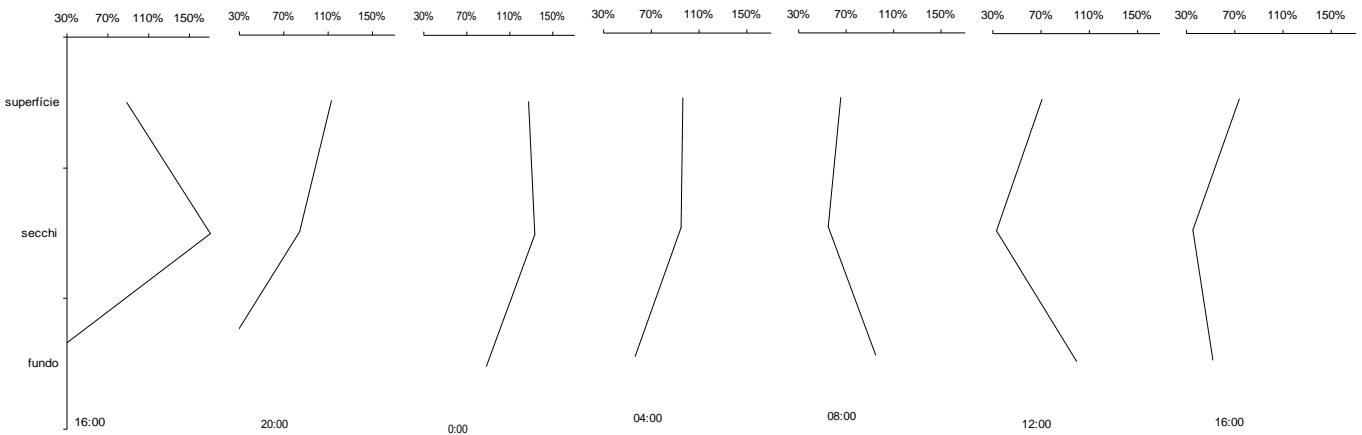


Figura 8 – Variação de pH nos meses analisados, nas três profundidades de coleta.





Out/06



Abr/07

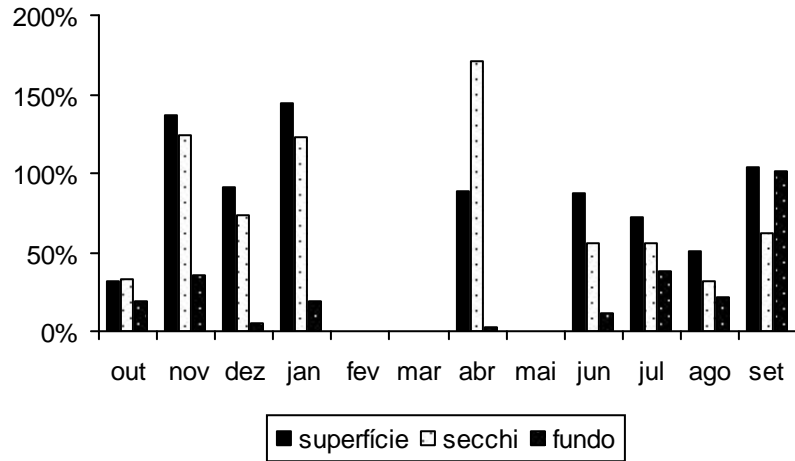


Figura 9 – Variação de Taxa de Saturação de O<sub>2</sub> nos meses analisados, nas três profundidades de coleta

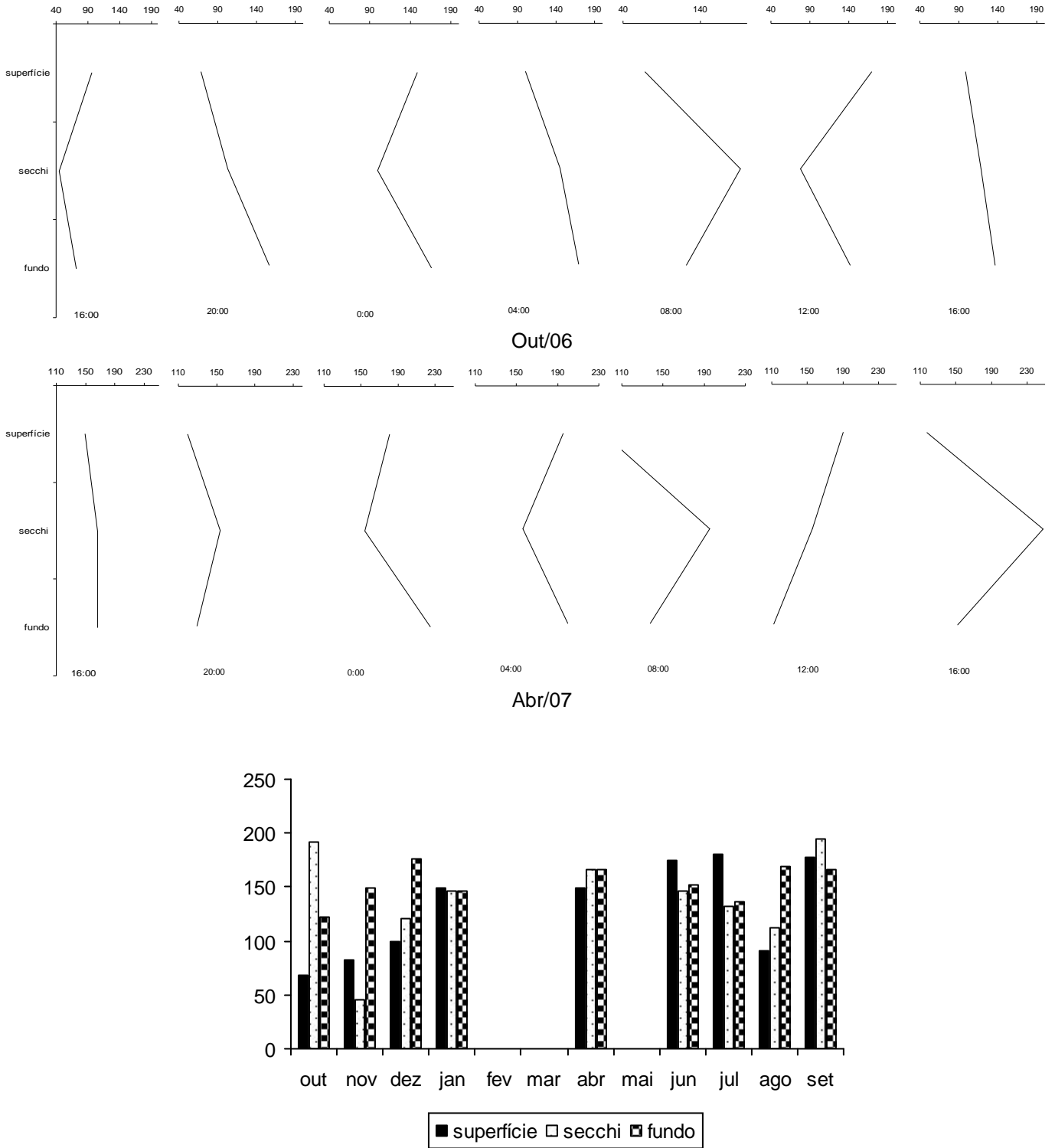


Figura 10 – Variação de N-total em µM N nos meses analisados, nas três profundidades de coleta.

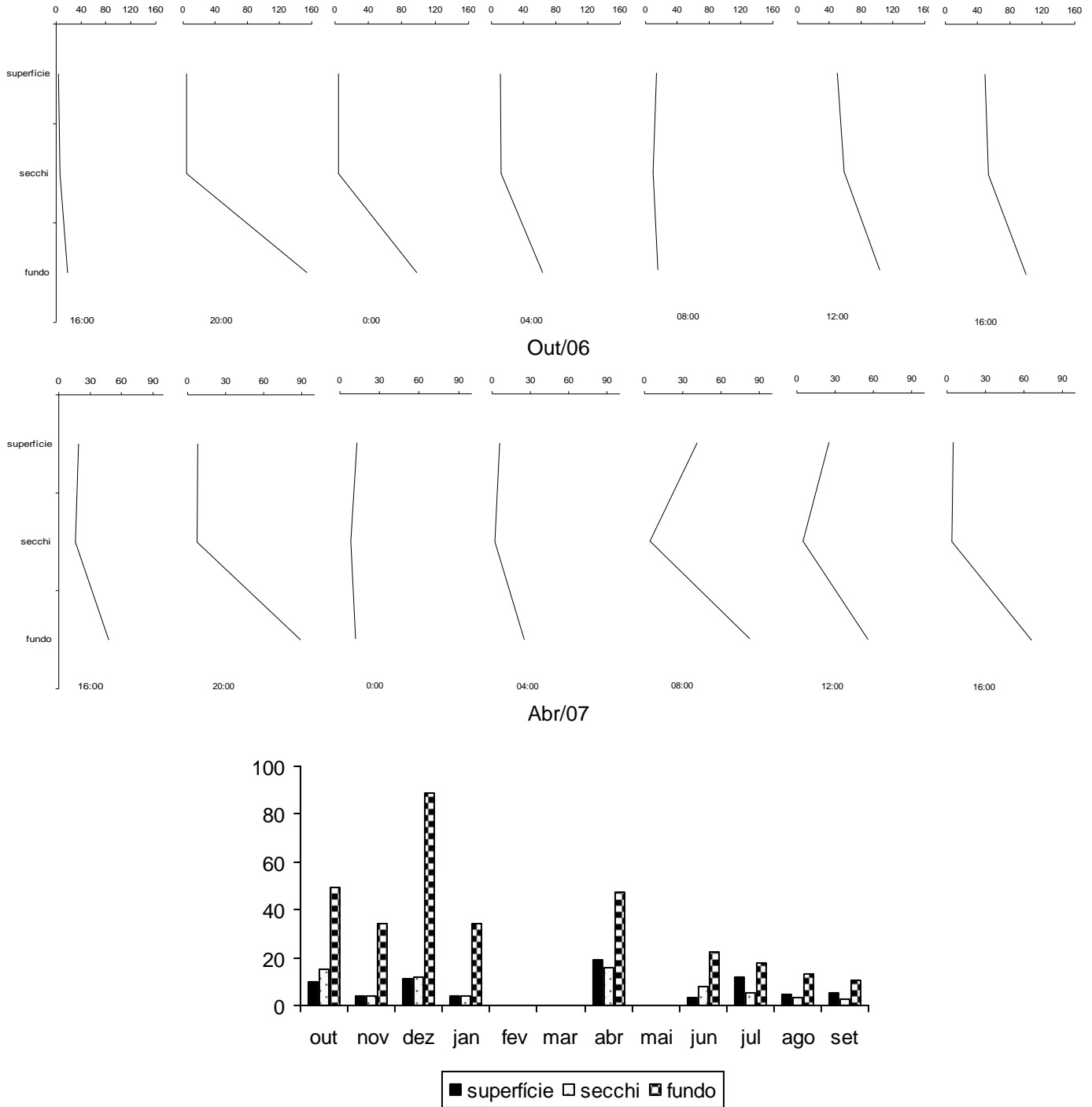


Figura 11 – Variação de Amônio em  $\mu\text{M NH}_4^+$  nos meses analisados, nas três profundidades de coleta

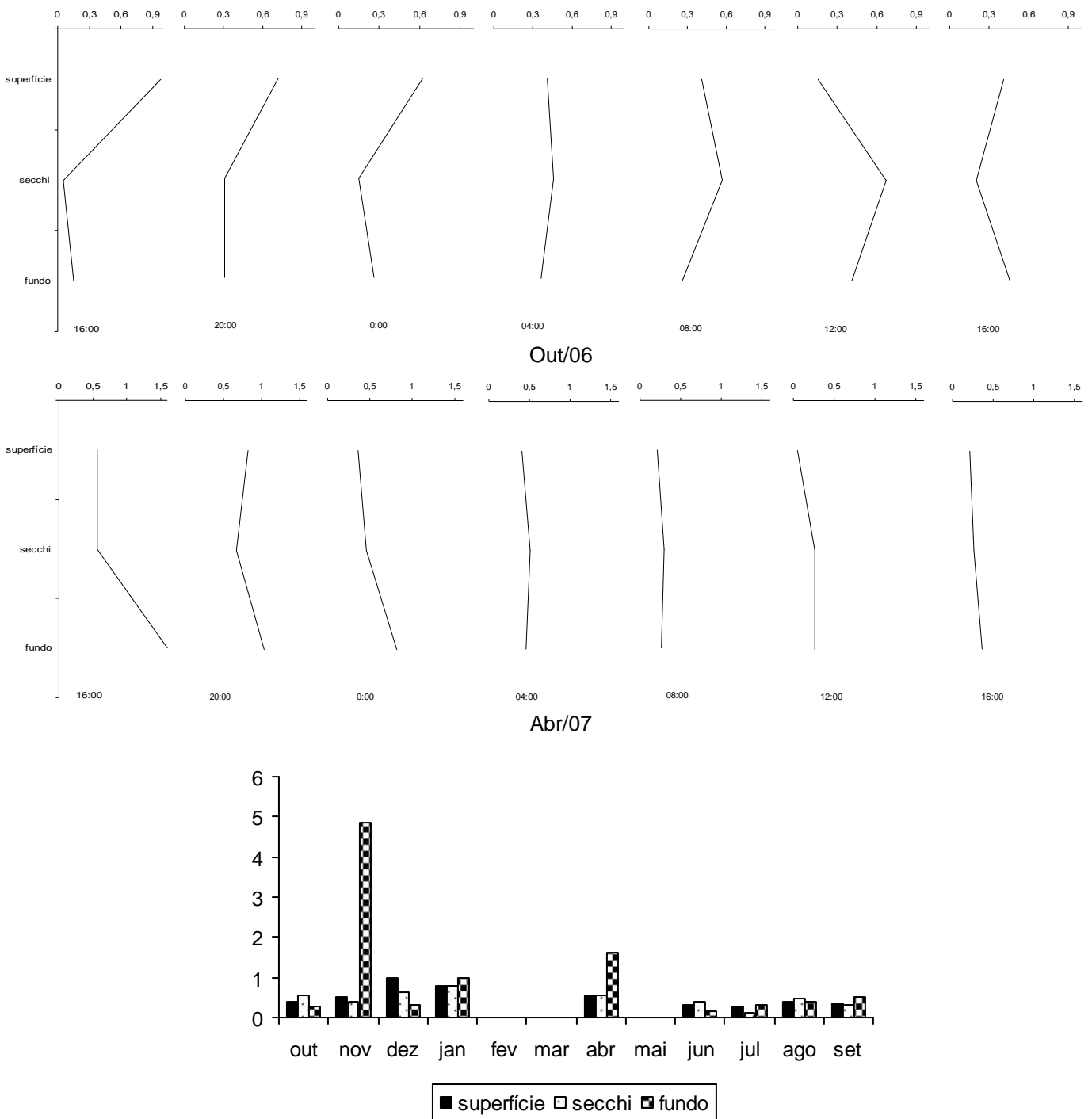


Figura 12 – Variação de Nitrato em µM N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nos meses analisados, nas três profundidades de coleta

O fósforo total não apresentou gradiente vertical, tendo variado de 3,2  $\mu\text{M}$  a 6,8  $\mu\text{M}$  (Figura 13). Os valores de ortofosfato não apresentaram predomínio em algum estrato específico, tendo uma variação de 0,75 a 3,54  $\mu\text{M}$  (Figura 14).

A sílica apresentou na maior parte das coletas valores maiores à superfície e à profundidade correspondente ao nível do disco de Secchi, com variações entre 32 a 105,7  $\mu\text{M}$ . (Figura 15).

O carbono orgânico particulado apresentou em seis das nove coletas, maiores valores na profundidade Secchi, tendo uma variação de 2,7 a 16,9 mg/l (Figura 16). O carbono orgânico dissolvido apresentou uma variação constante ao longo dos meses e em seu perfil vertical, identificando maiores valores predominantemente ao nível de Secchi, onde os valores variaram entre 1,68 a 14,1 mg/l (Figura 17).

Os valores da clorofila *a* medidos ao nível da profundidade do disco de Secchi foram predominantemente maiores, entretanto altos valores foram observados em todo o perfil, apresentando valores de 14 a 372  $\mu\text{g/L}$  (Figura 18).

A produção primária em outubro variou de 8,6 (Secchi às 12h00) à 13,6  $\text{mgC/m}^3/\text{h}$  (Secchi às 04h00). Em abril ocorreu variação da produção primária de 3,2 (superfície às 12h00) a 12,8  $\text{mgC/m}^3/\text{h}$  (superfície às 04h00) (Figura 19). Os valores da produção primária por unidade de clorofila *a* variaram na superfície de 1,8 a 3,09  $\text{mgC/m}^3/\text{h}/\mu\text{g Cl a}$ , enquanto na profundidade aferida ao nível do disco de Secchi variaram de 3,01 a 9,86  $\text{mgC/m}^3/\text{h}/\mu\text{g Cl a}$ .

25

30

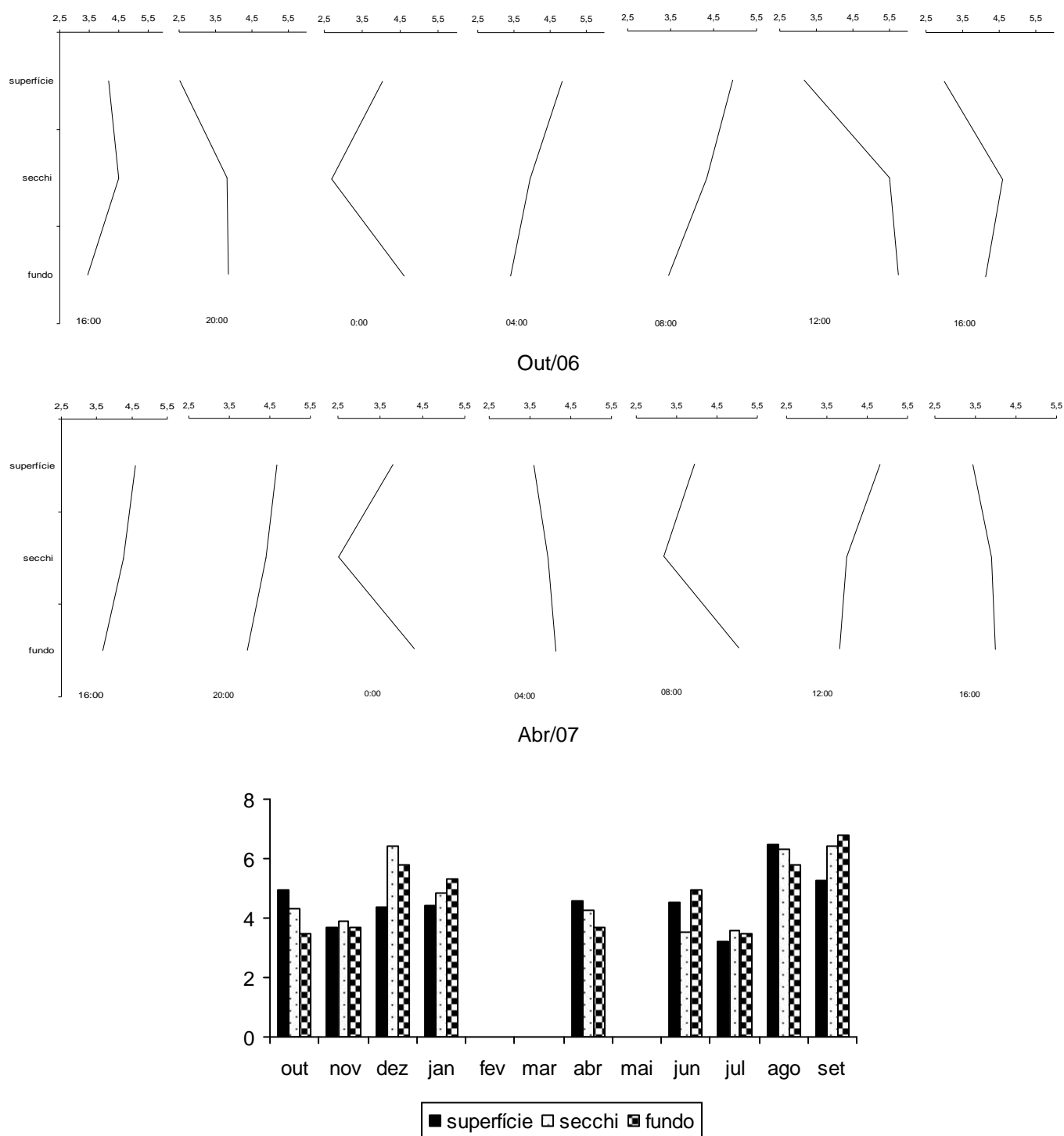


Figura 13 – Variação de P-total em  $\mu\text{M P}$  nos meses analisados, nas três profundidades de coleta

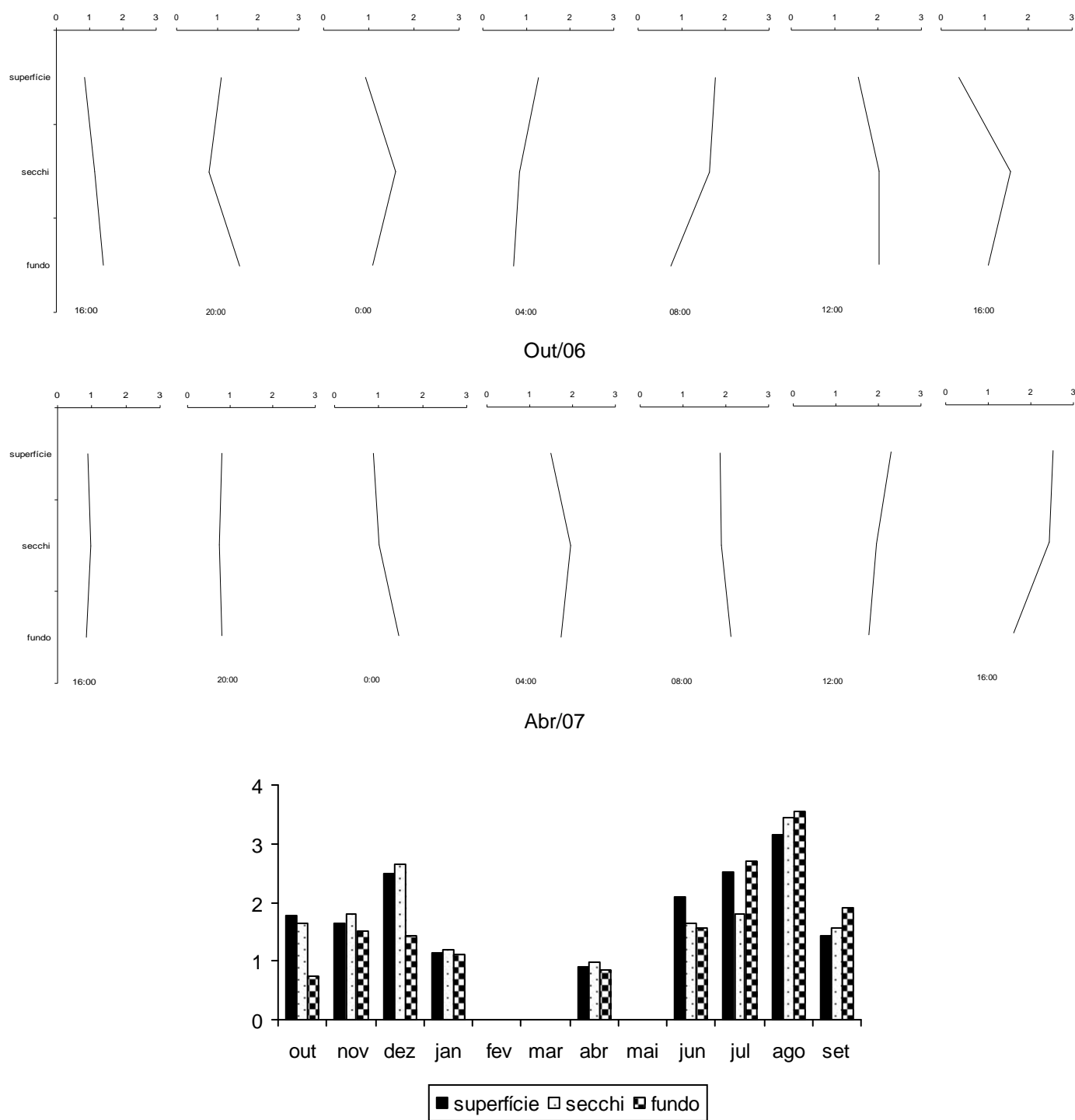


Figura 14 - Variação de ortofosfato em  $\mu\text{M P-PO}_4$  nos meses analisados, nas três profundidades de coleta.

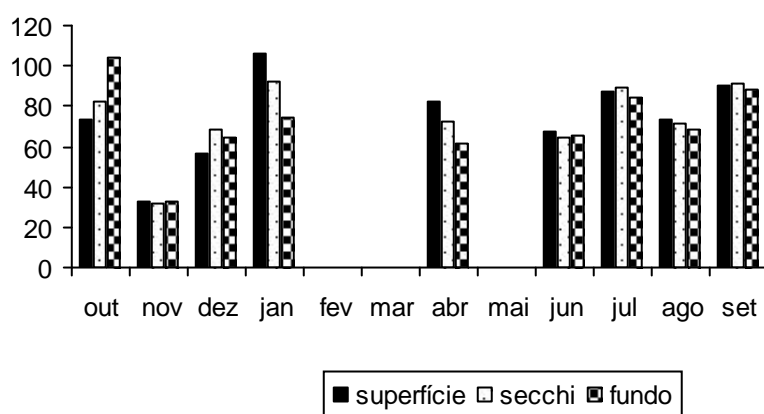
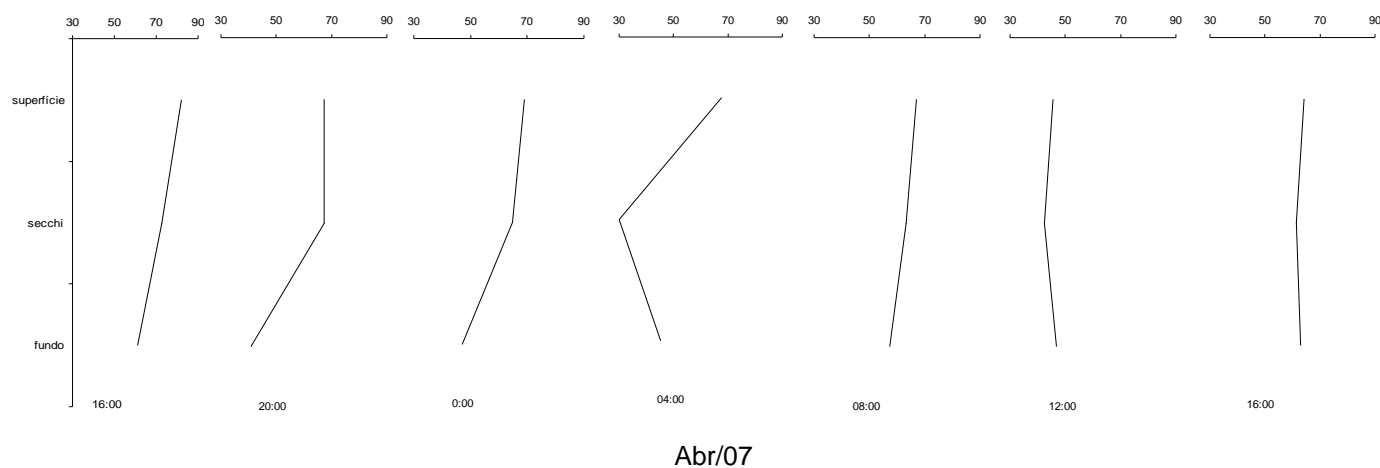
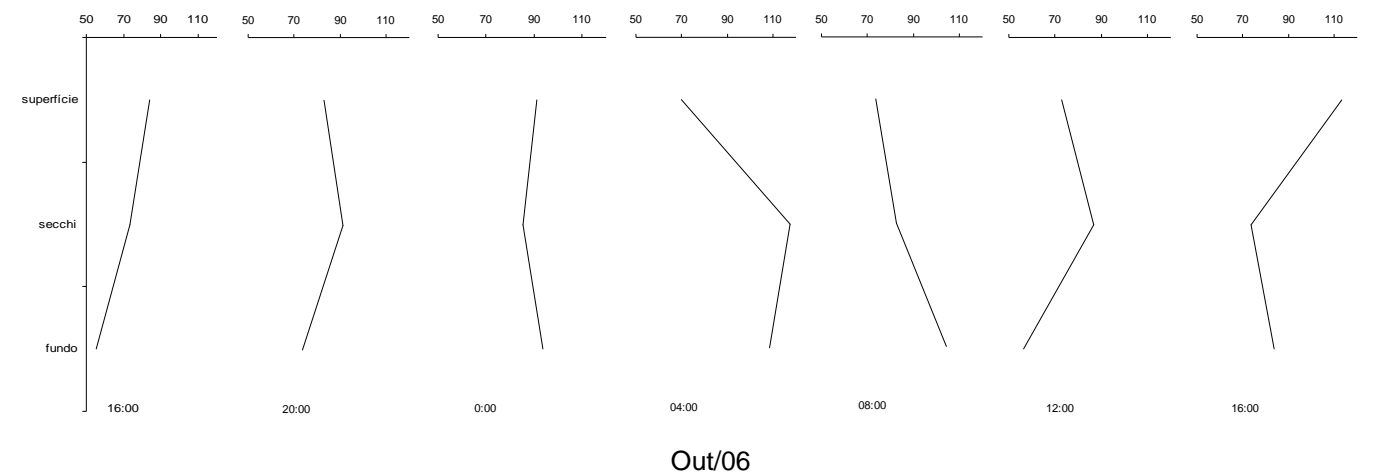
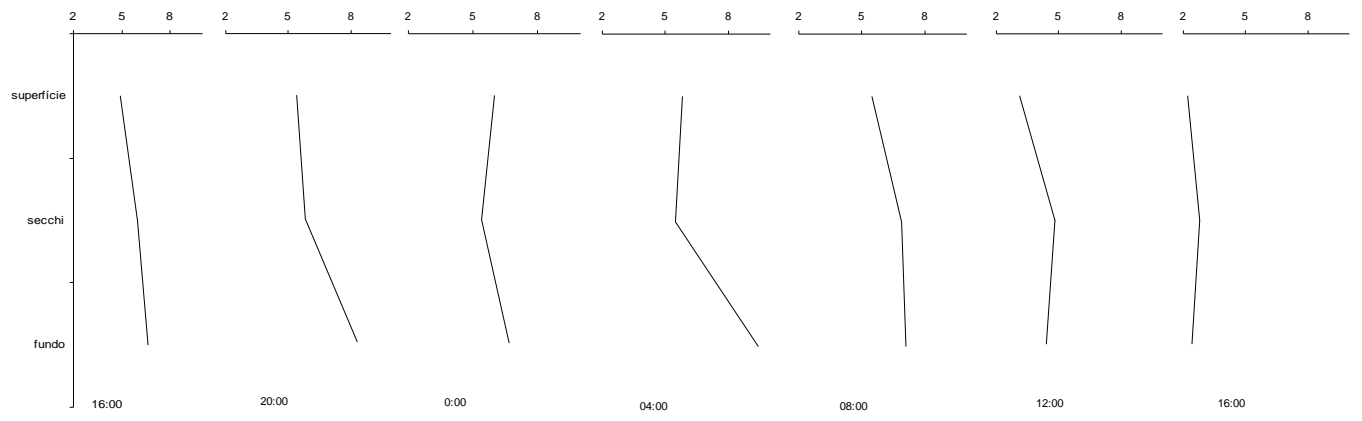
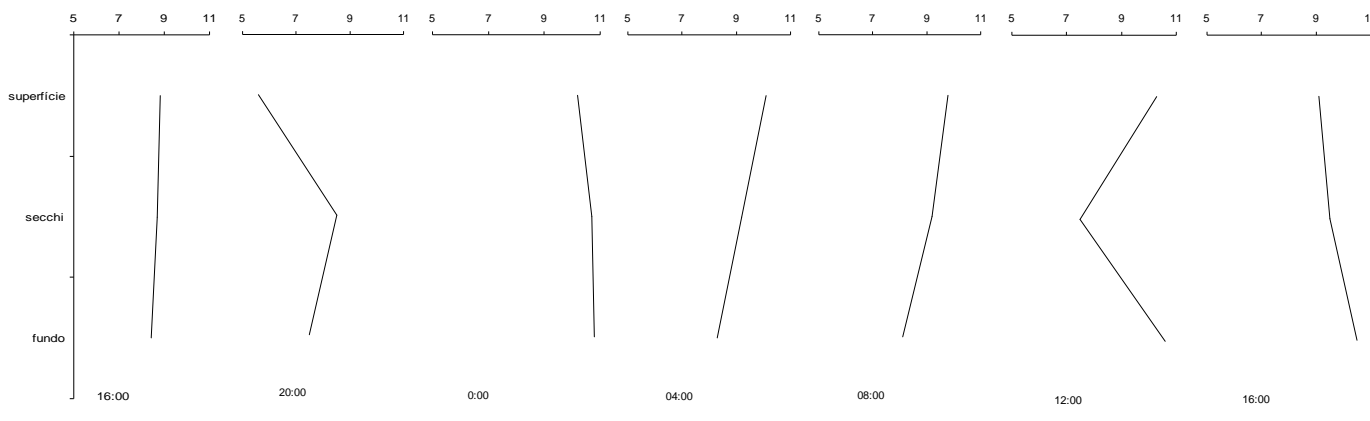


Figura 15 – Variação de Sílica em µM nos meses analisados, nas três profundidades de coleta





Out/06



Abr/07

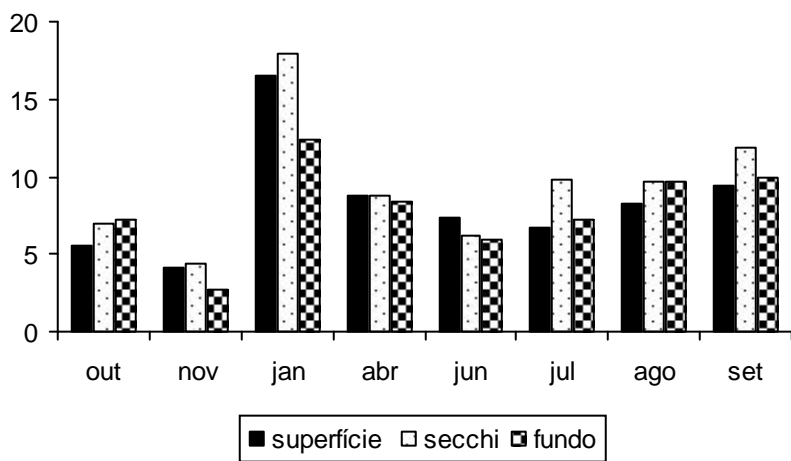


Figura 16 – Variação de COP (Carbono Orgânico Particulado) em mg C/l nos meses analisados, nas três profundidades de coleta.

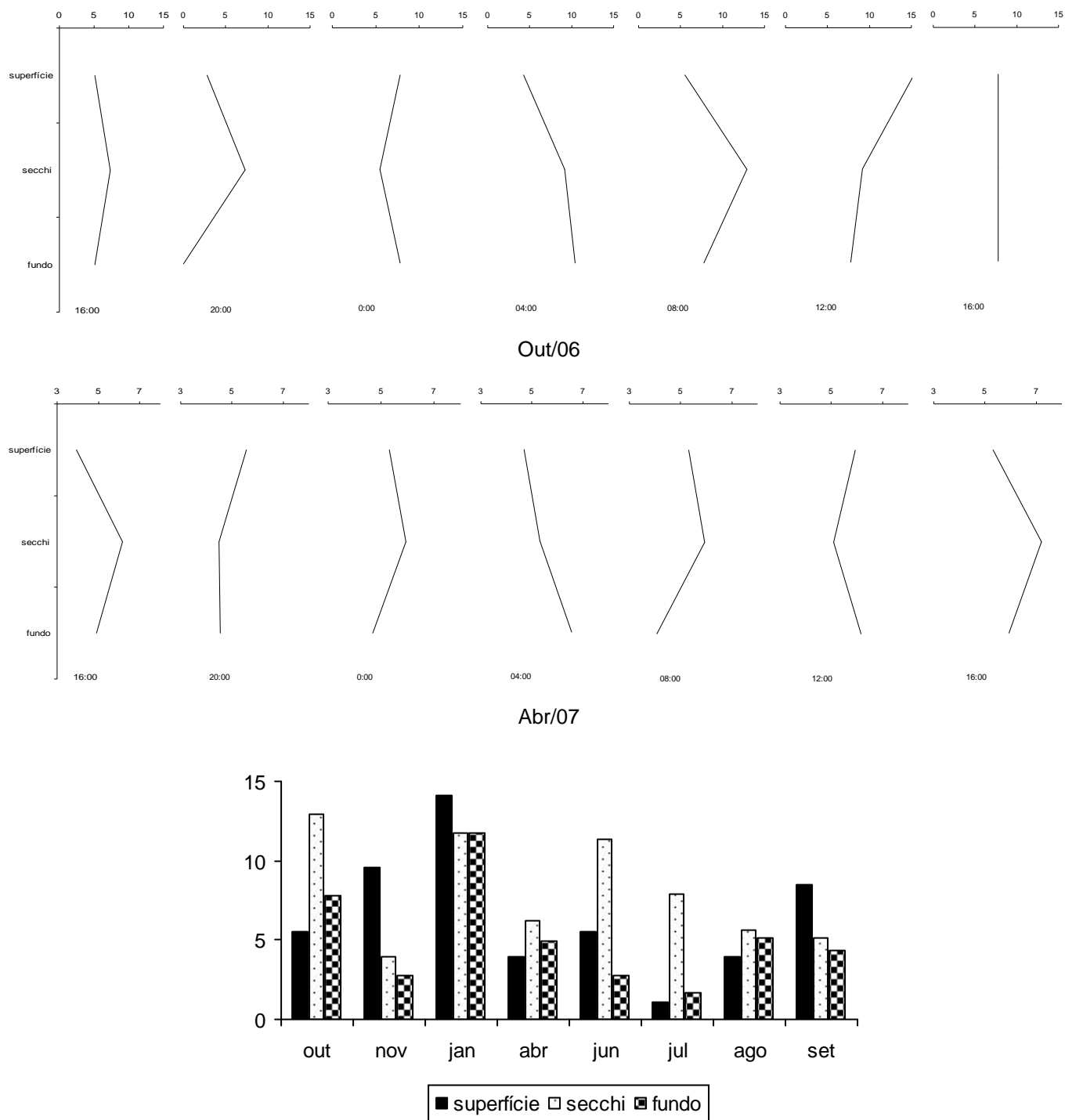


Figura 17 – Variação de COD (Carbono Orgânico Dissolvido) em mg C/l nos meses analisados e nas três profundidades de coleta

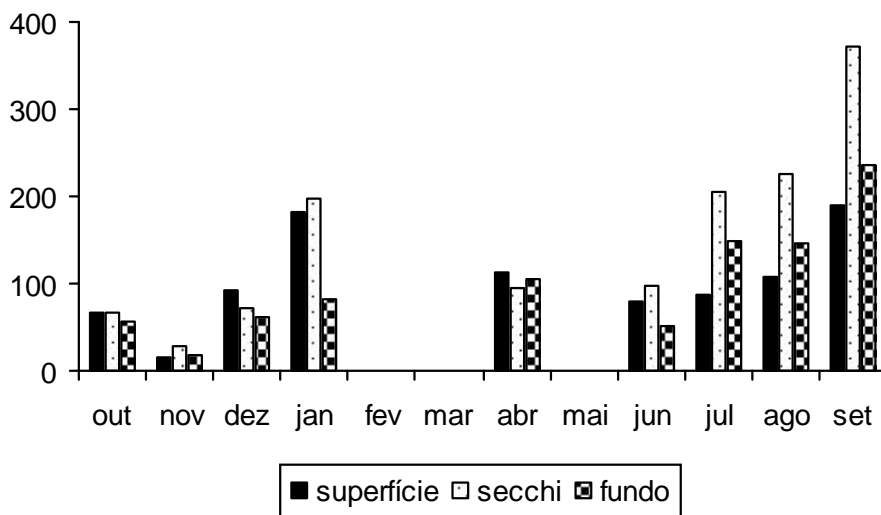
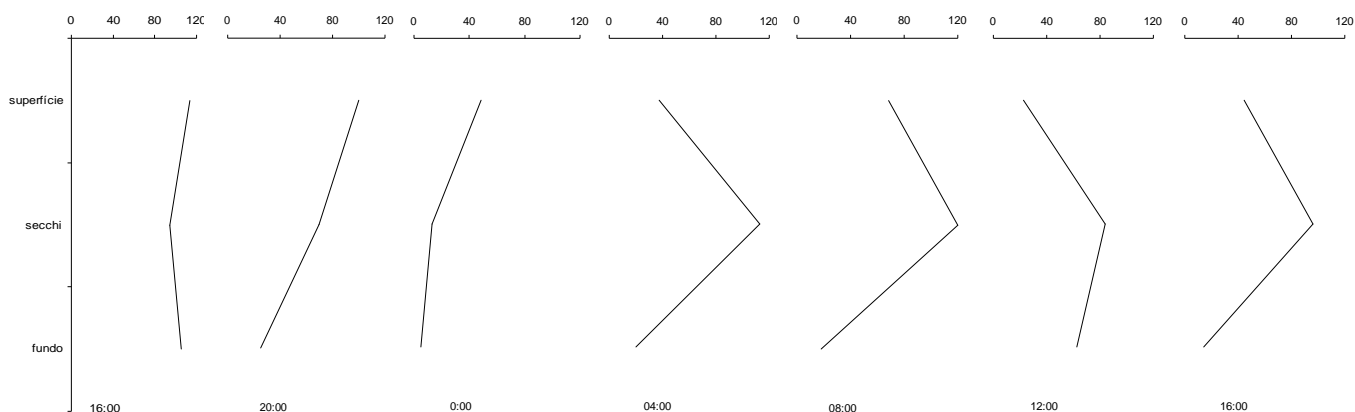
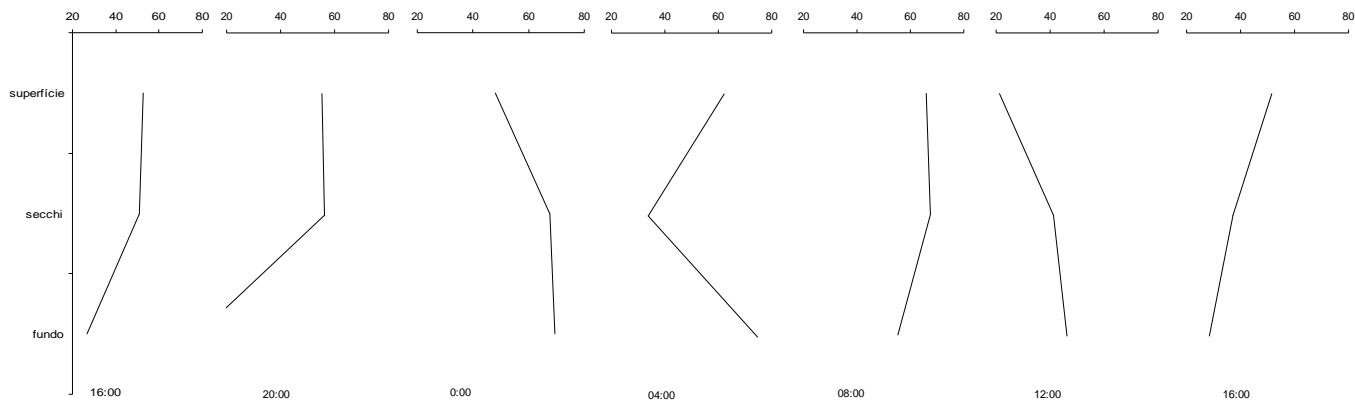


Figura 18 – Variação da clorofila a em µgCl/L nos meses analisados, nas três profundidades de coletas.

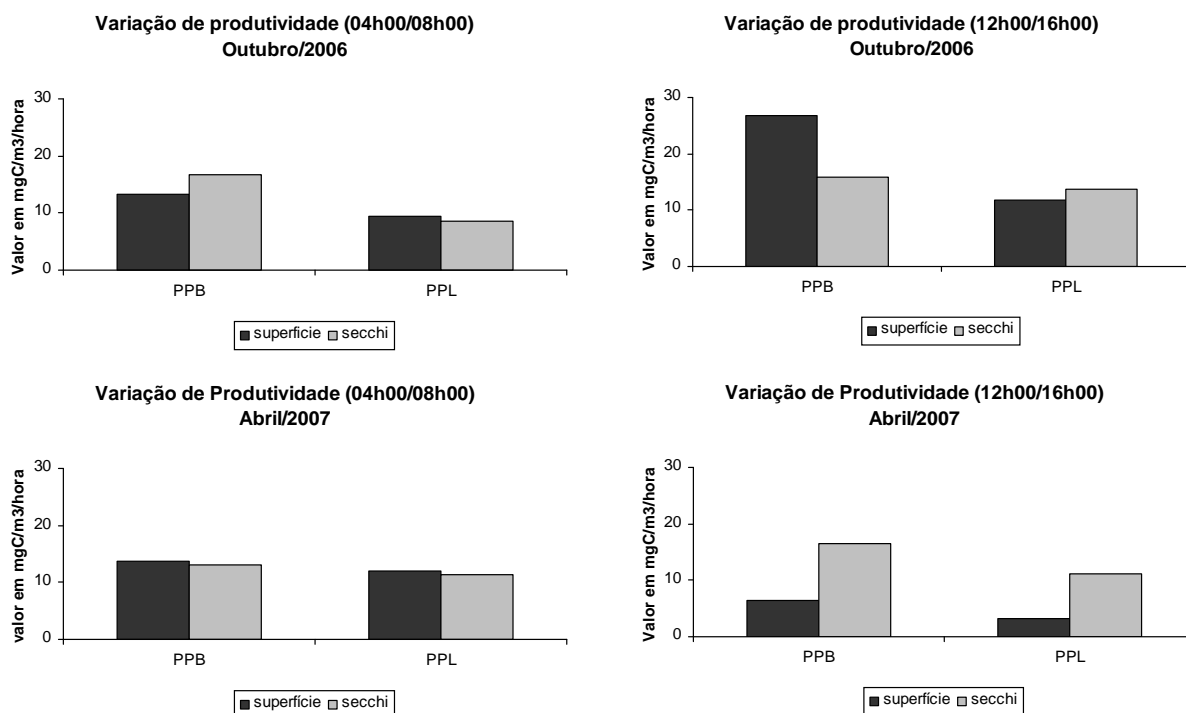
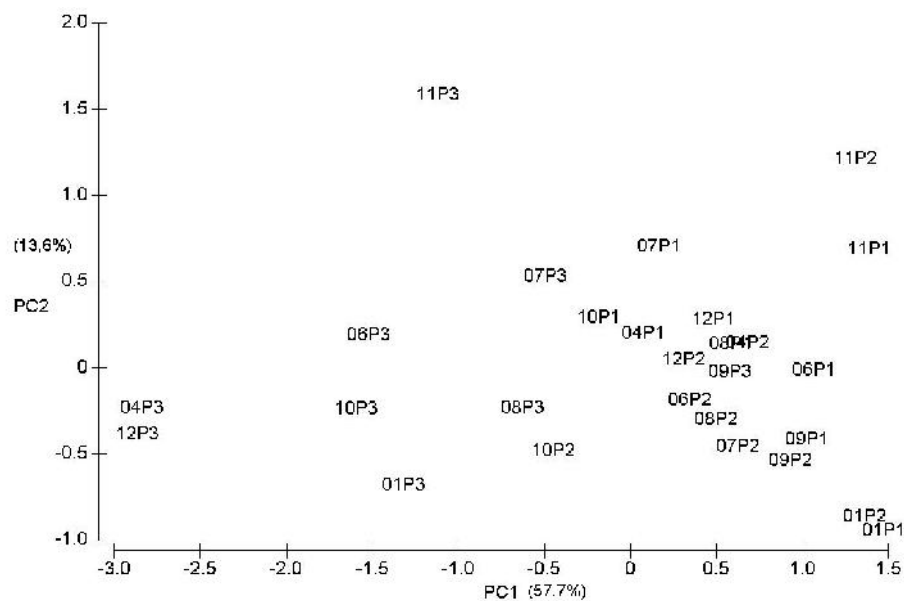


Figura 19 – variação da produção primária em outubro de 2006 e abril de 2007.

Os dois primeiros eixos do APC explicaram 71,3% dos dados, sendo que o amônio e saturação do oxigênio dissolvido estiveram mais associados ao eixo 1, enquanto o COD e o COP estiveram mais associados ao eixo 2 (Tabela 3 e Figura 20). A regressão entre os escores dos dois eixos e a clorofila a identificou um  $R^2 = 0,42$ , os valores de t e o P estão disponíveis na Tabela 4.

Tabela 3 – Valores dos escores obtidos na análise de componentes principais

temp.	0.004	-0.018
cond.	-0.017	0.028
pH	0.021	0.051
Sat. O <sub>2</sub>	0.737	0.220
N-total	-0.074	-0.263
Amônio	-0.659	0.142
Nitrato	-0.062	0.185
P-total	0.013	-0.120
ortofosfato	0.055	0.099
Sílica	0.010	-0.391
COP	0.059	-0.587
COD	0.078	-0.550



Números representam os meses  
P1(superfície); P2 (Secchi); P3 (fundo)

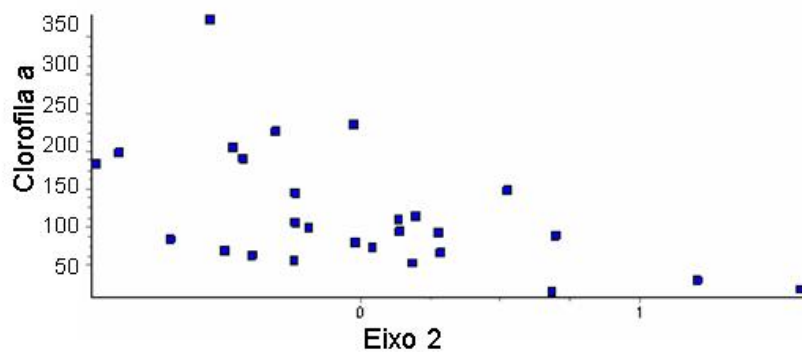
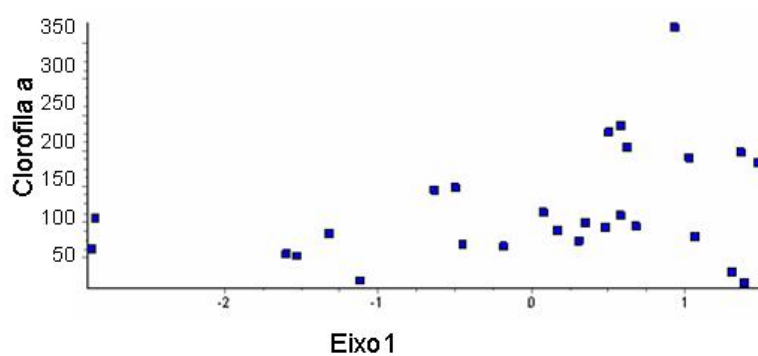


Figura 20 – Gráficos dos escores obtidos na análise de componentes principais, e as regressões com os dois eixos.

5 Tabela 4 – Identificação dos valores de t e P para os eixos encontrados na regressão.

Variáveis	t	P
Eixo 1	2,246	0,0342
Eixo 2	3,521	0,018

Os valores ponderados de IET encontrados para o índice de estado trófico na lagoa dos Frades variaram entre 59,2 e 62,4.

#### 5            **4. DISCUSSÃO**

A lagoa dos Frades, por ser um pequeno lago urbano, apresentou durante o período de amostragem variações dos valores dos parâmetros analisados, tanto espacialmente como ao longo dos meses, entretanto foram observados processos importantes para a estrutura de lagos, como o mecanismo de estratificação térmica (Soares & Mozeto, 2006). O processo de estratificação interfere na distribuição de nutrientes ao longo do perfil vertical do lago (Mariani *et al.* 2006), portanto a ocorrência deste fenômeno tem papel fundamental para a estrutura e funcionamento de lagos (Bicudo & Bicudo, 2004). Durante as coletas nictemerais foi observado mudanças na temperatura de cada extrato, onde a superfície apresentou na maioria dos horários valores mais altos que ao nível de Secchi e o fundo. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira & Becker (2006) estudando a lagoa do Sal no município de Beberibe (CE). Vale salientar que como os processos de estratificação em lagos são reguladores da distribuição de nutrientes, este influencia na distribuição da riqueza e abundância de espécies, o que pode ser verificado a partir de variáveis ambientais como, por exemplo, a biomassa. Como resultado das coletas nictemerais, foi observado uma variação da temperatura ao longo do perfil vertical da lagoa em períodos de poucas horas, como na coleta de outubro em que às 0h00 e às 04h00 se vê a superfície com menores valores em relação ao fundo e a profundidade Secchi e nos demais momentos em que este evento se inverteia. Contudo foi possível se observar que em determinados momentos das coletas nictemerais a estratificação desaparece, pois as temperaturas nos três estratos se tornam muito próximas, como o encontrado às 12h00 no mês de abril de 2007. Como os mecanismos de estratificação e desestratificação térmica na lagoa dos Frades ocorrem em períodos diários, a circulação da água ocorre por toda a coluna de forma constante, caracterizando-a como polimítica (Wetzel, 2001). Burger *et al.*, (2008) encontraram os mesmos resultados estudando lagos rasos na Nova

Zelândia. Durante o mês de outubro de 2006 foi verificada a formação de uma termoclina em um curto espaço de tempo, evidenciando que o mecanismo de estratificação e desestratificação ocorrem diariamente.

5 A distribuição de muitos nutrientes nos ambientes aquáticos depende dos valores da temperatura da água (Esteves, 1998), como, por exemplo, a distribuição de oxigênio, sendo que foram observados maiores valores da saturação de oxigênio no período mais quente e uma discreta diminuição da saturação no período mais frio. Se compararmos estes resultados aos observados em lagos temperados (Gurung et al., 2006) que apresentam uma  
10 clara diferenciação entre períodos quentes e frios e uma conseqüente variação na distribuição de nutrientes, a lagoa dos Frades por apresentar uma ciclagem constante, não apresenta uma diferenciação clara na distribuição do oxigênio entre os dois períodos.

Os valores do oxigênio dissolvido definiram um gradiente decrescente  
15 da superfície até o fundo, evidenciado pelos valores de saturação calculados (padrão também encontrado para o lago das Garças por Fonseca e Bicudo, 2008), sendo que no mês de abril, onde o índice pluviométrico na semana anterior à coleta foi elevado, a região do fundo da lagoa identificou situações de quase anóxia, demonstrando assim que com o input de material para a lagoa e  
20 o acúmulo deste no fundo devido a precipitação, promoveu o aumento da taxa de oxidação (Esteves, 1998), levando, portanto a uma depleção do oxigênio, apresentando, por exemplo, neste período uma taxa de saturação de apenas 4% na região do fundo. Segundo Mariani *et al.* (2006) o OD é um dos parâmetros que melhor reflete o ciclo diário em regiões tropicais, assim como  
25 um importante indicador em sistemas límnicos, assim a identificação da saturação do gás, se constitui um importante parâmetro para evidenciar variações nestes ciclos, principalmente com relação a variação térmica ao longo de seu perfil vertical.

Assim o oxigênio na lagoa dos Frades é mais influenciado pela  
30 profundidade, do que quando comparamos diferentes épocas do ano e considerando a sua importância sobre o metabolismo fitoplanctônico, a variação deste parâmetro determinará a flutuação dos valores de biomassa, visto que na lagoa em questão, esta é representada pelo fitoplâncton ai presente.

Um outro efeito observado durante o trabalho foi que o pH apresentou uma larga amplitude para um ambiente de pequeno porte e observado em um curto período de tempo. Esta variação intensa pode estar associada à relação entre a intensidade fotossintética e a atividade respiratória na lagoa, pois a  
5 quantidade de CO<sub>2</sub> na água influencia nos valores de pH.

Segundo Souza (2007) a sílica é um composto de fundamental importância na construção das carapaças das diatomáceas. Durante o período das coletas a sílica não apresentou a formação de um gradiente na coluna d'água, no entanto ocorreu uma semelhança entre a variação da sílica e a  
10 quantidade de clorofila a, apesar de nos meses de julho, agosto e setembro os valores de clorofila a aumentarem, os valores de sílica permaneceram estáveis, sugerindo uma floração algal com outras espécies que não as diatomáceas. Em trabalhos anteriores (Da silva et al., 1995) foi verificado a presença de macrófitas na lagoa (*Eichhornia crassipes*), além do fato de ter ocorrido a  
15 identificação de alguns gêneros de algas (*Cylindrospermopsis*, *Microcystis* e *Pediastrum*) provenientes de amostra da lagoa, referente ao período de outubro de 2006 (ver anexos), mesmo considerando que as macrofilas não estavam presentes no período das análises. Considerando que a clorofila a representa a biomassa da lagoa, foi observado que os valores de sílica  
20 apresentam influencia sobre esta, na lagoa dos Frades.

Neste estudo foi identificado valores elevados de fósforo, principalmente na forma de orto-fosfato. De acordo com Shukla *et al.* (2007) o fósforo é indicado como um dos principais responsáveis pelo crescimento do fitoplâncton e como este representa uma medida quantitativa da biomassa da lagoa, os  
25 valores elevados deste elemento foram representativos sobre esta medida.

Apesar do N-total ter apresentado valores elevados, as diferenças entre as formas inorgânicas registradas e o N-total demonstram existir grande quantidade deste elemento nas formas orgânicas. Thomaz *et al.* (2000) encontraram resultados semelhantes estudando lagos na bacia do alto rio  
30 Paraná, sugerindo que este elemento deva estar associado aos detritos orgânicos e à clorofila a. Neste estudo foi observada uma relação positiva entre a variação dos valores de N-total, principalmente o nitrato que corresponde a uma das principais fontes nutricionais para o fitoplâncton (Cavalcante *et al.*,



2007 e Soares & Mozeto, 2006) e de clorofila *a*, estando desta forma interferindo na flutuação da biomassa da lagoa dos Frades.

Os dois primeiros eixos do APC mostraram respectivamente uma relação com a estratificação térmica e a biomassa, sendo que o eixo 1 explicou 57,7% dos dados e o eixo 2 explicou 13,6%. A regressão entre os escores dos dois primeiros eixos e a clorofila *a* mostrou existir uma correlação (eixo 1  $p=0,03$ ) e (eixo 2  $p=0,01$ ) entre os parâmetros analisados e a variação da biomassa na lagoa dos Frades durante o período de análises, sendo que a saturação de oxigênio, concentrações do amônio e das duas formas de carbono analisadas estiveram mais associados com os valores de biomassa. Burger *et al.* (2008) estudando lagos rasos encontraram associação entre a disponibilidade de oxigênio e amônio com relação à variação da biomassa. Considerando que estes parâmetros supracitados foram os que mais estiveram associados com a clorofila *a* e esta, por sua vez, teve papel preponderante na determinação do estado trófico, podemos inferir que o controle destes elementos na lagoa poderá contribuir para a minimização do estado de trofia, mas por outro lado o controle da entrada do fósforo também se configura uma importante medida para diminuir os efeitos da eutrofização local.

Desta forma a biomassa na lagoa dos Frades é influenciada pelo amônio e pela saturação de oxigênio, variáveis que se mostraram importantes durante o período de análises. Em algumas simulações realizadas com o APC foi confirmada a influência do amônio e da saturação de oxigênio sobre o funcionamento da lagoa dos Frades (ver anexos). Apesar de a lagoa ser de pouca profundidade e apresentar uma mistura constante entre os estratos verticais, o consumo anaeróbico do oxigênio no fundo e a distribuição do amônio ao longo do perfil vertical do lago estiveram altamente associados à biomassa identificada.

A identificação da variação na biomassa de lagoas tropicais se configura como uma importante e necessária ferramenta para os processos de gestão e identificação de padrões. Considerando que estudos mais detalhados sobre a biomassa e as variáveis que a influenciam já existem para lagoas localizadas em regiões temperadas (Burger *et al.*, 2008), a compreensão destes padrões

para ambientes tropicais é de suma importância para o desenvolvimento da ciência limnológica.

A produção primária identificada neste estudo mostrou sofrer forte influência da intensidade de radiação luminosa (Toledo & Hay, 1988), sendo evidenciado pelas diferenças encontradas nos dois diferentes horários de 5 incubações. O valor de biomassa encontrada na profundidade Secchi durante o estudo foi elevado, denotando um grande número de células fitoplanctônicas, que apesar de não apresentarem proporcionalidade com a produção primária, devem ser levadas em consideração devido ao seu valor quantitativo. Além dos 10 valores da biomassa, a temperatura manteve-se acima dos 25° C durante toda a campanha. De acordo com Loisel et al. (2007) e Villafan et al. (2007) estudando ecossistemas tropicais informam que biomassa, temperaturas elevadas entre outros fatores podem estar associados a altos valores de produção primária. Assim as diferentes profundidades de incubação mostraram 15 o efeito da saturação de radiação, pois nas incubações realizadas durante o horário das 12h00 a superfície apresentava menor valor de produção primária, caracterizando a profundidade Secchi nestes horários dentro da melhor faixa de saturação, determinando melhor absorção da radiação luminosa e conseqüente maior produção primária. Oduor & Schagerl (2007) apontam para 20 os efeitos causados pela atenuação luminosa sobre os processos de produção primária em lagos. A produção primária por unidade de clorofila *a* mostrou claramente uma maior eficiência do processo ao nível do disco de Secchi, o que demonstra um melhor aproveitamento da radiação luminosa pelo fitoplâncton, indicando que o sombreamento apresenta um importante efeito 25 sobre a produção primária nesta lagoa. Alves (1988) mesmo estudando o reservatório de Paranoá identifica o efeito de sombreamento provocado pelo fitoplâncton epilimnético. Os valores de carbono encontrados na superfície e na profundidade Secchi também se mostraram associados à produção primária.

A produção primária esteve associada com os valores de pH, onde a 30 lagoa apresentou valores alcalinos de pH na maior parte das amostras, com algumas exceções para o fundo, o que pode ser constatado pela saturação de oxigênio encontrado. Este efeito é devido ao aumento da absorção de CO<sub>2</sub> pelas algas durante a fotossíntese (da Silva et al., 1997), assim como a

atividade fotossintetizante diminui com a profundidade, devido ao efeito da limitação luminosa, este consumo de CO<sub>2</sub> ocorre com intensidades diferentes ao longo do perfil vertical da lagoa, caracterizando uma maior absorção na superfície e menor no fundo, explicando em parte, valores mais baixos de pH no fundo.

Comparando a produção primária das coletas de outubro e abril foi visto que a incubação realizada às 12h00 apresentou-se nitidamente maior em outubro, notadamente à superfície enquanto nas incubações realizadas às 04h00, os valores ficaram muito próximos. Em parte estas diferenças são explicadas pela maior temperatura da água no dia da coleta em outubro. Segundo Loiselle *et al.* (2007) temperatura elevadas influenciam diretamente na produtividade primária. Contudo o mês de outubro apresentou também as maiores perdas por respiração tanto na incubação de 04h00, quanto na incubação de 12h00 com maior valor à superfície. Mesmo considerando que existem aí embutidos efeitos da intensidade de radiação e processos de sombreamento que já foram discutidos neste trabalho.

Foi observado uma relação média de N:P de 29,7:1. Guarino *et al.* (2005) encontraram uma relação de 20,4:1 e da Silva *et al.* (1997) encontraram uma variação entre 18,5 e 30,2:1 enquanto relações de 7,2:1 já caracterizariam o fósforo como fator limitante (ver Overbeck, 2000). É importante ressaltar que esta consideração sobre o seu papel como fator limitante se deve à relação de distribuição deste elemento em relação aos valores encontrados para o nitrogênio. Apesar dos valores de nitrogênio e fósforo estarem elevados, a proporcionalidade entre eles mostra o fósforo como fator limitante para a produção primária da lagoa, lembrando que outros parâmetros também influenciam na produção primária aquática, como exemplo a saturação de oxigênio (Bicudo & Bicudo, 2004).

Apesar da transparência estimada com o disco de Secchi identificar pequenos valores ao longo dos meses, este parâmetro foi fundamental na determinação do IET da lagoa, pois como o seu peso (escore) foi elevado o IET foi associado a ambientes eutrofizados. Em ambientes com altas densidades de células fitoplanctônicas a penetração da luz na água é comprometida, pois este componente biótico atenua a passagem da luz, evidenciado pelos valores

de clorofila encontrados até a profundidade Secchi. Resultados semelhantes foram encontrados por Thomaz, *et al.* (2000) estudando lagos de ambientes tropicais.

5 Materiais particulados ou dissolvidos presentes na água podem contribuir para diminuir a penetração da luz, assim a determinação da transparência da água a partir da utilização do disco de Secchi apresenta uma importante função no estudo sobre processos de eutrofização, no entanto Schaeffer (1998) destaca o fato que a utilização do disco de Secchi em águas com alta concentração de compostos dissolvidos ou particulados pode não  
10 representar adequadamente a penetração da luz na água devido a efeitos da dispersão da radiação luminosa.

Os resultados do IET mostraram que a clorofila *a* foi a maior determinante do estado de trofia da lagoa dos Frades, seguida pelos valores do fósforo, que apesar de elevados não se caracterizaram, (segundo o método de  
15 Carlson, 1977, modificado) como o mais importante para determinação do IET, mesmo que este seja citado pela literatura como um dos principais contribuintes para o estado de eutrofização (Vollenweider, 1975; da Silva *et al.*, 1997; Persson, 2001; Gurung *et al.*, 2006; Tuzun & Ince, 2006). Neste índice devemos entender os resultados correspondentes ao fósforo como uma  
20 medida do potencial de eutrofização, enquanto a avaliação da clorofila *a* e transparência como uma medida da resposta da lagoa ao agente causador, indicando o nível de crescimento do fitoplâncton. Assim podemos entender que valores elevados de outros nutrientes podem estar apresentando uma maior influência sobre o aumento do fitoplâncton (Burger *et al.*, 2008) do que o  
25 fósforo e conseqüentemente influenciando a avaliação do IET.

Durante algumas coletas na lagoa dos Frades foi possível observar o despejo de esgotos, por uma manilha localizada próximo aos módulos, fato este também observado em trabalhos anteriores (da Silva *et al.* 1995), sendo que esgotos domésticos têm sido apontados como importantes fontes de  
30 fósforo para os meios aquáticos, determinando processos de eutrofização (da Silva *et al.*, 1997; Burford *et al.*, 2007; Burger *et al.*, 2008). Henry *et al.* (2004) utilizando também P Total, clorofila *a* e transparência para determinação do estado de trofia, apontam a presença do fósforo, como um importante

contribuinte para este estado, destacando, no entanto, a entrada deste elemento a partir de esgotos domésticos.

Da série fosfatada, o ortofosfato apresentou valores mais elevados, sendo que em algumas amostras os seus valores representaram mais de 50% com relação aos valores de P-total, e que por ser a principal forma absorvida pelos vegetais (Esteves, 1998) denota que uma boa parte do fósforo na lagoa dos Frades, é prontamente assimilada pelo fitoplâncton. A identificação de valores elevados deste íon sugere processo de eutrofização artificial (Amemiya, 2007; Burger *et al.*, 2008). O P-total e a clorofila a apresentaram perfis semelhantes onde, nos meses de agosto e setembro, apresentaram altos valores, enquanto no mês de novembro apresentaram baixos valores. De acordo com Shukla *et al.* (2007) o fósforo é indicado como um dos principais responsáveis pelo crescimento do fitoplâncton.

Considerando que o processo de produção de nitrato ocorre pela oxidação bacteriana do nitrito, a presença do OD apresenta um importante papel na disponibilização do nitrato para o meio, considerando ainda que este íon corresponda a uma importante fonte nutricional para o fitoplâncton (Cavalcante *et al.*, 2007 e Soares & Mozeto, 2006). O nitrito apresentou mais de 85% das amostras com valores abaixo dos níveis de detecção do método, salientando que sob condições de OD baixo e altos valores de pH o método utilizado não detectou bem o nitrito (Schaeffer, 1998). O amônio mostrou maiores valores no fundo associados a baixos valores de oxigênio (da Silva *et al.*, 1997; Fonseca & Bicudo, 2008), fato este que está associado ao fato de que os processos de decomposição sobrepõe-se aos processos fotossintéticos, e o processo de degradação via respiração, por exemplo, é mais eficiente na presença de oxigênio dissolvido, consumindo assim uma boa parte do OD da água. No mês de dezembro, quando a região do fundo apresentou-se anóxica, o valor de amônio foi máximo, enquanto no mês de setembro os valores de OD no fundo foram os mais elevados e o amônio foi mínimo. (Soares & Mozeto, 2006). Já à superfície, os valores para o amônio apresentaram-se baixos, provavelmente devido ao consumo realizado pelos organismos fitoplanctônicos, os quais encontram no amônio uma forma economicamente mais viável, pois não é necessário realizar reduções intracelulares (Esteves, 1998). O N-total

apresentou valores elevados deste elemento no meio. Segundo Guarino *et al.* (2005) as diversas formas de nitrogênio são afetadas pela disponibilidade de oxigênio. Neste estudo foi observada uma relação entre a variação dos valores de N-total e de clorofila *a*, onde nos períodos que se identificaram maiores valores de N-total os valores de clorofila *a* mostraram-se também elevada.

Dois períodos foram claramente definidos na lagoa dos Frades, um compreendido entre outubro e janeiro e outro compreendido entre junho e setembro, onde a média da temperatura atmosférica no período entre outubro e janeiro foi de 26,4, e no período entre junho e setembro foi de 23,7°C. A variação da temperatura da água seguiu a variação da temperatura atmosférica, onde a média no período entre outubro e janeiro foi de 31 e no período entre junho e setembro foi de 28,8°C.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados estimados para a lagoa dos Frades durante o período de análises mostraram constantes mudanças na distribuição dos elementos ao longo das profundidades investigadas sugerindo uma circulação por toda a coluna d'água, caracterizando-o assim como lago polimítico.

A lagoa dos Frades durante o período estudado apresentou valores de temperatura em sua coluna d'água com pouca variação, no entanto a distribuição de alguns parâmetros mostra uma evidência sobre a existência de estratificação, apesar que esta estabilidade modifica-se em intervalos de tempo muito curtos, pois nas coletas de abril e outubro alguns parâmetros apresentavam modificações de seus valores em períodos de 4h. No entanto algumas diferenças foram evidenciadas nos dois períodos térmicos analisados, sugerindo uma distribuição de oxigênio, amônio e clorofila a dependentes da variação térmica.

Os dados encontrados neste trabalho mostram que devido às características estruturais e funcionais da lagoa dos Frades, com base nos valores de fósforo e clorofila a utilizadas para determinação do IET, além dos valores altos de produção primária e dos resultados obtidos do APC e da regressão, este é um ambiente que se encontra sob um estado eutrófico, e que precisa ser continuamente investigado, objetivando a identificação de seu estado trófico e o comportamento de seus parâmetros, gerando assim possibilidades de desenvolver planos de gestão mais aprimorados, principalmente no que se refere às concentrações de carbono, saturação de oxigênio e o amônio.

A produção primária observada foi elevada, estando mais associada à profundidade, à luminosidade e a outros efeitos físicos, como os processos de sombreamento provocados pelo fitoplâncton superficial.

## 6. REFERÊNCIAS

- Alves, V. R. E., Cavalcanti, C.G.B., Mattos, S.P., *Análise comparativa de parâmetros físicos, químicos e biológicos, em um período de 24 horas, no lago Paranoá, Brasília - DF, Brasil. Acta limnol. Bras.;* v. II p. 199-218, 1988.
- Amemiya, T., Enomoto, T., Rossberg, A.G., Yamamoto, T., Inamori, Y., Itoh, K., Stability and dynamical behavior in a lake-model and implication for regime shifts in real lakes. *Ecol. Model.* 206: 54-62, 2007.
- Angelini R., Bini, L.M., Starling, F.L.R.M., Efeitos de diferentes intervenções no processo de intervenções no processo de eutrofização do lago paranoá. *Oecol. Bras.*, 12 (3): 564-571, 2008.
- APHA (1995). *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater.* 18<sup>th</sup> ed. Washington DC, American Public Health Association.
- Averhoff, O.L., Gómez, A.B., Del rey, E.R., Aguiar, C.B., Villazón, M.A., *Chemical, physical and biological characteristics of Saladito Reservoir, Cienfuegos, Cuba.. Lakes Reserv.: Res.Manage.* 12:43-53, 2007.
- Bicudo C. E. de M. & Bicudo D. de C. *Amostragem em Limnologia.* 2. ed RIMA, São Carlos, SP, 2004.
- Burford, M.A., Johnson, S.A., Cook, A. J., Packer, T.V., Taylor, B.M., Townsley, E.R. *Correlations between watershed and reservoir characteristics, and algal blooms in subtropical reservoirs.* *Water Res.* 41, 4105-4114, 2007.
- Burger, D. F., Hamilton, D.P., Pilditch, C.A., *Modelling the relative importance of internal and external nutrient loads on water column nutrient concentrations and phytoplankton biomass in a shallow polyimic lake.* *Ecol. Model.* 211, 411-423, Hamilton, New Zealand, 2008.
- Calijuri, M. C.; Santos, A. C. A. da. A produção primária do fitoplâncton. In: *Amostragem em Limnologia.* BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. Rima. 2004.
- Carlson, R.E. A trophic state index for lakes. *Limnol.oceanogr.*, 22:361-369, 1977.



Cavalcante, P.R.S., Rodrigues, M. do S., Barroso, M.F.S., Barbieri, R., Serra, C.L.M., Oliveira, R.C.A., *Diel variation of limnological parameters in a reservoir in northeastern Brazil* (Boa Esperança, Maranhão/ Piauí) Rainy period. Lakes Reserv.: Res.Manage. v. 12 p. 35-42, 2007.

5

da Silva, A.B.W., EL-Hani, C.N., Couto, E.C.G., Souza, M.F.L. & Da Silva, E.M. The Role of *Eichhornia crassipes* in the dynamics of nitrogen and phosphorus in an urban tropical lake (Frades lake, Salvador, Ba, Brazil), 18p. 1995. Trabalho não publicado.

10

da Silva, E. M. Stradmann, M.T.S., Omena, A.C.A., Limnological studies in a small, eutrophic lake (Lagoa do Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil). Verh. Internat. Verein. Limnol. V. 26 p. 147-154, Stuttgart, 1997.

15

Esteves, Francisco de Assis, *Fundamentos de Limnologia*, 2 ed. Interciência, Rio de Janeiro. 1998.

20

Fonseca, B.M. & Bicudo, C.E. de M. *Phytoplankton seasonal variation in a shallow stratified eutrophic reservoir* (Garças Pond, Brazil). Hidrobiologia, 600: 267-282, 2008.

Jesus, E. F. R. Clima e Meio Ambiente Urbano. Contextos Turísticos, Salvador, v. 1, n. 1, p. 39-50, 2001.

25

Souza, G.S., Koenig, M.L.; Leça, E.E.; Coelho, M.P.C.de A. *Diatoms as indicators of paleoenvironments during the Quaternary at Dois Irmãos, Recife, Pernambuco State, Brazil*. Acta Bot. Bras. v.21 n.3 São Paulo, 2007.

30

Guarino, A. W. S., Branco, C.W.C. Diniz, G.P., Rocha, R. *Limnological characteristics of an old tropical reservoir* (Ribeirão das Lajes reservoir, RJ, Brazil). Acta. Limnol. Bras., 17(2): 129-141, 2005.

35

Gurung, T.B., Dhakal, R.P., Bista, J.D., *Phytoplankton primary production, chlorophylla-a and nutrient concentration in the water column of mountainous Lake Phewa, Nepal*. Lakes. Reserv: Res. Manage., 11: 141-148, Pokhara, Nepal, 2006.

40

Henry, R., Carmo, C.F. do, Bicudo, D.C., *Trophic status of a Brazilian urban reservoir and prognosis about the recovery of water quality*. Acta limnol. Bras., 16(3) 251- 262, 2004.

Hwang, S.J., Lee, S.W., Son, J.Y., Park, G. A., Kim, S. J., *Moderation effects of the geometry of reservoirs on the relation between urban land use and water quality*. Landscape and Urban Planning.82,175-183,2007.

- 5 INMET - Instituto Nacional de Meteorologia – Relatório do boletim pluviométrico anual -. Salvador. 2006.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia – Relatório do boletim pluviométrico anual -. Salvador. 2007.

10

Jiang, J.G., *Development of a new biotic index to assess freshwater pollution*. Environmental Pollution, 139 306-317, 2006.

- 15 Khan, T. A. *Limnology of four saline lakes in western Victoria*. Australia, Limnologica n. 33 p. 327-339, Victoria, Australia, 2003.

Koroleff F. Determination of nutrients. In: Methods of Seawater Analysis (ed. K. Grasshoff) Verlag Chemie Weinheim, New York, p 117-181, 1976.

- 20 Loiselle, S.A., Cózar, A., Dattilo, A., Bracchini, L., Gálvez, J.A., Light Limitations to algal growth in tropical ecosystems. Freshwater Biology, 52, 305-312, 2007.

- 25 Mariani, C. F., Moschini-Carlos,V., Brandimarte, A.L., Nishimura, P.Y., Tófoli, C.F., Duran, D.S., Lourenço, E.M., Braidotti, J.C., Almeida, L.P., Fidalgo, V.H., Pompêo, M.L.M., Biota and water quality in the Riacho Grande reservoir, Billings Complex(São Paulo, Brazil). Acta Limnol. Bras.18(3):267-280,2006.

- 30 Mercante, C.T., Tucci-Moura, A., Comparação entre os índices de Carlson e de Carlson modificado aplicados a dois ambientes aquáticos subtropicais, São Paulo, SP Acta Limnol. Bras., 11 (1) 1-14, 1999.

Mieleitner, j. & Reichert, P. Modelling functional groups of phytoplankton in three lakes of different trophic state. Ecol. Model., n. 211 p.279–291, 2008.

- 35 Oduor, S.O., Schargerl, M., Phytoplankton primary productivity characteristics in response to photosynthetically active radiation in three Kenyan Rift Valley saline – alkaline lakes. J. Planct. Res. 29: 1041-1050, 2007.

- 40 Oliveira, L.P.F. & Becker, H. Caracterização limnológica da Lagoa do Sal – Planície costeira do município de Beberibe- CE. Revista de Geologia, v. 19, n 2, p. 177-186, 2006.

Overbeck, J., Conceito de ecossistema. in: Jorgensen, S.E. & Vollenweider, R. A. Princípios para o gerenciamento de lagos. ILEC, IEE and UNEP, São Carlos, SP. P.9-25, 2000.

5

Persson, G. Phosphorus in tributaries to lake Malaren, Sweden: Analytical Fractions, Anthropogenic Contribution and Bioavailability. *Ambio*, v 30, n. 8, 2001.

10 PMS - Defesa civil, *Relatório anual*, 2006, 2007, 34p. Disponível em:<  
<http://www.defesacivil.salvador.ba.gov.br/images/stories/relatorio%20anual%20-%202007.pdf>>. Acesso em 22 jan. 2008.

15 Quiblier,C., Leboulanger, C., Sané, S., Dufour,P., Phytoplankton growth control and risk of cyanobacterial blooms in the lower Senegal River delta region. *Water Res*, 2007.

Schaeffer, M., Ecology of shallow lakes, population and community. Chapman & Hall, Great Britain357p. 1998.

20

Scheffer, M., van Nes, E. H., Shallow lakes they revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. *Hidrobiologia*, 584: 455-466, 2007.

25 Shukla, J.B., Misra, A.K., Chandra, P., Modeling and analyses of the algal bloom in a lake caused by discharge of nutrients. *Appl. Math. Comput.* Doi:10.1016/j.amc.2007.07.010, 2007.

30 Soares, A. & Mozeto, A. A., Water quality in the tietê river reservoirs (Billings, Barra Bonita, Bariri and Promissão, SP-Brazil) and nutrient fluxes across the sediment-water interface (Barra Bonita). *Acta. Limnol.Bras.*,18(3),247-266, 2006.

35 Strickland, J.D., & Parsons, T.R. A practical handbook of seawater analysis, 2<sup>nd</sup> ed. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167, 1972.

40 Thomaz, S.M., Rocha, R.R.A., Santos, A.M., Pagioro, T.A., Roberto, M.C., Pierini, S., Pereira, G., 2000 Fatores Limnológicos. UEM – Nupelia/Peld (programa ecológico de longa duração) Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura Curso de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, 2000.

Toledo, L.G., & Hay, J.D., Variação sazonal da produção primária do fitoplâncton e dos fatores limnológicos do lago Paranoá, Brasília, DF, Acta Limnol. Brasil., 2, 347-365,1988.

- 5 Toledo, A.P., Talarico, M., Chinez, S.J. & Agudo, E.G.. A aplicação de modelos simplificados para avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: Anais do XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Camboriú, p. 57 1983.
- 10 Tuzun I. & Ince O. Relationship between water flow volume and in-lake total phosphorus concentrations via dissolved oxygen concentrations and temperature in a warm temperate reservoir: Implications by path analyses. Lakes Reserv.: Res.Manage. v.11, p. 83 – 96, Kirikkale, Turkey, 2006.
- 15 Tundisi M.T. & Tundisi J.G., Plankton studies in lacustrine environment : preliminary data on zooplâncton ecology of Broa reservoir. Oecologia. V. 25, 3, p. 265-270, 1976.
- 20 Villafan, V., Gao, k., Li, P., Li, G., Walter Helbling, Vertical Mixing Within the Epilimnion Modulates UVR-Induced Photoinhibition in Tropical Freshwater Phytoplankton from Southern China. Freshwater Biology 52: 1260–1270, 2007.
- Vollenweider, R. A. Input output models,with special references to the phosphorus loading concept in limnology. Schweiz.Z.Hydrol. 37:53-84,1975.
- 25 Wetzel, R. G. & Likens, G.E. Limnological analyses. 3ed. Springer, NewYork. 2001.

30

35

40

## 7. ANEXOS

### 7.1 Escores dos Índices de estado trófico nos meses de coleta

5

Mês	IET <sub>cla</sub>	IET <sub>Pt</sub>	IET <sub>s</sub>	total	IET
out/06	75,2	52,5	49,9	177,6	59,2
nov/06	77,4	46,3	54,2	177,9	59,3
dez/06	84	55,2	48,2	187,4	62,4
jan/07	75,3	53,4	50,1	178,8	59,6
abr/07	78,9	51,6	47,3	177,8	59,3
jun/07	73,6	54,9	49,6	178,1	59,4
jul/07	76,9	51,2	49,6	177,7	59,2
ago/07	80,4	56,2	48,4	185	61,6
set/07	75,2	55,7	47,4	178,3	59,4

7.2 Quadro com os valores ponderados para o índice de estado trófico de acordo com o índice de Carlson modificado.

Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo Índice de Carlson Modificado				
Categoria estado trófico	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m <sup>-3</sup> )	Clorofila a (mg.m <sup>-3</sup> )
Ultraoligotrófico	IET 47	S 2,4	P 8	CL 1,17
Oligotrófico	47 < IET 52	2,4 > S 1,7	8 < P 19	1,17 < CL 3,24
Mesotrófico	52 < IET 59	1,7 > S 1,1	19 < P 52	3,24 < CL 11,03
Eutrófico	59 < IET 63	1,1 > S 0,8	52 < P 120	11,03 < CL 30,55
Supereutrófico	63 < IET 67	0,8 > S 0,6	120 < P 233	30,55 < CL 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	233 < P	69,05 < CL

### 10 7.3 Especificações para os índices de estado trófico

Estado Trófico	Especificação
Ultraoligotrófico	Corpos de água limpos, de produção primária muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
Oligotrófico	Corpos de água limpos, de baixa produção primária, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Mesotrófico	Corpos de água com produção primária intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	Corpos de água com alta produção primária em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
SuperEutrófico	Corpos de água com alta produção primária em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e

## interferências nos seus múltiplos usos

Hipereutrófico Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

## 7.4 Outputs da regressão

## Multiple Regression Results

5

What equation fits the data the best?

$$[A:\text{clorofila a}] = 118.32 + 23.145*[B:\text{SCORE1}] - 74.848*[C:\text{SCORE2}]$$

10

Variable	Coefficient	SE	95% Confidence Interval	
(constant)	118.32	12.229	93.076	to 143.56
B: SCORE1	23.145	10.307	1.872	to 44.418
C: SCORE2	-74.848	21.260	-118.73	to -30.968

15

How good is the fit?

R squared = 42.10%.

This is the percent of the variance in A:clorofila a explained by the model.

20

The P value is 0.0014, considered very significant.

The P value answers this question:

If there were no linear relationship among the variables, what is the chance that R squared would be that high (or higher) by chance?

25

Sum-of-squares	96903
SD of residuals	63.542
R squared	0.4210
Adjusted R squared	0.3727

30

Multiple R	0.6488
F	8.7245

Which variable(s) make a significant contribution?

35

Variable	t ratio	P value	Significant?
(constant)	9.675	< 0.0001	Yes
B: SCORE1	2.246	0.0342	Yes
C: SCORE2	3.521	0.0018	Yes

40

Each P value compares the full model with a simpler model omitting one variable. It tests the effect of one variable, after accounting for the effects of the others.

45

Is multicollinearity a problem?

Variable	VIF	R2 with other X
B: SCORE1	1.00	5.009E-07
C: SCORE2	1.00	5.009E-07

50

Each R squared quantifies how well that X variable is predicted from the other X variables (ignoring Y). VIF is calculated from R squared.

- 5 All R squared values are low (<0.75). The X variables are independent of each other. Multicollinearity is not a problem.

Correlation Matrix

10

	B:	C:		A: (Y)
B: SCORE1	1.0000	-0.0007		0.3492
C: SCORE2	-0.0007	1.0000		-0.5471

- 15 Each correlation coefficient (r) is calculated independently, without considering the other variables.

Summary of your data

20

Number of rows (subjects) analyzed: 27  
 Number of rows with missing data, excluded from calculations: 0  
 Number of degrees of freedom (#subjects - #variables - 1): 24

25

30

35

## 7.5 Tabelas de dados

## COLETA LAGOA DOS FRADES OUTUBRO

Pontos	Nitrito	Nitrato	N Total	Orto Po4	P total	OD	Silica	Clorof. A	C. Dissolv.	C. Part.	Amôn	Temperatura	pH	condutividade
	μmol N-NO <sub>2</sub> /L	μmol N-NO <sub>3</sub> /L	μmol N/L	μmol P-Po4/L		MgO <sub>2</sub> /L	μmol Si-SiO <sub>2</sub> /L	μgCl <sub>a</sub> /L	MgC/L	μgC/l	μmol n-Nh4+/L	° celsius		μS/cm
H1P1	<0,05	0,98	96,3	0,84	4,15	9	83,7	negativo	5,1	4973	3,96	31	9,6	225
H1P2	<0,05	0,051	45,4	1,15	4,49	9,5	73,2	negativo	7,3	6048	5,94	31	9,4	216
H1P3	<0,05	0,154	71,5	1,42	3,46	1,1	55,5	negativo	5,1	6682	18,2	30	7,8	227
H2P1	<0,05	0,72	68	1,1	2,52	6,2	83	negativo	2,8	5426	4,32	29	9,49	227
H2P2	<0,05	0,31	103	0,8	3,81	6,3	91	perda	7,3	5888	4,4	29	8,66	238
H2P3	<0,05	0,31	156	1,55	3,86	1,7	73,7	perda	perda	8319	154,3	28	7,6	273
H3P1	0,092	0,62	148,8	0,93	4,04	5,72	91	48,06	7,8	6000	3,96	28	9,2	232
H3P2	<0,05	0,15	100	1,59	2,7	5,62	85,5	67,64	5,5	5461	4,4	30	8,1	222
H3P3	0,05	0,26	166	1,08	4,6	0,17	93,7	69,42	7,8	6716	97,6	29	7,74	252
H4P1	<0,05	0,41	100,5	1,28	4,84	2,5	70	62,3	4,3	5865	11,3	29	8,67	232
H4P2	<0,05	0,46	145	0,84	3,95	2,7	117,4	33,82	9,2	5597	12,1	31	7,98	220
H4P3	<0,05	0,36	169	0,71	3,4	zero	108,3	74,76	10,4	9436	63,4	30	7,65	244
H5P1	0,068	0,41	68,8	1,77	4,94	2,4	73,7	65,86	5,5	5528	13,5	31	9,36	225
H5P2	<0,05	0,57	191,5	1,64	4,34	2,5	82,5	67,64	12,9	6944	9,85	31	8,91	216
H5P3	<0,05	0,26	122	0,75	3,46	1,5	104,3	55,18	7,8	7197	15,4	30	9,03	249
H6P1	<0,05	0,154	168,8	1,55	3,16	8,46	72,8	21,36	15,3	3104	49,6	32	9,7	220
H6P2	0,069	0,67	78	2,03	5,5	4,11	86,8	41,2	9,2	4801	58,9	32	9,42	213
H6P3	<0,05	0,41	141,5	2,03	5,74	2,02	56,4	negativo	7,8	4480	103,4	31	8,02	219
H7P1	<0,05	0,41	98,8	0,4	3	3,81	113,4	negativo	7,8	2273	49,3	31	9,8	226
H7P2	0,068	0,2	118,6	1,59	4,59	6,55	73,7	negativo	7,8	2844	53,3	31	9,33	215
H7P3	<0,05	0,46	136,6	1,08	4,13	zero	83,7	negativo	7,8	2468	100	30	7,76	228



COLETA LAGOA  
DOS FRADES  
NOVEMBRO

Pontos	Nitrito	Nitrato	N Total	Orto Po4	P total	OD	Silica	Clorof. a	C. Dissolv.	C. Part.	Amôn	Temperatura	pH	condutividade
	$\mu\text{mol N-NO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol N-NO}_3/\text{L}$	$\mu\text{mol N/L}$	$\mu\text{mol P-Po}_4/\text{L}$	$\mu\text{mol P/L}$	$\text{MgO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol Si-SiO}_2/\text{L}$	$\mu\text{gCl}_a/\text{L}$	$\text{MgC/l}$	$\mu\text{gC/l}$	$\mu\text{mol n-Nh}_4+\text{/L}$	$^\circ\text{ celsius}$		$\mu\text{S/cm}$
P1	<0,05	0,515	83	1,64	3,67	10,4	33	14,24	9,6	4131	1,98	30	9,3	217
P2	<0,05	0,41	45,9	1,81	3,9	9,27	32	28,48	3,9	4335	2,43	31	8,8	211
P3	<0,05	4,84	148,8	1,5	3,67	2,73	32,5	17,8	2,8	2703	20,6	29,7	7,8	232

COLETA LAGOA  
DOS FRADES  
DEZEMBRO

Pontos	Nitrito	Nitrato	N Total	Orto Po4	P total	OD	Silica	Clorof. A	C. Dissolv.	C. Part.	Amôn	Temperatura	pH	condutividade
	$\mu\text{mol N-NO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol N-NO}_3/\text{L}$	$\mu\text{mol N/L}$	$\mu\text{mol P-Po}_4/\text{L}$	$\mu\text{mol P/L}$	$\text{MgO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol Si-SiO}_2/\text{L}$	$\mu\text{gCl}_a/\text{L}$	$\text{MgC/l}$	$\mu\text{gC/l}$	$\mu\text{mol n-Nh}_4+\text{/L}$	$^\circ\text{ celsius}$		$\mu\text{S/cm}$
P1	<0,05	0,98	100	2,48	4,36	6,8	56,5	92,6	perda	perda	11,5	31 $^\circ$	8,83	152
P2	<0,05	0,62	121	2,66	6,4	5,52	68	72,3	perda	perda	11,87	30 $^\circ$	8,74	148
P3	<0,05	0,31	175,7	1,42	5,78	0,425	64,3	62,3	perda	perda	88,6	29,5 $^\circ$	6,73	165

COLETA LAGOA  
DOS FRADES  
JANEIRO

Pontos	Nitrito	Nitrato	N Total	Orto Po4	P total	OD	Silica	Clorof.	C. Dissolv.	C. Part.	Amôn	Temperatura	pH	condutividade
--------	---------	---------	---------	----------	---------	----	--------	---------	----------------	----------	------	-------------	----	---------------

	$\mu\text{mol N-NO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol N-NO}_3/\text{L}$	$\mu\text{mol N/L}$	$\mu\text{mol P-Po}_4/\text{L}$	$\mu\text{mol P/L}$	$\text{MgO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol Si-SiO}_2/\text{L}$	$\mu\text{gCl}_2/\text{L}$	$\text{MgC/l}$	$\mu\text{gC/l}$	$\mu\text{mol n-Nh}_4^+/\text{L}$	$^\circ\text{ celsius}$		$\mu\text{S/cm}$
P1	0,092	0,77	148,8	1,15	4,4	10,05	105,7	181,6	14,1	16482	3,87	35°	5,5	197
P2	<0,05	0,77	146,1	1,19	4,86	9	91,9	197,6	11,7	17936	3,87	32°	8,6	189
P3	<0,05	0,98	146	1,1	5,32	1,4	74,3	82,8	11,7	12367	34	32°	7,4	202

COLETA LAGOA  
DOS FRADES  
ABRIL

Pontos	Nitrito	Nitrato	N Total	Orto Po4	P total	OD	Silica	Clorof. A	C. Dissolv.	C. Part.	Amôn	Temperatura	pH	condutividade
	$\mu\text{mol N-NO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol N-NO}_3/\text{L}$	$\mu\text{mol N/L}$	$\mu\text{mol P-Po}_4/\text{L}$	$\mu\text{mol P/L}$	$\text{MgO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol Si-SiO}_2/\text{L}$	$\mu\text{gCl}_2/\text{L}$	$\text{MgC/l}$	$\mu\text{gC/l}$	$\mu\text{mol n-Nh}_4^+/\text{L}$	$^\circ\text{ celsius}$		$\mu\text{S/cm}$
H1P1	0,39	0,57	148,8	0,89	4,6	7	81,9	113,5	3,92	8810	19	28,1	7,19	134
H1P2	0,5	0,57	166	0,97	4,27	13,4	72,8	94,3	6,17	8753	16,1	28,3	7,14	128
H1P3	0,53	1,6	166	0,84	3,67	2,4	61	105	4,9	8433	47,5	26,6	7	171
H2P1	0,41	0,82	119,6	0,8	4,68	8,4	67,3	99,7	5,55	5678	8,2	30,8	8,5	134
H2P2	0,37	0,67	153,7	0,75	4,4	6,4	67,3	69,4	4,5	8559	7,6	29,8	8,4	145
H2P3	0,5	1,03	129,3	0,8	3,94	0,9	41	24,9	4,53	7512	89	28,3	7,9	155
H3P1	0,16	0,36	180,6	0,885	3,8	9,5	68,9	48,8	5,31	10284	13	31,2	9,51	131
H3P2	0,18	0,46	153,7	1,01	2,52	9,9	64,9	13,3	5,94	10700	8,3	30,9	9,4	139
H3P3	0,3	0,82	224,5	1,46	4,3	6,9	47	5,2	4,69	10803	11,8	27,9	6,94	138
H4P1	0,16	0,41	195,2	1,5	3,6	7,3	67,7	37,4	4,69	10108	5,8	30	9,15	135
H4P2	0,25	0,51	156	1,95	3,94	7,2	30	112,9	5,31	9263	2,06	29,5	9,04	131
H4P3	0,18	0,46	200	1,73	4,13	4,4	45,3	19,8	6,56	8310	25	27,5	6,91	146
H5P1	0,2	0,21	92	1,86	3,95	5	67	68,3	5,31	9869	41	29	8,2	130
H5P2	0,14	0,3	195,2	1,9	3,18	4,3	63,3	120,6	5,94	9245	4,4	28,5	8,1	127

H5P3	0,18	0,26	137,8	2,12	5,04	7,6	57,3	17,8	4,06	8102	82,4	27,4	6,92	135
H6P1	0,14	0,051	190,3	2,3	4,82	5,6	45,4	22,9	5,94	10388	25,2	28,1	7,3	132
H6P2	0,092	0,26	156	1,95	3,99	2,6	42,3	83,9	5,1	7552	4,7	27,9	7,1	139
H6P3	0,11	0,26	112	1,77	3,81	7,8	46,9	62,9	6,16	10699	55,7	27,6	6,9	150
H7P1	0,11	0,21	117,6	2,52	3,44	5,8	64,2	44,5	5,31	9176	4,9	28	7,4	127
H7P2	0,2	0,26	248	2,43	3,9	2,8	61,4	96	7,2	9557	3,9	28,1	7,2	127
H7P3	0,18	0,36	151,7	1,59	3,99	4,2	63	14,2	5,94	10596	65,6	27	7,6	135

COLETA LAGOA  
DOS FRADES  
JUNHO

Pontos	Nitrito	Nitrato	N Total	Orto Po4	P total	OD	Silica	Clorof. A	C. Dissolv.	C. Part.	Amôn	Temperatura	pH	condutividade
	$\mu\text{mol N-NO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol N-NO}_3/\text{L}$	$\mu\text{mol N/L}$	$\mu\text{mol P-Po}_4/\text{L}$	$\mu\text{mol P/L}$	$\text{MgO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol Si-SiO}_2/\text{L}$	$\mu\text{gCl}_a/\text{L}$	$\text{MgC/l}$	$\mu\text{gC/l}$	$\mu\text{mol n-Nh}_4+\text{/L}$	$^\circ\text{ celsius}$		$\mu\text{S/cm}$
P1	0,02	0,3	175	2,1	4,54	7	67,4	78,76	5,55	7356	3,6	27	7,33	134
P2	0,019	0,41	147	1,64	3,53	4,4	64,2	98,36	11,32	6233	7,9	27,8	6,86	129
P3	0,019	0,15	152	1,55	4,96	0,9	65,3	51,99	2,8	5953	22,2	27,6	5,86	138

COLETA LAGOA  
DOS FRADES  
JULHO

Pontos	Nitrito	Nitrato	N Total	Orto Po4	P total	OD	Silica	Clorof. A	C. Dissolv.	C. Part.	Amôn	Temperatura	pH	condutividade
	$\mu\text{mol N-NO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol N-NO}_3/\text{L}$	$\mu\text{mol N/L}$	$\mu\text{mol P-Po}_4/\text{L}$	$\mu\text{mol P/L}$	$\text{MgO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol Si-SiO}_2/\text{L}$	$\mu\text{gCl}_a/\text{L}$	$\text{MgC/l}$	$\mu\text{gC/l}$	$\mu\text{mol n-Nh}_4+\text{/L}$	$^\circ\text{ celsius}$		$\mu\text{S/cm}$
P1	perda	0,26	180	2,52	3,2	5,9	87,4	88	1,12	6713	11,7	25,7	7,88	154

P2	perda	0,1	132	1,81	3,6	4,6	89,2	204,2	7,92	9790	5,1	25,8	7,67	150
P3	perda	0,3	137	2,7	3,5	3,2	84,6	148,2	1,68	7202	17,5	25,4	7,54	150

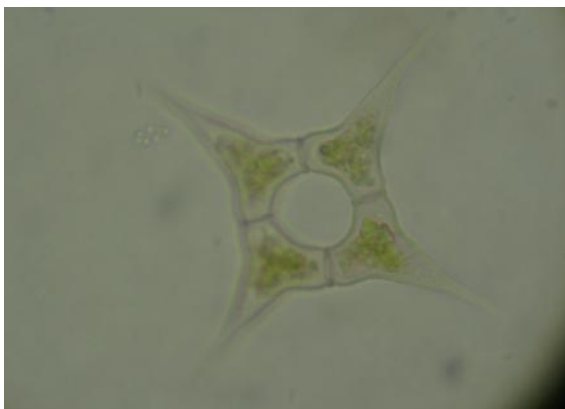
COLETA LAGOA  
DOS FRADES  
AGOSTO

Pontos	Nitrito	Nitrato	N Total	Orto Po4	P total	OD	Silica	Clorof. A	C. Dissolv.	C. Part.	Amôn	Temperatura	pH	condutividade
	$\mu\text{mol N-NO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol N-NO}_3/\text{L}$	$\mu\text{mol N/L}$	$\mu\text{mol P-Po}_4/\text{L}$	$\mu\text{mol P/L}$	$\text{MgO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol Si-SiO}_2/\text{L}$	$\mu\text{gCl}_a/\text{L}$	$\text{MgC/l}$	$\mu\text{gC/l}$	$\mu\text{mol n-Nh}_{4+}/\text{L}$	$^{\circ}\text{celsius}$		$\mu\text{S/cm}$
P1	0,023	0,41	91	3,14	6,47	4,1	73,4	108	3,97	8231	4,7	26,4	7,78	158
P2	0	0,46	112,8	3,45	6,33	2,6	71,7	224,9	5,66	9650	3	26,8	7,69	152
P3	0,092	0,4	169	3,54	5,78	1,8	68	145	5,1	9650	13	27,2	7,48	167

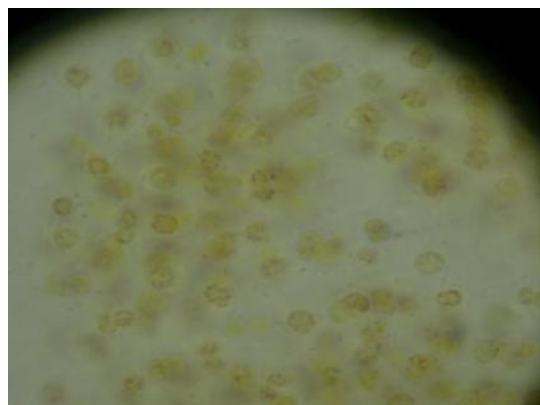
COLETA LAGOA  
DOS FRADES  
SETEMBRO

Pontos	Nitrito	Nitrato	N Total	Orto Po4	P total	OD	Silica	Clorof. A	C. Dissolv.	C. Part.	Amôn	Temperatura	pH	condutividade
	$\mu\text{mol N-NO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol N-NO}_3/\text{L}$	$\mu\text{mol N/L}$	$\mu\text{mol P-Po}_4/\text{L}$	$\mu\text{mol P/L}$	$\text{MgO}_2/\text{L}$	$\mu\text{mol Si-SiO}_2/\text{L}$	$\mu\text{gCl}_a/\text{L}$	$\text{MgC/l}$	$\mu\text{gC/l}$	$\mu\text{mol n-Nh}_{4+}/\text{L}$	$^{\circ}\text{celsius}$		$\mu\text{S/cm}$
P1	0,11	0,36	177,8	1,42	5,28	8,3	90	189	8,5	9435	5,2	26,7	8,2	185
P2	<0,05	0,31	194,7	1,55	6,4	5,1	91	372,2	5,1	11887	2,93	26,2	8,4	172
P3	<0,05	0,51	166,6	1,9	6,8	8,4	88,3	235	4,32	9929	10,2	25,1	6,7	171

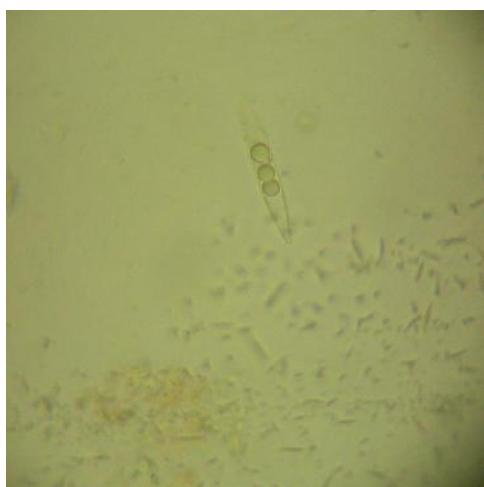
## 7.6 Fotografias de algas identificadas durante a pesquisa na lagoa dos Frades – dados não publicados



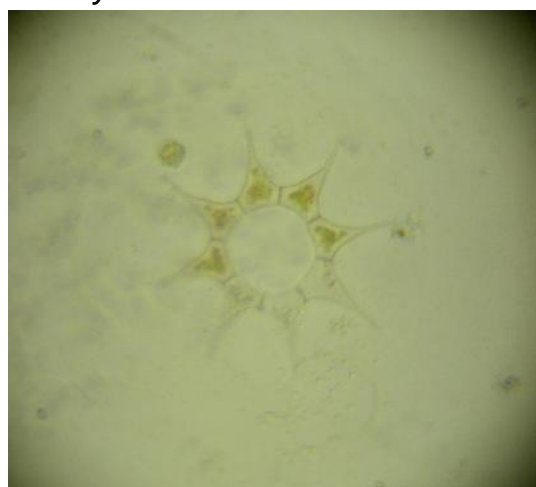
*Pediatrum*



*Microcystis*



*Cylindrospermopsis*



*Pediatrum*

## 7.7 Outputs de simulações realizadas com o APC.

### 5 1ª simulação

#### PCA

#### Principal Component Analysis

#### Worksheet

10

Name: Data2

Data type: Environmental

Sample selection: All

15

Variable selection: All

#### Eigenvalues

20

PC	Eigenvalues	%Variation	Cum.%Variation
1	4.25	86.3	86.3
2	0.513	10.4	96.7

#### Eigenvectors

(Coefficients in the linear combinations of variables making up PC's)

Variable	PC1	PC2
N - Total	-0.063	0.183
5 P-Total	-0.007	0.030
OD	0.093	-0.972
Clor. A	-0.994	-0.104
Temp.	0.000	-0.014
Conductiv.	-0.002	0.044
10 PH	0.003	-0.086

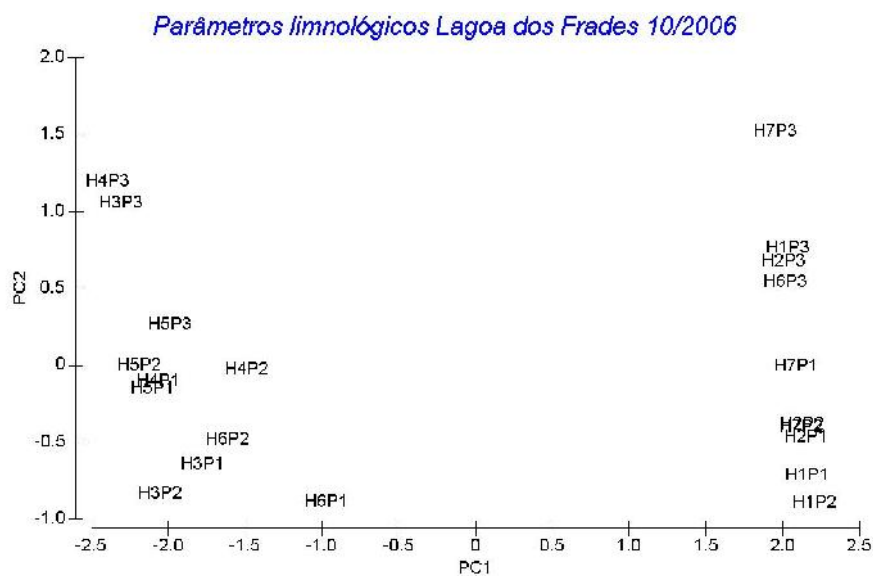
*Principal Component Scores*

Sample	SCORE1	SCORE2
15 H1P1	2.16	-0.714
H1P2	2.21	-0.895
H1P3	2.03	0.762
H2P1	2.16	-0.467
H2P2	2.13	-0.387
20 H2P3	2.01	0.673
H3P1	-1.77	-0.646
H3P2	-2.05	-0.836
H3P3	-2.3	1.06
H4P1	-2.06	-0.101
25 H4P2	-1.48	-2.87E-2
H4P3	-2.39	1.2
H5P1	-2.1	-0.155
H5P2	-2.18	-1.44E-3
H5P3	-1.99	0.265
30 H6P1	-0.965	-0.889
H6P2	-1.61	-0.481
H6P3	2.02	0.54
H7P1	2.09	-6.7E-3
H7P2	2.12	-0.4
35 H7P3	1.95	1.52

*Outputs*

Plot: Graph3

40



## 2ª Simulação

## PCA

## Principal Component Analysis

5 *Worksheet*

Name: Data2

Data type: Environmental

10 Sample selection: All  
Variable selection: All*Eigenvalues*15 PC Eigenvalues %Variation Cum.%Variation  
1 4.26 68.2 68.2  
2 1.64 26.3 94.6*Eigenvectors*

20 (Coefficients in the linear combinations of variables making up PC's)

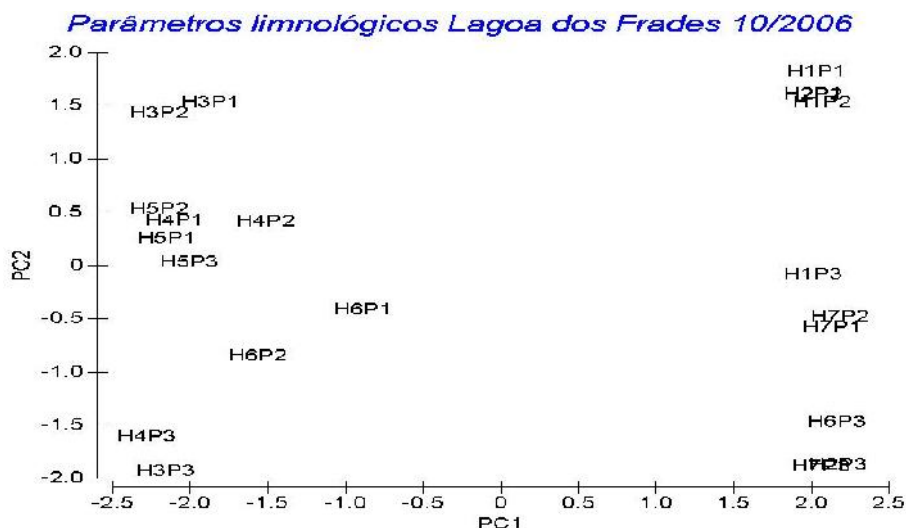
Variable	PC1	PC2
Orto- P	-0.008	-0.028
OD	0.082	0.420
25 Sílica	-0.034	0.007
Clor. A	-0.993	-0.030
Amônio	0.071	-0.906
Temp.	0.000	-0.001
Condutiv.	-0.002	-0.017
30 PH	0.003	0.033

*Principal Component Scores*

Sample	SCORE1	SCORE2
35 H1P1	2.04	1.82
H1P2	2.07	1.53
H1P3	2.02	-8.13E-2
H2P1	2.02	1.61
H2P2	2.02	1.6
40 H2P3	2.18	-1.87
H3P1	-1.86	1.53
H3P2	-2.19	1.43
H3P3	-2.16	-1.93
H4P1	-2.1	0.419
45 H4P2	-1.51	0.411
H4P3	-2.28	-1.61
H5P1	-2.15	0.254
H5P2	-2.2	0.53
H5P3	-2	3.12E-2
50 H6P1	-0.885	-0.413
H6P2	-1.56	-0.847
H6P3	2.17	-1.47
H7P1	2.14	-0.579
H7P2	2.19	-0.48
55 H7P3	2.06	-1.89

*Outputs*

60 Plot: Graph3



### 3ª Simulação

#### PCA

#### 5 Principal Component Analysis

*Worksheet*

Name: Data2

10 Data type: Environmental

Sample selection: All

Variable selection: All

#### 15 *Eigenvalues*

PC	Eigenvalues	%Variation	Cum.%Variation
1	4.32	64.5	64.5
2	1.65	24.6	89.1

20

#### *Eigenvectors*

(Coefficients in the linear combinations of variables making up PC's)

Variable	PC1	PC2
Orto- P	-0.008	-0.028
OD	0.081	0.418
Sílica	-0.034	0.007
Clor. A	-0.985	-0.038
C. Dissolv.	-0.102	0.021
C.Partic.	-0.074	0.040
Amônio	0.073	-0.905
Temp.	0.000	-0.001
Condutiv.	-0.001	-0.017
PH	0.002	0.033

35

#### *Principal Component Scores*

Sample	SCORE1	SCORE2
H1P1	2.04	1.83
H1P2	2.03	1.55
H1P3	2.0	-5.73E-2
H2P1	2.06	1.61
H2P2	1.98	1.63

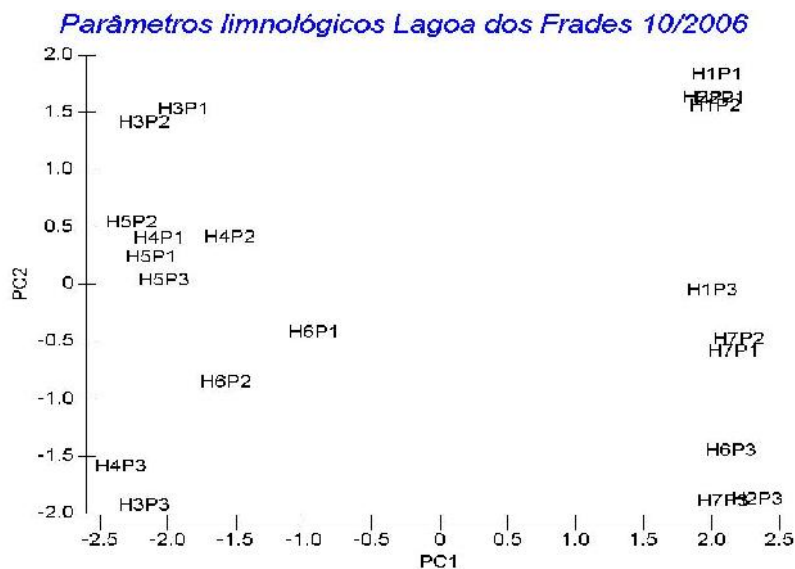
40



	H2P3	2.34	-1.88
	H3P1	-1.88	1.52
	H3P2	-2.17	1.41
	H3P3	-2.17	-1.93
5	H4P1	-2.06	0.399
	H4P2	-1.54	0.408
	H4P3	-2.34	-1.59
	H5P1	-2.12	0.236
	H5P2	-2.26	0.536
10	H5P3	-2.02	3.17E-2
	H6P1	-0.918	-0.426
	H6P2	-1.57	-0.857
	H6P3	2.15	-1.45
	H7P1	2.16	-0.591
15	H7P2	2.2	-0.483
	H7P3	2.09	-1.9

*Outputs*

20 Plot: Graph3



4ª Simulação

25 **PCA**  
Principal Component Analysis

*Worksheet*

30 Name: Data2  
Data type: Environmental

Sample selection: All  
Variable selection: All

35

*Eigenvalues*

PC	Eigenvalues	%Variation	Cum.%Variation
1	4.26	68.2	68.2
2	1.64	26.3	94.6

40

*Eigenvectors*

(Coefficients in the linear combinations of variables making up PC's)

	Variable	PC1	PC2
5	Orto- P	-0.008	-0.028
	OD	0.082	0.420
	Sílica	-0.034	0.007
	Clor. A	-0.993	-0.030
	Amônio	0.071	-0.906
10	Temp.	0.000	-0.001
	Conductiv.	-0.002	-0.017
	PH	0.003	0.033

*Principal Component Scores*

	Sample	SCORE1	SCORE2
15	H1P1	2.04	1.82
	H1P2	2.07	1.53
	H1P3	2.02	-8.13E-2
20	H2P1	2.02	1.61
	H2P2	2.02	1.6
	H2P3	2.18	-1.87
	H3P1	-1.86	1.53
	H3P2	-2.19	1.43
25	H3P3	-2.16	-1.93
	H4P1	-2.1	0.419
	H4P2	-1.51	0.411
	H4P3	-2.28	-1.61
	H5P1	-2.15	0.254
30	H5P2	-2.2	0.53
	H5P3	-2	3.12E-2
	H6P1	-0.885	-0.413
	H6P2	-1.56	-0.847
	H6P3	2.17	-1.47
35	H7P1	2.14	-0.579
	H7P2	2.19	-0.48
	H7P3	2.06	-1.89

*Outputs*

40

Plot: Graph3

