



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

**CINARA CIPRIANO FIGUEIREDO**

**VARIAÇÕES DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM UMA  
ÁREA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO RIO JUCU (VILA VELHA-ES) E  
OCORRÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS**

**VITÓRIA**

**2008**

CINARA CIPRIANO FIGUEIREDO

VARIAÇÕES DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM UMA  
ÁREA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO RIO JUCU (VILA VELHA-ES) E  
OCORRÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Biologia Vegetal, na área de concentração: Comportamento Ecofisiológico de Vegetais.  
Orientador: Prof. D<sup>r</sup>. Camilo Dias Júnior.**

**VITÓRIA**

**2008**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

F475v Figueiredo, Cinara Cipriano, 1975-  
Variações da comunidade fitoplanctônica em uma área de  
captação de água do rio Jucu (Vila Velha–ES) e ocorrência de  
cianobactérias / Cinara Cipriano Figueiredo. – 2008.  
167 f. : il.

Orientador: Camilo Dias Júnior.  
Co-Orientadora: Valéria de Oliveira Fernandes.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito  
Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Rios. 2. Fitoplancto. 3. Biomassa. 4. Abastecimento de  
água. 5. Cianobactéria. I. Dias Júnior, Camilo. II. Fernandes,  
Valéria de Oliveira. III. Universidade Federal do Espírito Santo.  
Centro de Ciências Humanas e Naturais. IV. Título.

CDU: 57

---

**CINARA CIPRIANO FIGUEIREDO**

**VARIAÇÕES DA COMUNIDADE  
FITOPLANCTÔNICA EM UMA ÁREA DE  
CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO RIO JUCU (VILA  
VELHA-ES) E OCORRÊNCIA DE  
CIANOBACTÉRIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal na área de concentração Fisiologia Vegetal.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2008.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



---

**Prof. Dr. Camilo Dias Junior**  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal  
Orientador



---

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Valéria de Oliveira/Fernandes**  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal  
Examinador Interno



---

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Marina Satika Suzuki**  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal  
Examinador Externo

*Dedico esse trabalho aos meus pais Olandino e  
Neusa, que nunca pouparam sacrifícios para me  
deixar a maior de todas as heranças:  
Meus estudos*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me iluminado durante tudo que fiz em minha vida, que não me deixou faltar forças para cumprimento de mais essa etapa da minha caminhada.

Ao Prof. Dr. Camilo Dias Junior, meus sinceros e eternos agradecimentos, por ter iniciado minha vida científica e me aceitado novamente como sua orientanda, me ajudando e incentivando na realização de mais um trabalho.

À Profa. Dra. Valéria de Oliveira Fernandes pela Co-Orientação e sugestões valiosas que foram dadas a esse trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Marina Satika Suzuki e Profa. Dra. Valéria de Oliveira Fernandes pelas críticas e sugestões realizadas, que certamente irão contribuir para o enriquecimento deste.

Ao Departamento de Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, pelo uso dos equipamentos no Laboratório de Fitoplâncton.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade da realização desse Mestrado, e aos professores um especial agradecimento pelos conhecimentos que me foram passados.

Pelas amigas e colegas da Pós-Graduação, Andréa, Dani, Liz, Germana, Gillian, Kettey e Vivi, com quem sempre contei para desabafos e momentos de descontração.

A todas do LabFito, em especial a sempre amiga Tatiana e a nova amizade da Georgette.

À Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) pelo uso dos recursos que se fizeram necessário para realização de coletas e análises, e sobretudo a ajuda valiosa de colegas e amigos, que me ajudaram na realização das análises e coletas. A Antônio Elias Simões, ao grande amigo Aldemar Rodrigues de Oliveira, sem o qual não

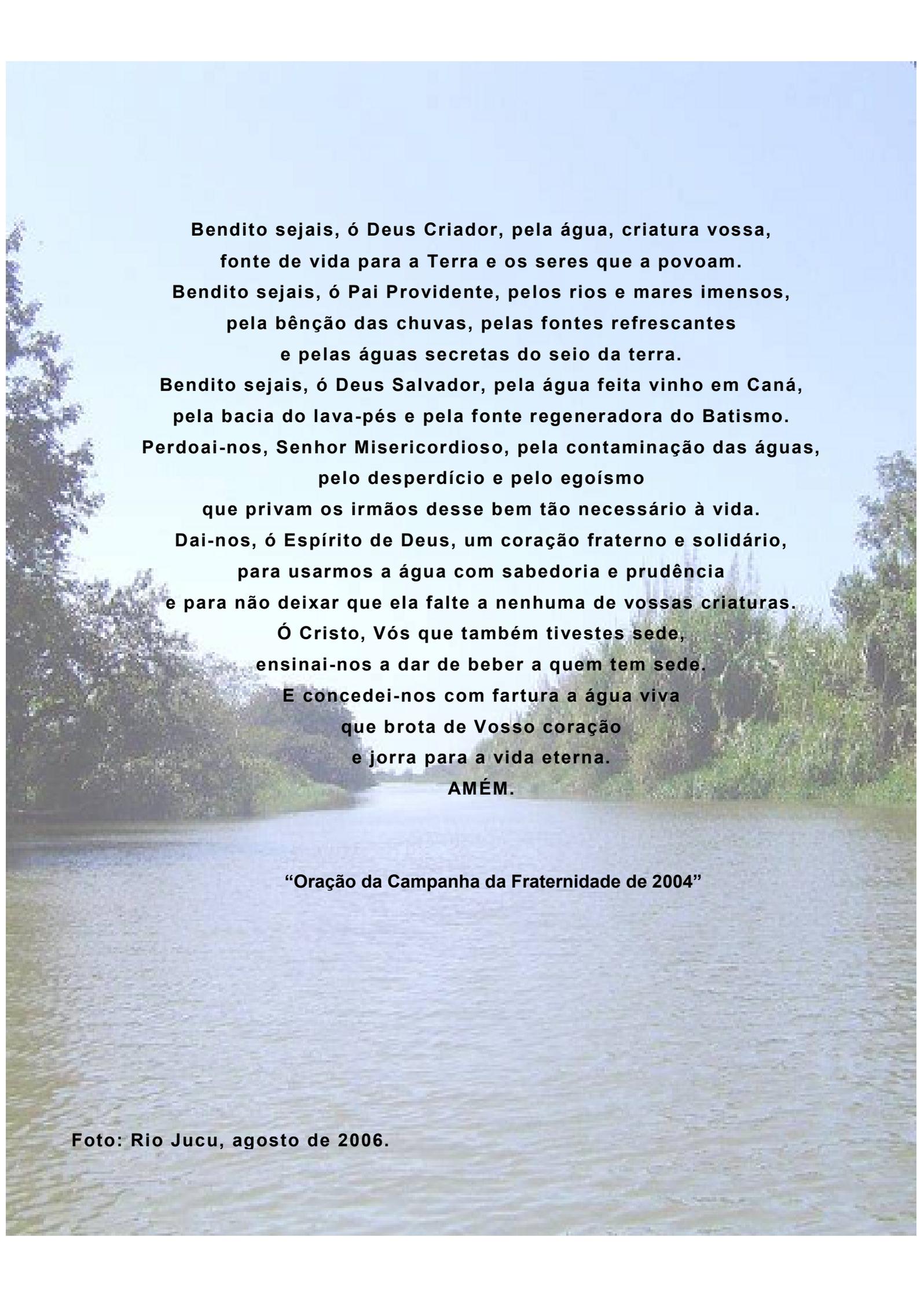
teria conseguido realizar as coletas e conseqüentemente, a realização do presente trabalho não seria possível. A Andressinha minha amiga e companheira de coletas.

As amigas do Laboratório de Hidrobiologia, Geisiele, Karine e Tatiana, pela ajuda, amizade e apoio, e a todos amigos e colegas da CESAN que de alguma forma me ajudaram na realização deste, seja pelo incentivo, ou pela amizade, meus sinceros agradecimentos.

As minhas irmãs, Leandra e Marcela, aos meus cunhados Dídio e Dudu, e aos meus sobrinhos Diego e Luquinhas, pelos momentos felizes e descontraídos em família, no qual sempre pude contar. Para tia Dalvinha, que tentou de todas as formas me ajudar. Pela hospitalidade de Gagai e Lucas.

Ao meu amorzinho João Vítor, pelo seu amor, pela sua enorme paciência em sempre me escutar, cumplicidade quando precisei de sua companhia e cuidado, para realização das análises à noite na UFES. Pelas contribuições no trabalho e revisão do Abstract.

E mais uma vez aos meus pais, Olandino e Neusa, que sempre me incentivaram para que mais essa realização fosse possível.



**Bendito sejas, ó Deus Criador, pela água, criatura vossa,  
fonte de vida para a Terra e os seres que a povoam.  
Bendito sejas, ó Pai Providente, pelos rios e mares imensos,  
pela bênção das chuvas, pelas fontes refrescantes  
e pelas águas secretas do seio da terra.  
Bendito sejas, ó Deus Salvador, pela água feita vinho em Caná,  
pela bacia do lava-pés e pela fonte regeneradora do Batismo.  
Perdoai-nos, Senhor Misericordioso, pela contaminação das águas,  
pelo desperdício e pelo egoísmo  
que privam os irmãos desse bem tão necessário à vida.  
Dai-nos, ó Espírito de Deus, um coração fraterno e solidário,  
para usarmos a água com sabedoria e prudência  
e para não deixar que ela falte a nenhuma de vossas criaturas.  
Ó Cristo, Vós que também tivestes sede,  
ensinai-nos a dar de beber a quem tem sede.  
E concedei-nos com fartura a água viva  
que brota de Vosso coração  
e jorra para a vida eterna.  
AMÉM.**

**“Oração da Campanha da Fraternidade de 2004”**

**Foto: Rio Jucu, agosto de 2006.**

## RESUMO

A relevante importância da água para o suprimento das necessidades diárias dos seres humanos fez com que as populações se estabelecessem às margens dos corpos d'água, acarretando em modificações nas estruturas das comunidades biológicas ali existentes, além de comprometer os usos mais nobres desse recurso. O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar as variações temporais e espaciais da comunidade fitoplanctônica em uma área do rio Jucu, a qual é utilizada para captação de água com finalidade de abastecimento público. Foram realizadas quatro amostragens (agosto e novembro/2006 e fevereiro e maio/2007) na superfície e fundo de cinco pontos em um trecho do rio Jucu nas proximidades do ponto de captação da CESAN. Foram realizadas análises qualitativas, quantitativas e estimativa dos valores da biomassa fitoplanctônica através do biovolume celular das algas. Índices de Diversidade Específica foram obtidos para os valores de densidade numérica e biomassa. Além disso, foram analisados os parâmetros: temperatura da água, profundidade, transparência, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, nitrogênio amoniacal, nitrato e ortofosfato, clorofila *a* e feofitina. Dados de pluviosidade e temperatura do ar foram disponibilizados pelo Incaper. Os maiores índices de pluviosidade foram observados nas amostragens realizadas em novembro/06 e fevereiro/07. As variações ocorridas nas variáveis físicas, químicas e físico-químicas da água foram determinadas pelo ciclo hidrológico, com o estabelecimento de período seco e chuvoso. Nas análises qualitativas foram identificados 140 táxons e as diatomáceas foram as maiores contribuintes. Os valores de densidade foram maiores nas estações secas, ocorrendo uma dominância das cianobactérias, principalmente aquelas pertencentes ao picoplâncton, estando representadas pelos gêneros *Synechocystis* e *Synechococcus*. Os valores de biomassa foram considerados baixos e a Classe taxonômica que mais contribuiu foi a Bacillariophyceae. Os Índices de Diversidade Específica aplicados aos valores de biomassa (bits./u.b), apresentaram maiores valores comparando-se aos valores aplicados a densidade numérica. A análise multivariada ordenou no primeiro fator, a diversidade aplicada à densidade e ao pH, e a biomassa de cianobactérias e ao oxigênio dissolvido. Espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas foram registradas nos presente estudo, porém com baixos valores de densidade e biomassa. Em relação aos valores de cianobactérias, podemos sugerir que o rio Jucu encontra-se propício ao abastecimento público, sendo obrigatório o monitoramento mensal desses organismos no ponto de captação.

Palavras-chave: rios, fitoplâncton, biomassa, abastecimento público, cianobactérias.

## ABSTRACT

The importance of the supply of water for the daily needs of humans has caused people to establish to the margins of water bodies, resulting in changes in the structures of biological communities existents, in addition to compromising the most noble uses of this resource. This work, evaluated the variations of the phytoplankton community in an area of Jucu river used to retain water with the purpose of public water supply. It was performed four samples (August, November/2006 and February, May/2007) on the surface and bottom of five points in a stretch of the Jucu River near to the collection point of Municipal Water Treatment Plant. Were carried qualitative and quantitative analyses, and estimate the values of biomass was used biovolume cell of the algae. Indices of Diversity Specific were obtained for the numerical values of density and biomass. Moreover, were analyzed the parameters: water temperature, depth, transparency, limit the zone eufótica, turbidity, pH, dissolved oxygen, conductivity, ammonia nitrogen, nitrate and orthophosphate, chlorophyll *a* and feofitina. Rainfall and air temperature informartions were made available by Incaper. The highest rates of rainfall were observed in the periods of November/06 and February/07. The variations occurred in the physical, chemical and physico-chemical water parameters were seasonal, determined by the rains occurred in the dry and wet periods. In the qualitative analyses were identified 140 taxons and the diatoms were the largest contributors. The values of density were higher at droughts weather, occurring a dominance of cyanobacteria, especially those belonging to the picoplâncton. The values of biomass were considered low and the taxonomic class which was the largest contributor was the Bacillariophyceae. The Indices of Diversity Specific applied to the values of biomass, showed higher when compared to the values applied to numerical density. Multivariate analysis ordered in the first factor, the diversity applied to the density and pH, and biomass of cyanobacteria to the dissolved oxygen. Species of potentially toxic cyanobacteria were found in the present work, but with low values of density and biomass. In regard to the cyanobacteria values, we can suggest that the Jucu river, is appropriate to the public supply, must, however, subject to monthly monitoring of these microorganisms at the collection point.

Keywords: rivers, phytoplankton, biomass, public supply, cyanobacteria.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> (a) Mapa representando as bacias hidrográficas do Estado do Espírito Santo. (b) Bacia do rio Jucu, onde se encontra situado o local de estudo.....	28
<b>Figura 2</b> - Localização dos cinco pontos de coleta (P1, P2, P3 P4 e P5) no local de amostragem.....	30
<b>Figura 3</b> – Vista parcial dos cinco pontos de amostragem (P1, P2, P3 P4 e P5) em imagens realizadas na coleta piloto (maio/2006).....	31
<b>Figura 4</b> - Médias mensais de temperatura do ar (mínima e máxima em °C) e de pluviosidade na área de estudo no período de junho/06 a agosto/07.....	41
<b>Figura 5</b> - Profundidade, transparência e limite da zona eufótica, medidas em metros em todos os pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.....	43
<b>Figura 6</b> - Valores de turbidez (N.T.U.), medidos na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.....	44
<b>Figura 7</b> - Variações da temperatura (°C), medidas na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.....	46
<b>Figura 8</b> - Concentrações do oxigênio dissolvido (mgO <sub>2</sub> /L), medidos na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.....	47
<b>Figura 9</b> - Variações do pH medidos na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.....	49
<b>Figura 10</b> - Variações da condutividade (µs.cm <sup>-1</sup> ), obtidas na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.....	50
<b>Figura 11</b> - Concentrações de nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> /L), obtidos na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.....	52
<b>Figura 12</b> - Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg N-NH <sub>3</sub> /L), obtidos na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.....	53

<b>Figura 13</b> - Concentrações de ortofosfato ( $\mu\text{g PO}_4^{-3} / \text{L}$ ), obtidos na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.....	54
<b>Figura 14</b> - Concentrações de clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ ) na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	56
<b>Figura 15</b> - Concentrações de feofitina ( $\mu\text{g/L}$ ) na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	57
<b>Figura 16</b> - Proporção (%) da quantidade de táxons identificados na região estudada em todo o período de estudo.....	63
<b>Figura 17</b> - Quantidade de táxons numericamente representativas encontrados nos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06;fevereiro/07 e maio/07).....	64
<b>Figura 18</b> - Variações da densidade fitoplanctônica (ind./mL) nos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	67
<b>Figura 19</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo do ponto 1, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06;fevereiro/07 e maio/07).....	68
<b>Figura 20</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo do ponto 2, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06;novembro/06;fevereiro/07 e maio/07).....	69
<b>Figura 21</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo do ponto 3, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06;fevereiro/07 e maio/07).....	70
<b>Figura 22</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo do ponto 4, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	71
<b>Figura 23</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo do ponto 5, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06;fevereiro/07 e maio/07).....	72

<b>Figura 24</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes de tamanho na superfície e fundo do ponto 1, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07) .....	73
<b>Figura 25</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes de tamanho na superfície e fundo do ponto 2, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	74
<b>Figura 26</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes de tamanho na superfície e fundo do ponto 3, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	75
<b>Figura 27</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes de tamanho na superfície e fundo do ponto 4, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	76
<b>Figura 28</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes de tamanho na superfície e fundo do ponto 5, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	77
<b>Figura 29</b> - Variações da diversidade específica (bits/ind.) aplicada aos valores de densidade numérica nos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07) .....	78
<b>Figura 30</b> - Variações da biomassa fitoplanctônica (mm <sup>3</sup> /L) nos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	81
<b>Figura 31</b> - Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 1, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	82
<b>Figura 32</b> - Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 2, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	83
<b>Figura 33</b> - Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 3, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	84
<b>Figura 34</b> - Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 4, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	85

<b>Figura 35</b> - Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 5, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07) .....	86
<b>Figura 36</b> - Contribuição (%) das classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 1, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	87
<b>Figura 37</b> - Contribuição (%) das classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 2, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	88
<b>Figura 38</b> - Contribuição (%) das classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 3, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	89
<b>Figura 39</b> - Contribuição (%) das classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 4, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	90
<b>Figura 40</b> - Contribuição (%) das classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 5, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	91
<b>Figura 41</b> - Diversidade específica (bits/u.b.) aplicada à biomassa na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; nov./06; fev./07 e maio/07).....	93
<b>Figura 42</b> - Variações da densidade (cél./mL) e biomassa ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) de cianobactérias nos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).....	94
<b>Figura 43</b> - Análise por Componentes Principais (PCA).....	96

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Localização, distância dos pontos em relação ao ponto de captação (P5) e coordenadas geográficas dos cinco pontos de coleta.....	30
<b>Tabela 2</b> - Lista com os táxons identificados em toda a área de estudo nas quatro amostragens realizadas.....	58
<b>Tabela 3</b> - Valores propostos para as características de um corpo d'água, e suas classificações quanto aos níveis de desenvolvimento de florações, de acordo com Funasa (2003) e as frequências de monitoramento de acordo com a portaria 518/2004.....	134
<b>Tabela 4</b> - Valores máximos e classificações quanto à utilização de corpos d'água para valores de cianobactérias de acordo com a resolução CONAMA 357/2005.....	139
<b>Tabela 5</b> - Dados referentes às médias mensais de temperatura do ar (mínima e máxima) em °C e de pluviosidade na área de estudo no período de junho de 2006 a maio de 2007. Dados obtidos no Incaper.....	155
<b>Tabela 6</b> - Profundidade da coluna d'água, medidas em metros em todos os pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	155
<b>Tabela 7</b> - Transparência da água, medida em metros em todos os pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	156
<b>Tabela 8</b> - Limite da zona eufótica, medida em metros em todos os pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	156
<b>Tabela 9</b> - Valores de turbidez (N.T.U.), medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	156
<b>Tabela 10</b> - Variações da temperatura (°C), medidas na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	157
<b>Tabela 11</b> - Concentrações do oxigênio dissolvido (mgO <sub>2</sub> /L), medidas na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	157
<b>Tabela 12</b> - Variações do pH medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	157

<b>Tabela 13</b> - Variações da condutividade ( $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	158
<b>Tabela 14</b> - Concentrações de nitrato ( $\text{mg N-NO}_3/\text{L}$ ), medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	158
<b>Tabela 15</b> - Concentrações de nitrogênio amoniacal ( $\text{mg N-NH}_3/\text{L}$ ), medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	158
<b>Tabela 16</b> - Concentrações de ortofosfato ( $\mu\text{g PO}_4^{-3}/\text{L}$ ), medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	159
<b>Tabela 17</b> - Concentrações de clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ ) na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	159
<b>Tabela 18</b> - Concentrações de feofitina ( $\mu\text{g/L}$ ) na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	159
<b>Tabela 19</b> - Contribuição qualitativa em número e proporção (%) da quantidade de táxons identificados na região estudada em todo o período de estudo.....	160
<b>Tabela 20</b> - Quantidade de táxons numericamente representativos encontrados nos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	160
<b>Tabela 21</b> - Variações da densidade fitoplanctônica ( $\text{ind./mL}$ ) nos cinco pontos de coleta nas quatro amostragens realizadas.....	160
<b>Tabela 22</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo nos cinco pontos de coleta, em agosto de 2006.....	161
<b>Tabela 23</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo nos cinco pontos de coleta, em novembro de 2006.....	161
<b>Tabela 24</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo nos cinco pontos de coleta, em fevereiro de 2007.....	162
<b>Tabela 25</b> - Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo nos cinco pontos de coleta, em maio de 2007.....	162
<b>Tabela 26</b> - Variações da diversidade específica aplicada à densidade fitoplanctônica ( $\text{ind./mL}$ ) nos cinco pontos de coleta nas quatro amostragens realizadas. ....	163
<b>Tabela 27</b> - Variações da biomassa fitoplanctônica ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ), nos cinco pontos de coleta nas quatro amostragens realizadas.....	163

<b>Tabela 28</b> - Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa fitoplanctônica na superfície e fundo nos cinco pontos de coleta, em agosto de 2006.....	164
<b>Tabela 29</b> - Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa fitoplanctônica na superfície e fundo nos cinco pontos de coleta, em novembro de 2006.....	164
<b>Tabela 30</b> - Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa fitoplanctônica na superfície e fundo nos cinco pontos de coleta, em fevereiro de 2007.....	165
<b>Tabela 31</b> - Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa fitoplanctônica na superfície e fundo nos cinco pontos de coleta, em maio de 2007.....	165
<b>Tabela 32</b> - Variações da diversidade específica aplicada à biomassa fitoplanctônica ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) nos cinco pontos de coleta nas quatro amostragens realizadas.....	166
<b>Tabela 33</b> - Variações da densidade (cél./mL) de cianobactérias na superfície dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	166
<b>Tabela 34</b> - Variações da biomassa ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) de cianobactérias na superfície dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.....	166
<b>Tabela 35</b> - Análise por Componentes Principais (PCA).....	167

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2.OBJETIVOS</b> .....	26
2.1 OBJETIVO GERAL.....	26
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	27
3.1.CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA E LOCAL DE ESTUDO.....	27
3.2. PLANO DE AMOSTRAGEM.....	28
3.3. DADOS CLIMATOLÓGICOS.....	32
3.4. VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA.....	32
3.4.1. Profundidade, transparência e limite da zona eufótica.....	32
3.4.2. Turbidez.....	33
3.4.3. Temperatura.....	33
3.4.4. pH.....	33
3.4.5. Oxigênio Dissolvido.....	33
3.4.6. Condutividade.....	34
3.4.7. Nutrientes.....	34
3.5. FITOPLÂNCTON.....	34
3.5.1. Clorofila a e feofitina.....	34
3.5.2. Coletas e análises qualitativas.....	36
3.5.3. Coletas e análises quantitativas.....	36
3.5.4. Estimativa da biomassa.....	38
3.5.5. Cálculo do Índice de Diversidade Específica.....	39
3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	40
<b>4. RESULTADOS</b> .....	41
4.1. DADOS CLIMATOLÓGICOS.....	41
4.2. VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA.....	42
4.2.1. Profundidade, transparência e limite da zona eufótica.....	42
4.2.2. Turbidez.....	42
4.2.3. Temperatura.....	45

4.2.4. Oxigênio Dissolvido.....	45
4.2.5. pH.....	48
4.2.6. Condutividade.....	48
4.2.7. Nutrientes.....	51
4.3. FITOPLÂNCTON.....	55
4.3.1. Clorofila <i>a</i> e feofitina.....	55
4.3.2. Composição qualitativa.....	58
4.3.3. Composição quantitativa.....	64
4.3.4. Composição da biomassa.....	79
4.3.5. Densidade e biomassa de cianobactérias.....	92
4.4. ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS.....	95
<b>5. DISCUSSÃO.....</b>	<b>97</b>
5.1. CLIMATOLOGIA E REGIME HIDROLÓGICO.....	97
5.2. VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA.....	98
5.3. FITOPLÂNCTON.....	114
5.3.1. Clorofila <i>a</i> e feofitina.....	114
5.3.2. Análises qualitativas.....	116
5.3.3. Análises quantitativas.....	118
5.3.4. Estimativa da biomassa.....	125
5.4. ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS.....	130
5.5. COMPARAÇÃO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE E TRATAMENTO.....	132
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>141</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>143</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>155</b>

## 1. INTRODUÇÃO

---

Desde a antigüidade, as populações em todo o mundo foram estabelecendo-se as margens dos rios, devido a relevante importância para o comércio, cujos produtos eram veiculados pela via fluvial, para a agricultura através da irrigação, para suprimento de suas necessidades diárias e pela principal fonte de eliminação de dejetos urbanos. Porém, muitos rios e córregos vêm recebendo uma quantidade maior de descarga de efluentes do que são capazes de assimilar, o que tem provocado uma degradação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos.

A água, elemento essencial para garantia da vida nos ecossistemas é um dos constituintes básicos do sistema que compõem o planeta Terra, cobrindo 77% da sua superfície. Esse volume encontra-se distribuído nos diferentes reservatórios de água da Terra, onde 97,5% referem-se aos oceanos e mares e somente 2,5% são de água doce. A maior parcela dessa água doce, que corresponde a 68,9%, formam as calotas polares, as geleiras e neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas da terra. Dos percentuais restantes, 29,9% constituem as águas subterrâneas doces, estando aí incluída a umidade dos solos, e cerca de 0,9% representam as águas dos pântanos e apenas 0,3% compõem as águas dos rios e lagos (SHIKLOMANOV, 1990).

Apesar dos habitats de água doce ocuparem uma pequena porção na superfície da Terra quando comparados com os terrestres e marinhos, a sua importância para o homem é muito maior que a sua respectiva área, principalmente por ser a mais apropriada e barata fonte de água para as necessidades domésticas e industriais. Esses habitats podem ser classificados adequadamente em *lênticos*, representados por lagos, lagoas e represas ou *lóticos*, representados pelos rios, córregos e nascentes (ODUM, 1971). A distinção entre esses habitats é focada principalmente no tempo de residência da água (WETZEL, 2001).

Conforme descrito em Embrapa (2004), os ecossistemas lóticos são caracterizados por uma grande variabilidade e complexidade de parâmetros bióticos e abióticos, tornando-

os essencialmente dinâmicos. Um determinado rio ou uma seção do mesmo não é um sistema isolado, sendo, portanto ecossistemas abertos com dinâmica de importação e exportação de nutrientes, energia e água.

Além disso, esses ecossistemas possuem uma grande heterogeneidade ambiental, causada principalmente pela variabilidade temporal das condições físicas do rio, as quais influenciam no estabelecimento e perda de comunidades, assim como a recolonização das mesmas em qualquer época do ano. O desenvolvimento de uma nova comunidade lótica ocorrerá apenas em locais propícios para o seu restabelecimento, de acordo com as restrições impostas pelo ambiente (EMBRAPA, 2004).

No curso de um rio, geralmente são evidentes duas zonas principais: a zona de curso rápido e de remanso. Em zonas de remanso a velocidade da corrente é pequena, e esta pode ser constituída por águas mais profundas, podendo ser em alguns casos favoráveis ao crescimento do fitoplâncton. Nos grandes cursos de água, a corrente pode ser tão reduzida de modo a se verificar as mesmas condições de água paradas. (ODUM, 1971).

Conseqüentemente, os organismos que poderiam ser considerados próprios de lagos encontram-se muitas vezes em zonas estagnadas desses rios. Nesses trechos, o plâncton é capaz de se multiplicar e assim se tornar parte integrante da comunidade (ODUM, 1971). Lagos são ecossistemas de água doce que, dentre vários outros aspectos, apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento do fitoplâncton, por tratar-se de um ambiente com baixa turbulência e propício ao acúmulo de nutrientes.

A divisão de um ambiente lótico, segundo Dajoz (2005), também ressalta a velocidade das correntes como determinante para o crescimento do fitoplâncton. O autor distingue as águas correntes em três zonas, a nascente ou *crenon*, o curso superior ou *rhithron*, caracterizado por um forte declive, águas oxigenadas e quase ausência de plâncton e

curso inferior ou *potamon* que tem um fraco delive, curso lento, águas pouco oxigenadas e presença de plâncton.

Alguns organismos pertencentes à comunidade fitoplanctônica podem ser dotados de algum movimento em função de estruturas locomotoras como flagelos ou excreção de mucilagem e apresentam inúmeras adaptações para se manterem suspensos, porém estão sempre sujeitos à dinâmica da coluna d'água. Por isso, determinados movimentos naturais dos corpos d'água, principalmente nos ambientes lóticos e, sobretudo em algumas épocas do ano, pode ser um fator estressante para essa comunidade.

A vazão de um rio contribui em larga escala para a morfologia e hidrografia do mesmo. Em períodos de cheia praticamente não há distinção entre áreas de remanso e de curso rápido, havendo pouca retenção de água. Por outro lado, quando a vazão é pequena, nas épocas de seca, a heterogeneidade do leito do rio é maior, apresentando nítidas seções de retenção e de correnteza (EMBRAPA, 2004).

As bacias hidrográficas tropicais e subtropicais são formadas por diferentes tipos de ecossistemas, como rios, riachos e lagoas marginais, cujas interações são pouco conhecidas (MARGALEF, 1983). As características das águas de um rio dependem do tipo de solo, da extensão e composição da vegetação e das interferências humanas ao longo da bacia de drenagem (PEDROSO et al., 1988).

Nas bacias de drenagem que são vegetadas por florestas, freqüentemente somente cerca de um terço da precipitação pluviométrica é perdida na infiltração do lençol freático e escoamento para córregos e rios. A retirada de grande parte da vegetação aumenta e acelera a quantidade de fluxo de escoamento. (WETZEL, 1991).

As intervenções humanas nos diversos corpos d'água, em especial no leito dos rios, tem restringido a qualidade e conseqüentemente a utilização das águas para o abastecimento das populações humanas. Dentre as várias ações antrópicas, podemos destacar a devastação das matas ciliares, canalização, represamento e despejo de

efluentes nos rios, que contribuem para modificar as características dos ecossistemas aquáticos (WELCOMME, 1985).

Em toda parte no mundo, o rio funciona como um canal, removendo o excesso da água nas áreas agricultáveis, recebendo efluentes de várias fontes ou gerando energia através das hidrelétricas (SANTOS, 1990). Os processos de eutrofização ocorrem como resultado do aumento de nutrientes, da atividade biológica, da matéria orgânica e sedimentos oriundos da bacia de drenagem. Em resposta ao enriquecimento de nutrientes, há um aumento na produtividade da comunidade fitoplanctônica.

Segundo Wetzel (1991), o desenvolvimento sazonal e espacial e a sucessão das populações fitoplanctônicas sofrem influência de vários fatores ambientais como a luz, temperatura, nutrientes orgânicos e inorgânicos, competição e herbivoria, além das propriedades fisiológicas de cada espécie.

Desta forma, a comunidade fitoplanctônica tem sido freqüentemente utilizada como indicadora da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, incluindo rios, estuários e áreas costeiras. Isto ocorre porque as variações na composição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton constituem-se em uma rápida resposta às modificações das condições ambientais (HINO & TUNDISI, 1977).

O ciclo de vida de algas unicelulares pode durar de horas a apenas alguns dias, portanto essas populações mudam rapidamente e recebem todo o impacto do ambiente (RICKLEFS, 2003). O conhecimento dos diversos grupos de algas bem como suas interações fisiológicas e bioquímicas com o ambiente podem oferecer importantes informações sobre a compreensão da estrutura dos ecossistemas aquáticos continentais, como distúrbios e manipulações de partes ou de um ecossistema como um todo. Por esse motivo, a análise de parâmetros físicos e químicos da água constitui importante ferramenta utilizada no monitoramento de qualidade das águas.

Da mesma forma, o estudo da comunidade fitoplanctônica é importante uma vez que estes organismos são, em sua grande maioria, dotados de pigmentos fotossintetizantes, como a clorofila *a*, sendo autotróficos e, portanto, constituindo-se no primeiro elo das teias alimentares aquáticas.

Índices de diversidade e riqueza de espécies são de uso comum para caracterizar o fitoplâncton, bem como outros indicadores especialmente desenvolvidos para serem aplicados sobre as algas planctônicas (NYGAARD 1949; SLÁDECEK 1979). Com relação aos principais indicadores comumente utilizados a partir da comunidade fitoplanctônica destacam-se os valores de densidade numérica e diversidade específica, que são capazes de demonstrar o quadro geral de mudanças às quais esta comunidade pode submeter-se.

Os valores de biomassa também têm sido muito utilizados para a avaliação do fitoplâncton, pois segundo Odum (1971), quando o tamanho e a taxa metabólica dos indivíduos não são relativamente uniformes, a densidade expressa em número de indivíduos, é uma medida bastante satisfatória, mas por apresentar organismos com tamanhos variáveis, a medida de biomassa na comunidade fitoplanctônica, renderia resultados mais consideráveis, pois o número de indivíduos valoriza a importância de organismos pequenos, e a biomassa, dos organismos maiores.

Estudos sanitários sobre o fitoplâncton apresentam grande relevância para a saúde pública, devido ao fato de que eles avaliam a qualidade e possibilitam o monitoramento das águas utilizadas para diversos fins, principalmente aqueles ligados diretamente à saúde humana.

Nos sistemas de abastecimento, os organismos fitoplanctônicos podem propiciar sabor e odor desagradáveis à água; interferências indiretas na cor e turbidez; obstrução de filtros no processo de tratamento; corrosão de tubulações, entre outros inúmeros transtornos para as Companhias de Saneamento. Esses problemas vêm contribuir para

a redução da disponibilidade de recursos hídricos com qualidade de água adequada para servirem como mananciais de abastecimento.

Existe também uma preocupação com o aumento da ocorrência de cianobactérias em mananciais, devido à potencialidade desses microorganismos produzirem e liberarem toxinas (cianotoxinas) para o meio líquido. Estas substâncias químicas podem afetar a saúde humana, tanto pela ingestão de água, pela ingestão de organismos aquáticos contaminados ou por contato, em atividades de recreação (BRASIL, 2003).

As espécies associadas a florações tóxicas em todo o mundo aparentemente são influenciadas por diferenças regionais climáticas, diferenças químicas da água, morfologia da bacia e, particularmente, pela profundidade e transparência da água (YOO ET AL., 1995). Desta forma, a ocorrência de espécies potencialmente produtoras dessas substâncias, em nossos ambientes aquáticos, precisa ser investigada e monitorada a fim de evitar danos à saúde animal, humana e do próprio ecossistema como um todo.

Entre os fatores que levam as cianobactérias predominarem sobre os outros grupos fitoplanctônicos (microalgas), destaca-se as características fisiológicas pelas quais as cianobactérias assimilam nutrientes (N e P), condição facilitada quando existe uma maior oferta desses nutrientes do meio aquático. Além da carga de nutrientes, o tempo de retenção da água, a estratificação e a temperatura são os principais fatores que influenciam a formação e intensidade das florações de cianobactérias (BRASIL, 2003).

Atualmente, a Portaria N°518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) é a legislação vigente que estabelece os “Padrões de Potabilidade da Água para Abastecimento Público” onde encontram-se discriminados os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade em razão da importância que a qualidade da água representam para a melhoria da qualidade de vida e a manutenção da saúde humana.

Entre os procedimentos descritos nesta legislação, destaca-se o monitoramento de cianobactérias nos pontos de captação de água bruta, em mananciais utilizados para o abastecimento público. De acordo com valores encontrados determina-se a periodicidade do monitoramento e a necessidade da análise de cianotoxinas.

Estudos limnológicos em ecossistemas lóticos, sobretudo sobre a dinâmica da comunidade fitoplanctônica ainda são escassos no Brasil. Segundo Huszar & Giani *in* Bicudo & Bicudo (2004), desde o artigo pioneiro de Braun (1952), para lagos e lagoas de inundação da planície do rio Tapajós, foram publicados no Brasil até dezembro de 1998, 156 trabalhos sobre a estrutura do fitoplâncton, dos quais 111 são da década de 1990. Chama a atenção o fato de a grande maioria dos estudos concentrar-se na região Sudeste do Brasil, e dedicar-se a ambientes lênticos, sobretudo reservatórios, sendo poucos os trabalhos sobre rios, apesar a imensa rede hidrográfica brasileira.

Segundo Necchi et al (1996), estudos limnológicos em ecossistemas lóticos da América do Sul, têm focado predominantemente rios de grande porte, tais como Amazonas e o Paraná, sendo poucos os estudos nos rios menores e riachos, quando comparados aos rios maiores. De uma forma geral os autores não quantificam organismos picoplanctônicos em seus trabalhos, e determinam a biomassa fitoplanctônica através da densidade numérica e análises de clorofila *a*, sendo a estimativa da biomassa através do biovolume celular ainda pouco utilizada.

No Espírito Santo, a maioria dos sistemas de tratamento de água para abastecimento público utilizados pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) são supridos por mananciais superficiais considerados como lóticos. O monitoramento realizado nos pontos de captação de água bruta nesses mananciais para o atendimento da Portaria 518/2004 – MS, mostrou a ocorrência de variações temporais em relação aos valores encontrados em relação ao parâmetro cianobactérias. Assim, a escassez de informações a respeito destes ambientes em todo o Brasil e principalmente no

Espírito Santo, juntamente com variações ocorridas não elucidadas apresentou-se como grandes motivadores do presente estudo.

A Região da Grande Vitória / ES é abastecida, na sua maioria, pelos rios Jucu e Santa Maria da Vitória, os quais vêm sofrendo um processo de degradação ao longo das últimas décadas, o que tem contribuído para constantes problemas de abastecimento de água. Desta forma, a pesquisa neste manancial é importante para prevenir possíveis intervenções no local que impeçam o fornecimento de água com qualidade à população, segundo as legislações vigentes.

Baseado nestes fatos, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar possíveis variações do fitoplâncton em um trecho do rio Jucu, caracterizando limnologicamente as águas do trecho deste rio próximo à captação e correlacionando suas condições ambientais com a dinâmica desta comunidade, sendo importante à realização de amostragens em períodos considerados como secos e chuvosos para avaliar a influência do ciclo hidrológico no desenvolvimento desses organismos.

Esta avaliação permitirá o conhecimento em relação à ocorrência de cianobactérias no ponto de captação e em pontos próximos a este em várias épocas do ano, comparando valores encontrados com as legislações vigentes.

## 2. OBJETIVOS

---

### 2.1. OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa tem como principal objetivo avaliar as variações temporais e espaciais da comunidade fitoplanctônica em uma área do rio Jucu utilizada para captação de água com finalidade de abastecimento público, definindo os principais fatores do ciclo hidrológico que determinam o desenvolvimento desta comunidade, principalmente em relação as cianobactérias.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar qualitativamente e quantitativamente a comunidade fitoplanctônica através de variações temporais sazonais e espaciais verticais e horizontais com ênfase nas cianobactérias, em um trecho do curso do rio Jucu utilizado para a captação de água para abastecimento;
- Avaliar as variações temporais sazonais e espaciais verticais e horizontais ocorridas na biomassa fitoplanctônica no local de estudo, enfatizando as cianobactérias, em um trecho do curso do rio Jucu utilizado para a captação de água;
- Avaliar o trecho estudado em relação às legislações vigentes, no que diz respeito aos valores de densidade e biomassa de cianobactérias;
- Analisar as seguintes variáveis limnológicas ocorridas na água através dos seguintes parâmetros ambientais como: profundidade, transparência, limite da zona eufótica, turbidez, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e nutrientes (nitrogênio amoniacal, nitrato e ortofostato);
- Correlacionar as variáveis ambientais com possíveis mudanças na composição da comunidade fitoplanctônica, bem como no estado fisiológico destes organismos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

---

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA E LOCAL DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Jucu (figura 1) abrange os municípios de Domingos Martins, Viana e Vila Velha, localizados no estado do Espírito Santo, Brasil. A área de abrangência da Bacia do rio Jucu corresponde a uma superfície de 2.032 km<sup>2</sup>, com altitude variando entre zero a 1800m (SEBRAE, 2005).

O rio Jucu é formado pelos rios Jucu Braço Norte e Jucu Braço Sul. O Braço Norte nasce na Serra do Castelo, na região de São Paulo de Aracê e o Braço Sul nasce no interior do Parque Estadual da Pedra Azul, ambos no município de Domingos Martins.

O rio percorre cerca de 166Km até desaguar no Oceano Atlântico na localidade da Barra do Jucu, em Vila Velha. Dessa extensão, 43Km correspondem ao trecho da confluência dos Braços Norte e Sul, na divisa dos municípios de Domingos Martins com Viana até a foz. Ao longo do percurso deste rio verifica-se em suas margens, a ocupação urbana em vários trechos, além de várias atividades como agricultura e agropecuária que podem ser fontes contribuintes de matéria orgânica e desmatamento da mata ciliar (SEBRAE, 2005).

O trecho do rio estudado está localizado próximo as imediações de perímetros urbanos da Região da Grande Vitória, recebendo grande quantidade de matéria orgânica proveniente do lançamento de efluentes domésticos *in natura*, estando bastante degradado. Nesta região, o rio Formate se unia ao rio Jucu naturalmente. Porém, os jesuítas construíram um canal artificial no século XIX para transporte fluvial de materiais até a baía de Vitória, ligando o rio Formate ao rio Marinho (canal dos Jesuítas), que atualmente é uma das principais vias de transporte de esgoto *in natura* da região (AMAMOR, 2007). As indústrias mais próximas do local de estudo estão localizadas principalmente nos municípios de Viana, Vila Velha e Cariacica sendo estas do gênero alimentício, de fertilizantes e de ferro.

O clima nesta região é caracterizado como tropical, sendo a época chuvosa ocorrendo no verão, e a seca o inverno. A área de estudo é uma das regiões da bacia com maior comprometimento da vegetação, estando intensamente desmatada (SÉCULO DIÁRIO, 2007).

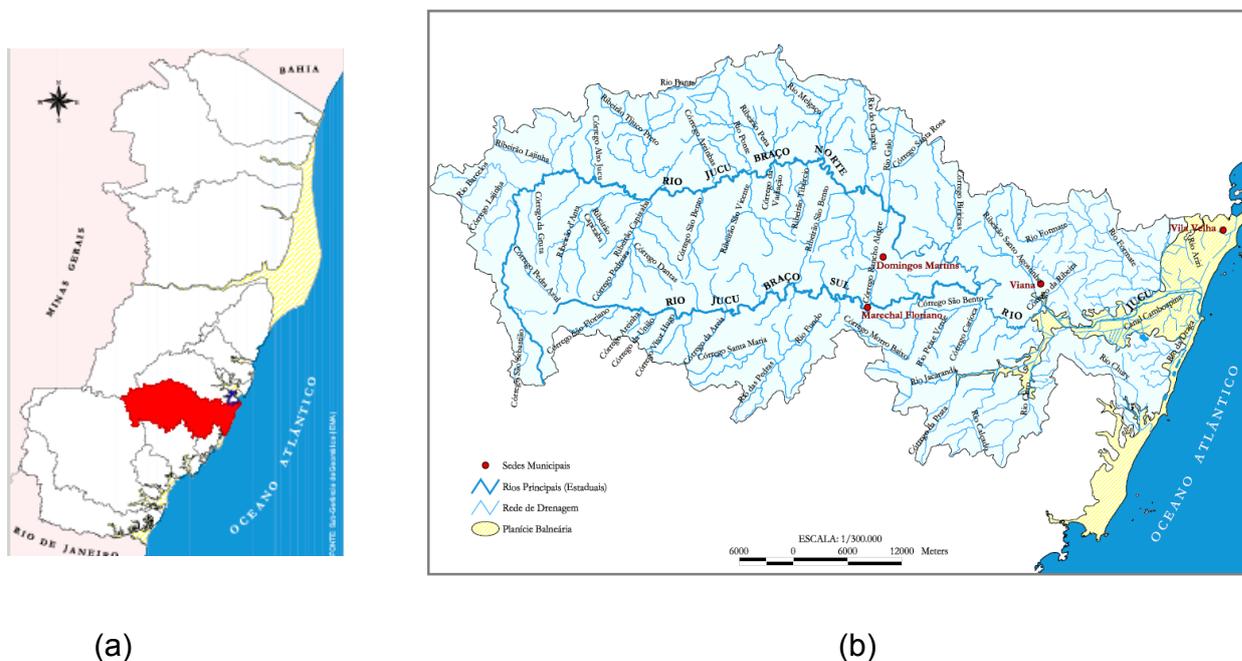


Figura 1: (a) Mapa representando as bacias hidrográficas do Estado do Espírito Santo. (b) Bacia do rio Jucu, onde se encontra situado o ecossistema estudado. Fonte: [www.iema.gov.br](http://www.iema.gov.br)

### 3.2. PLANO DE AMOSTRAGEM

As amostragens foram realizadas em um trecho do rio Jucu, nas proximidades do ponto de captação da CESAN, no município de Vila Velha, Estado do Espírito Santo. Observa-se que neste trecho, em algumas épocas do ano, a velocidade das correntes diminui, sendo caracterizado visualmente uma zona de remanso. Após passar por este local, o rio Jucu segue seu curso até a foz, que localiza-se na Barra do Jucu. A água captada neste ponto é tratada e distribuída a grande parte dos municípios de Vila Velha, Vitória e Cariacica, sendo, portanto um dos principais mananciais de abastecimento da Grande Vitória.

Foram determinados cinco pontos de amostragem (P1, P2, P3 P4 e P5) que podem ser visualizados na figura 2. Estes pontos foram marcados de acordo com características evidenciadas em coleta piloto realizada em agosto de 2006, como a influência de tributários, lançamento de efluentes e outras interferências antrópicas que possam interferir na qualidade da água captada (tabela 1). A marcação ocorreu com GPS da marca Garmin, de acordo com o sistema de coordenadas planas associadas à projeção cartográfica UTM. A coordenada Y é chamada de Norte (N), e a coordenada X é chamada de Oeste (E).

O ponto 1 localiza-se a jusante de um dos lançamentos de efluentes *in natura* da região estudada. Este despejo ocorre através do canal do rio Marinho, criado e utilizado para captação pela CESAN na década de 70, que mudou para o rio Jucu devido ao aumento de esgotos e dejetos com o crescimento desordenado da população.

O ponto 2 está localizado na direção da mineradora Santa Bárbara. Quando ocorrem chuvas, resíduos de metais que eventualmente se encontram nos pátios, podem ganhar o rio lixiviados pela água das chuvas.

O ponto 3 encontra-se localizado na saída do canal dos Jesuítas, criado por estes para a navegação, e hoje utilizado para transporte de efluentes *in natura* da região e de outros municípios, como Cariacica e Viana, uma vez que o rio Formate desemboca neste canal, unindo-se ao rio Jucu através do mesmo.

O ponto 4, que fica na direção do canal de retenção no qual um pequeno trecho do rio é desviado, e a montante do dique, ambos construídos para facilitar o acúmulo de água para suprir as necessidades para o abastecimento.

O ponto 5, localizado dentro do canal de retenção, é o ponto de captação de água bruta. Depois de captada, esta água é tratada em quatro Estações de Tratamento de Água (ETA's) localizadas na região metropolitana da Grande Vitória, e distribuída a grande parte desta população.

As amostras foram coletadas na sub-superfície, e próximas ao fundo, sempre após o estabelecimento da profundidade limite da zona eufótica, em todos os pontos marcados (figura 3) em quatro amostragens, sendo duas correspondentes a estação seca (agosto/06 e maio/07) e duas em estação chuvosa (novembro/06 e fevereiro/07).

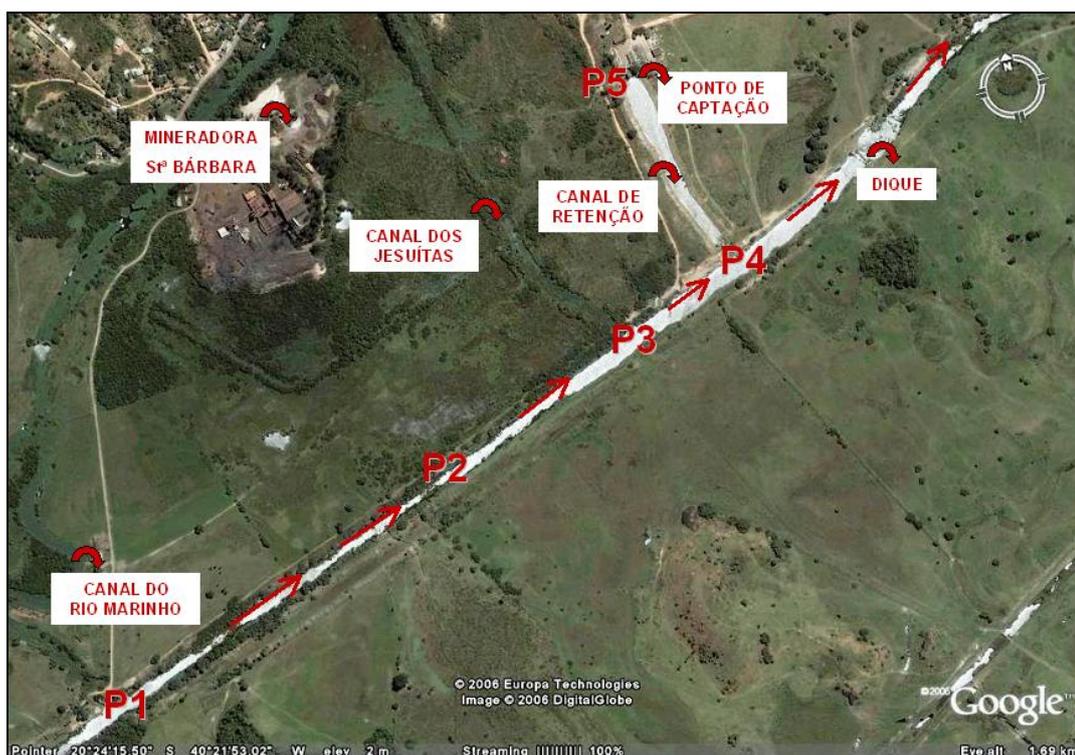


Figura 2: Localização dos cinco pontos de coleta (P1, P2, P3 P4 e P5) no local de amostragem. No mapa estão destacados o canal do rio Marinho, o canal o canal dos Jesuítas, o canal de Retenção, o Ponto de Captação e o dique. Fonte: Google Earth

Tabela 1: Localização, distância dos pontos em relação ao ponto de captação (P5) e coordenadas geográficas dos cinco pontos de coleta.

Pontos	Distância (metros)	Coordenadas Geográficas (UTM)	
<b>P1</b> - Localizado a jusante do canal do rio marinho.	1.600	365351 E	7760788 N
<b>P2</b> - Localizado na direção da mineradora Stª Bárbara.	1.030	364963 E	7760483 N
<b>P3</b> - Localizado na saída do canal dos jesuítas.	550	364798 E	7760096 N
<b>P4</b> - Localizada na entrada do canal de retenção.	410	364200 E	7759962 N
<b>P5</b> - Localizado no ponto de captação da CESAN.	-	364092 E	7759823 N



Ponto 1



Ponto 2



Ponto 3



Ponto 4



Ponto 5

Figura 3: Vista parcial dos cinco pontos de amostragem (P1, P2, P3 P4 e P5) em imagens realizadas na coleta piloto (maio/2006).

### 3.3. DADOS CLIMATOLÓGICOS

Dados de pluviosidade acumulada mensal e médias mensais de temperatura do ar (mínimas e máximas) em todo o período de estudo foram obtidas em uma estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Vitória – ES. Essas informações foram obtidas no site do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

### 3.4. VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

Algumas variáveis limnológicas, tais como temperatura da água (°C), profundidade (m), transparência (m) e limite da zona eufótica (m) foram analisadas *in situ*.

As demais variáveis analisadas tais como turbidez (N.T.U.), pH, oxigênio dissolvido ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ), condutividade elétrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) nitrogênio amoniacal ( $\text{mgNH}_3\text{-N}/\text{L}$ ), nitrato ( $\text{mg NO}_3^-\text{-N}/\text{L}$ ) e ortofosfato ( $\mu\text{g PO}_4^{3-}\text{-P}/\text{L}$ ) foram coletadas amostras na sub-superfície e fundo com garrafa de Van Dorn nos cinco pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto e novembro/06, fevereiro e maio/07) para posterior análise no laboratório central da Divisão de Controle da Qualidade da CESAN, com exceção das análises de ortofosfatos, realizada em laboratório particular, todos de acordo com metodologias descritas em APHA (1998).

#### 3.4.1. Profundidade, transparência e limite da zona eufótica

A transparência da água foi estimada em todos os pontos de amostragem através da medida, em metros, do desaparecimento do disco de Secchi com corda graduada na coluna d'água, sempre à sombra do barco. A profundidade também foi medida com o disco de Secchi, deixando que este encostasse no sedimento do ponto de amostragem. O limite da zona eufótica foi estimado multiplicando-se o valor da profundidade de Secchi por três (ESTEVES, 1988).

### **3.4.2. Turbidez**

A turbidez foi determinada pelo método nefelométrico e expressa em NTU (Nephelometric Turbidity Units). Para realização de tais medidas utilizou-se um turbidímetro da marca Policontrol, modelo AP 2000. O aparelho foi previamente calibrado antes de realizar as medições das amostras.

### **3.4.3. Temperatura**

A temperatura da água foi determinada no local, imediatamente após a coleta, com termômetro digital calibrado da marca Equitem, e a leitura realizada após a estabilização deste.

### **3.4.4. pH**

O Potencial Hidrogeniônico (pH) foi determinado com uso de potenciômetro digital Digimed, modelo DM 20, imediatamente após a coleta, em laboratório. O eletrodo do aparelho era submerso na amostra e a leitura realizada após a estabilização do mesmo. Antes da realização das leituras o aparelho foi calibrado com solução tampão 4,0 e 7,0.

### **3.4.5. Oxigênio Dissolvido**

As amostras para a determinação da concentração análise de oxigênio dissolvido foram coletadas em frascos apropriados com cuidado para prevenir o aparecimento de bolhas. Estas foram preservadas *in situ* com 1 mL de sulfato manganoso ( $MnSO_4$ ) e 1 mL de azida sódica, até a análise no laboratório. Essas foram tituladas imediatamente após a chegada ao laboratório, seguindo a metodologia de Winkler, descrito por Mackereth et al. (1978).

### **3.4.6. Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica foi determinada através de um condutivímetro digital Digimed, modelo DM 31. A determinação foi realizada após a chegada ao laboratório. O sensor do aparelho era submerso e a leitura realizada após a estabilização do aparelho, calibrado antes da realização das medições.

### **3.4.7. Nutrientes**

Devido a grande importância para assimilação e biomassa do fitoplâncton, alguns dos principais compostos de nitrogênio e fósforo para esses organismos foram analisados, como nitrato, nitrogênio amoniacal e ortofosfato.

As amostras para análise de nutrientes foram coletadas e acondicionadas em caixa térmica refrigerada, até a realização das análises. Para a determinação do nitrato as amostras foram preservadas com ácido sulfúrico concentrado e as análises realizadas através da coluna redutora de cádmio segundo Valderrama (1981). As análises para determinação do nitrogênio amoniacal foram realizadas pelo método de Nessler (VOGUEL, 1981), e a determinação do fósforo seguiu a metodologia descrita por Paranhos (1996), através do método do ácido ascórbico.

## **3.5. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA**

### **3.5.1. Clorofila *a* e feofitina**

As amostras para análise de clorofila *a* e feofitina foram coletadas e filtradas *in situ* com filtro de fibra de vidro, preservados com solução saturada de carbonato de magnésio ( $MgCO_3$ ) para evitar a perda do átomo central da molécula de clorofila e feofitinação da mesma. Os filtros foram acondicionados em envelopes de papel alumínio,

devidamente identificados e armazenados num frasco escuro contendo sílica gel, sendo mantidos congelados até o momento da análise laboratorial.

No laboratório os filtros foram macerados em 10 ml de acetona 90%, sendo posteriormente acondicionados sob refrigeração durante 24 horas para a extração da clorofila *a*.

Após a extração, as amostras foram centrifugadas duas vezes para a separação do *pellet* e sobrenadante, com centrífuga marca Fanem. A leitura do sobrenadante foi realizada em espectrofotômetro nos comprimentos de onda 665 e 750 nm para a detecção de clorofila *a*. Após a primeira leitura, a amostra foi acidificada com 100 µL de HCl 0,1N por aproximadamente 90 segundos, para a conversão da clorofila *a* ativa em feofitina, e realizada uma nova leitura, nos mesmos comprimentos de onda. As concentrações de clorofila *a* e feofitina, expressas em µg/L, foram obtidas através do cálculo segundo Lorenzen (1967).

$$\text{Clorofila } a: \frac{(k).(F).(665a - 665d).(v)}{(V).(L)}$$

$$\text{Feofitina: } \frac{(k).(F).[665a - 665d].(v)}{(V).(L)}$$

Onde:

*v* = Volume do extrato, em ml;

*V* = Volume da amostra, em litros;

*L* = caminho percorrido pela luz na cubeta, em cm

665a = leitura antes da acidificação (subtraído da leitura de correção realizada em 750nm);

665d = leitura depois da acidificação (subtraído da leitura de correção realizada em 750nm);

*k* = coeficiente de absorvância para clorofila *a* = 11,0;

*F*: fator para equiparar a redução da absorvância com a concentração inicial de clorofila (2,43)

### **3.5.2. Coletas e análises qualitativas do fitoplâncton**

As coletas de amostras para as análises qualitativas da comunidade fitoplanctônica foram realizadas através do arrasto com rede de plâncton de malha de 20  $\mu\text{m}$  na sub-superfície dos pontos de coleta. As amostras foram fixadas com solução de formaldeído a 2%, porém parte delas foi mantida sem fixação e refrigerada para possível identificação de organismos vivos que possam perder suas características como movimento, forma, cor e determinadas estruturas devido aos processos de fixação.

As análises qualitativas foram realizadas utilizando-se microscópios ópticos equipados com ocular de medição, câmara clara e sistema de fotomicrografia digital. Os táxons foram identificados analisando-se suas características morfológicas e morfométricas, utilizando-se bibliografia especializada, como a chave de Bicudo & Menezes (2005), Bourrelly (1972, 1981, 1985), Hino & Tundisi (1977), Komárek (1983), Anagnostidis & Komárek (1988), entre outras.

### **3.5.3. Coletas e análises quantitativas do fitoplâncton**

As coletas para a realização das análises quantitativas foram realizadas nos cinco pontos na sub-superfície diretamente com o frasco de coleta e no fundo usando garrafa de Van Dorn. As amostras coletadas foram fixadas com solução de glutaraldeído 1%.

A quantificação do fitoplâncton foi realizada utilizando-se câmara de sedimentação de Utermöhl, seguindo a metodologia descrita por Utermöhl (1958), em microscópio invertido (Nikon – Eclipse TS 100), equipado com epifluorescência e filtro de excitação verde para identificação da ficoeritrina presente nas cianobactérias. A contagem foi realizada em duas etapas: células picoplanctônicas de cianobactérias (0,2 a 2  $\mu\text{m}$ ) através de epifluorescência (WOOD, 1956; BOOTH, 1987), e células fitoplanctônicas acima desse tamanho, sem a utilização desta.

Segundo Branco (1986), quando submetidos à luz, os pigmentos acessórios realizam um processo de remissão da mesma, em outro comprimento de onda, denominado fluorescência. Na metodologia utilizada, a luz absorvida pela ficoeritrina emite a fluorescência, que com o filtro verde utilizado produzem nessas células uma coloração vermelho-alaranjado.

A importância de se utilizar um equipamento de epifluorescência na contagem desses organismos é devido ao pequeno tamanho que possuem, podendo ser confundidos com outros microrganismos e até mesmo com o material particulado que sedimenta na câmara. Assim, acredita-se que o resultado obtido com as contagens realizadas neste equipamento seja o mais próximo possível do real.

O procedimento escolhido para a contagem foi o de campos aleatórios descrito por Uehlinger (1964). Os campos são gerados em computador através de programa específico e localizados com o auxílio de uma platina graduada presente no microscópio.

O critério para determinar o número de campos a serem contados foi o que procura alcançar 100 indivíduos da espécie mais abundante. De acordo com Lund et al (1958), isso permite trabalhar com intervalos de confiança de +/- 20% da média, com um nível de significância de 95%, sendo considerado suficiente para o estudo em questão. No entanto, devido a grande desproporcionalidade entre as espécies contadas, foram contados 25 campos, tendo ou não alcançado o limite de 100 indivíduos (DIAS JR, 1991).

Os resultados foram expressos em indivíduos por unidade de volume (ind/mL), para todos os organismos fitoplanctônicos e para cianobactérias, os resultados também foram expressos em células/mL, contando-se cada célula da colônia ou filamento, para que pudessem ser comparados com limites estabelecidos pelas legislações vigentes. No entanto, esses valores foram calculados apenas na superfície dos pontos, uma vez

que essas leis não estabelecem que as análises sejam feitas no fundo dos corpos d'água.

Os resultados foram calculados segundo Wetzel e Likens (1979), modificado por Dias Jr. (1991):

$$N = n \cdot A/a \cdot 1/V$$

Onde:

N = Número de indivíduos (ou células) por ml

n = número de indivíduos (ou células) contados

a = área contada (área do campo multiplicada pelo nº de campos contados)

A = Área total da câmara

V = Volume de amostra sedimentado

Para cada amostra contada foi calculada a contribuição quantitativa (%) das diversas classes taxonômicas encontradas e das classes de tamanho, que foram divididas em: picoplâncton (< 2 µm), nanoplâncton (2 a 20 µm) e microfitoplâncton (> 20 µm).

#### **3.5.4. Estimativa da biomassa fitoplanctônica**

Para uma estimativa dos valores da biomassa fitoplanctônica foram utilizados os volumes celulares das algas encontradas, associando cada célula a figuras geométricas tridimensionais (EDLER, 1979).

Com a fórmula conhecida de cada figura geométrica semelhante às respectivas célula e a média de suas medidas, foi realizado cálculo para determinar o biovolume médio de cada célula, transferindo as médias para fórmulas descritas em Wetzel & Likens (1979), Hillebrand (1999), Sun & Liu (2003), Vadrucci et al. (2007) e, sempre que possível, utilizando o programa Biovol 2.1.

A média de cada organismo foi obtida pela medida de vinte (20) indivíduos das espécies consideradas abundantes em cada amostragem, e para os táxons que não foram considerados abundantes, foram medidos trinta (30) representantes de cada organismo no decorrer de todo o período de estudo.

O biovolume de cada organismo foi posteriormente multiplicado pelo seu respectivo valor de densidade. Segundo Margalef (1983), multiplicando-se os valores numéricos de uma dada espécie pelo biovolume médio de sua célula, obtém-se um valor aproximado da sua biomassa. Os resultados foram expressos em  $\text{mm}^3/\text{L}$ .

Para cada amostra foi calculada a contribuição para biomassa (%) das diversas Classes taxonômicas encontradas e das classes de tamanho, em relação ao seu biovolume, em: Classe I ( $< 1.000 \mu\text{m}^3$ ), Classe II (1.000 a  $10.000 \mu\text{m}^3$ ) e Classe III ( $10.000$  a  $100.000 \mu\text{m}^3$ ). Na superfície dos pontos de coleta foram calculados separadamente os valores de biomassa de cianobactérias, para comparação desses valores com as legislações vigentes.

### **3.5.5. Cálculo do Índice de Diversidade Específica**

Os Índices de Diversidade Específica serão obtidos utilizando-se a seguinte fórmula para cálculo segundo Shannon & Weaver (1963). A diversidade específica foi calculada para os valores de densidade numérica e biomassa (obtida pelo cálculo de biovolume celular) através da fórmula a seguir, sendo expressos em bits/indivíduos e bits/u.b.(unidade de biovolume), respectivamente.

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i$$

sendo:

$$p_i = n / N$$

onde:

H = Diversidade específica da amostra

n = Densidade (ou biomassa) da espécie i

N = Densidade (ou biomassa) total da amostra

### 3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Análises estatísticas univariadas foram realizadas para avaliar as possíveis variações ocorridas. Foram realizadas análises de variância não-paramétrica através do teste de Wilcoxon para avaliar diferenças espaciais verticais e o teste de Kruskal-Wallis para avaliar diferenças espaciais horizontais e temporais, através do Programa Estatístico SAEGD 9.1.

Na discussão deste trabalho, todas as vezes que forem citadas as diferenças significativas ocorridas, tratar-se-á de resultados obtidos através dos testes acima citados, para um nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ).

As correlações dos dados bióticos e abióticos foram estabelecidas através de análise estatística multivariada (Análise de Componentes Principais – ACP). A análise realizada teve como objetivo determinar a variabilidade dos dados ambientais em relação à comunidade fitoplanctônica nos quatro períodos amostrados, relacionando fatores que influenciaram as variações da densidade total e biomassa total do fitoplâncton, densidade e biomassa de cianobactérias, resumindo desta forma uma grande quantidade de dados sobre a comunidade biológica. Para tal análise foi utilizado o software STATISTICA 6.0.

## 4 - RESULTADOS

### 4.1. DADOS CLIMATOLÓGICOS

A figura 4 mostra a variação temporal da temperatura do ar em °C (médias mensais máxima e mínima) e da precipitação total obtida no período de junho de 2006 a maio de 2007. Ocorreu um aumento gradativo na temperatura do ar de junho de 2006 a março de 2007, com médias máximas variando de 26,0 °C (junho/ 2006) a 32,8 (março/2007), e médias mínimas entre 18,7 (julho/2006) a 23,8 (janeiro e março/2007).

Os índices pluviométricos mensais estiveram entre 38 mm (maio/2007) a 330,7 mm (dezembro/2006). Os maiores índices foram observados após outubro/2006 a fevereiro/2007. Nos períodos de junho a outubro/2006, e de março a maio/2007 ocorreram os menores índices pluviométricos. Com estes dados, dois dos quatro períodos de amostragem determinados puderam ser classificados em estação seca (agosto/06 e maio/07) e dois em estação chuvosa (novembro/06 e fevereiro/07).

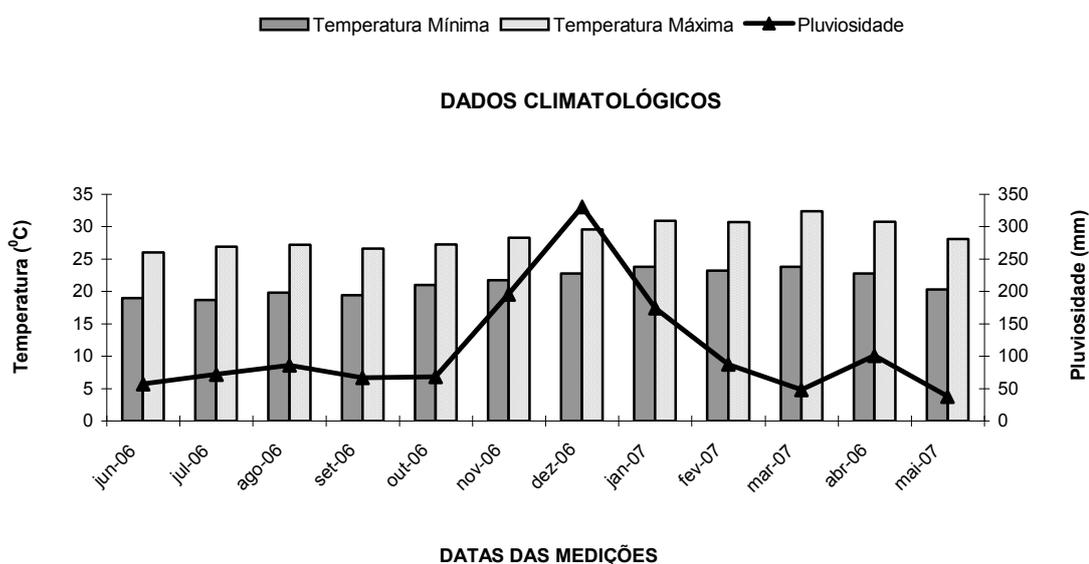


Figura 4: Médias mensais de temperatura do ar (mínima e máxima em °C) e de pluviosidade na área de estudo no período de junho de 2006 a agosto de 2007.

## 4.2. VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

### 4.2.1. Profundidade, transparência e limite da zona eufótica

A profundidade total da coluna d'água, a transparência e a estimativa do limite da zona eufótica podem ser visualizadas na figura 5. Os maiores valores de transparência ocorreram nos períodos secos (agosto/06 e maio/07), assim como o limite da zona eufótica, que nesses meses, na maioria dos pontos atingiu o sedimento do rio. Os valores de transparência variaram entre 0,2 m (pontos 1, 2 e 4 em novembro/2006) a 1,5 m (ponto 3, agosto/2006).

As maiores profundidades em todo o período de estudo ocorreram nos períodos de chuvas, em novembro de 2006 e fevereiro de 2007, sendo pouco maiores no ponto 4 e menores no ponto 5, localizado no canal de retenção. Os valores variaram entre 1,5 m (ponto 5, agosto/ 2006) a 5,25 (ponto 4, novembro de 2007).

### 4.2.2. Turbidez

Como era de se esperar, os maiores valores de turbidez ocorreram nas estações chuvosas (novembro/06 e fevereiro/07) e os menores nas estações secas (agosto/06 e maio/07), como podem ser observados na figura 6. O menor valor foi registrado em agosto/2006 (7,9 N.T.U.), na superfície do ponto 4. Os maiores valores de turbidez ocorreram no mês de novembro de 2006, atingindo um valor máximo de 138 N.T.U. no fundo do ponto 1.

Uma variação espacial horizontal ocorreu entre os valores obtidos nas amostras coletadas no rio (P1; P2; P3; P4) e as amostras coletadas no canal de retenção (P5).

Nos períodos de seca os valores de turbidez encontrados no ponto 5 foram maiores em relação aos demais pontos, ocorrendo o contrário nos períodos de chuva, onde o ponto 5 apresentou menores valores de turbidez quando comparado aos demais pontos amostrados.

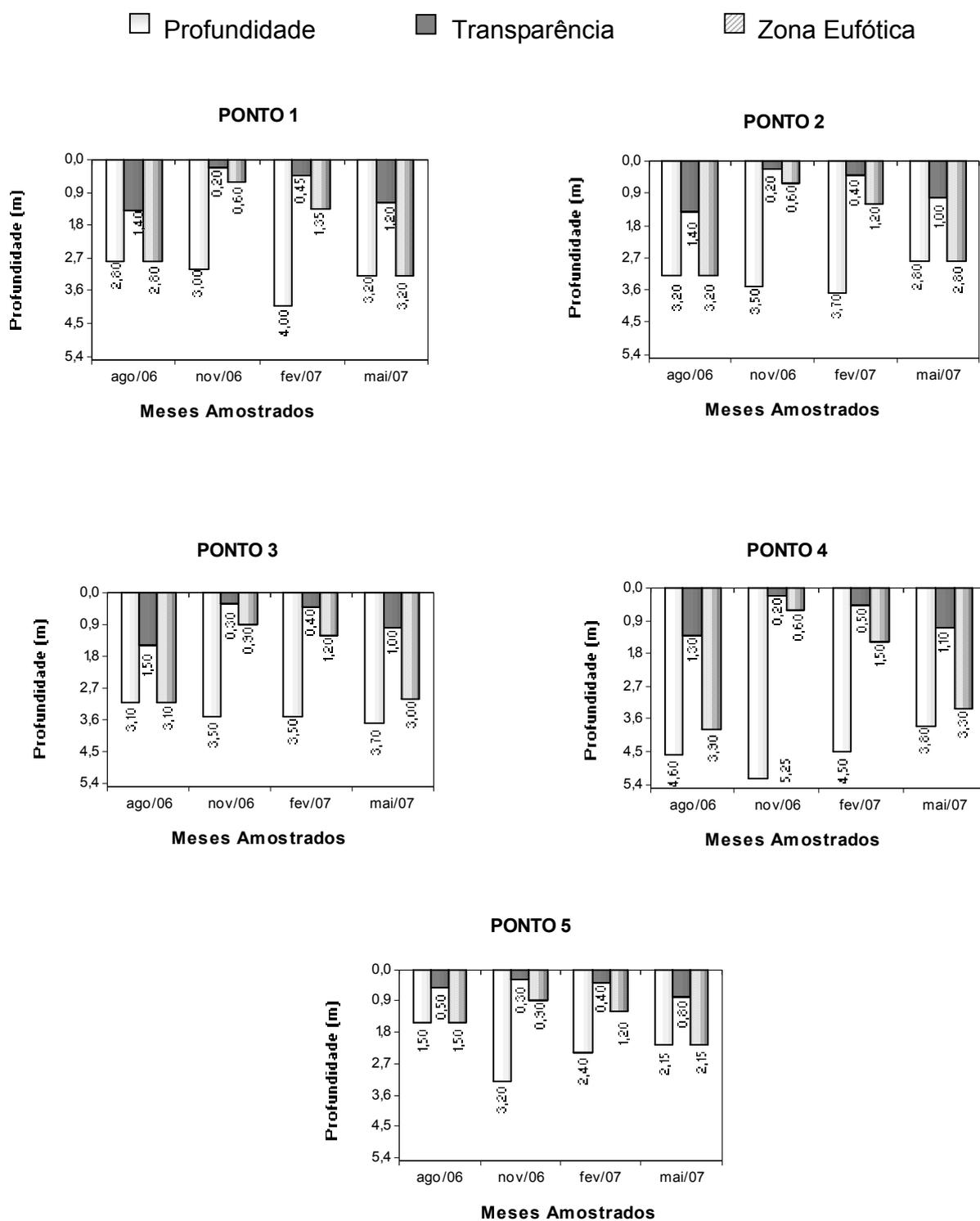


Figura 5: Profundidade, transparência e limite da zona eufótica, (em m) em todos os pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.

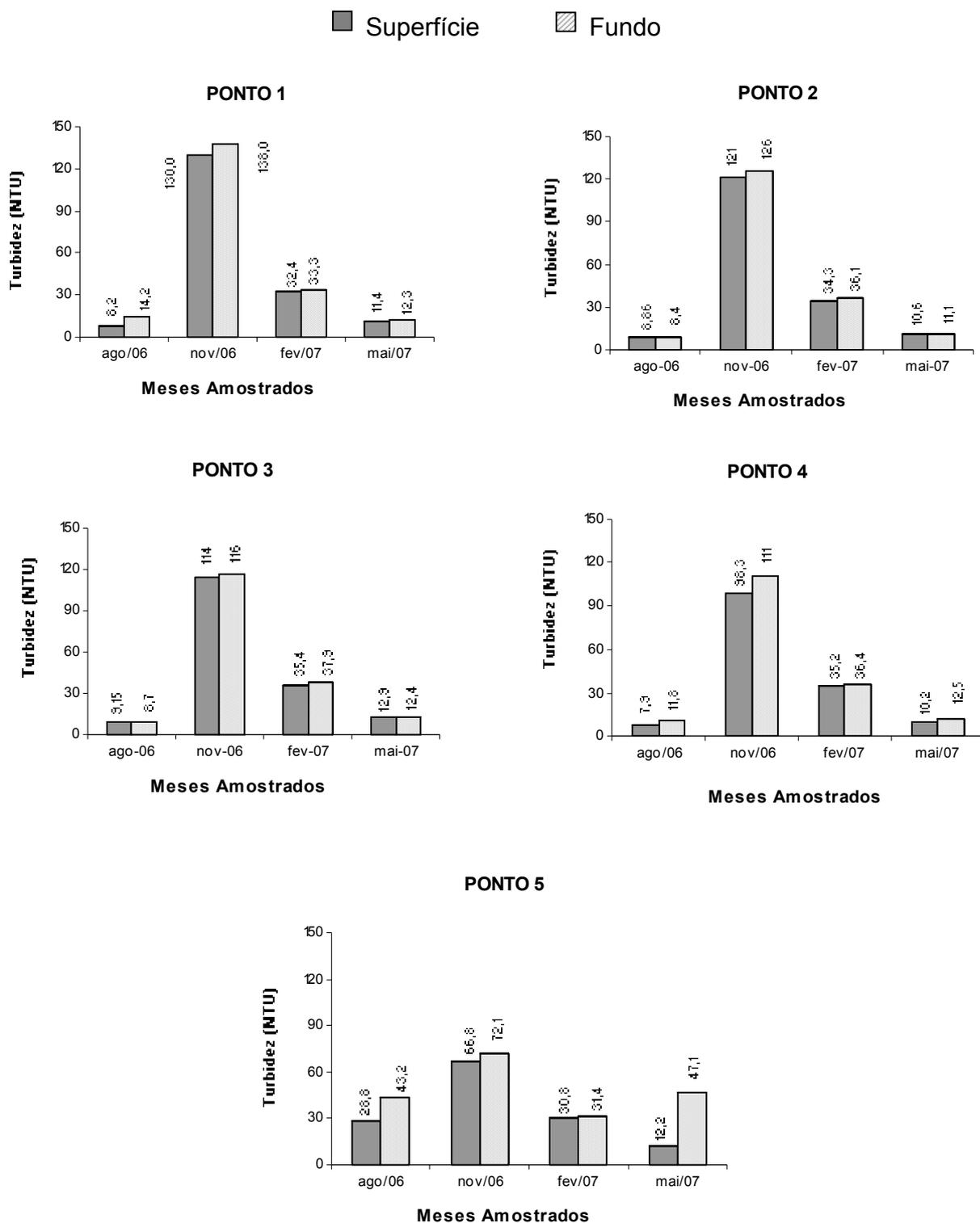


Figura 6: Valores de turbidez (N.T.U.), medidos na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.

### **4.2.3. Temperatura da água**

Houve certa homogeneidade em relação aos valores de temperatura da água, tanto comparando-se os meses quanto os pontos de amostragem (figura 7). Na maioria das vezes, os valores foram iguais comparando-se as profundidades, sendo que as pequenas diferenças encontradas entre superfície e fundo ocorreram nos meses de agosto/2006 e maio/2007.

Ocorreu também uma pequena variação sazonal entre os valores, onde se pode notar uma tênue diferença entre os meses de novembro e fevereiro, que apresentaram os maiores valores, em relação os meses de agosto e maio. O menor valor registrado em todo o local e período de coleta foi de 21° C, e ocorreu em maio de 2007 (superfície dos pontos 1 e 5), e o maior valor ocorreu em fevereiro de 2007, com 26°C (superfície e fundo do ponto 5).

### **4.2.4. Oxigênio Dissolvido**

A figura 8 mostra as variações na concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) em todo o período de estudo. Houve certa homogeneidade entre os valores registrados na superfície e o fundo e entre os pontos de amostragem, ocorrendo apenas uma pequena variação no ponto 5 em relação aos demais pontos de amostragem, apresentando, de uma forma geral, os menores valores, especialmente em fevereiro/2007.

Foi registrada variação temporal nas [O.D.], sendo os maiores valores nos períodos de seca (agosto/06 e maio/07). Em maio/2007 foram registrados os maiores resultados em relação à concentração deste gás em todo o período de amostragem e em todos os pontos. Neste mês foi registrado o maior valor (7,4 mg/L) no fundo do ponto 1. O menor valor (5,60 mg/L) foi registrado no fundo do ponto 5 (fevereiro/2007).

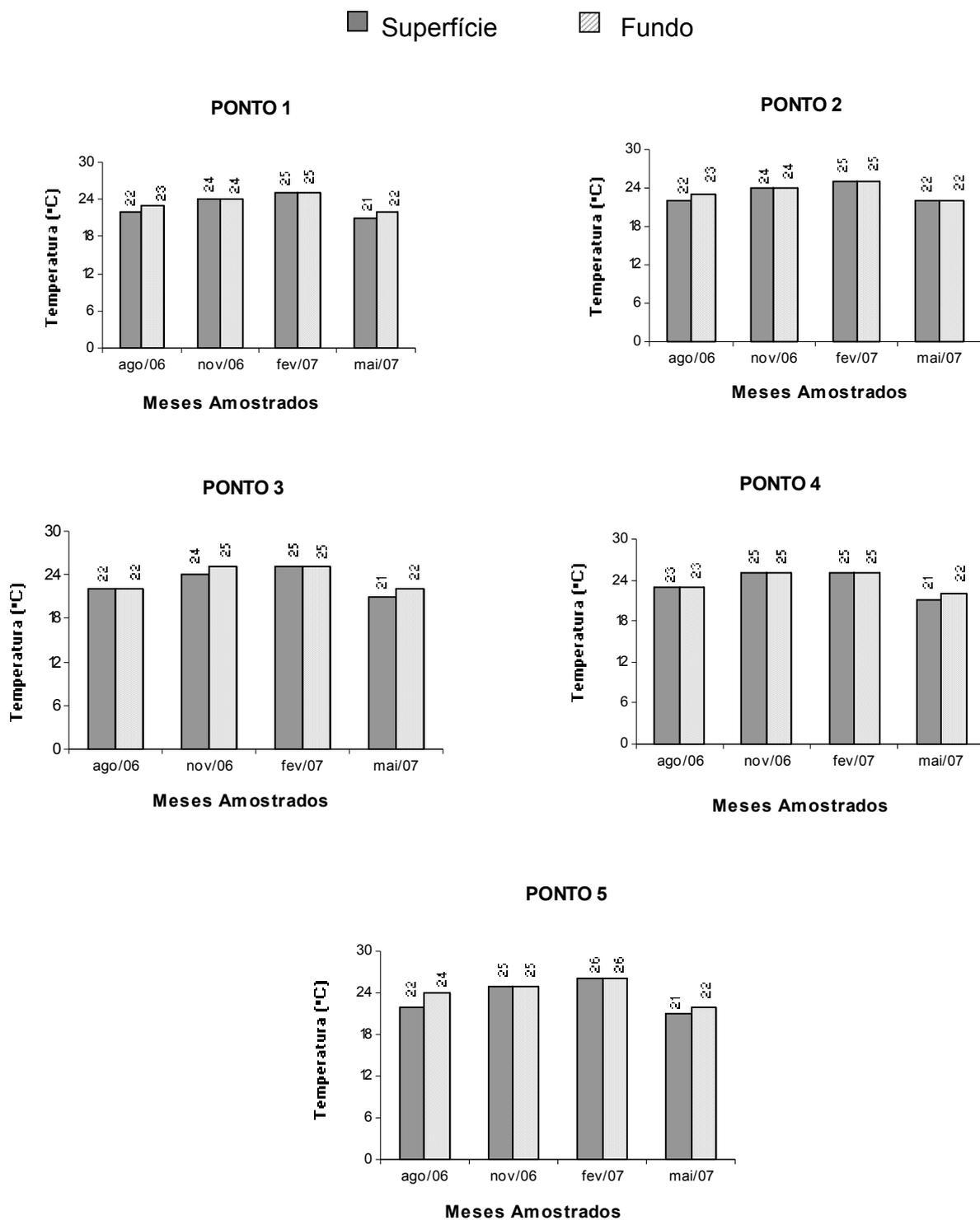


Figura 7: Variações da temperatura da água (°C), na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.

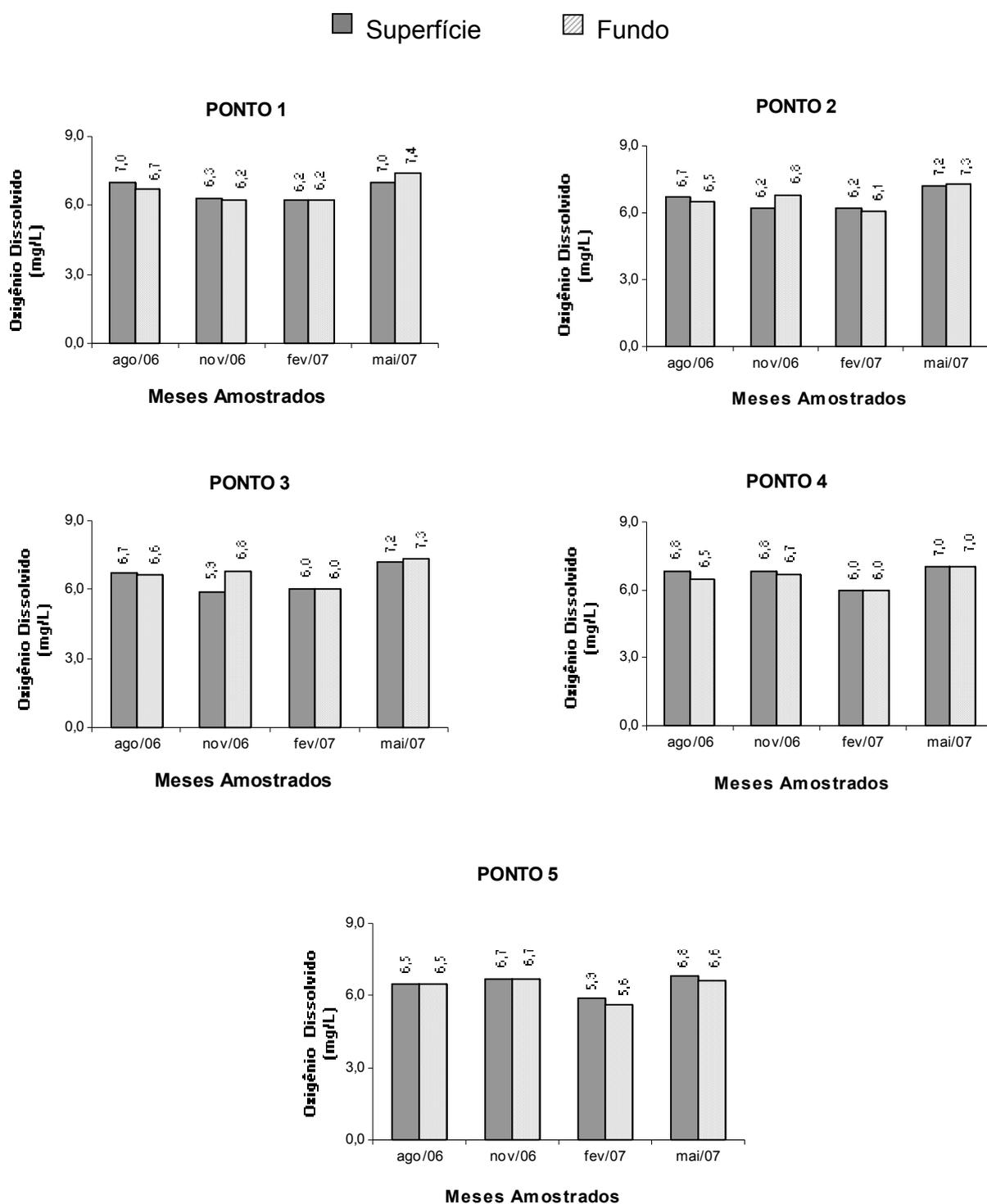


Figura 8: Concentrações do oxigênio dissolvido ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ), na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.

#### **4.2.5. pH**

A figura 9 mostra as variações ocorridas nos valores de pH em todo o período de estudo. De forma geral não ocorreram variações em relação a esta variável, que sempre apresentou valores próximos à neutralidade.

Não foram observadas significativas diferenças espaciais verticais e horizontais em relação ao pH em toda a área de estudo. Houve tendência dos maiores valores terem sido registrados em fevereiro/07, em todos os pontos amostrais. A variação total foi de 6,62 (ponto 2, novembro/2006) a 7,84 no ponto 5, em fevereiro de 2007.

#### **4.2.6. Condutividade elétrica**

As maiores variações ocorridas em relação à condutividade ocorreram sazonalmente, sendo os maiores valores registrados nos períodos de seca, sobretudo em maio de 2007, mês no qual foi registrado o maior valor (25,5  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , superfície do ponto 5).

Os meses de novembro/06 e fevereiro/07 registraram valores mais baixos de condutividade elétrica, sendo o menor valor registrado em fevereiro/2007, (17,3  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) na superfície do ponto 1.



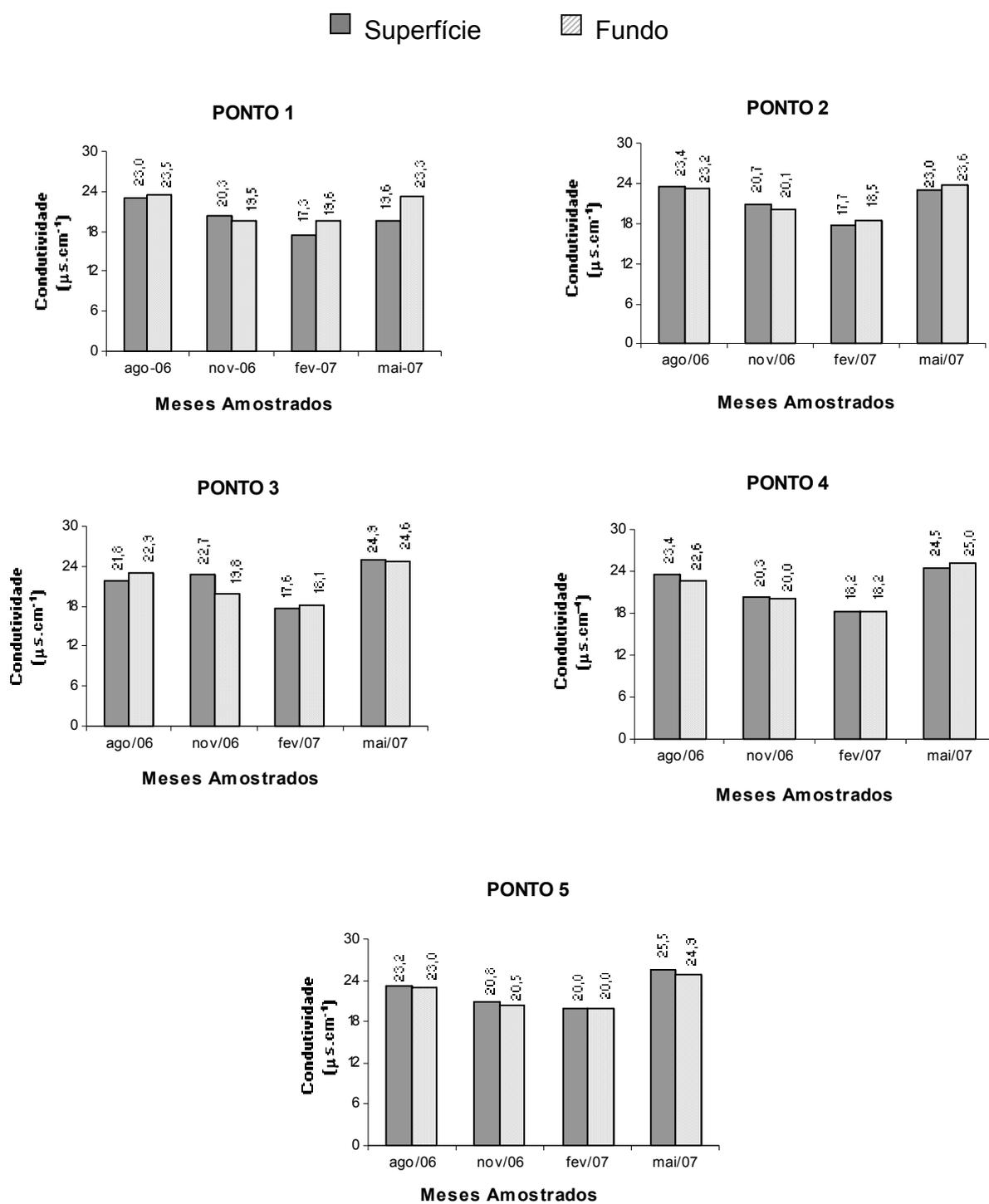


Figura 10: Variações da condutividade elétrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.

#### 4.2.7. Nutrientes

As figuras 11, 12 e 13 mostram os resultados obtidos para nitrato, nitrogênio amoniacal e ortofosfato, respectivamente.

De forma geral, os valores obtidos não apresentaram diferenças entre os cinco pontos analisados e entre a superfície e o fundo destes. O nitrato apresentou maiores valores nos meses chuvosos (novembro/2006 e fevereiro/2007), sendo de uma forma geral maiores em novembro/06, com exceção do ponto 4 (superfície) em fevereiro/2007 no qual foi registrado um valor elevado (1,81 mg N-NO<sub>3</sub>/L), maior do que os valores encontrados nos outros pontos de coleta, nesta e nas demais amostragens. O menor valor também foi registrado em fevereiro de 2007 (0,23 mg N-NO<sub>3</sub>/L) e ocorreu no fundo do ponto 4.

O nitrogênio amoniacal apresentou dinâmica diferente do nitrato, sendo os valores geralmente menores na estação chuvosa. O menor valor registrado (0,16 mg N-NH<sub>3</sub>/L) em todo o período de estudo ocorreu na superfície do ponto 3 em fevereiro de 2007 e o maior valor (0,58 mg N-NH<sub>3</sub>/L) foi registrado também em fevereiro/2007. De forma geral, os menores valores foram encontrados em novembro/06 e os maiores valores em agosto/2006.

Em relação aos valores de ortofosfato, na primeira amostragem (agosto/2006) os valores deste nutriente estiveram abaixo dos limites de detecção do método (5 µg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/L) em todas as amostras analisadas. Nas amostragens seguintes, referentes ao período de chuvas (novembro/06 e fevereiro/07), este nutriente foi encontrado em maiores quantidades, apresentando os maiores valores em novembro. Na última amostragem (maio/2007) os valores voltaram a diminuir, apresentando-se em algumas amostras, abaixo do limite de detecção. O maior valor obtido em todo o estudo (55 µg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/L) ocorreu na superfície do ponto 5 em novembro/2006. Não foram observadas variações verticais e horizontais para este nutriente.

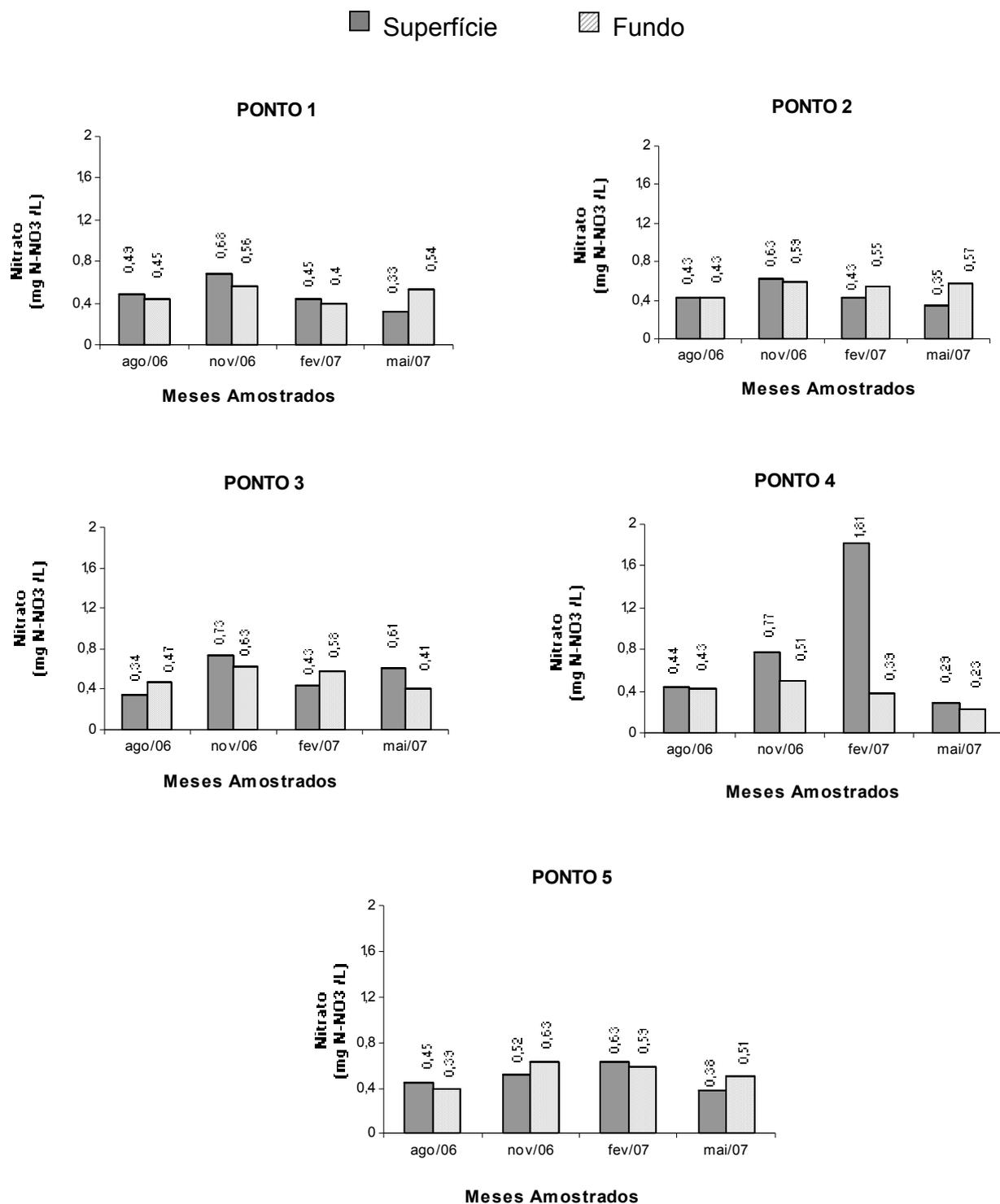


Figura 11: Concentrações de nitrato (mg N-NO<sub>3</sub>/L), na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.

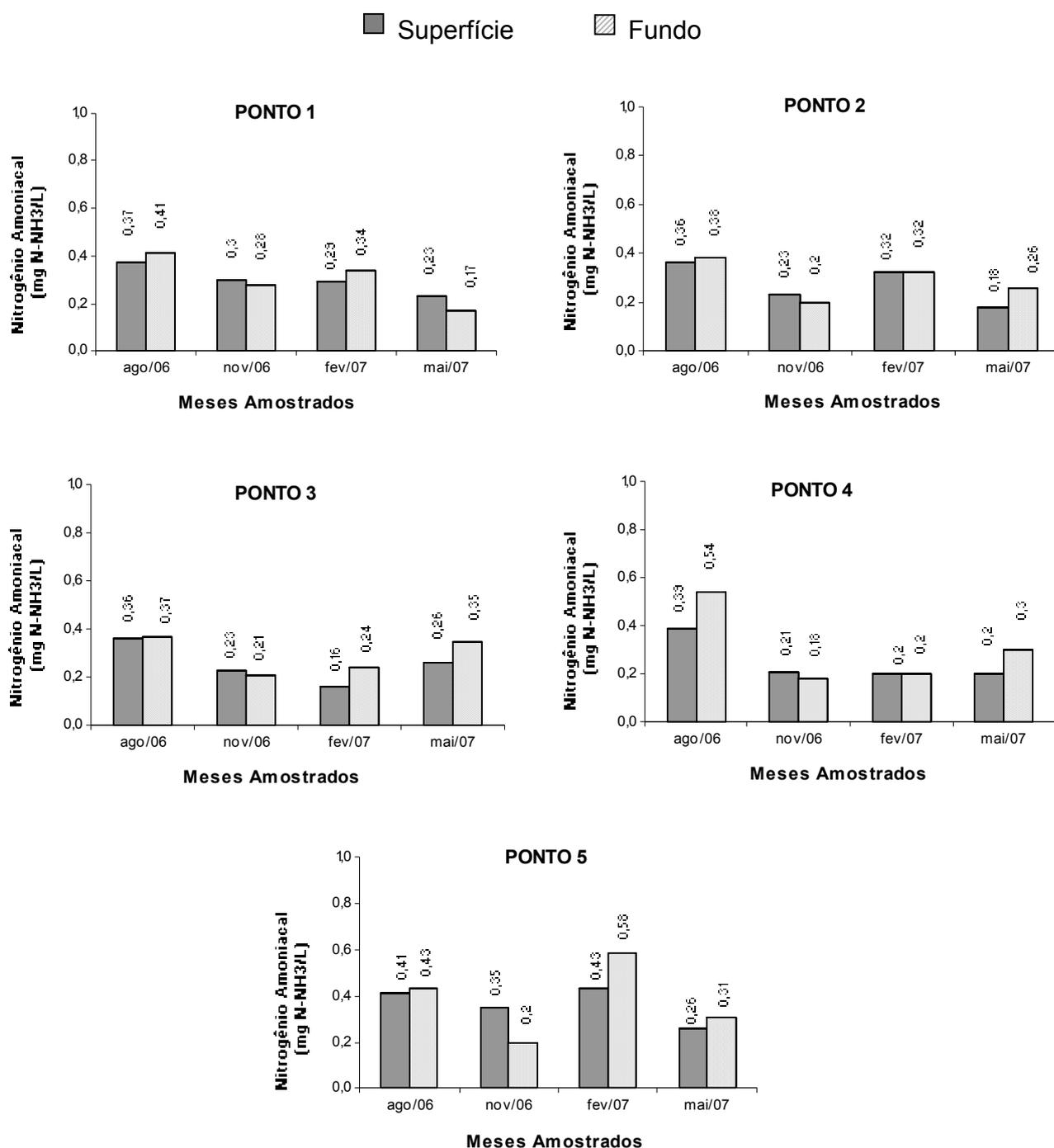


Figura 12: Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg N-NH<sub>3</sub>/L), na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.

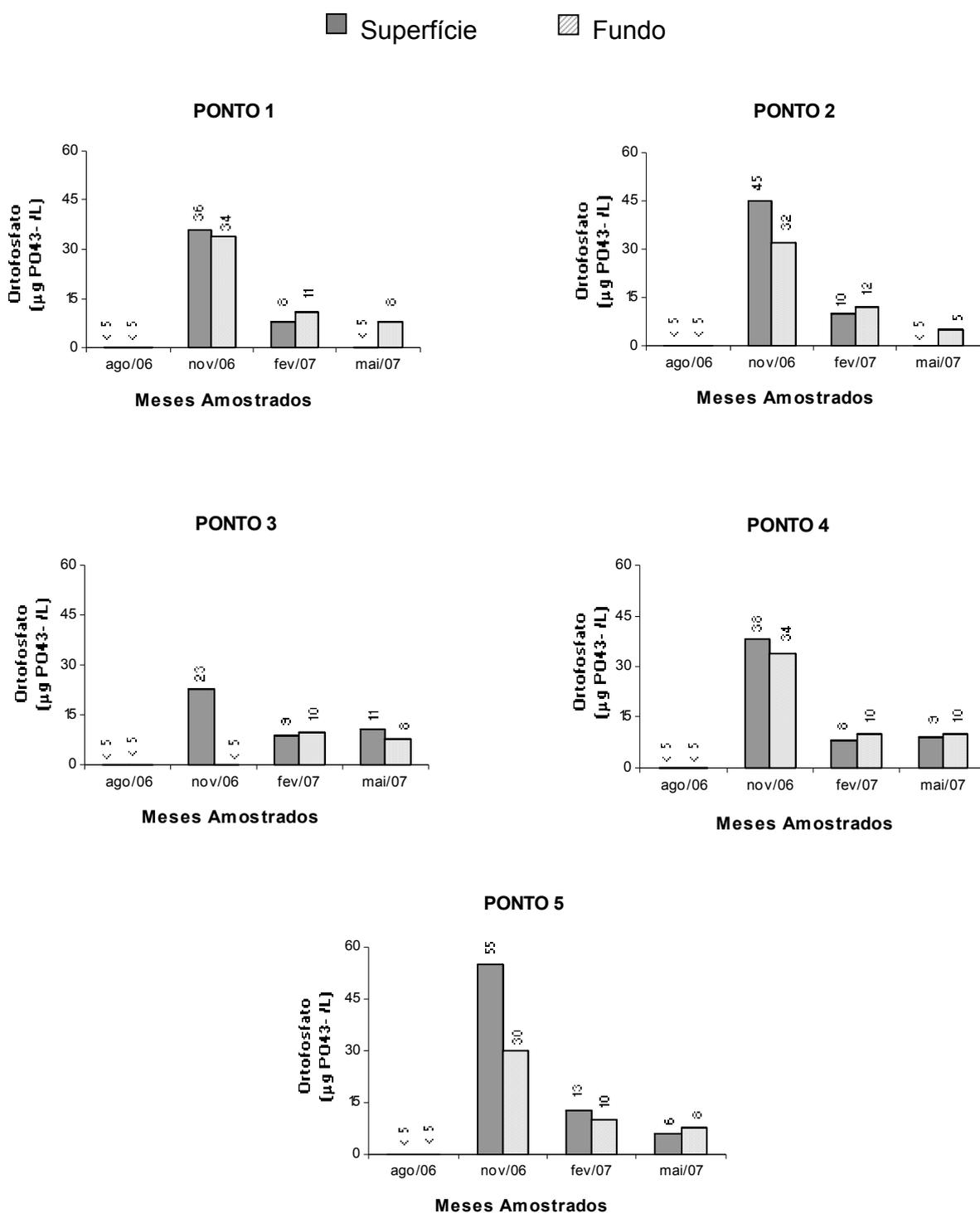


Figura 13: Concentrações de ortofosfato ( $\mu\text{g PO}_4^{3-}/\text{L}$ ), na superfície e fundo dos pontos de coleta (P1; P2; P3; P4 e P5), nas quatro amostragens realizadas: ago/06; nov/06; fev/07 e mai/07.

### 4.3. FITOPLÂNCTON

#### 4.3.1. Clorofila *a* e feofitina

As figuras 14 e 15 mostram as variações nas concentrações de clorofila *a* e feofitina na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, em todas as amostragens realizadas.

As concentrações desses pigmentos muitas vezes estiveram abaixo dos limites de detecção do método (= a zero), e não apresentaram variações espaciais e temporais. A maioria das amostras analisadas, apresentaram valores de feofitina maiores em relação aos valores de clorofila *a*, sobretudo nos meses de agosto e novembro de 2006 e fevereiro de 2007.

Na amostragem referente ao mês de fevereiro as concentrações de clorofila estiveram, com exceção do ponto 4, sempre abaixo dos limites de detecção. Em contrapartida, os valores de feofitina nesta amostragem, apresentaram os maiores valores em todo o período de estudo, sendo registrado no fundo do ponto 5, o valor máximo encontrado (5,13 µg/L).

Houve tendência dos maiores valores de clorofila *a* serem registrados na última amostragem, em maio de 2007, com o maior valor encontrado (4,28 µg/L) para este pigmento. Neste mês foram também observados os menores valores de feofitina, estando estes em várias amostras abaixo do nível de detecção do método.

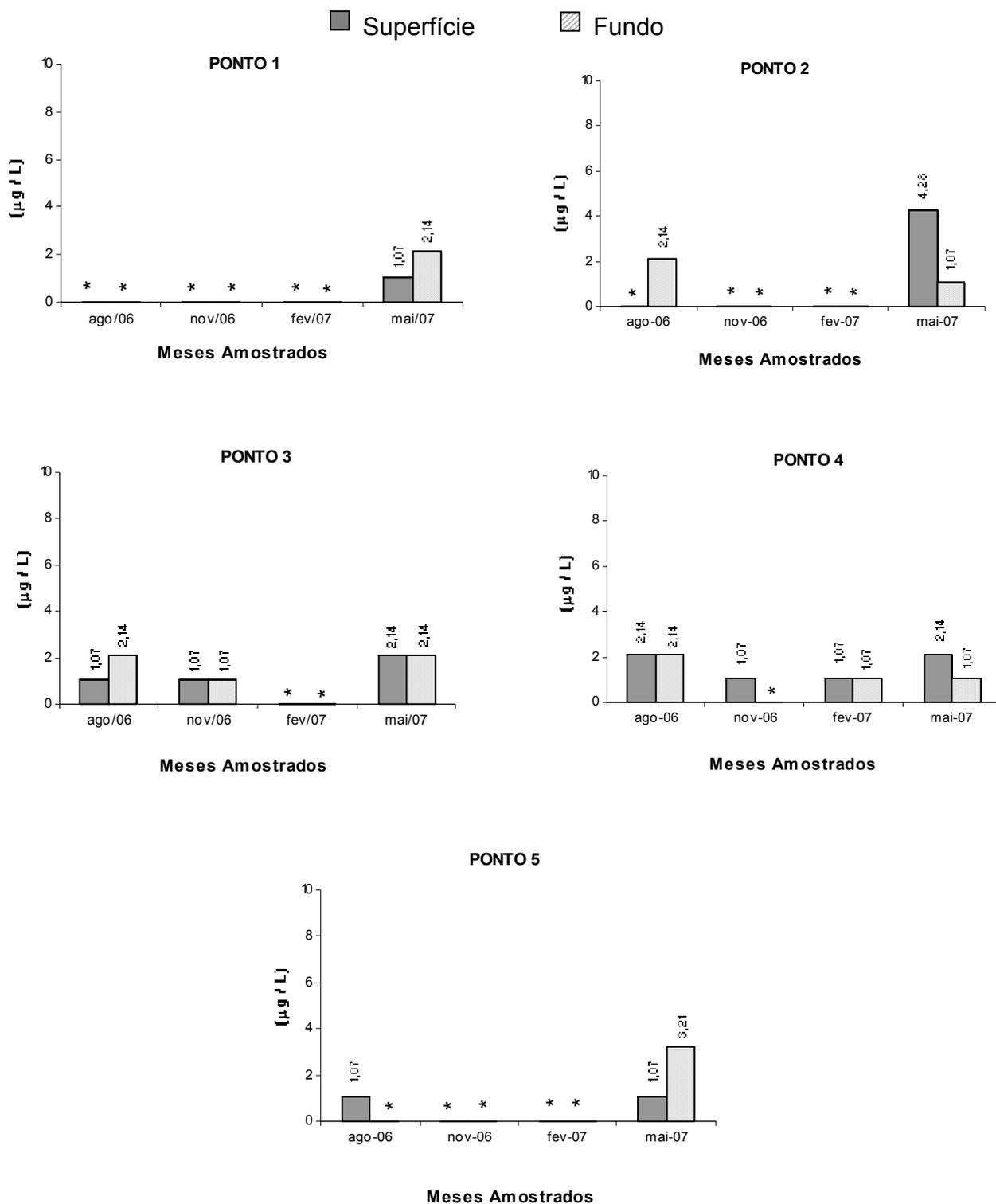


Figura 14: Concentrações de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06;novembro/06;fevereiro/07 e maio/07). \* valores abaixo do limite de detecção do método.

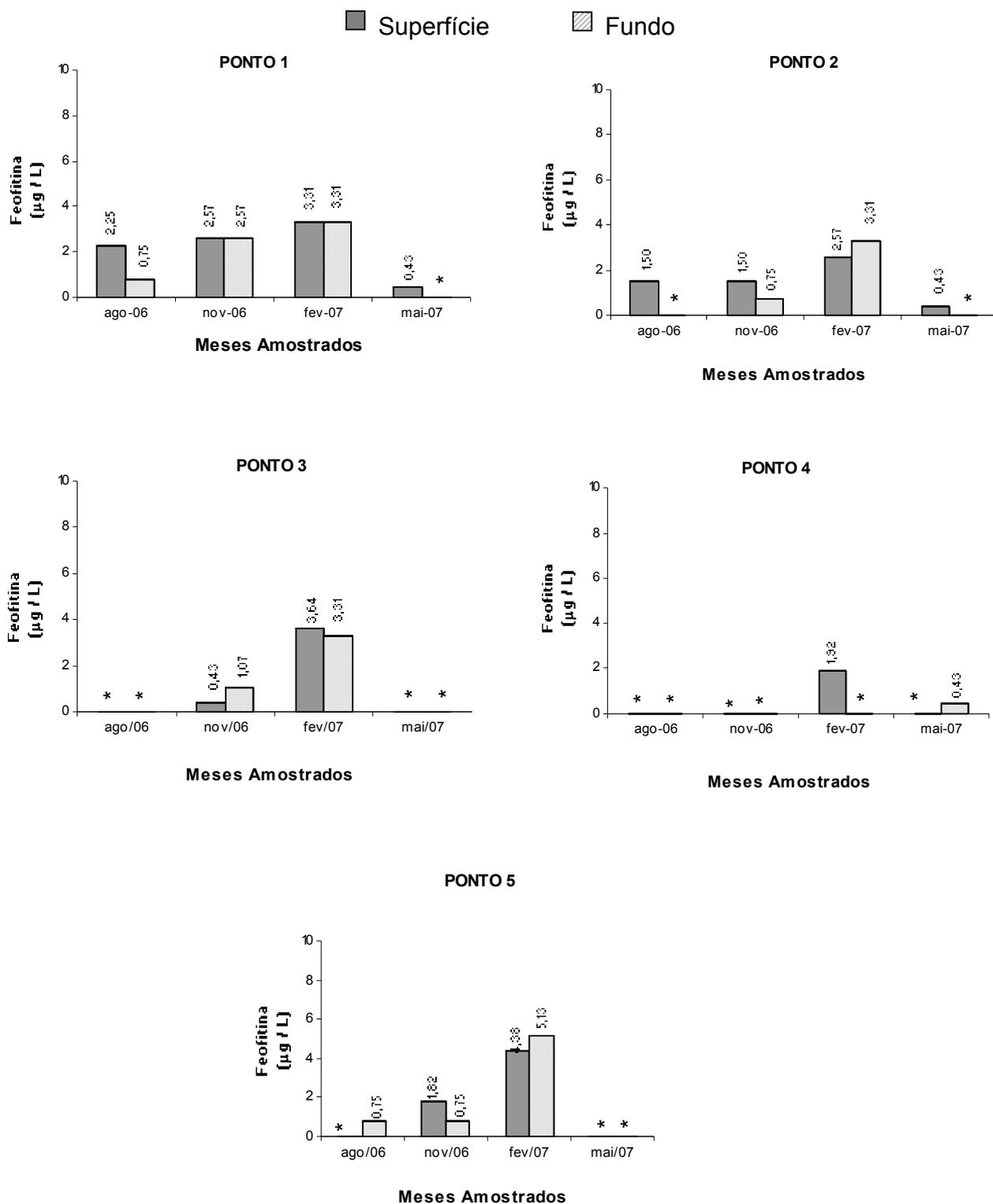


Figura 15: Concentrações de feofitina ( $\mu\text{g/L}$ ) na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06;novembro/06;fevereiro/07 e maio/07).  
\* valores abaixo do limite de detecção do método.

#### 4.3.2. Composição qualitativa do fitoplâncton

A tabela 2 mostra a lista com os táxons de algas identificados em todo o período de estudo. Foram identificados 140 taxóons pertencentes a 7 Classes taxonômicas, sendo alguns organismos flagelados não identificados reunidos em um grupo denominado fitoflagelados. Do total de táxons identificados, 47 pertencem a Classe Bacillariophyceae, 35 a Classe Chlorophyceae, 23 pertencentes à Classe Cyanophyceae (cianobactérias), 10 a Classe Euglenophyceae, 13 a Classe Zygnemaphyceae, 3 a Classe Chrysophyceae, 3 a Classe Cryptophyceae e 2 a Classe Dinophyceae e 4 fitoflagelados não identificados.

Tabela 2: Lista com os táxons identificados em toda a área de estudo nas quatro amostragens realizadas.

---

#### BACILLARIOPHYCEAE (diatomáceas)

---

*Actinella brasiliensis* Grunow  
*Amphora* sp 1  
*Amphora* sp 2  
*Anomoeoneis* sp  
*Asterionella formosa* Hassall  
*Aulacoseira ambigua* Grunow  
*Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (O Müller) Simonsen  
*Cocconeis placentula* Ehrenberg  
*Coscinodiscus* sp  
*Cymbella minuta* Hilse  
*Cymbella tumida* (Brébisson) V. Heurck  
*Diadesmis* sp  
*Eunotia asterionelloides* Husted  
*Eunotia lunaris* Ehrenberg  
*Eunotia robusta* Ralfs  
*Fragilaria capucina* var. *vaucheriare* (Kützing) Lange-Bertalot  
*Fragilaria javanica* Husted  
*Fragilaria* sp  
*Frustulia rhomboides* Ehrenberg

*Gomphonema augur* Ehrenberg  
*Gomphonema constrictum* Ehrenberg  
*Gomphonema gracile* Ehrenberg  
*Gomphonema* sp  
*Gyrosigma acuminatum* Kützing  
*Hydrosera triquetra* Wallich  
*Melosira dickiei* Thwait  
*Melosira* sp  
*Navicula confervacea* Kützing  
*Navicula cuspidata* Kützing  
*Navicula gregaria* Donk.  
*Navicula pupula* Kützing  
*Navicula* sp  
*Neidium affine* (Ehrenberg) Cleve  
*Neidium hitchcockii* Ehrenberg  
*Nitzschia acicularis* W. Smith  
*Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith  
Pennales sp 1  
Pennales sp 2  
*Pinnularia gibba* Ehrenberg  
*Stauroneis* sp  
*Stenopterobia intermedia* Lewis  
*Surirella linearis* W. Smith  
*Surirella linearis* var. *constricta* (Ehrenberg) Grunow  
*Surirella ovata* Kützing  
*Surirella* sp  
*Synedra goulardii* Brébisson  
*Terpsionë musica* Ehrenberg

---

#### CHLOROPHYCEAE

---

*Bicuspidella rostrum-aquilae* Pasch  
*Chamydomonas* sp1  
*Chlamydomonas* sp2  
*Crucigenia lunaris* Lemmermann (Komárek)  
*Crucigenia tetrapedia* (Kirchn.) W. & G.S. West  
*Desmodesmus pseudodenticulatus* (Hegewald)

*Desmodesmus opoliensis* (P. Richter) Hegewald  
*Dictyosphaerium pulchellum* Wood  
*Desmodesmus* sp  
*Didymocystis* sp  
*Dimorphococcus lunatus* A. Braun  
*Golenkinia brevispina* Kors  
*Golenkinia radiata* Chodat  
*Kirchneriella lunaris* (Kirchner) Möbius  
*Kirchneriella obesa* (W. West) Schmidle  
*Micrasterias denticulata* Bicudo & Bicudo (1970)  
*Monoraphidium griffithii* (Berk.) Komárkova-Legnerová  
*Monoraphidium indicum* Hindák  
*Monoraphidium minutum* (Näg.) Komárkova-Legnerová  
*Pediastrum boryanum* var. *boryanum* Menegh  
*Pediastrum duplex* Meyen  
*Pediastrum tetras* Ehrenberg  
*Scenedesmus acuminatus* var. *acuminatus* Ferragut  
*Scenedesmus acutus* Meyen  
*Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Brébisson  
*Scenedesmus quadricauda* var. *granulatus* Hortob.  
*Scenedesmus* sp 1  
*Scenedesmus* sp 2  
*Scenedesmus* sp 3  
*Scenedesmus* sp 4  
*Scenedesmus* sp 5  
*Schroederia antillarum* Komárek  
*Stigeoclonium* sp  
*Treubaria triappendiculata* Bern.  
*Ulotrix zonata* (Weber & Mohr) Kutzing

---

#### CYANOPHYCEAE (cianobactérias)

---

*Anabaena* sp  
*Anabaenopsis circularis* (G.S.West) Müller  
*Aphanocapsa* sp  
*Cilindrospermum* sp  
*Cyanodictium tropicalis* Senna, Delazari & Sant'Anna

*Cylindrospermopsis* sp  
*Lyngbya* sp  
*Merismopedia* sp  
*Merismopedia tenuissima* Lemmermann  
*Microcystis* sp 1  
*Microcystis* sp 2  
*Monoraphidiopsis* sp  
*Oscillatoria pseudoageminata* Agardh  
*Oscillatoria* sp 1  
*Oscillatoria* sp 2  
*Pseudoanabaena catenata* Lauterb  
*Rhabdoderma* sp  
*Raphidiopsis mediterranea* Skuja  
*Spirulina* sp  
*Synechococcus* sp  
*Synechocystis* sp  
*Tolypothrix bouteillei* (Brébisson & Desmazières) Lemmermann  
*Wolskyella* sp

---

#### ZYGNEMAPHYCEAE

---

*Actinotaenium* sp  
*Closterium parvulum* Nägeli  
*Closterium aciculare* var. *aciculare* T. West  
*Closterium setaceum* Ehrenberg  
*Closterium* sp  
*Cosmarium amoenum* var. *constrictum* Brébisson  
*Cosmarium* sp  
*Spirogyra* sp  
*Staurastrum hexacerum* Ehrenberg  
*Staurastrum rotula* Nordstedt  
*Stauroidesmus convergens* Ehrenberg  
*Teilingia* sp  
*Xantidium trilobum* Maica

---

#### EUGLENOPHYCEAE

---

*Euglena acus* Ehrenberg

*Euglena* sp  
*Lepocinclis* sp  
*Phacus curvicauda* Swirenko  
*Phacus* sp  
*Phacus tortus* (Lemmermann) Swirenko  
*Trachelomonas hispida* Perty  
*Trachelomonas* sp 1  
*Trachelomonas* sp 2  
*Trachelomonas* sp 3

---

#### CHRYSOPHYCEAE

*Chrysococcus ellipsoideus* Ellt  
*Mallomonas* sp  
*Synura spinosa* Korshikov

---

#### CRYPTOPHYCEAE

*Cryptomonas* sp 1  
*Cryptomonas* sp 2  
*Cryptomonas* sp 3

---

#### DINOPHYCEAE

*Glochidinium penardiforme* (Lemmermann) Boltovskoy  
*Peridinium* sp

---

#### FITOFLAGELADOS

Fitoflagelado sp 1  
 Fitoflagelado sp 2  
 Fitoflagelado sp 3  
 Fitoflagelado sp 4

A figura 16 mostra a contribuição das Classes de algas fitoplanctônicas (%) em relação à riqueza de táxons. A ficoflórula esteve dominada pela Classe Bacillariophyceae, que contribui com 34% de todas os organismos identificados.

A Classe Chlorophyceae apresentou-se como segunda Classe de maior representatividade, com 26% dos táxons identificados. A Classe Cyanophyceae contribuiu com 16% do total de táxons identificados, seguida pela Classe Zygnemaphyceae, com 9% de contribuição. As Classes Euglenophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae e os fitoflagelados apresentaram juntos 17% dos táxons identificados.



Figura 16: Contribuição relativa das Classes de algas fitoplanctônicas (%) em relação à riqueza de táxons na região estudada em todo o período de estudo.

A quantidade de táxons numericamente representativos (encontrados durante a contagem das amostras) pode ser visualizada na figura 17. Na amostragem referente ao mês de agosto/06, ocorreu o maior número de espécies representativas em quase todos os pontos de coleta, sendo o ponto 5 a única exceção. Neste mês foi registrada a maior quantidade de táxons em todo o período de estudo (52 espécies) ocorridos no ponto 2.

Em seguida, vem a última amostragem, realizada em maio de 2007. Nesta amostragem a quantidade máxima de táxons encontrados ocorreu também no ponto 2, com 37 espécies.

Nas amostragens realizadas em novembro/06 e fevereiro/07 ocorreu menor quantidade de táxons numericamente representativos, sobretudo em fevereiro, que apresentou, de forma geral, os menores valores de todo o estudo, tendo inclusive neste mês ocorrido o menor valor (13 táxons) no ponto 1.

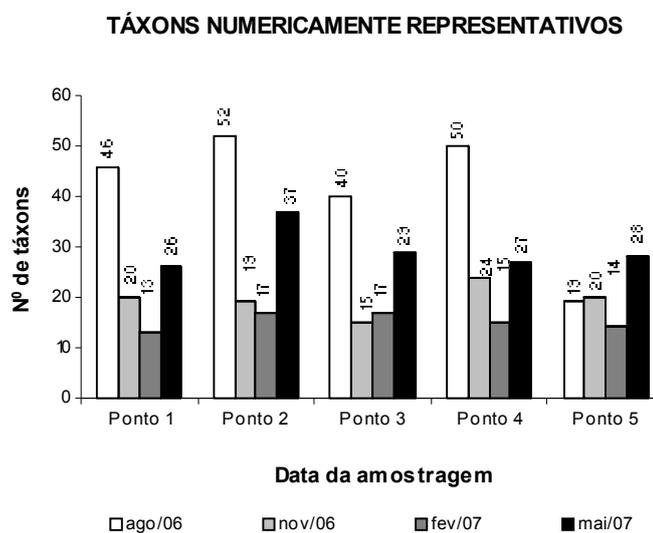


Figura 17: Quantidade de táxons numericamente representativos nos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06;novembro/06;fevereiro/07 e maio/07).

#### 4.3.3. Composição quantitativa do fitoplâncton

A figura 18 mostra as variações da densidade numérica (indivíduos/mL) na superfície e fundo dos cinco pontos de amostragem nas quatro campanhas realizadas.

A densidade fitoplanctônica apresentou considerável variação temporal, com maiores valores ocorrendo nos períodos de seca, sobretudo na última amostragem, (maio/2007). Neste mês, foi registrada a maior quantidade de indivíduos em todo o período de coleta, com variação de 10.229 ind./mL (fundo, ponto 3) a 26.298 ind./mL (superfície, ponto 5). Em agosto/2006 os valores variaram de 3.275 ind./mL (fundo, ponto 5) a 10.507 ind./mL (fundo, ponto 1).

Nos meses de novembro/06 e fevereiro/07 houve um decréscimo na densidade fitoplanctônica, não ocorrendo muitas variações nos valores entre essas duas amostragens. O menor valor de densidade (881 ind./mL) encontrado em todo o período de estudo ocorreu no fundo do ponto 5, em fevereiro/2007.

Houve certa semelhança nos valores de densidade se comparar superfície e fundo dos pontos amostrais. No entanto, houve tendência dos valores de superfície serem pouco mais elevados, porém não de forma significativa.

As figuras de 19 a 23 mostram a contribuição quantitativa (%) das diversas Classes taxonômicas do fitoplâncton para a densidade total, calculada na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

A Classe taxonômica que apresentou maior contribuição em todos os pontos de coleta em todas as amostragens realizadas foi a Cyanophyceae (cianobactérias), chegando a um máximo de 99,46% na superfície do ponto 5 em maio/07, amostragem que apresentou maior representatividade, e um mínimo de 91,02% no fundo do ponto 2 em agosto/2006.

A Classe Bacillariophyceae (diatomáceas) foi a segunda com maior representatividade para esse estudo, com máximo de 5,77% no fundo do ponto 2 em maio/07 e 0,12% na superfície do ponto 5 no mesmo mês. As clorofíceas (Classe Chlorophyceae) foram o terceiro grupo com maior representatividade para o fitoplâncton total, apresentando

valores que variaram entre 4,5% na superfície do ponto 5 em fevereiro/07 a 0,05% no mesmo ponto, porém na amostragem realizada em maio/2007.

Organismos flagelados como euglenófitas (Classe Euglenophyceae), cryptófitas (Classe Cryptophyceae) e os fitoflagelados ainda não identificados, obtiveram maior representatividade no mês de fevereiro de 2007, onde apresentaram maior contribuição em todo período, com valores máximos de 2,22%, 1,00% e 2,14% respectivamente.

As figuras de 24 a 28 mostram a contribuição (%) das três classes de tamanho para a densidade total fitoplanctônica.

A classe de tamanho referente ao picoplâncton ( $< 2\mu\text{m}$ ) apresentou maior contribuição em todas as amostragens realizadas, chegando a apresentar um máximo de 99,12% de contribuição no fundo do ponto 5, em maio/2007. O menor valor de contribuição para essa classe ocorreu no fundo do ponto 2, em agosto/06, com 89,27%.

Nesta amostra também ocorreu a maior contribuição do nanoplâncton (2 a 20  $\mu\text{m}$ ) para todo o período de estudo, com máximo de 11,70%. Com relação aos organismos com fração de tamanho pertencentes ao microfitoplâncton ( $> 20\mu\text{m}$ ), as maiores contribuições ocorreram nos meses de novembro/06 e fevereiro/07, com valor máximo de 10,64% no fundo do ponto 5, em fevereiro/2007.

As variações na diversidade específica aplicada ao número de indivíduos podem ser observadas na figura 29. Não ocorreram nítidas variações espaciais, porém algumas variações sazonais puderam ser observadas. Ao contrário do padrão observado para a densidade numérica, os menores valores de diversidade ocorreram na última amostragem, na qual foi registrado o menor valor (0,10 bits/ind.) em todo o período de estudo no fundo do ponto 5. Com exceção dessa amostragem, a diversidade não apresentou diferenças nítidas em relação as outras amostragens realizadas. O maior valor ocorreu no fundo do ponto 2, em agosto/2006 (1,34 bits/ind.).

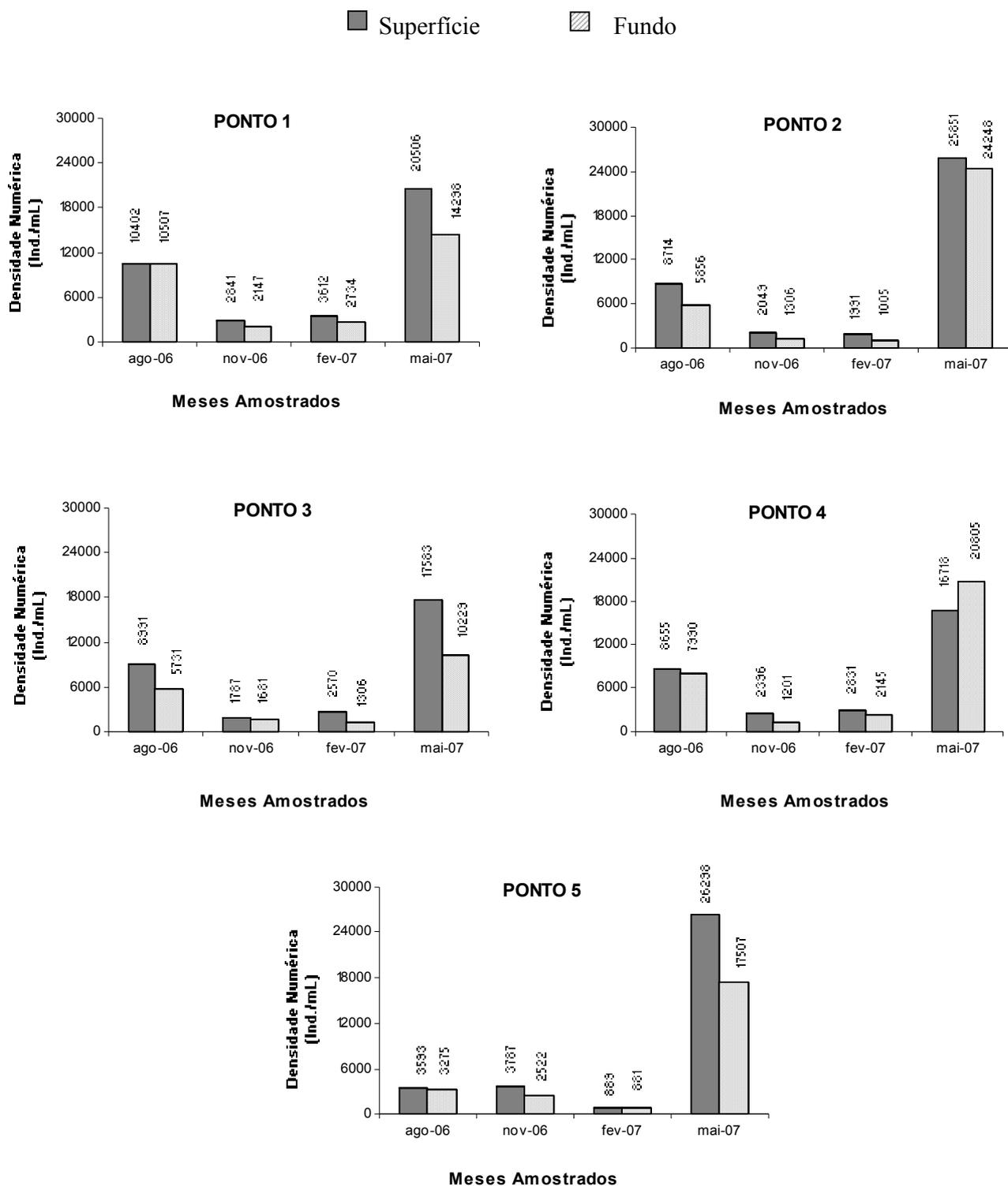


Figura 18: Variações da densidade fitoplânctônica (ind./mL) nos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06;novembro/06;fevereiro/07 e maio/07).

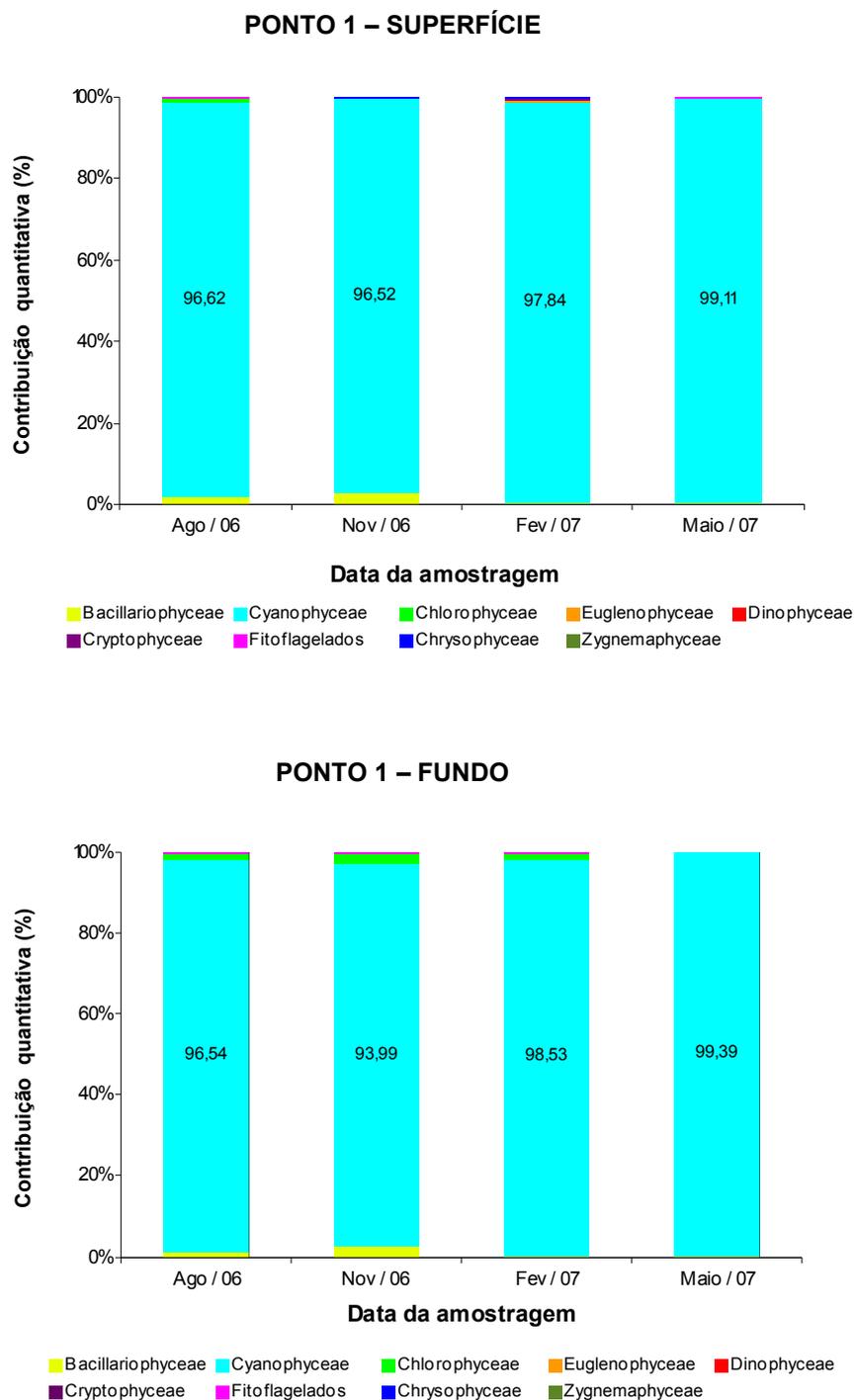


Figura 19: Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo do ponto 1, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

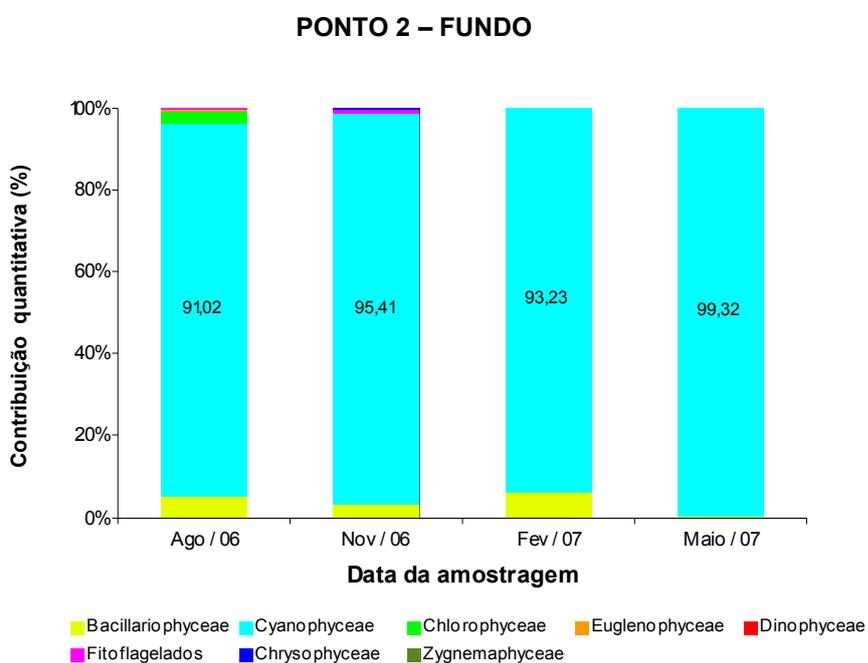
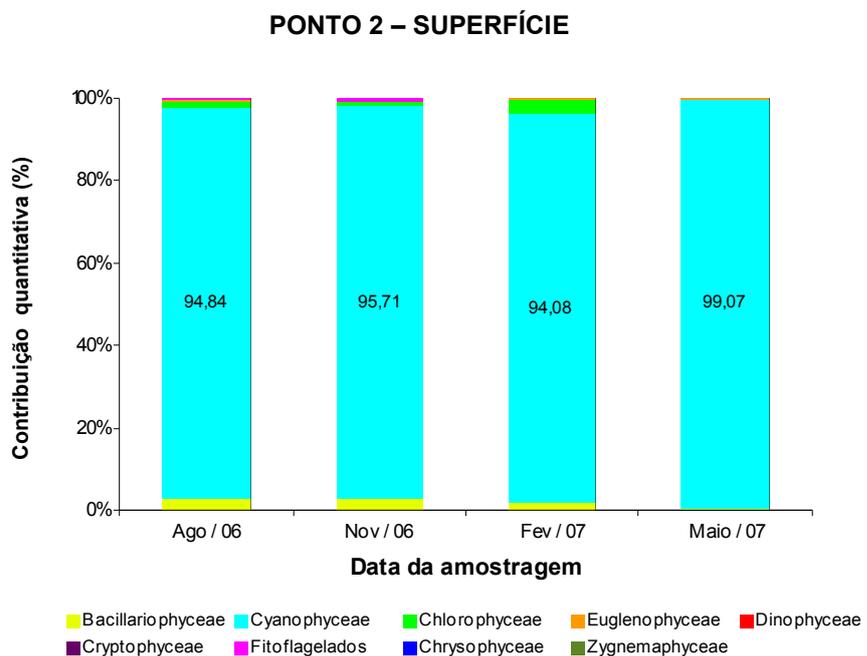


Figura 20: Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo do ponto 2, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

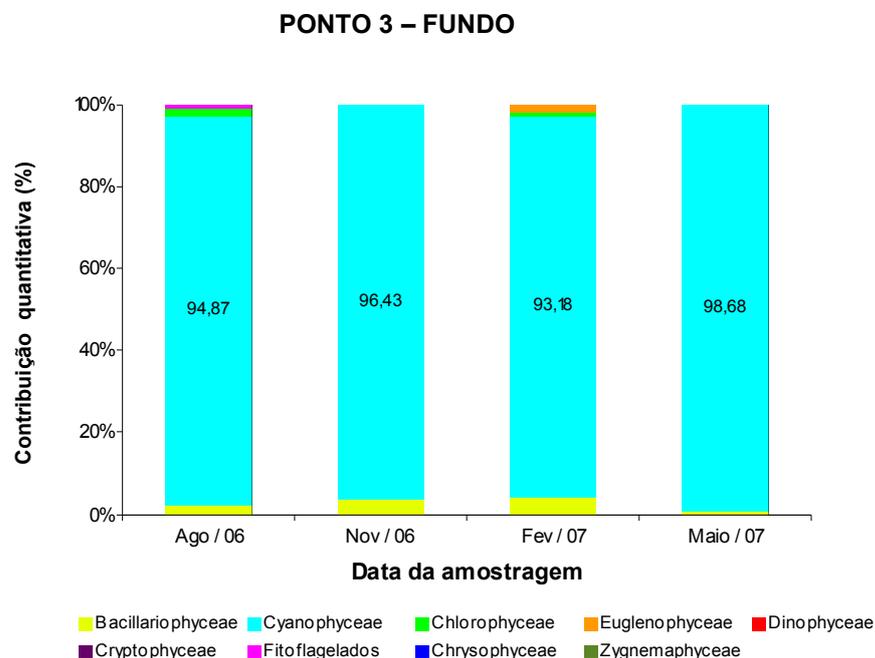
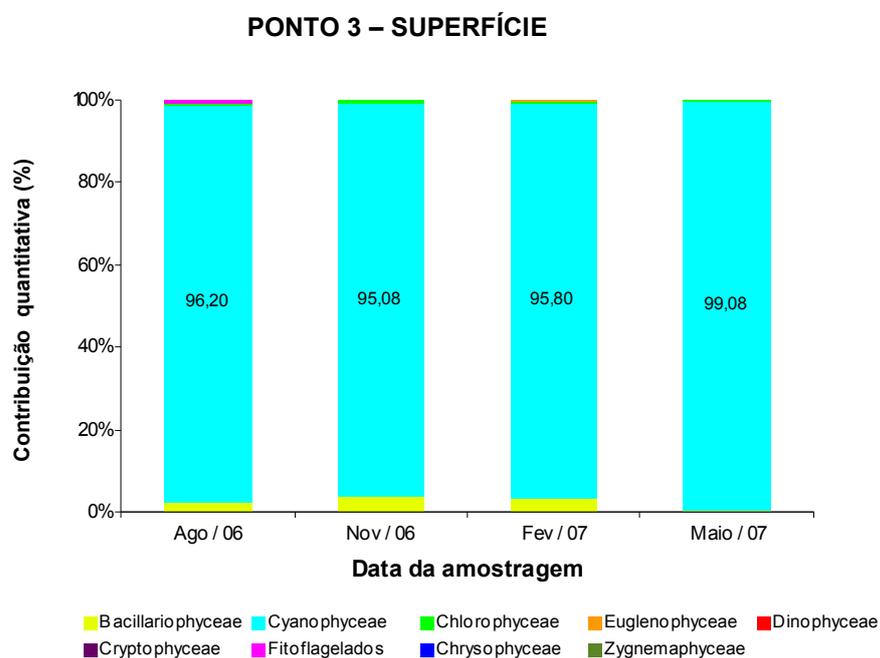


Figura 21: Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo do ponto 3, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

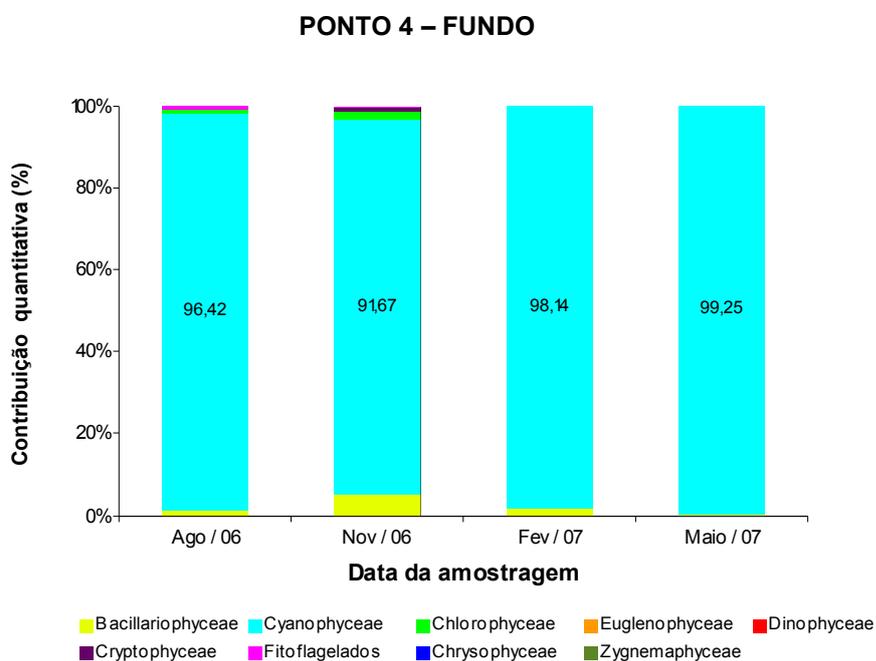
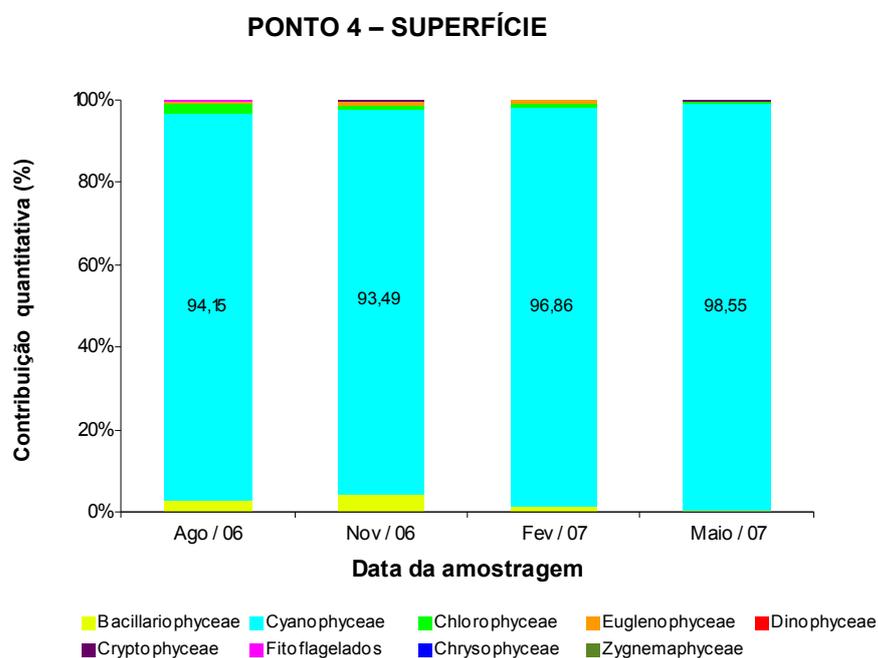


Figura 22: Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo do ponto 4, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

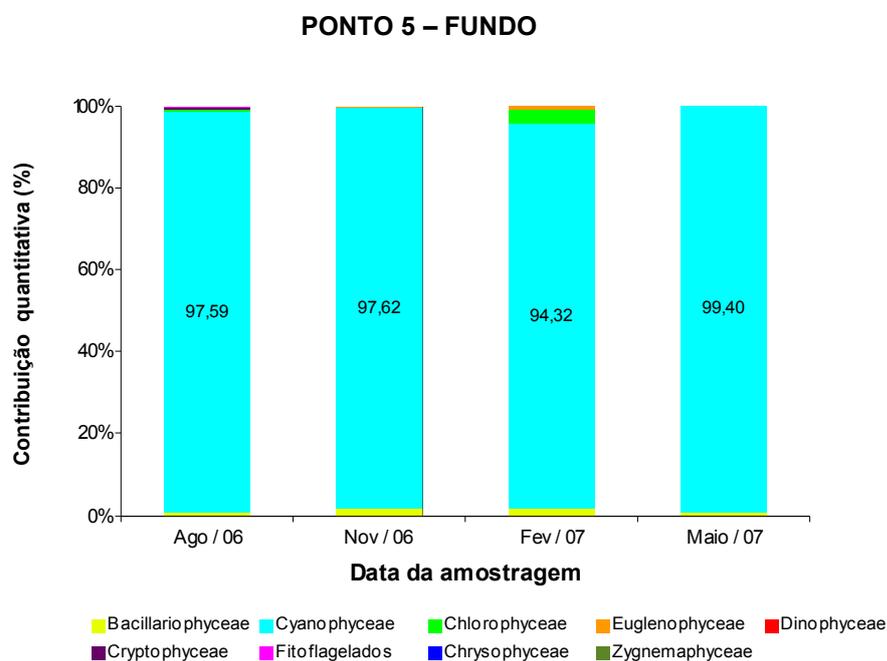
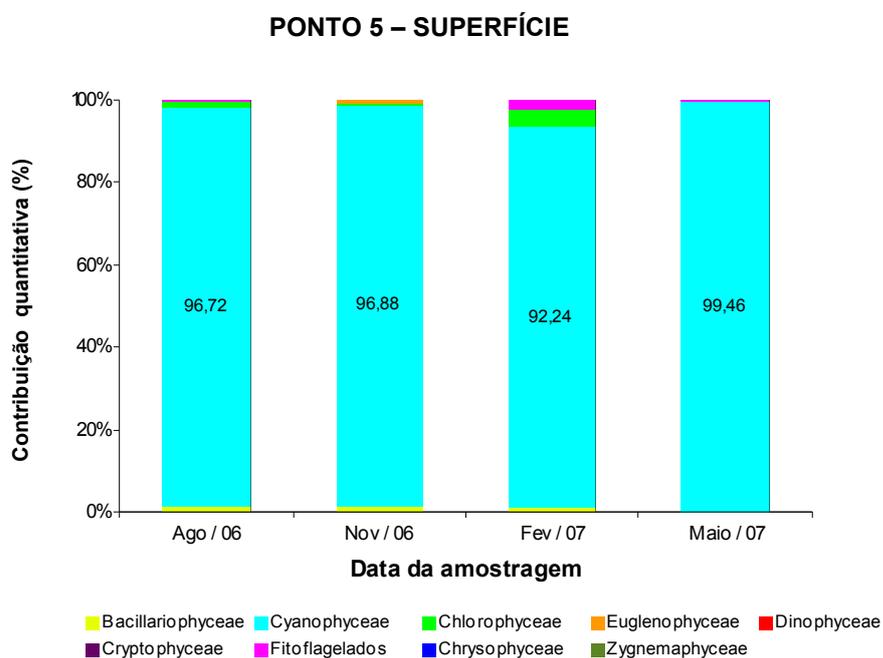


Figura 23: Contribuição quantitativa (%) das classes taxonômicas na superfície e fundo do ponto 5, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

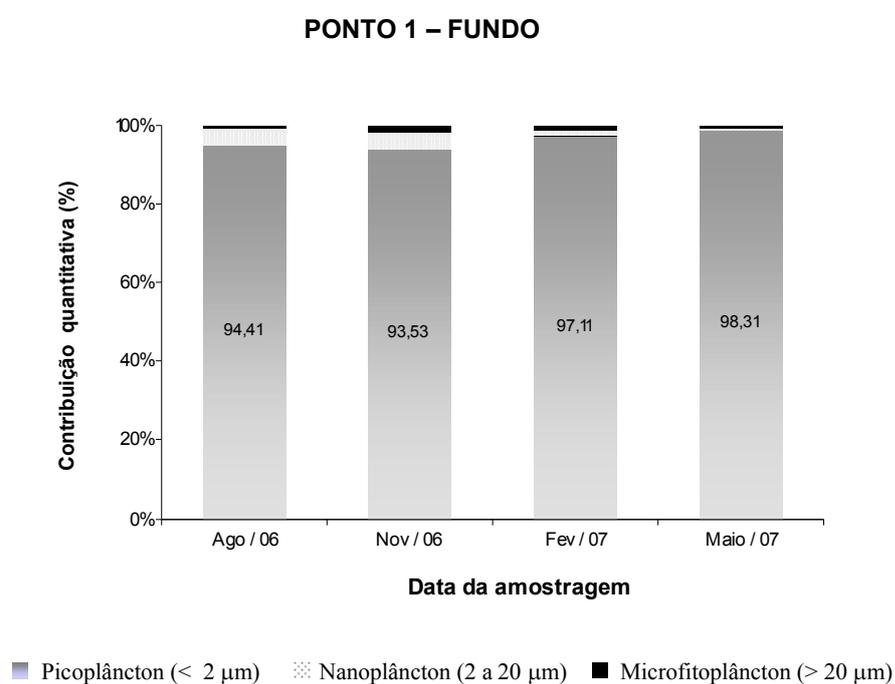
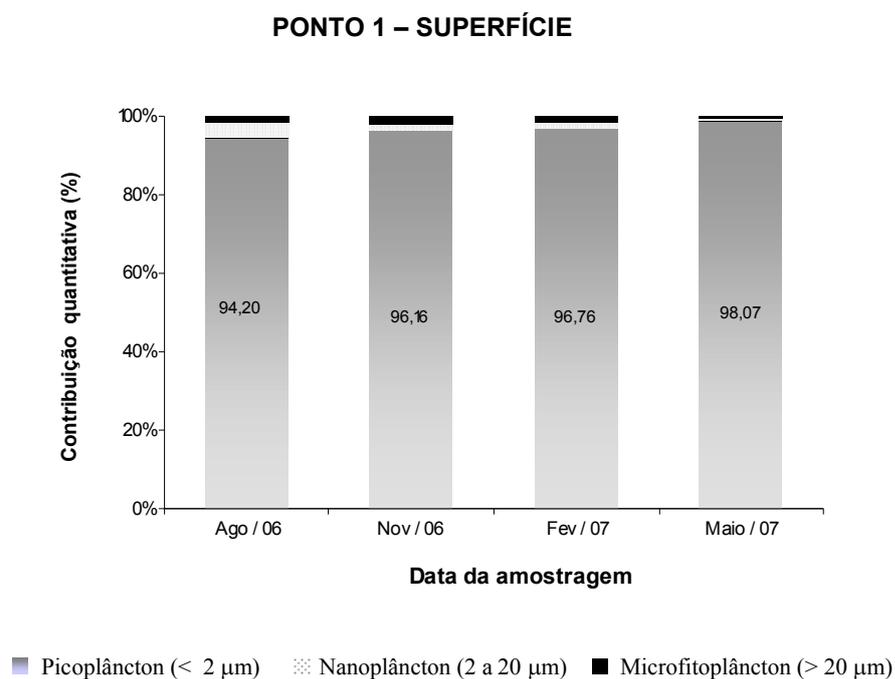
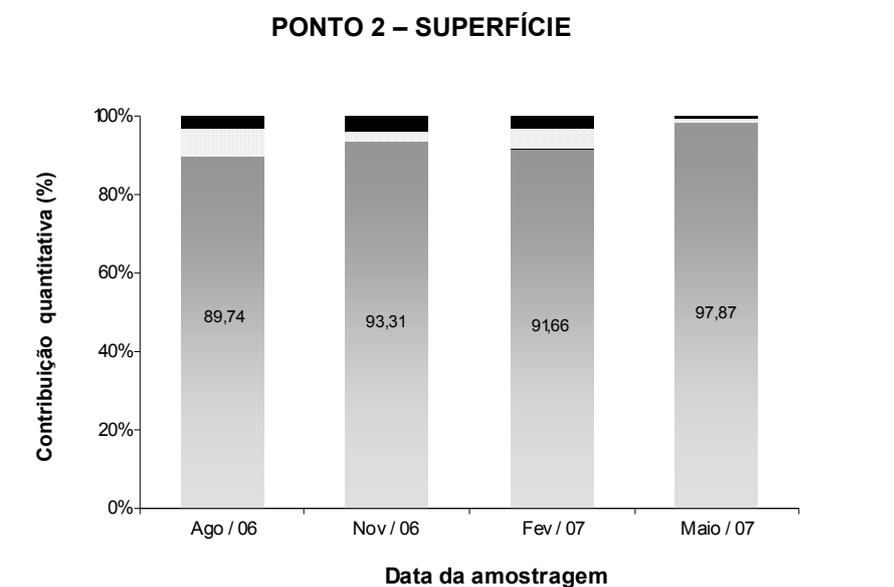
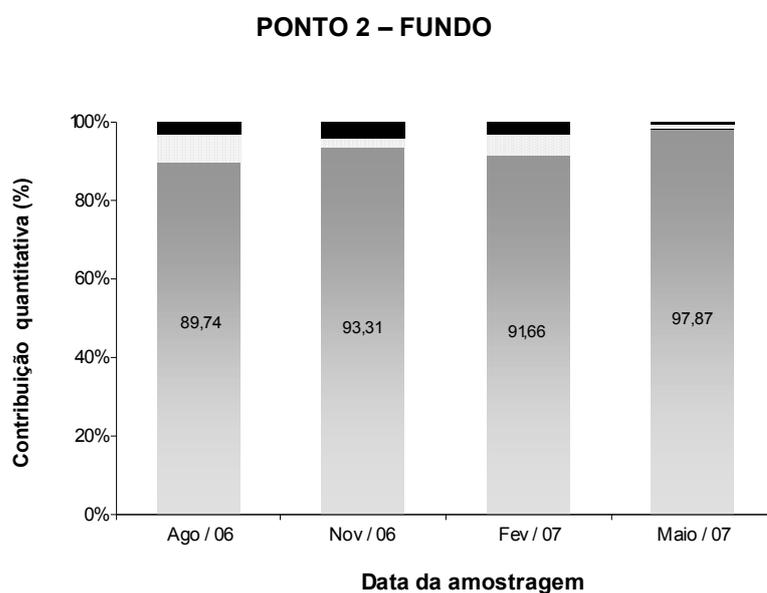


Figura 24: Contribuição quantitativa (%) das classes de tamanho na superfície e fundo do ponto 1, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).



■ Picoplâncton (< 2 µm)    ▨ Nanoplâncton (2 a 20 µm)    ■ Microfitoplâncton (> 20 µm)



■ Picoplâncton (< 2 µm)    ▨ Nanoplâncton (2 a 20 µm)    ■ Microfitoplâncton (> 20 µm)

Figura 25: Contribuição quantitativa (%) das classes de tamanho na superfície e fundo do ponto 2, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

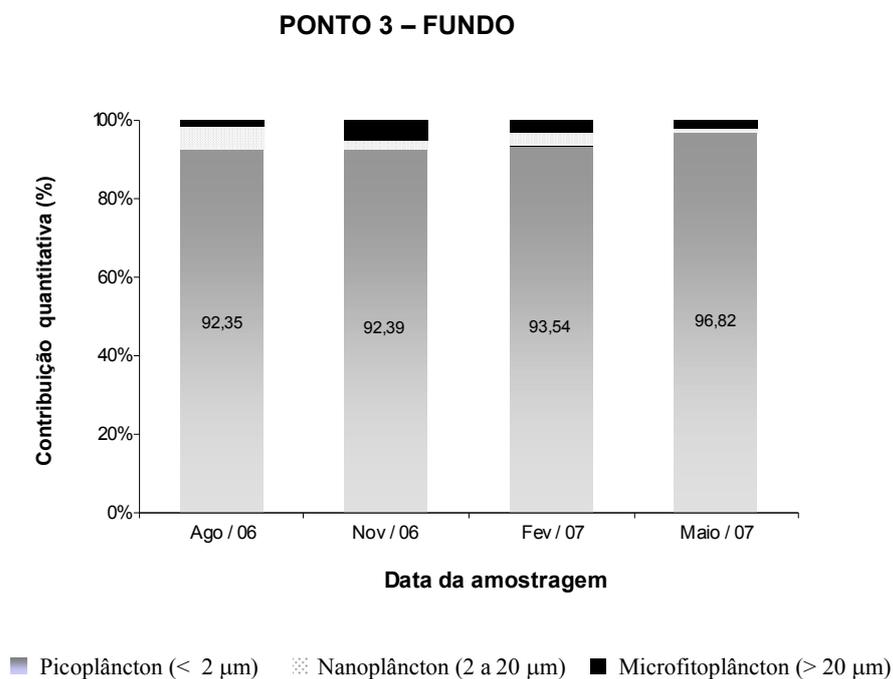
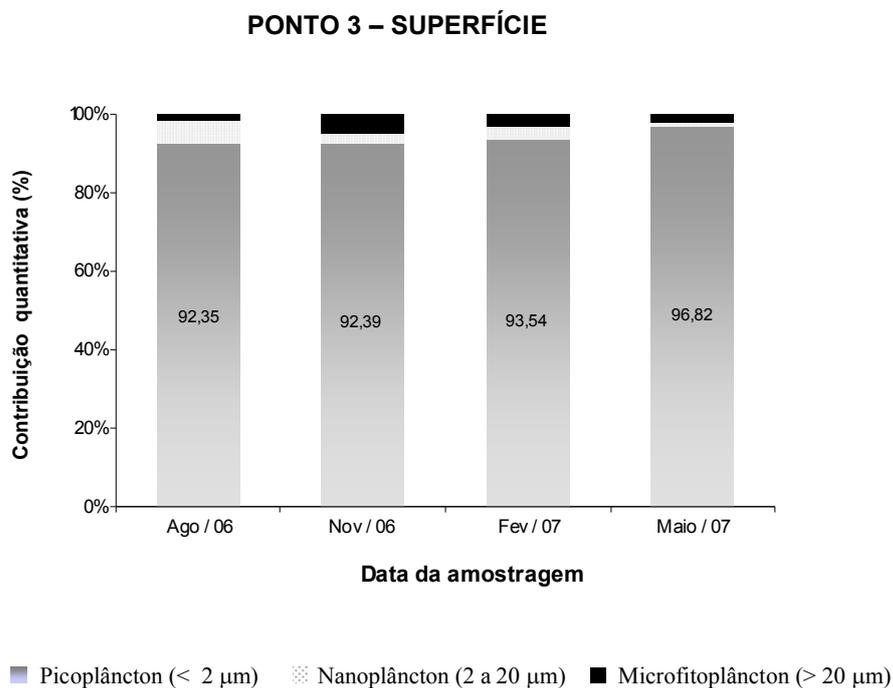
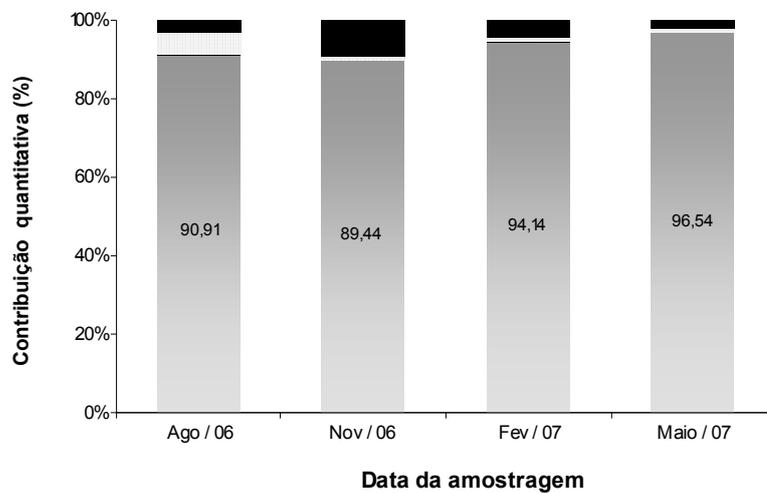


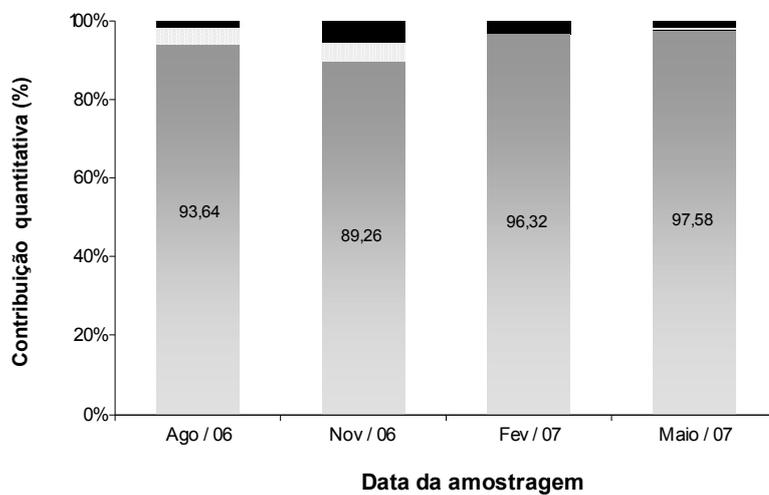
Figura 26: Contribuição quantitativa (%) das classes de tamanho na superfície e fundo do ponto 3, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

### PONTO 4 – SUPERFÍCIE



■ Picoplâncton (< 2 µm)    ▨ Nanoplâncton (2 a 20 µm)    ■ Microfitoplâncton (> 20 µm)

### PONTO 4 – FUNDO



■ Picoplâncton (< 2 µm)    ▨ Nanoplâncton (2 a 20 µm)    ■ Microfitoplâncton (> 20 µm)

Figura 27: Contribuição quantitativa (%) das classes de tamanho na superfície e fundo do ponto 4, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

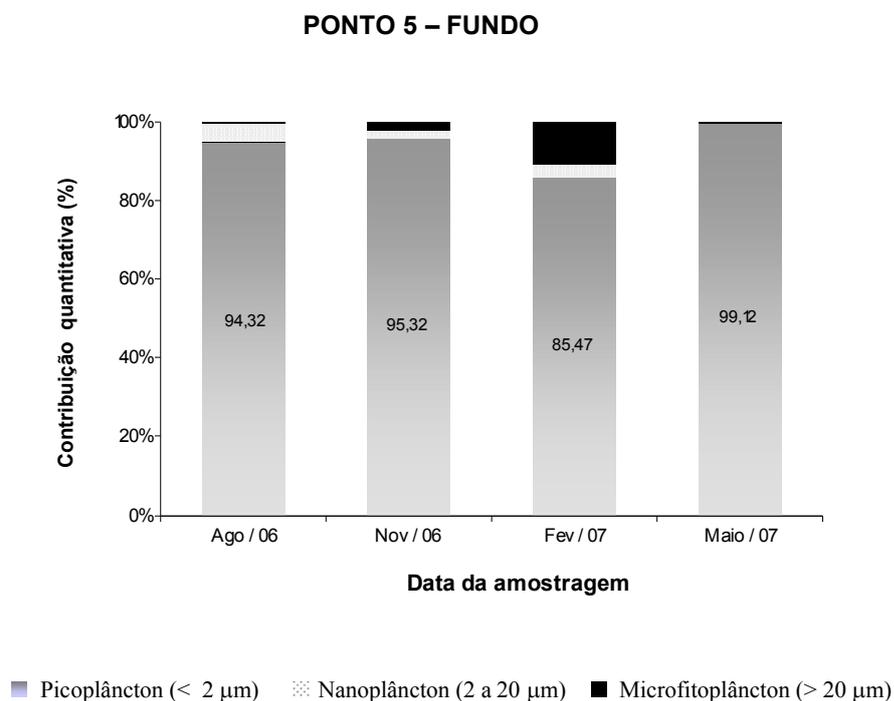
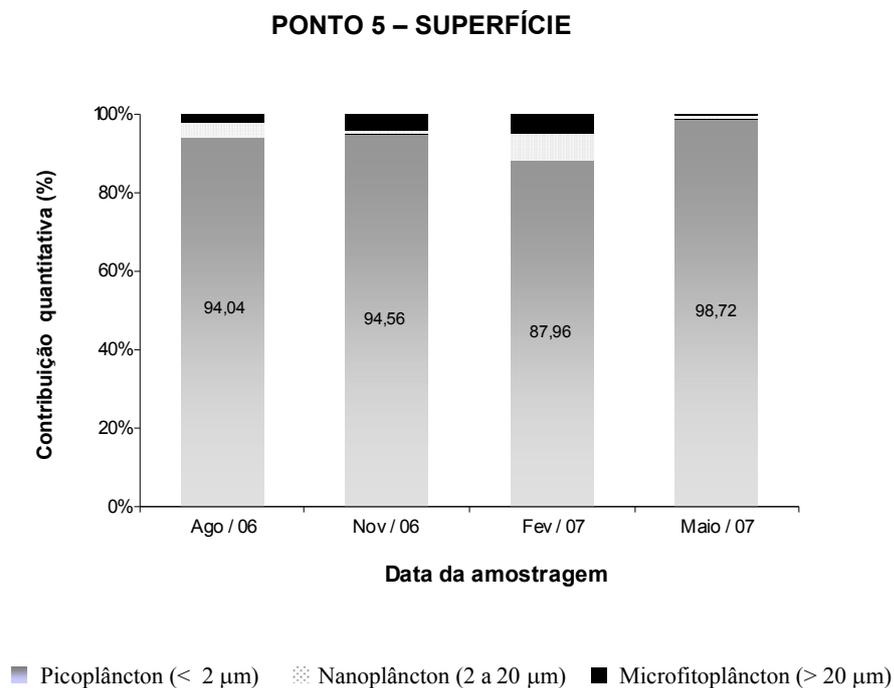


Figura 28: Contribuição quantitativa (%) das classes de tamanho na superfície e fundo do ponto 5, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

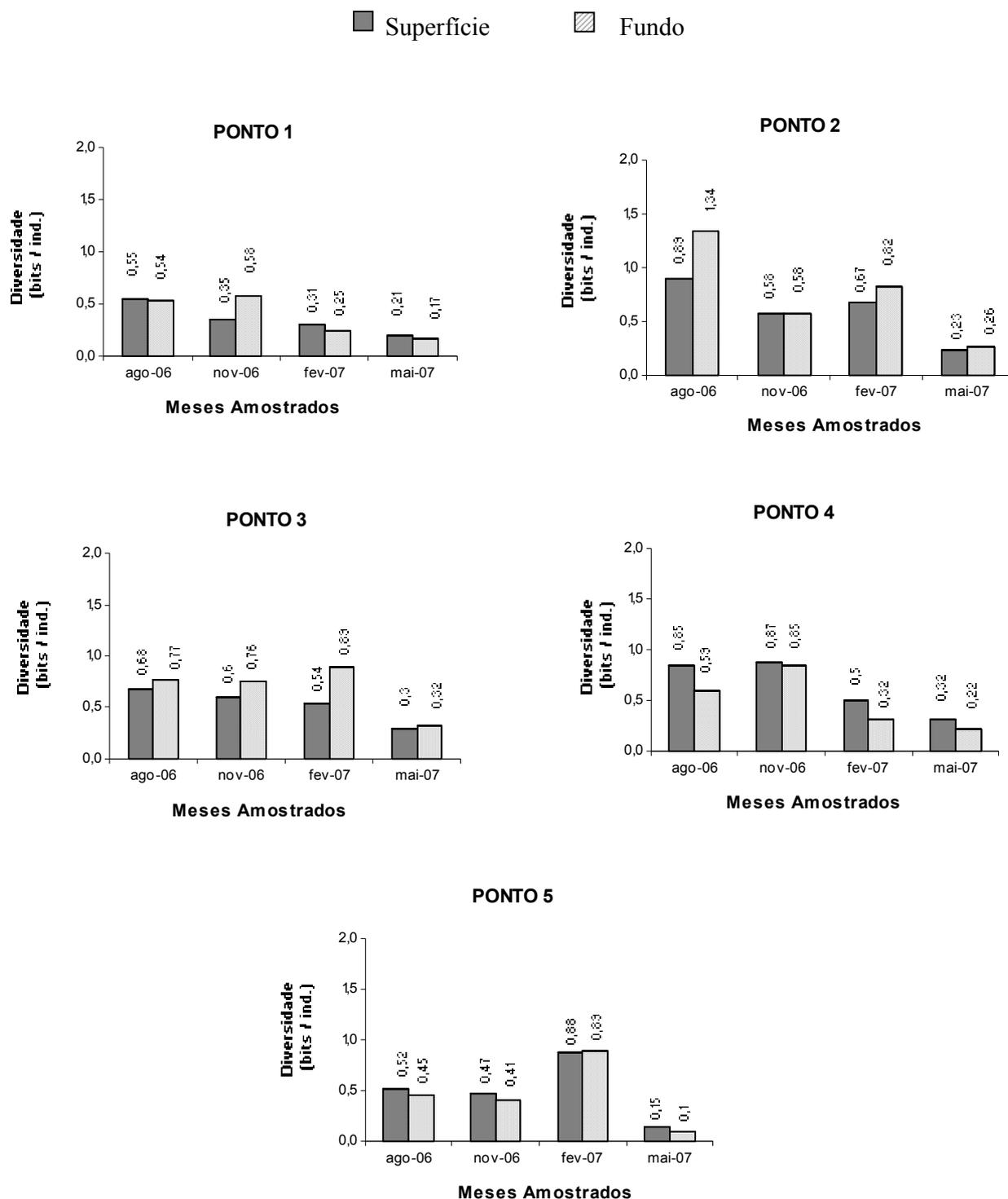


Figura 29: Variações da diversidade específica (bits/ind.) aplicada aos valores de densidade numérica nos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

#### 4.3.4. Composição da biomassa do fitoplâncton

A figura 30 ilustra os valores de biomassa do fitoplâncton ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) calculadas através do biovolume celular, em todos os pontos de coleta nas quatro campanhas realizadas. Não foram observadas nítidas variações espaciais e temporais. Ocorreu uma pequena tendência dos maiores valores serem registrados nos meses de agosto/06 e maio/07, porém em alguns pontos de amostragem, o biovolume foi maior em outros meses.

Nas amostras referentes a agosto/06 e maio/07, observou-se uma maior homogeneidade dos resultados, que variaram entre  $0,18 \text{ mm}^3/\text{L}$  (P5 sup. e fundo) a  $0,76 \text{ mm}^3/\text{L}$  (P2 fundo) e  $0,14 \text{ mm}^3/\text{L}$  (P1 fundo) a  $0,59 \text{ mm}^3/\text{L}$  (P3 sup) respectivamente. Em novembro e fevereiro os valores variaram bastante, porém sem nenhum padrão espacial. Considerando-se os pontos e meses neste estudo, a variação total de biovolume celular foi de  $0,02 \text{ mm}^3/\text{L}$  (P1 fundo) a  $0,87 \text{ mm}^3/\text{L}$  (P2 sup.).

Diversas Classes taxonômicas contribuíram para a biomassa do fitoplâncton, podendo ser visualizadas nas figuras de 31 a 35.

De maneira geral, a classe Bacillariophyceae foi a que apresentou maior representatividade no período de estudo, sendo esta maior principalmente no mês de agosto/06, onde apresentou maior contribuição em todos as amostras analisadas. Na amostragem de maio/07, as cianobactérias (Classe Cyanophyceae) apresentaram maior contribuição na maioria dos pontos e profundidades.

Em agosto/06 as diatomáceas (Classe Bacillariophyceae) apresentaram valores que variaram de 46,67% (P4 sup) a 85,28% (P5 fundo), seguidas pelas cianobactérias e clorofíceas, com 18,77 (P5 fundo) e 12,95% (P4 sup.) respectivamente. Apesar da elevada contribuição em agosto/06, o maior valor registrado para contribuição relativa da Classe Bacillariophyceae ocorreu em novembro/06, com 95,19% da biomassa total na superfície do ponto 2, e o menor valor ocorreu em fevereiro/07, com 1,08% no fundo do ponto 1.

A segunda classe mais abundante foi a Cyanophyceae, com valores variando de 2,68% no fundo do ponto 1 em novembro/06 a 79,13% na superfície do ponto 5 em maio/07. Em seguida vieram os organismos da Classe Chlorophyceae, que apresentaram um máximo de contribuição de 55,38% na superfície do ponto 5 em novembro/2006.

As Classes com organismos flagelados não estiveram sempre presentes, apresentando maiores contribuições em novembro/06 e fevereiro/07. A classe Chrysophyceae apresentou um máximo de 73,68% no fundo do ponto 2, e os fitoflagelados 6,10% na superfície do ponto 3, ambos em novembro/2006, enquanto euglenofíceas obtiveram um máximo de 67,02 % na superfície do ponto 4 e cryptofíceas 32,07% no fundo do ponto 2, ambas em fevereiro de 2007.

As Classes Dinophyceae e Zygnemaphyceae apresentaram pequenas contribuições, sendo estas ocorridas apenas em alguns pontos em agosto/06 e maio/07.

As figuras de 36 a 40 apresentam a contribuição das diversas classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para biomassa do fitoplâncton. Os organismos com biovolume menor que  $1.000 \mu\text{m}^3$  (classe I) apresentaram maior contribuição na composição da biomassa total fitoplanctônica, chegando a apresentar em alguns pontos de coleta 100% em relação a biomassa total (fevereiro/2007 e maio/2007). A menor contribuição desta classe ocorreu em fevereiro/07, com 7,63% na superfície do ponto 4.

A segunda classe de tamanho com maior expressividade para a composição do fitoplâncton foi a classe II ( $1.000 \mu\text{m}^3$  a  $10.000 \mu\text{m}^3$ ), estando presente na maioria das amostragens, com valores que variaram de 1,58% na superfície do ponto 2 em novembro a 92,37% na superfície do ponto 4 em fevereiro a. A classe III ( $10.000 \mu\text{m}^3$  a  $100.000 \mu\text{m}^3$ ) não apresentou contribuição em todos os pontos, mas quando isso ocorreu foi na maioria das vezes de forma expressiva, com máximo 92,89% de representatividade.

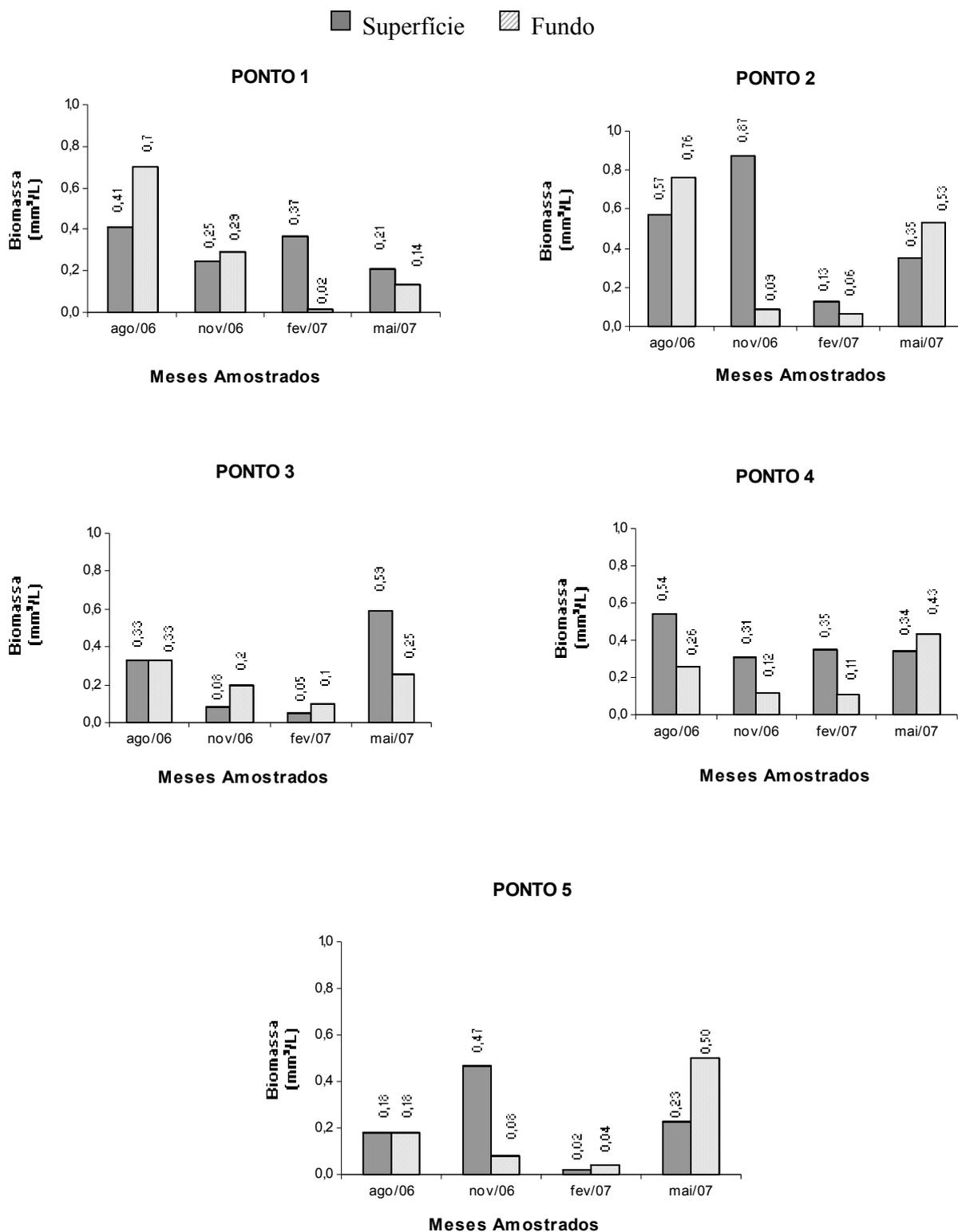


Figura 30: Variações da biomassa fitoplanctônica (mm<sup>3</sup>/L) nos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06;novembro/06;fevereiro/07 e maio/07).

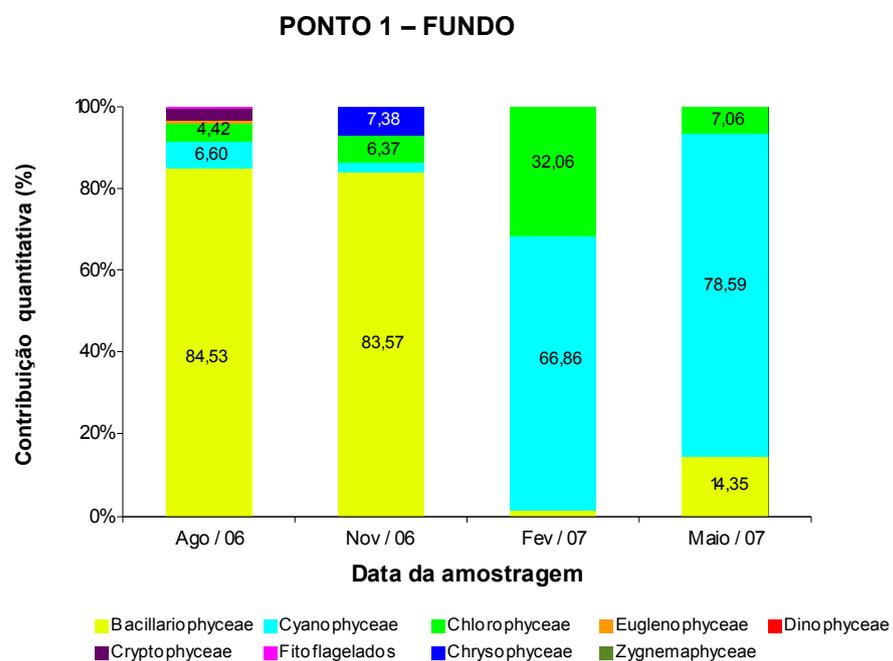
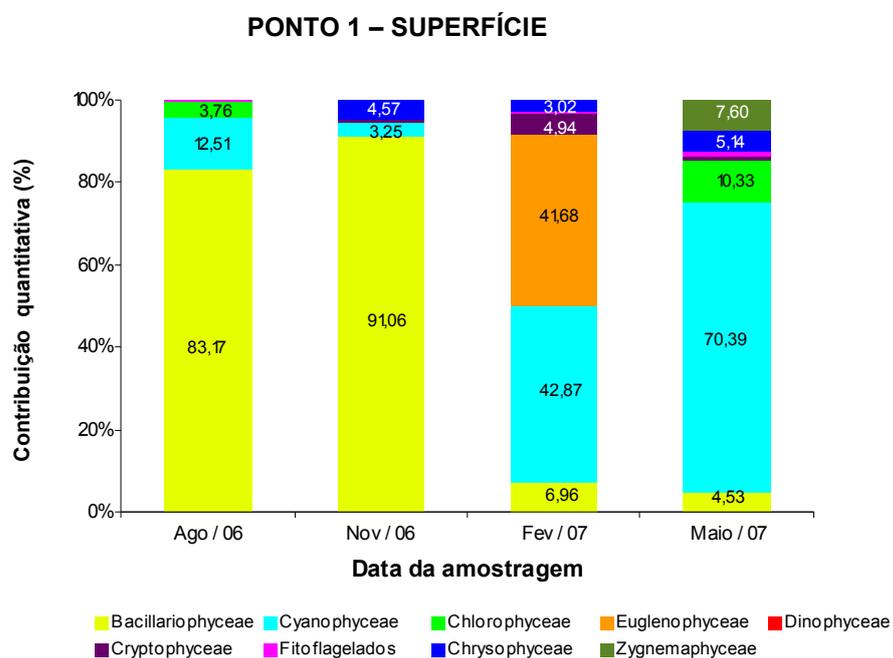


Figura 31: Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 1, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

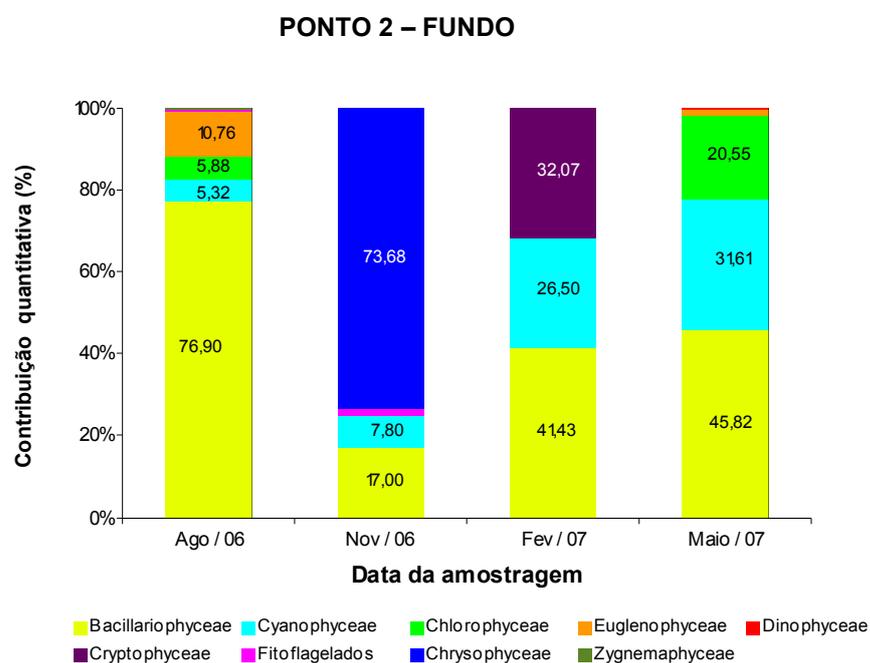
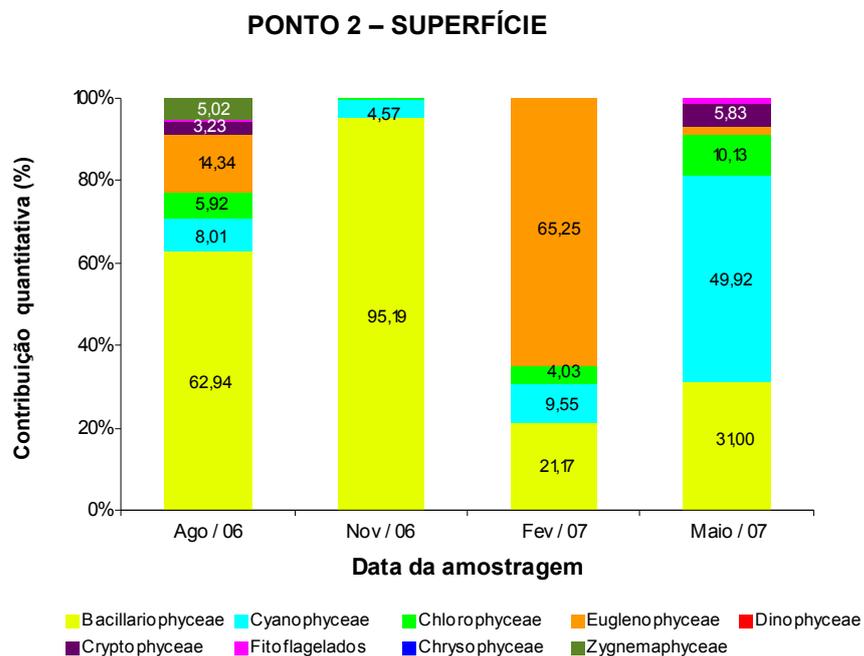


Figura 32: Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 2, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

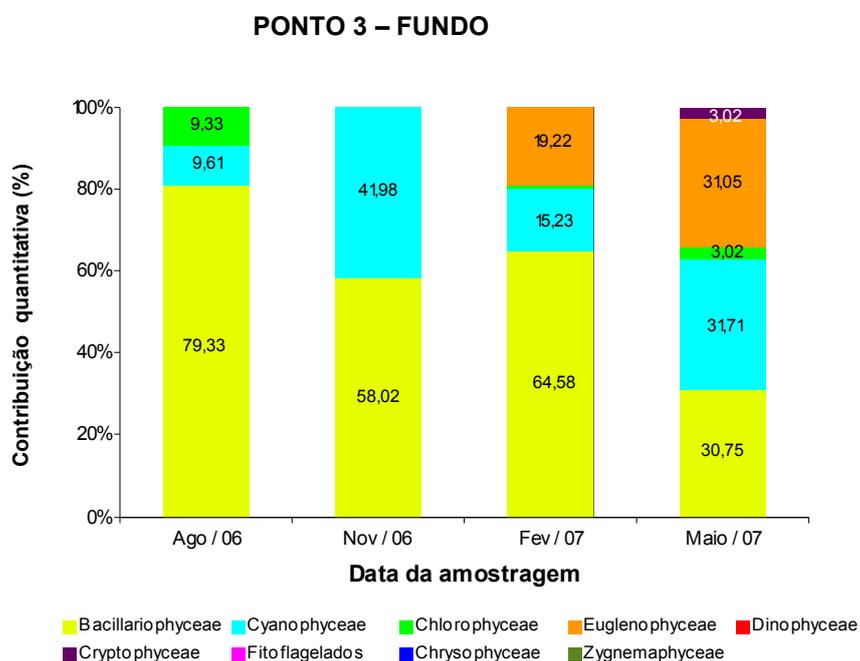
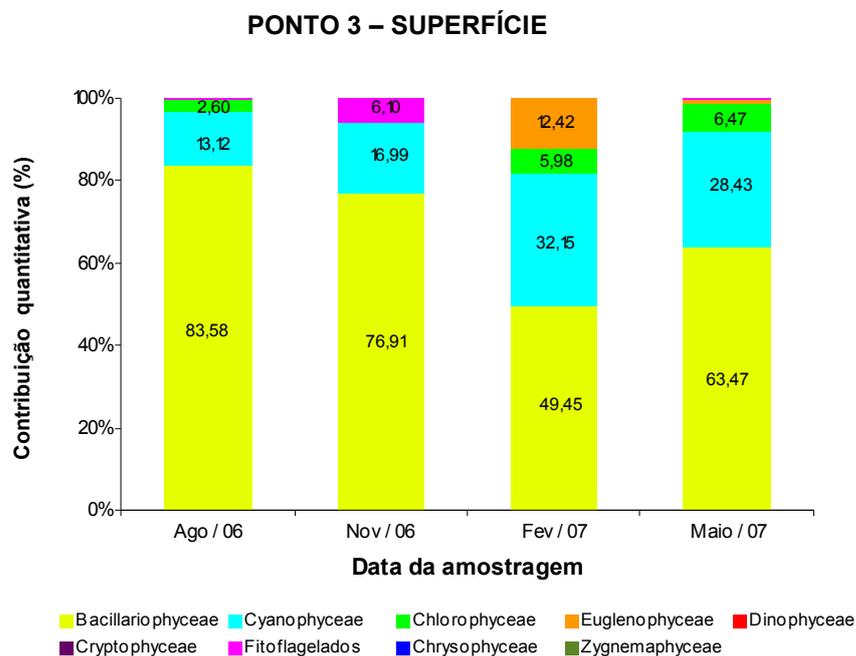


Figura 33: Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 3, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

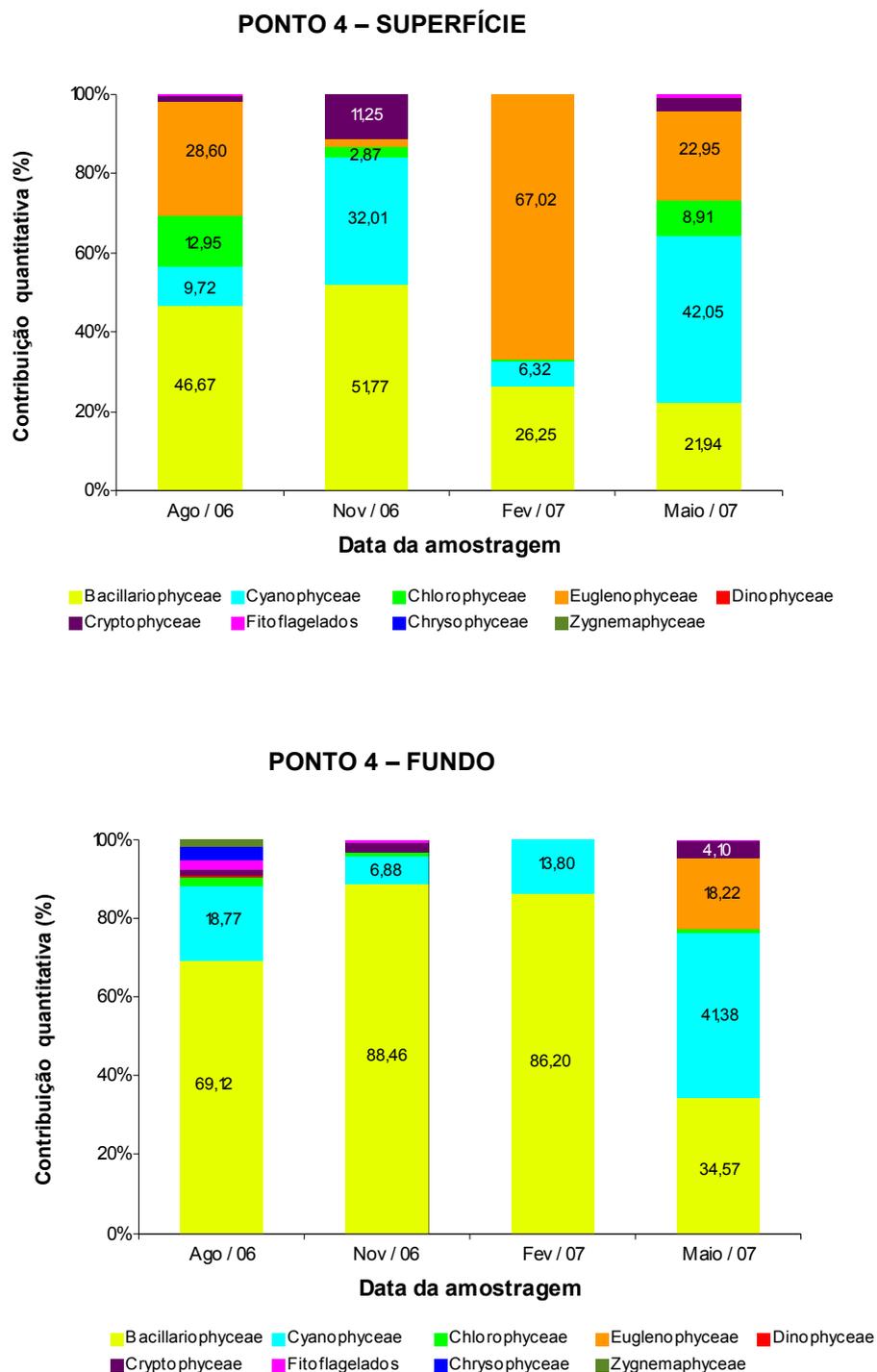


Figura 34: Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 4, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

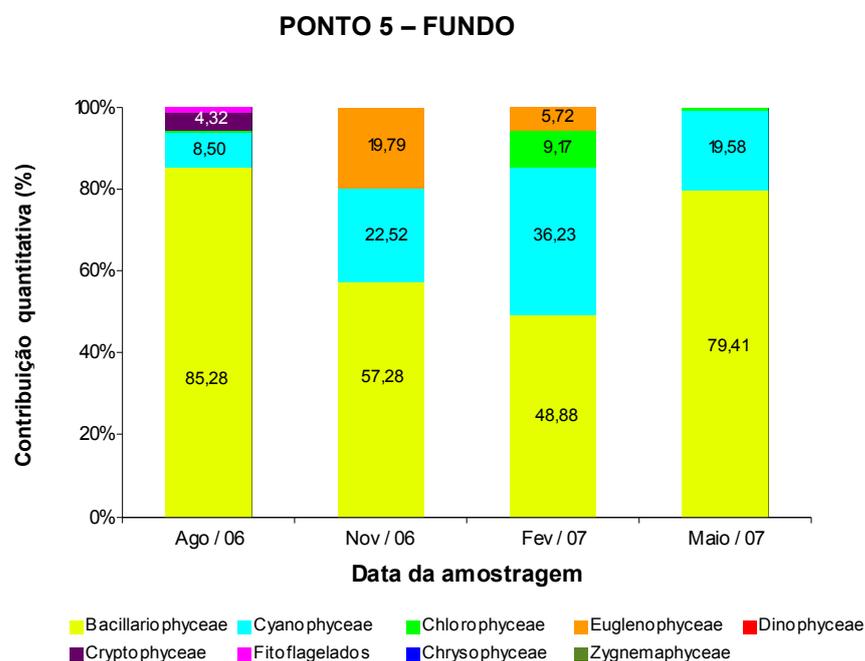
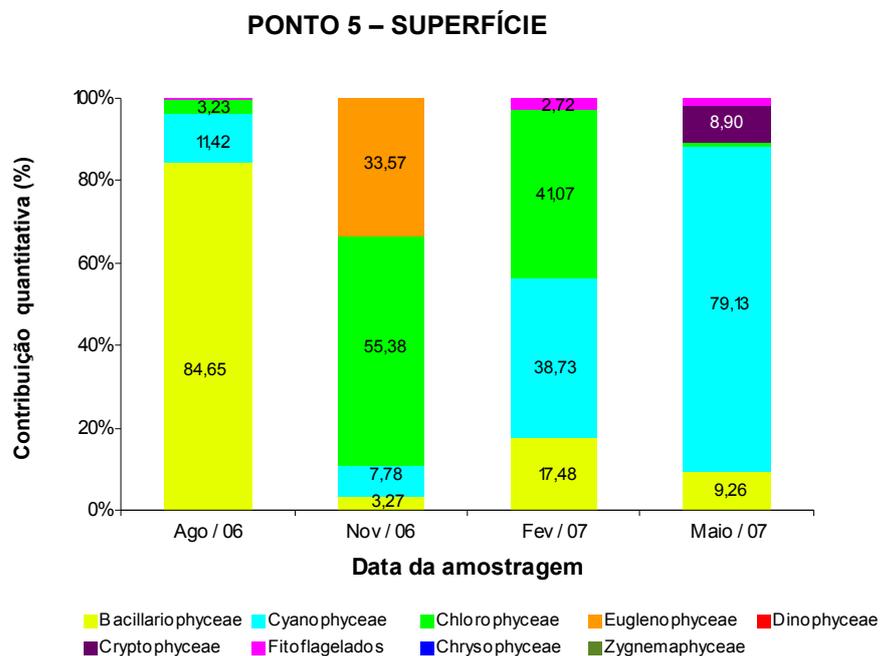
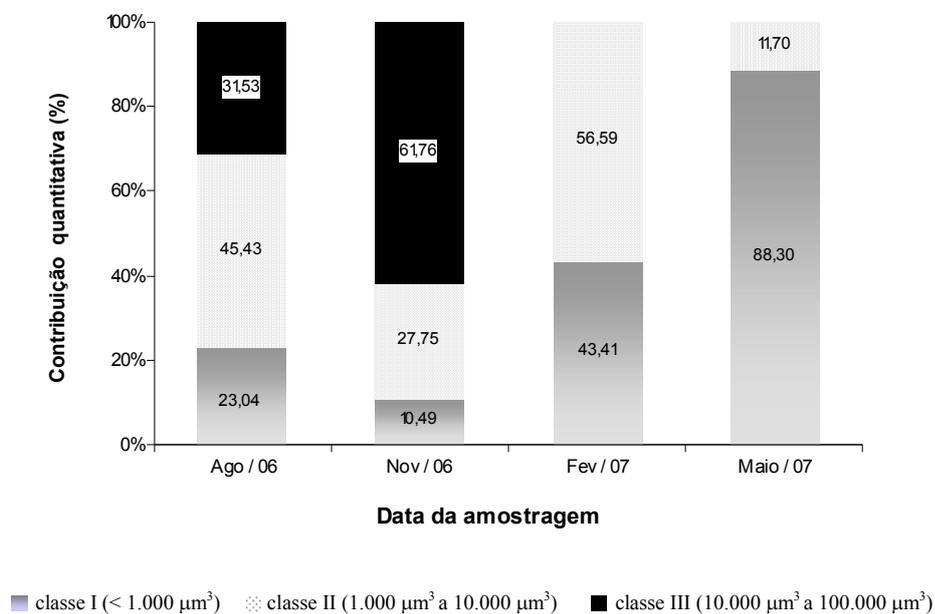


Figura 35: Contribuição (%) das classes taxonômicas para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 5, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

### PONTO 1 – SUPERFÍCIE



### PONTO 1 – FUNDO

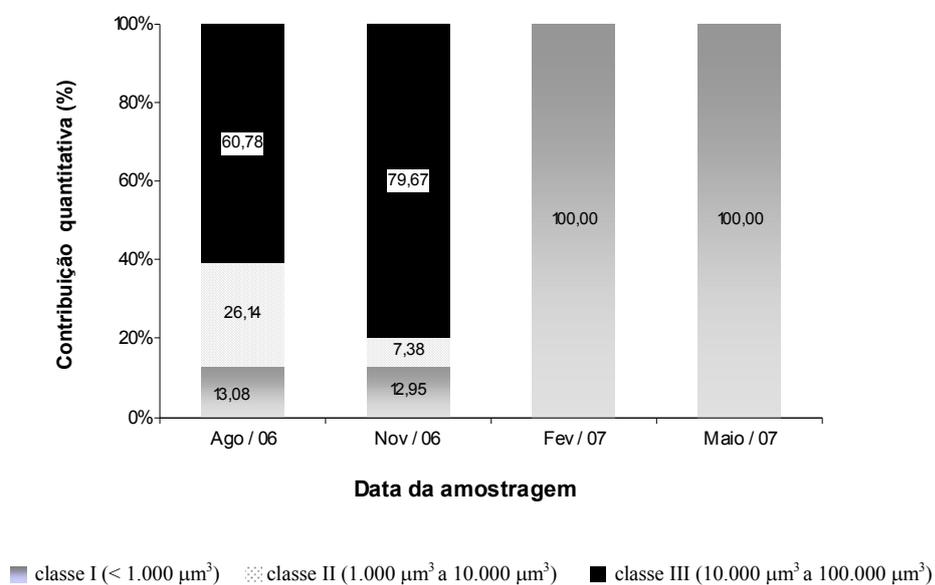
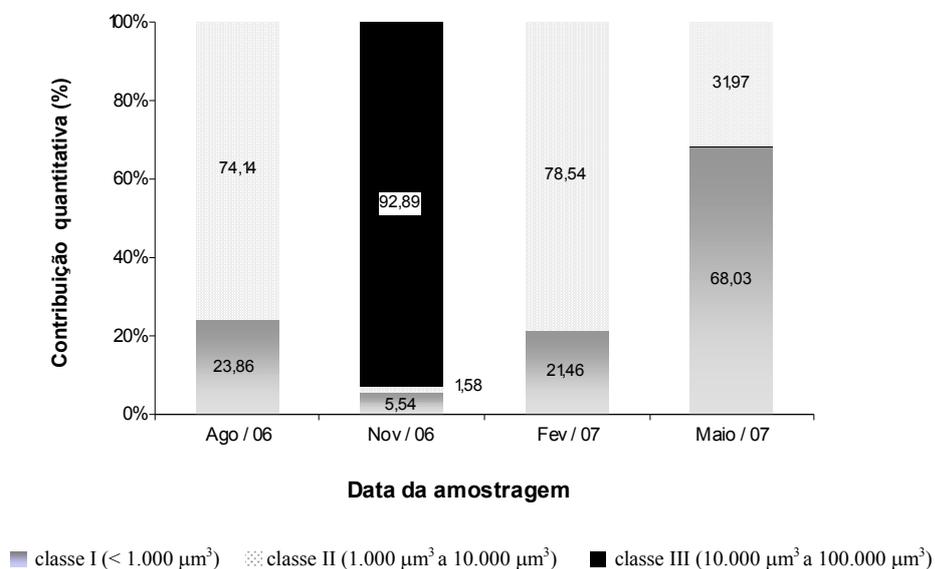


Figura 36: Contribuição (%) das classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 1, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

### PONTO 2 – SUPERFÍCIE



### PONTO 2 – FUNDO

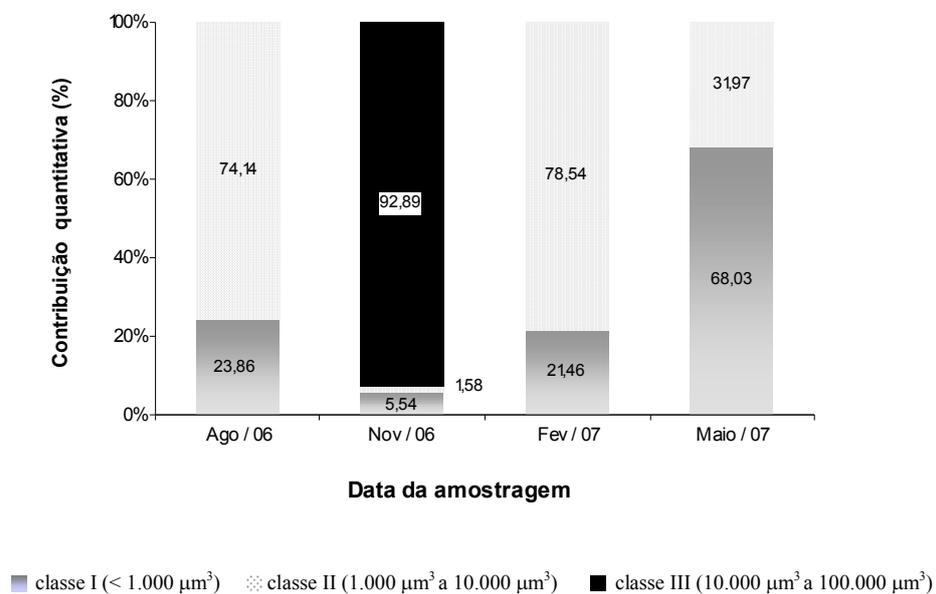
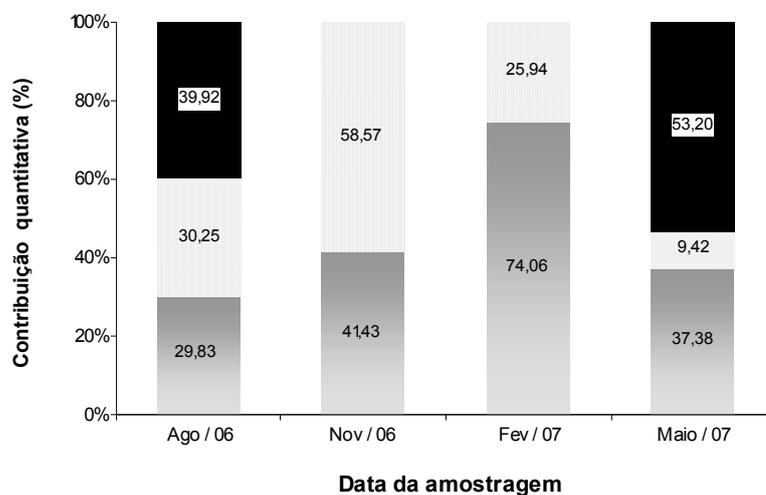


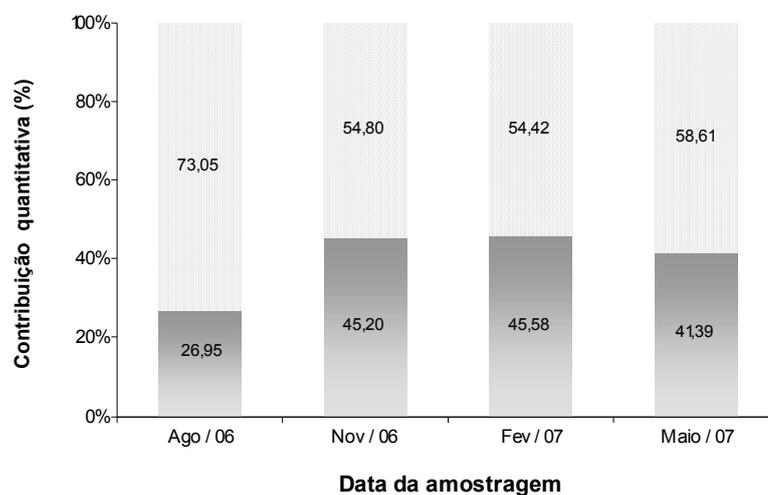
Figura 37: Contribuição (%) das classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 2, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

### PONTO 3 – SUPERFÍCIE



■ classe I (< 1.000  $\mu\text{m}^3$ )    ▨ classe II (1.000  $\mu\text{m}^3$  a 10.000  $\mu\text{m}^3$ )    ■ classe III (10.000  $\mu\text{m}^3$  a 100.000  $\mu\text{m}^3$ )

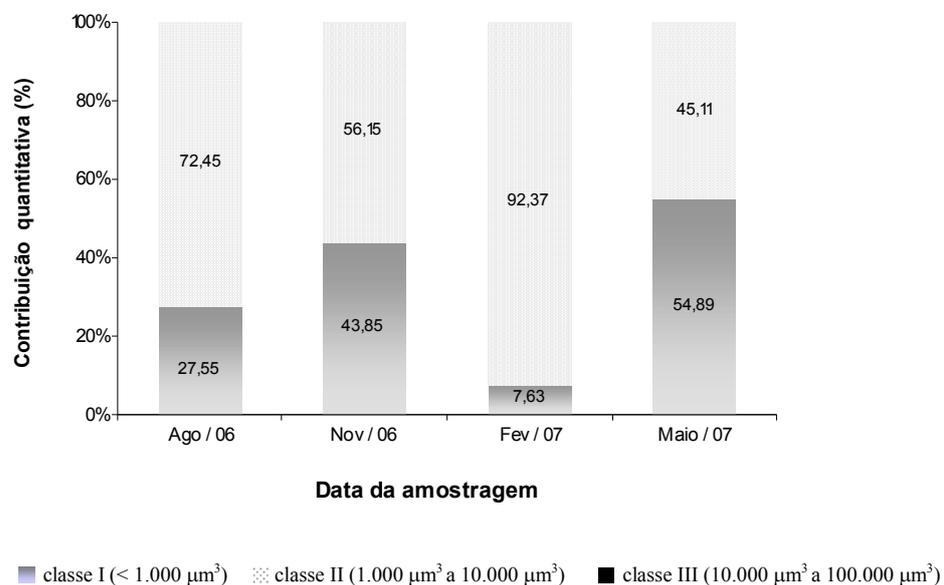
### PONTO 3 – FUNDO



■ classe I (< 1.000  $\mu\text{m}^3$ )    ▨ classe II (1.000  $\mu\text{m}^3$  a 10.000  $\mu\text{m}^3$ )    ■ classe III (10.000  $\mu\text{m}^3$  a 100.000  $\mu\text{m}^3$ )

Figura 38: Contribuição (%) das classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 3, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

### PONTO 4 – SUPERFÍCIE



### PONTO 4 – FUNDO

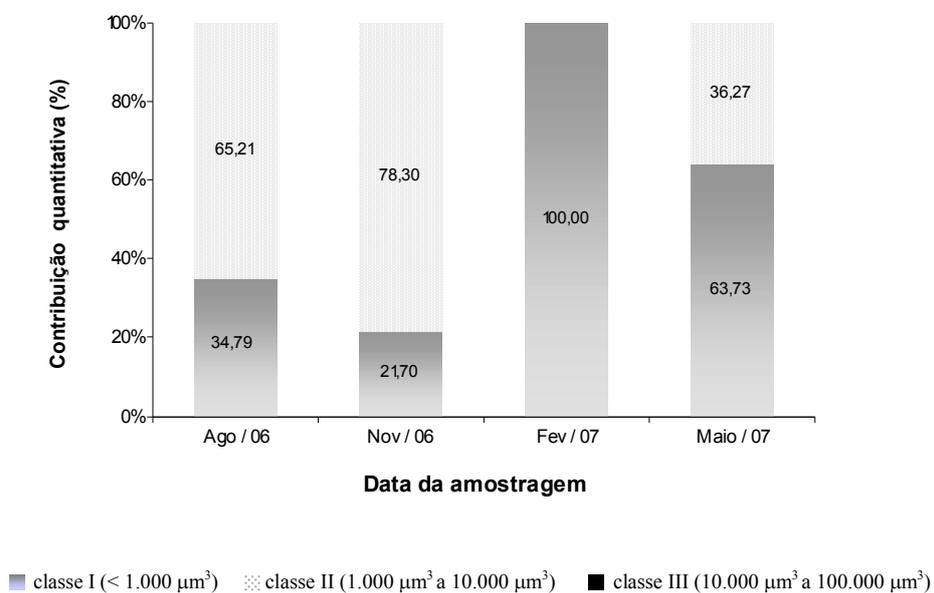
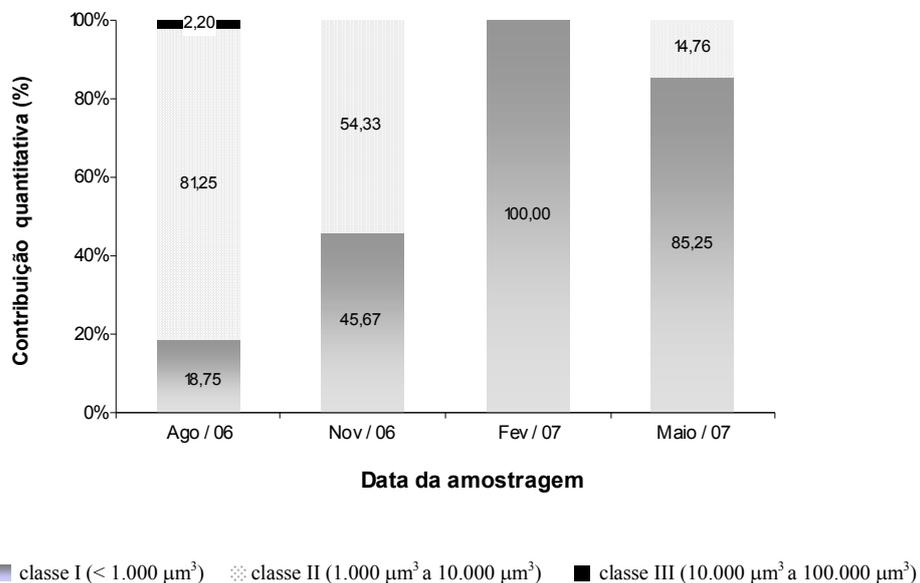


Figura 39: Contribuição (%) das classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 4, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

### PONTO 5 – SUPERFÍCIE



### PONTO 5 – FUNDO

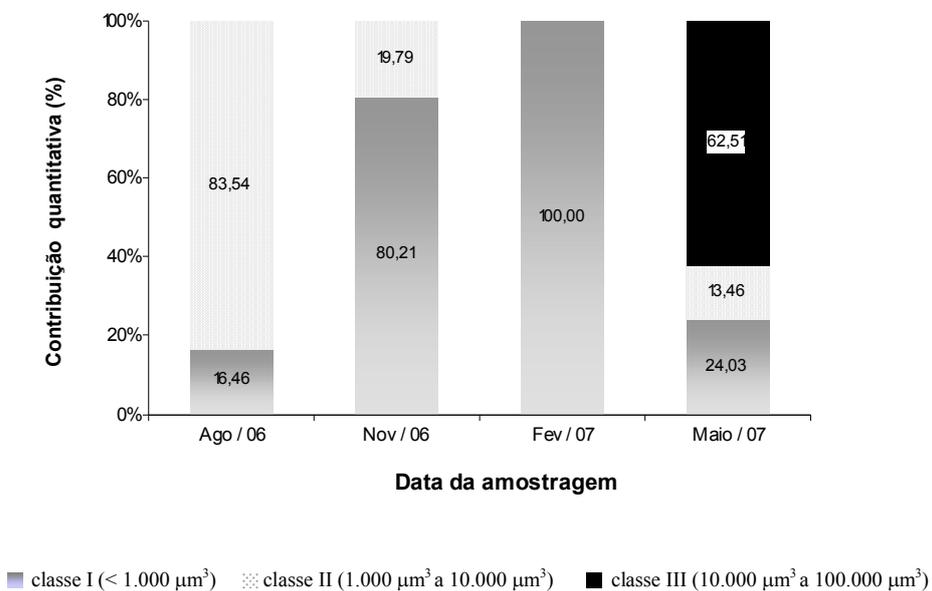


Figura 40: Contribuição (%) das classes de tamanho ( $\mu\text{m}^3$ ) para a biomassa total na superfície e fundo do ponto 5, nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; novembro/06; fevereiro/07 e maio/07).

A figura 41 mostra as variações na diversidade específica (bits/u.b) aplicada aos valores de biomassa. As maiores variações ocorridas foram temporais, com tendência dos maiores valores terem ocorrido em agosto/06 e maio/07, com exceção do ponto 5, que apresentou variações atípicas quando comparada ao restante da área de estudo. O menor valor foi de 0,54 bits/u.b. na superfície do ponto 2 em novembro/06 e o maior valor registrado (4,03 bits/u.b.) ocorreu na superfície do ponto 2 em agosto/2006.

#### **4.3.5. Densidade e biomassa de cianobactérias**

A figura 42 mostra as variações na densidade (cél./mL) e biomassa ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) da Classe Cyanophyceae (cianobactérias) apenas na superfície dos cinco pontos de coleta. A maior variação na densidade e biomassa desses organismos foi também sazonal, sendo os maiores valores ocorridos no mês de maio/07. Os valores de densidade neste mês variaram de 16.679 células/mL no ponto 4 a 26.713 células/mL no ponto 5. Os valores de biomassa variaram de 0,14  $\text{mm}^3/\text{L}$  no ponto 4 a 0,20  $\text{mm}^3/\text{L}$  no ponto 2.

Depois de maio, o mês de agosto foi o que apresentou os maiores valores, que variaram de 3.475 células/mL no ponto 5 a 10.079 células/mL no ponto 1 a 0,02  $\text{mm}^3/\text{L}$  no ponto 5 a 0,05  $\text{mm}^3/\text{L}$  nos pontos 1, 2 e 4.

Os menores valores para a densidade e biomassa ocorreram nos meses de novembro/06 e fevereiro/07. Em novembro os valores de densidade variaram de 1.834 células/mL no ponto 3 a 3.804 células/mL no ponto 4, e os de biomassa entre 0,10  $\text{mm}^3/\text{L}$  no ponto 4 a 0,01  $\text{mm}^3/\text{L}$  nos pontos 1 e 3. Em fevereiro foi registrado o menor valor de densidade encontrado em todo o período de estudo, no ponto 5, com 907 células/mL. O maior valor de densidade nesta coleta foi 3.534 células/mL no ponto 1. Os valores de biomassa variaram de 0,01  $\text{mm}^3/\text{L}$  no ponto 2 e 5 a 0,20  $\text{mm}^3/\text{L}$  no ponto 1.

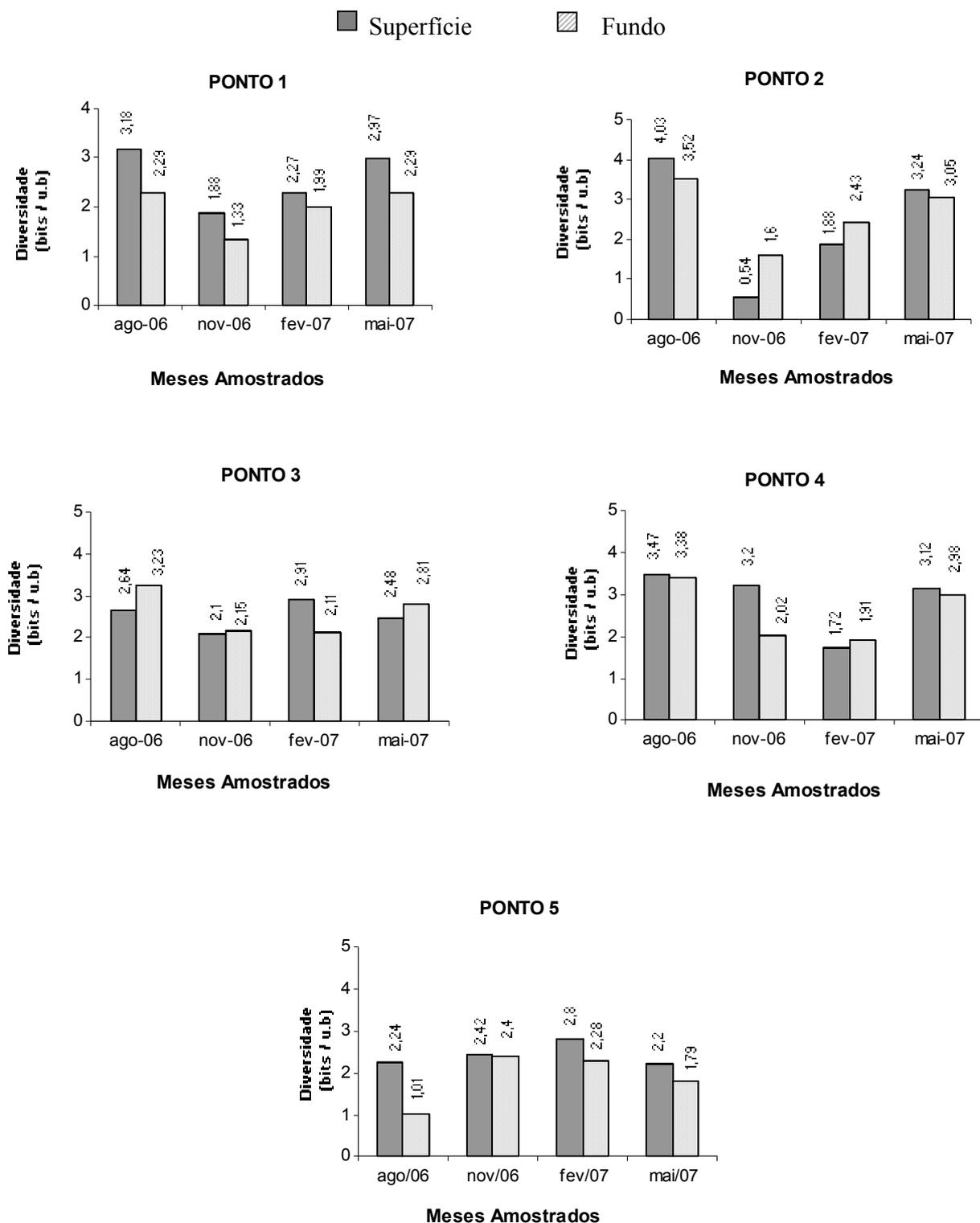


Figura 41: Diversidade específica (bits/u.b.) aplicada à biomassa na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06; nov./06; fev./07 e maio/07).

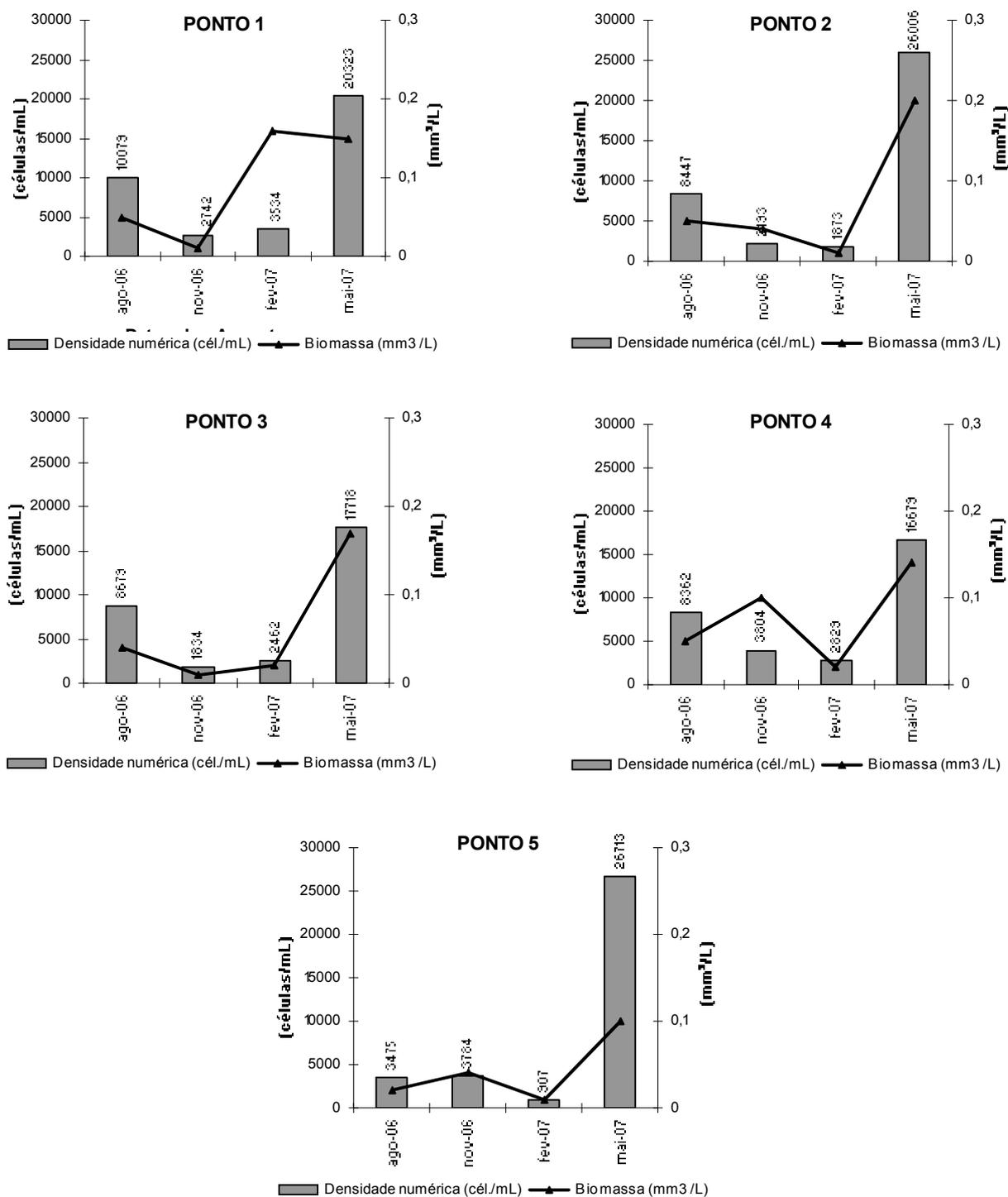


Figura 42: Variações da densidade (cél./mL) e biomassa (mm<sup>3</sup>/L) de cianobactérias (Classe Cyanophyceae) nos cinco pontos de coleta (P1;P2;P3;P4;P5) nas quatro amostragens realizadas (agosto/06;novembro/06;fevereiro/07 e maio/07).

#### 4.4. ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS

A figura 43 mostra os resultados da análise fatorial em componentes principais (ACP) aplicada a densidade total, biomassa total, densidade de cianobactérias, biomassa de cianobactérias, diversidade aplicada à densidade, diversidade aplicada à biomassa, e fatores abióticos tais como, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, transparência, zona eufótica, profundidade, temperatura da água, pluviosidade.

A Análise em Componentes Principais identificou dois fatores que juntos são responsáveis por 61,99% das variações. O primeiro (fator 1 – 48,06%) tem como principais determinantes no lado positivo, a diversidade aplicada à densidade e o pH e no lado negativo, a biomassa de cianobactérias e o oxigênio dissolvido, somando-se a relações mais distantes como a contribuição das cianobactérias para a densidade total, a transparência medida pelo disco de *Secchi*, condutividade elétrica e o oxigênio dissolvido. O segundo fator (13,93%) associa a turbidez e pluviosidade.

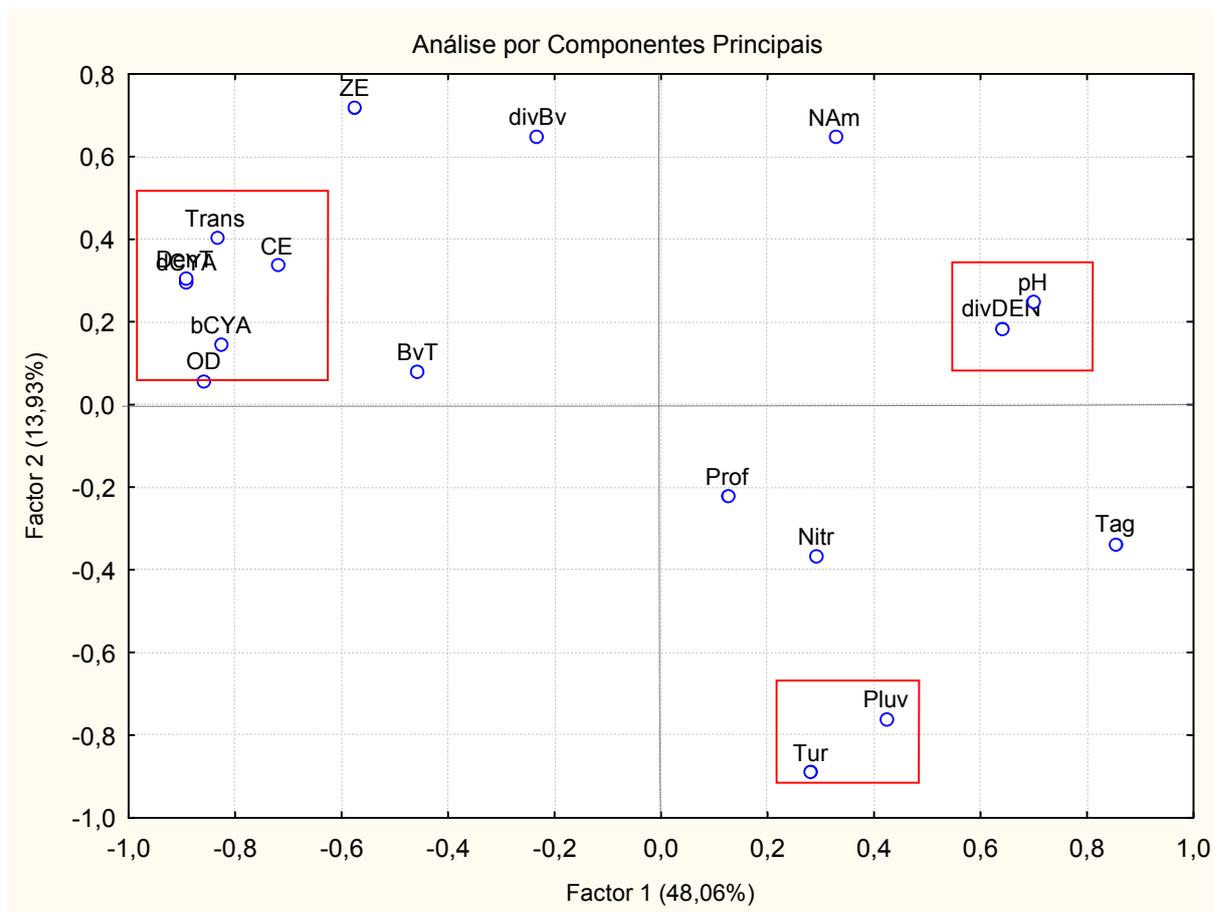


Figura 43: Análise por Componentes Principais (ACP): Projeção das variáveis. (DenT – densidade total ; dCYA contribuição das cianobactérias; divDEN – diversidade aplicada à densidade; BvT – biovolume total; bCYA contribuição das cianobactérias para o biovolume; divBV – diversidade aplicada ao biovolume; Nitr – nitrato; Nam – nitrogênio amoniacal; CE – Condutividade Elétrica; OD – Oxigênio Dissolvido; pH; Tur – Turbidez; Trans – Transparência; ZE – Zona Eufótica; Prof - Profundidade; Tag – Temperatura da água; Pluv – Pluviosidade).

## 5. DISCUSSÃO

---

### 5.1. CLIMATOLOGIA E REGIME HIDROLÓGICO

Segundo Collischonn in Roland et al. (2005), o regime hidrológico pode ser entendido como a variação da vazão de um rio, que ocorre principalmente em escala de tempo sazonal, sendo este regime influenciado por diversos fatores, como solo, relevo, geologia, alterações humanas e o clima, tido como o principal controlador desse regime. Diante deste contexto, a avaliação de alguns dados climatológicos torna-se imprescindível quando se deseja estudar variações ocorridas no ecossistema em questão.

Os valores das médias de temperatura (mínima e máxima) medidas em °C mostraram que ocorreram variações significativas ( $p < 0.05$ ) dessas no decorrer do ano em que se realizaram as amostragens. Este fato pode ser evidenciado pelo aumento das temperaturas a partir de junho/06, e um declive das mesmas de março/07 em diante. Desta forma, podemos sugerir que as maiores temperaturas ocorreram nos meses relativos à primavera e verão, enquanto que as menores médias ocorreram no outono e inverno.

Considerando que a quantidade de energia recebida pelo sol varia de acordo com a posição da Terra em relação a este, nos períodos de verão e primavera, ocorre um maior recebimento de energia nos países entre os trópicos, que é convertida em forma de calor, responsável por maiores temperaturas nesta época do ano.

Com a ocorrência de maiores temperaturas, ocorre uma maior precipitação. Devido a esse fato, é de se esperar que as maiores taxas pluviométricas conseqüentemente ocorram na primavera e verão, ou estação chuvosa, e os menores valores de pluviosidade no outono e inverno, ou então chamada estação seca.

De uma forma geral, no local de estudo, as maiores médias ocorreram na estação chuvosa, com um pico de 330,7 mm em dezembro de 2006 e os menores valores na estação seca, com a menor média mensal ocorrida em maio de 2007 com 38 mm.

Situação semelhante ocorreu no município de Aracruz (ES) onde estudos realizados nos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim por Fernandes da Cruz (2003) e Schaeffer (2005), mostraram que os maiores índices pluviométricos ocorreram nos meses referentes à primavera e verão enquanto os menores índices foram registrados no outono e inverno.

As amostragens realizadas no presente estudo registraram um padrão de diferença entre os períodos hidrológicos que foram estabelecidos nos períodos secos e chuvosos. O regime hidrológico estabelecido será indispensável para explicar variações ocorridas nos fatores abióticos e principalmente bióticos ao longo do período de estudo, uma vez que a biota está adaptada para aproveitar as oportunidades criadas por esse regime.

## 5.2. VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

Segundo Margalef (1983), os ecossistemas fluviais têm uma enorme interação com ecossistemas terrestres, e de acordo com Payne (1986), as propriedades da água de um rio estão diretamente relacionadas à área de drenagem. Odum (1971) relata que em ambientes lóticos a estratificação térmica e química não existe, ou é muito fraca em virtude da grande superfície exposta, pequena profundidade e movimento constante.

Os resultados obtidos em relação à profundidade do rio, transparência e limite da zona eufótica (medidos em metros) apresentaram nítidas e significativas variações sazonais ( $p < 0.05$ ), não ocorrendo, no entanto, variações significativas entre os pontos de coleta, situações previsíveis para a região estudada. De acordo com Collischonn in Roland et al. (2005), um rio cuja bacia está localizada em região com chuvas sazonais apresentará vazões com variações também sazonais.

Desta forma, nas amostragens referentes às estações chuvosas, provavelmente ocorreram os períodos de maiores vazões no rio. Apesar de não terem sido realizadas medidas de vazão, essas podem ser comparadas e estimadas pelas maiores profundidades ocorridas nestes períodos, em decorrência dos maiores índices de pluviosidade, responsáveis pelo aumento no volume de água do rio.

Assim como no presente trabalho, nos rios Paraná (PR) e Ivinheima (MS), Thomaz et al. (1992), estabeleceram durante o período de estudo duas fases, caracterizadas como períodos de cheia e de seca. Segundo os autores, os períodos de cheia foram caracterizados por altos índices pluviométricos e fluviométricos, com elevações de até 1m da profundidade do rio.

Train et al. (2005), também constataram no rio Paraná, que os níveis fluviométricos variaram de acordo com o regime de chuvas, com o período denominado de águas altas ocorrendo no período entre janeiro e março, atingindo um valor máximo de 6,7 m no ano de 2005, assim como os menores níveis sendo registrados nos meses de junho a agosto.

Concomitante ao aumento da profundidade, ocorreu a diminuição na transparência no período chuvoso. A transparência medida pelo disco de *Secchi* é em função da reflexão da luz da superfície do disco, sendo afetada pelas características de absorção da água e matéria particulada ou dissolvida na mesma. Altas concentrações de matéria orgânica dissolvida ou substâncias particuladas fazem com que ocorra o decréscimo da transparência (WETZEL E LIKENS, 1979).

As chuvas ocorridas aliadas a alterações humanas que resultam na diminuição da mata ciliar em várias partes da bacia do rio Jucu (IEMA, 1999) colaboram para escoamento da água da chuva juntamente com o solo e material em suspensão para o leito do rio, fazendo com que os valores de transparência diminuíssem, resultados demonstrados pelas medições com o disco de *Secchi*, que apresentaram valor máximo de 1,5 m em agosto e 0,2 m em novembro.

Desta forma também ocorreu nos rios Capivara e Lavapés, localizados em São Paulo, onde Moretto & Nogueira (2003), atribuíram o decréscimo na transparência nos períodos chuvosos a retirada da vegetação na mata nativa, com conseqüente *input* de material alóctone na bacia. Nos rios Paraná (PR) e Ivinheima (MS), Thomaz et al. (1992), também verificaram reduções nos valores de transparência nesta mesma época.

Em conseqüência da diminuição da transparência, ocorreu também uma diminuição na profundidade da zona eufótica, uma medida diretamente proporcional à transparência. A zona eufótica é a porção iluminada da coluna d'água podendo variar desde alguns centímetros até dezena de metros, sendo o limite desta a profundidade onde a intensidade da radiação corresponde a 1% da que atinge a superfície (ESTEVES, 1988). Nos períodos de seca, em muitos pontos de amostragem, a profundidade da zona eufótica alcançou o sedimento do rio, pelos maiores valores de transparência ocorridos, aliados às menores profundidades encontradas nestas épocas.

Medidas de transparência e zona eufótica são importantes, pois a limitação da produção do fitoplâncton vem sendo associada à redução da disponibilidade de luz na água, devido à presença de materiais em suspensão, sendo marcante a diminuição da produção durante o período das chuvas, quando ocorre o aumento da turbidez das águas, ocasionado pelo carregamento de materiais para o leito dos rios (PESSOA, 2002).

Desta forma, a turbidez da água pode ser considerada, do ponto de vista óptico, o oposto de sua transparência, e esses parâmetros são importantes para avaliar as variações na comunidade fitoplanctônica no período de estudo, uma vez que são influenciados pelo regime hidrológico existente. Segundo Wetzel & Likens (1979), nos corpos d'água a turbidez é causada por matéria orgânica e inorgânica na água, como silte, partículas de carbono, finas partículas de matéria orgânica, organismos planctônicos e outros microrganismos.

Como era de se esperar, no presente estudo os valores de turbidez foram inversamente proporcionais aos valores de transparência, sendo maiores nas estações chuvosas e menores nas estações secas. Os resultados obtidos por Smith & Petreire (2000) na bacia de drenagem do rio Sorocaba, São Paulo, corroboram com os resultados encontrados no presente trabalho, onde os maiores valores de turbidez também foram encontrados nos períodos de chuva, associando esse aumento a um indicador de desmatamento da vegetação ripária, já que com a retirada da vegetação marginal aumenta o aporte de sedimento para o leito do rio.

Em relação a turbidez, variações espaciais horizontais, também foram observadas entre os valores obtidos nas amostras coletadas no rio (P1; P2; P3; P4) e as amostras coletadas no canal de retenção (P5), sendo essas explicadas devido a intervenções humanas ocorridas no mesmo. Quando os valores de turbidez encontram-se elevados nos rios, é realizada uma pré-floculação no início do canal, o que diminui a turbidez neste ponto, e quando a turbidez é menor no rio, a movimentação das bombas próximas no ponto de captação (P5), ressuspende o sedimento acumulado no canal, fazendo com que os valores de turbidez sejam maiores neste ponto em relação aos outros pontos localizados no rio.

Além do ponto de vista ecológico, a turbidez também deve ser interpretada sob ponto de vista sanitário, e neste caso as variações e os altos valores de turbidez implicam no tratamento e na qualidade final da água tratada. Por isso medidas como a pré-floculação tem como finalidade melhorar o produto final do tratamento.

Segundo Fatma (1999), de um modo geral as águas cristalinas apresentam turbidez < 10 NTU e as águas muito turvas apresentam turbidez > 20 NTU. Neste contexto, as amostras coletadas e analisadas nas estações secas puderam ser enquadradas na maioria das vezes na primeira situação, enquanto as amostragens realizadas nas estações chuvosas apresentaram águas muito turvas, segundo a denominação supracitada.

A temperatura da água influencia os processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que ocorrem na coluna d'água. A solubilidade dos gases decresce e a dos minerais cresce com o aumento da temperatura da água e a maior parte dos organismos possui faixas de temperaturas ótimas para sua reprodução (MOTA, 1997). A viscosidade da água depende da temperatura e dos sais nela dissolvidos, sendo então essencial para a comunidade planctônica (ESTEVES, 1988).

A temperatura da água no local de estudo apresentou apenas uma pequena variação sazonal, podendo ser notada uma tênue, porém significativa diferença ( $p < 0.05$ ) entre os meses de novembro e fevereiro, que apresentaram os maiores valores, e os meses de agosto e maio, com temperaturas menores. O maior valor registrado no verão ( $26^{\circ}\text{C}$ ), em fevereiro/07 e o menor ocorrendo no outono, em maio/07 ( $21^{\circ}\text{C}$ ) demonstram a influência climática, no que diz respeito à temperatura do ar na região, como reflexo dos valores encontrados.

O mesmo comportamento em relação à variação sazonal na temperatura da água ocorreu em outros rios brasileiros, como nos rios Capivara e Lavapés, onde Moretto & Nogueira (2003), verificaram variações entre  $19^{\circ}\text{C}$  no inverno a  $26,9^{\circ}\text{C}$  no verão e Smith & Petreire (2000), na bacia do rio Sorocaba, onde verificaram valores de temperatura maiores no período de chuvas.

Segundo Esteves (1988), o calor é uma manifestação de energia, que é absorvida pela radiação e propagado na água por um processo conhecido como condução. Nos corpos d'água a tendência seria ter nas camadas superficiais temperaturas maiores, devido a maior incidência de radiação no primeiro metro de profundidade.

Essa teoria, no entanto é mais bem aplicada aos ambientes lênticos. Nos rios, a constante circulação não permite que estratificações térmicas sejam estabelecidas. Isso explica o fato da região estudada não apresentar variações significativas entre as temperaturas obtidas na superfície e fundo. Variações horizontais também não foram observadas.

Conforme mencionado anteriormente, a solubilidade dos gases é dependente da temperatura da água. Os valores de oxigênio dissolvido encontrados no presente trabalho confirmam essa afirmação, pois de uma forma geral, as menores concentrações de oxigênio dissolvido coincidiram com os períodos de maiores temperaturas e quando ocorreram as maiores concentrações deste gás, as temperaturas foram menores.

Desta forma, mais uma vez as variações significativas ( $p < 0.05$ ) ocorreram sazonalmente, sendo a temperatura da água, um fator de relevante importância na concentração deste gás na coluna d'água, que obtiveram valores que variaram entre 7,4 mg/L em maio de 2007 a 5,85 mg/L em novembro de 2006. Não foram estabelecidas nítidas variações espaciais horizontais e verticais em relação ao oxigênio dissolvido. A circulação da água presente no trecho estudado e a proximidade existente entre os pontos impediram que variações espaciais ocorressem.

No entanto, apesar de tratar-se de água circulante, e, portanto com maior contato com a atmosfera, seria de se esperar que a maior circulação e maior contato com a atmosfera aumentassem a quantidade de oxigênio dissolvido no período chuvoso, onde as temperaturas foram maiores. No entanto, isto não ocorreu, pois além do fator temperatura da água, a quantidade de material alóctone trazido pelas chuvas nesta época, podem ter acelerado processos de decomposição, fazendo com que as concentrações deste gás diminuíssem.

Além disso, os altos valores de turbidez diminuíram a entrada de luz na coluna d'água, podendo ter afetado o processo fotossintético, contribuindo para a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, pois a fotossíntese aumenta a quantidade de oxigênio, enquanto a respiração e a regeneração de sais nutrientes através da oxidação bacteriana consomem oxigênio.

Segundo Esteves (1988), a concentração de matéria orgânica, aliada às altas temperaturas que ocorrem principalmente no período chuvoso, contribui decisivamente

para a diminuição do oxigênio na água, muitas vezes em função da aceleração do processo de decomposição.

Smith & Petrere (2000), no rio Ipanema, que pertencente à bacia do rio Sorocaba (SP) também verificaram que, assim como no presente estudo, os valores de oxigênio dissolvido foram influenciados pela temperatura da água, sendo verificada a maior oxigenação quando as temperaturas foram menores. Porém, na bacia hidrográfica do córrego do Zerede, em Timóteo-MG, Coluna et al.(2007), observaram os maiores valores deste gás nas épocas de cheia, e atribuíram este resultado ao aumento da velocidade da correnteza, que aumentou a turbulência da água e conseqüentemente a dissolução do oxigênio atmosférico.

A variável pH apresentou no presente estudo, assim como as outras variáveis, uma variação sazonal significativa ( $p < 0.05$ ), não sendo observadas variações espaciais. A medida do potencial hidrogeniônico (pH) determina a natureza ácida ou básica de uma solução ou corpo d'água. Ela é medida pela atividade do íon hidrogênio [ $H^+$ ], que varia em uma escala de 1 a 14. A descarga de efluentes domésticos e industriais, assim como enxurradas de áreas agrícolas podem conter substâncias capazes de alterar o pH.

Segundo Esteves (1988), o pH pode ser considerado uma das variáveis ambientais mais importantes e complexas de se interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. O mesmo autor ressalta que o pH e as comunidades vegetais e animais apresentam estreitas relações, sendo que este pode atuar sobre as comunidades, agindo nos processos de permeabilidade da membrana celular, interferindo no transporte iônico intra e extra celular, e entre os organismos e o meio.

Segundo Wetzel e Likens (1979), a tolerância da maioria dos organismos aquáticos é restrita em ocasiões de valores extremos de pH. Em geral, nas águas naturais o pH é alterado pelas concentrações de íons  $H^+$  originados da dissociação do ácido carbônico, sendo que a maioria dos corpos d'água continentais têm pH que variam de 6 a 8.

No trecho estudado, os valores de pH em todo o período de amostragem, variaram de neutro a levemente ácido ou levemente alcalino (6,82 a 7,68) concordando com a afirmação citada, sugerindo-se que a variável não tenha sido determinante para impedir ou afetar o desenvolvimento da comunidade.

Os maiores valores ocorreram em fevereiro/07, sendo esta a maior variação em todo o período de estudo. Nas outras amostragens os valores encontrados foram semelhantes entre si. A geologia da bacia de drenagem e despejo de esgoto nas proximidades da área de estudo podem ter sido fatores que provocaram as variações sazonais apresentadas.

Moretto & Nogueira (2003), nos rios Capivara e Lavapés também verificaram valores de pH próximos ao neutro, assim como Smith & Petrere (2000), que no rio Ipanema, pertencente à bacia do rio Sorocaba verificaram que os valores de pH variaram entre 6,3 a 7,6. Thomaz et al (1992), nos rios Paraná (PR) e Ivinheima (MS), constataram valores de pH que variaram entre 6,7 a 7,9 e os classificaram como constantes e geralmente alcalinos. No riacho da Barra Funda, em São Paulo Necchi et al (1996), registraram valores entre 6,80 a 7,26. Os valores encontrados nos corpos d'água continentais brasileiros, de uma forma geral mostram semelhança com os encontrados no presente estudo.

A condutividade elétrica de uma solução é a capacidade desta em conduzir corrente elétrica. Essa condução é em função da quantidade de íons presentes e, segundo Esteves (1988), os íons que influenciam diretamente nos valores de condutividade são os chamados macronutrientes (cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato, cloreto etc.), enquanto que nitrito, nitrato e ortofosfato têm pouca influência, e o íon amônio pode ter influência em altas concentrações. Alguns fatores podem influenciar na composição iônica dos corpos d'água, como a geologia da bacia e o regime das chuvas.

A determinação da condutividade é importante, pois a quantidade desses sais também se faz necessário para o metabolismo da comunidade fitoplanctônica, além de detectar ainda, as fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos e as diferenças geoquímicas do rio principal e seus afluentes.

Nas amostras analisadas pode-se observar que, assim como as outras variáveis analisadas, a condutividade variou sazonalmente. Os maiores valores ocorreram nos meses de agosto/06 e maio/07 referentes aos períodos de seca, sendo registrado o maior valor encontrado em todo o período de estudo, com  $25,5 \mu\text{s.cm}^{-1}$  (maio/2007). O menor valor ocorreu em fevereiro, ( $17,7 \mu\text{s.cm}^{-1}$ ) período relacionado a estação chuvosa.

As variações ocorridas sugerem a inferência das chuvas nos valores encontrados, que podem diluir a quantidade de íons estabelecidas nos períodos de estiagem. Além disso, por ser uma área que constantemente recebe aporte de esgoto *in natura*, os valores de condutividade elétrica provavelmente diminuiram nas épocas de chuvas, devido à diluição exercida pelas altas pluviosidades nestas épocas sobre a carga de poluentes.

Moretto & Nogueira (2003) também verificaram nos rios Capivara e Lavapés maiores valores de condutividade no inverno e atribuíram o decréscimo nos períodos de maior pluviosidade à diluição de íons pela água da chuva. No rio Tibagi, Yabe & Gimenez in Medri et al. (2002), observaram uma variação espacial entre os pontos, registrando um valor mínimo de  $8,9 \mu\text{s.cm}^{-1}$  no primeiro ponto, amostrado mais a montante, e valor máximo de  $60,4 \mu\text{s.cm}^{-1}$  no último ponto, devido ao acréscimo de íons do decorrer do curso do rio, que também recebe aporte de poluentes.

Thomaz et al (1992), encontraram variações entre 48 a  $72 \mu\text{s.cm}^{-1}$  no rio Paraná e 24 a  $55 \mu\text{s.cm}^{-1}$  no rio Ivinheima, porém constataram que os maiores valores ocorreram nos períodos de cheias, considerando-os baixos quando comparado a rios de regiões temperadas, atribuindo tal fato a baixa concentração salina ocorrida nos rios tropicais.

Wojciechowska et al. (2005), estudaram duas lagoas na planície do River Bug, na Polônia, em um período de inundação, e registraram valores máximos de 720 e 550  $\mu\text{s.cm}^{-1}$  nas lagoas. Apesar de tratarem de ecossistemas lênticos, existe neste caso uma influência do rio em determinados períodos nesses ecossistemas.

No lago das Garças, localizado em São Paulo, Tucci & Sant'Anna (2003), encontraram valores de condutividade entre 96 a 171  $\mu\text{s.cm}^{-1}$ , sendo maiores que aqueles registrados em ambiente lóticos.

De uma forma geral os resultados de condutividade elétrica encontrados no presente estudo podem ser considerados baixos em relação a valores encontrados em outros ambientes tropicais brasileiros e temperados, sendo essa diferença maior quando comparado a ambientes lênticos, pelas características que propiciam o acúmulo de sais. Sugere-se que as diferenças existentes entre os valores de condutividade encontrados em tais ecossistemas estariam relacionadas principalmente com a geologia da bacia de drenagem e fontes poluidoras presentes nas margens dos rios.

Pereira & Pereira *in* Roland et al (2005) relatam a teoria do espiralamento de nutrientes ou *spiralling concept* proposta por Elwood et e Newbold et al onde descrevem que nos ecossistemas lóticos ocorre um transporte contínuo e unidirecional de nutrientes. Segundo estes, à distância percorrida aumentaria com acréscimos no fluxo de água e diminuiria com aumentos nas taxas de absorção ou tomada de nutrientes.

No presente trabalho, os valores não apresentaram variações espaciais verticais e horizontais nos valores de nutrientes registrados, pela proximidade existente entre os pontos de coleta e pela constante circulação que impede uma estratificação. As variações significativas existentes foram sazonais ( $p < 0.05$ ), e com exceção do nitrogênio amoniacal, os maiores valores ocorreram nas épocas de chuvas, que apresentam maiores temperaturas e, portanto maior solubilidade dos minerais, como nitrato e ortofosfato.

Segundo Esteves (1988), o nitrogênio e fósforo são os principais elementos para os seres vivos em sistemas aquáticos, assumindo importante papel em seu metabolismo, por isso são aqueles que com maior frequência podem ser identificados como limitantes da produção fitoplanctônica. Desta forma as medidas desses nutrientes realizadas neste trabalho tornam-se importantes para avaliar se esses nutrientes foram possíveis limitantes para o crescimento do fitoplâncton.

Os principais compostos de nitrogênio assimiláveis pela comunidade fitoplanctônica, como nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3/L$ ) e nitrato ( $N-NO_3/L$ ) foram analisados. A importância do nitrogênio para os organismos fotossintetizantes está relacionada à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos para a formação da biomassa desses organismos (ESTEVES, 1988).

Sawyer (1985) descreve as formas como o nitrogênio pode ser encontrado na natureza, enfatizando que a atmosfera serve como um reservatório no qual o nitrogênio é constantemente renovado pela ação da descarga elétrica e pela fixação das bactérias. Os nitratos são também produzidos pela oxidação direta do nitrogênio ou da amônia e encontra-se também nos fertilizantes comerciais. Dessa forma, a presença de nitrogênio no meio aquático pode originar-se das mais variadas fontes, tais como: chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone, de esgotos domésticos e industriais e da drenagem de áreas fertilizadas, além da decomposição de vegetais e animais.

A fonte de nitrogênio mais preferencialmente e mais rapidamente assimilável pelas algas está na forma de amônio. Conforme Esteves (1988), esta é a fonte mais significativa de nitrogênio para o fitoplâncton, já que o nitrato tem que ser reduzido a amônia dentro das células através da nitrato-redutase, ocasionando em um gasto energético para esses organismos.

Araújo et al. (2000) enfatizam a preferência pelo fitoplâncton em relação a esse íon e relatam a assimilação deste ao invés do nitrato quando encontrado em maiores concentrações.

Segundo Enrich-Prast *in* Roland et al. (2005), a amônia é preferencialmente assimilada em concentrações superiores a 2 µg/ L, enfatizam ainda que a utilização de nitrogênio nas duas formas acima citadas podem oferecer respostas metabólicas diferentes, relatando que em estudos experimentais, mostraram que as espécies testadas, pertencentes a Classes diferentes, mostraram que as espécies utilizam o NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mais rapidamente, porém, crescem melhor e produzem mais clorofila quando utilizam este nutriente na forma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Os valores encontrados para nitrogênio amoniacal foram significativamente maiores (p<0.05) nos meses relacionados à estação seca, sobretudo na primeira amostragem, realizada em agosto/06.

Este fato pode ser explicado pela maior estabilidade da coluna d'água neste período, que favorece a proliferação do fitoplâncton e de algumas macrófitas, que tem o nitrogênio amoniacal como produto de excreção. Além disso, a senescência e morte natural desses vegetais na coluna d'água é seguida da decomposição dos mesmos, sendo o nitrogênio amoniacal, também um produto desta decomposição.

Assim como no presente trabalho, Pessoa (2002), em estudo no rio Cocó, localizado no estado do Ceará, também observou maiores valores de nitrogênio amoniacal nos períodos de estiagem.

Pode-se observar que em todas as amostras analisadas, o nitrogênio amoniacal apresentou maiores valores que 0,002 mg/L (2 µg/L), e de acordo com a bibliografia pesquisada, sugere-se que nestes valores, este composto não se apresentou como um fator limitante para o crescimento do fitoplâncton em todas as amostragens realizadas.

O resultado máximo encontrado no presente trabalho foi semelhante ao encontrado no Canal do Pataxó - RN por Câmara et al. (2007) que verificaram um máximo de 0,63 mg/L para esse nutriente, e baixos quando comparados os resultados encontrados no lago das Garças, onde Tucci & Sant'Anna (2003), observaram alta disponibilidade de nitrogênio na forma de íon amônio, que apresentou um valor máximo de 1,285 mg/L.

O contrário aconteceu com os valores de nitrato, que foram maiores em novembro/06 e fevereiro/07. Nestes períodos, além das maiores temperaturas que propiciam a solubilidade de minerais, os períodos de maior cheia no rio devido aos maiores índices de pluviosidades podem ter propiciado uma maior oxidação de compostos nitrogenados pela intensa atividade bacteriana que se supõe encontrar nestes períodos.

Além disso, os valores de oxigênio dissolvido foram menores nesta época, que sugerem a ocorrência de um maior consumo deste por microrganismos, tendo como consequência deste processo uma maior oxidação de compostos nitrogenados orgânicos a compostos inorgânicos.

A drenagem de regiões agricultáveis presentes ao longo das margens em alguns trechos do rio pela ação das chuvas, também pode ter contribuído para o aumento de nitrato neste período. Desta forma, as precipitações ocorridas foram mais uma vez fator preponderante para a determinação de uma variação sazonal.

Os valores de nitrato encontrados no trabalho variaram entre 0,23 a 1,81 mg/L e se comparado a valores encontrados em outros ecossistemas, podem ser considerados altos, devido ao grande aporte de esgotos *in natura* na região estudada.

Câmara et al. (2007), no Canal do Pataxó-RN, registrou um valor médio de 0,051 mg/L de nitrato, que foram considerados como baixos pelo autor. Na praia localizada entre os rios do oeste no reservatório de Itaipu, Wosiak (2005), observou que 60% dos valores encontrados estavam abaixo dos limites de detecção de 0,02 mg/L sendo a concentração máxima (0,08 mg/L) encontrada em fevereiro/03, época de maior

pluviosidade, corroborando assim para discussão das variações sazonais encontradas no presente trabalho.

Além do nitrogênio, o fósforo é considerado também um importante elemento para os organismos em ecossistemas aquáticos, podendo ser apontado como o principal fator limitante à produtividade do fitoplâncton em águas continentais. Segundo Esteves (1988), esse elemento é indispensável ao crescimento das algas, pois faz parte da composição de importantes compostos celulares diretamente ligados ao armazenamento de energia da célula, como ATP e GTP.

Além disso, o fósforo faz parte da composição de ácidos nucléicos, fosfolipídeos (estruturação da membrana celular), nucleotídeos, fosfoproteínas, dentre outros. O mesmo autor ainda relata que toda forma de fósforo presente em águas naturais encontra-se sob a forma de fosfatos e que, do ponto de vista limnológico, todas as frações de fósforo são importantes.

No entanto, o ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) é a fração que assume maior relevância por ser a principal forma de fósforo assimilada pelos organismos fotossintetizantes aquáticos. Sem energia o metabolismo respiratório e fotossintético se torna comprometido, se tornando o fósforo um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos organismos aquáticos e controle ecológico das algas, apesar da pequena quantidade requerida pelo fitoplâncton.

As principais fontes autóctones de fósforo são o intemperismo das rochas da bacia de drenagem, decomposição de matéria orgânica, excretas de animais e vegetais aquáticos, liberação de compostos orgânicos durante o *sloppy-feeding* (processo de alimentação pelo zooplâncton), liberação do fosfato pelo sedimento e pelo bombeamento realizado pelas macrófitas enraizadas, enquanto as fontes alóctones naturais são a lixiviação, transporte subterrâneo, escoamento superficial e entrada de material particulado da atmosfera, e as artificiais os despejos de esgotos domésticos e industriais (FERREIRA et al. in ROLAND et al., 2005).

Na primeira amostragem os valores de ortofosfato estiveram abaixo dos limites de detecção do método. Historicamente, a concentração do fosfato solúvel reativo ou ortofosfato tem sido determinada e relacionada com o crescimento do fitoplâncton, porque esta fração do fósforo total está diretamente disponível para ser absorvida. Entretanto, já foi demonstrado que a reciclagem das moléculas de fosfato dentro da comunidade fitoplanctônica é extremamente rápida, e que o fosfato liberado pela degradação de substâncias orgânicas é reabsorvido por bactérias e algas mais rapidamente que a nossa capacidade analítica em detectá-lo (WETZEL, 1983).

Isso explica o fato dos valores baixos de ortofostato encontrados, sendo muitas vezes registrados abaixo dos limites de detecção nos períodos de seca, que apresentaram maiores valores de transparência e maiores densidades fitoplanctônicas, sugerindo que o crescimento desses organismos e o estabelecimento de macrófitas nesta época justifiquem os valores abaixo do limite de detecção.

Nas amostragens seguintes, esse composto foi encontrado, sobretudo em novembro/06, onde apresentou maiores valores, apresentando inclusive o maior valor em todo o período de estudo na superfície do ponto 5, com  $55,0 \mu\text{g PO}_4^{3-} / \text{L}$ . Assim como ocorrido com nitrato, o aumento significativo de ortofostato nos períodos de chuva, podem ser devido as maiores temperaturas, maiores oxidações e drenagem de regiões agricultáveis presentes ao longo das margens em alguns trechos do rio pela ação das chuvas. Além disso, observou-se que nos períodos de chuvas, a ausência ou diminuição das macrófitas encontradas nas margens do trecho estudado nos períodos de estiagem, vegetais que incorporam rapidamente este nutriente.

No canal do canal do Pataxó-RN, Câmara et al. (2007), também encontrou valores que variaram bastante, estando entre  $30,0$  a  $212,0 \mu\text{g/L}$ , sendo considerados baixos pelos autores. Em um sistema de lagoas do baixo rio Doce, Bozelli et al. (1992), observaram valores abaixo do limite de detecção do método, com valor máximo de  $12,5 \mu\text{g/L}$ ,

atribuindo os baixos esses valores a rápida incorporação desse íon pela biomassa algal e de macrófitas.

Moretto & Nogueira (2003), verificaram menores valores de nutrientes nos rios Capivara e Lavapés em relação ao reservatório Barra Bonita, no qual estes rios são tributários, onde a concentração de nutrientes, de uma forma geral, foi maior. Com os resultados encontrados nas análises, pode-se sugerir que a concentração de nutrientes não foi o fator que limitou o crescimento do fitoplâncton, porém o ambiente estudado não possui características que propiciam o acúmulo destes.

Segundo Branco (1986), os rios constituem um ambiente ecológico caracterizado, especialmente pela presença de correnteza, sendo assim, não chegam a possuir em condições naturais concentrações tão elevadas de substâncias nutritivas como os lagos, que têm possibilidade de concentrá-las.

De uma forma geral, em relação as variáveis físicas, químicas e físico-químicas, os resultados mostraram que apenas as diferenças sazonais foram significativas ( $p < 0.05$ ), e que fatores ambientais como temperatura do ar e pluviosidade estabeleceram diferenças no regime hidrológico na região estudada, sendo desta forma o fator determinante para ocorrência dessas variações.

Não ocorreram grandes diferenças nos valores encontrados entre os pontos de coleta, que apesar de apresentarem certas particularidades, eram próximos entre si, não fazendo com que essa diferenciação fosse suficiente para determinar valores estatisticamente diferentes.

Variações verticais também não foram observadas, devido a constante circulação que se estabelece nos ecossistema estudado, que mesmo quando em pequenas proporções não foram suficientes para estabelecer estratificações térmicas e químicas.

### 5.3. FITOPLÂNCTON

#### 5.3.1. Clorofila *a* e Feofitina

Os pigmentos fotossintéticos são de suma importância para a realização da fotossíntese e manutenção da biomassa fitoplanctônica. Dentre os pigmentos, o grupo das clorofilas apresenta-se como o principal, sendo a clorofila *a* o único pigmento presente em todas as algas, e que efetivamente realiza a fotossíntese. Os demais funcionam como pigmentos acessórios, que captam a luz em diferentes comprimentos de onda e transferem para clorofila *a*. Assim, esse pigmento tem a importante função de interferir na quantidade da biomassa fitoplanctônica.

Segundo Branco (1986), as medidas de clorofila podem avaliar a densidade de uma população de algas, e quando acompanhadas de medidas de intensidade luminosa, capaz de avaliar a capacidade de reoxigenação de um corpo d'água. Além disso, as medidas de clorofila juntamente com as de feofitina, tem sido utilizadas para sugerir o estado fisiológico da comunidade fitoplanctônica.

A molécula de clorofila *a* tem em sua estrutura um átomo central de magnésio, que é perdido quando esta sofre uma degradação, sendo o produto dessa degradação a feofitina, que sem o átomo central tem sua função inativada. Portanto, valores de feofitina superiores ou muito próximos aos de clorofila *a* indicam mal estado fisiológico da comunidade, e inferiores, bom estado fisiológico. Segundo Sassi e Kutner (1982), em populações constituídas por células jovens, sempre há maior quantidade de clorofila *a* que em populações mais velhas.

Os valores de clorofila *a* e feofitina encontrados não apresentaram nítidos padrões de variação em todo o período de estudo. De uma forma geral, os valores de feofitina foram maiores que os valores de clorofila *a*, sobretudo na amostragem realizada em fevereiro de 2007, com máximo de 5,13 µg/L no ponto 5. Os maiores valores de clorofila *a* ocorreram na última amostragem, em maio/07 onde os valores de feofitina foram os

menores encontrados. Nesta, a clorofila *a* apresentou valor máximo de 4,28  $\mu\text{g/L}$ . Em todo o período de estudo, várias amostras apresentaram valores de clorofila *a* abaixo dos limites de detecção.

Os valores encontrados foram semelhantes com os encontrados em outros ecossistemas lóticos, tais como os rios Paraná (PR) e Ivinheima (MS), onde Thomaz et al (1992), encontraram valores de clorofila *a* variando entre 0,1 a 0,6  $\mu\text{g/L}$  e os consideraram como baixos.

Nos rios Capivara e Lavapés, tributários do reservatório Barra Bonita, Moretto & Nogueira (2003), também verificaram maiores concentrações de clorofila no inverno, com máximo de 3,1  $\mu\text{g/L}$  no rio Capivara e 18,2  $\mu\text{g/L}$  no reservatório. As maiores concentrações no reservatório foram atribuídas ao maior crescimento neste ponto devido a condições presentes neste, como o tempo de retenção, que favorece o crescimento e conseqüente aumento da biomassa fitoplanctônica.

Bonetto et al. (1983), salientou a importância da descarga do rio sobre a determinação da biomassa fitoplanctônica, pois registrou nos meses de estiagem no Rio Paraná as maiores concentrações fitoplanctônicas através das maiores concentrações de clorofila *a*.

Os maiores valores de clorofila *a* no mês de maio podem ser devido a maior penetração de luz neste mês, que favorece a proliferação do fitoplâncton. Os maiores valores de feofitina sugerem um estado de senescência da comunidade fitoplanctônica em maior parte do período estudado, podendo este ser um estágio natural de envelhecimento da comunidade ou alterações sofridas devido a algum stresse ambiental, determinados por características do local, principalmente nos períodos de chuva, que apresentaram turbidez elevada, comprometendo o estabelecimento da comunidade.

No entanto, é importante ressaltar que nos períodos de chuvas, restos de vegetação terrestre que se encontram em estado de senescência, podem ser carreados para o leito dos rios, podendo aumentar as concentrações de feofitina nestas épocas do ano.

### **5.3.2. Análises qualitativas**

Para os limnólogos, a identificação dos organismos fitoplanctônicos em categorias taxonômicas específicas é essencial para o conhecimento da estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos, enquanto para os engenheiros sanitaristas, é fundamental o conhecimento dos gêneros e de algumas espécies das algas dominantes, pois algumas afetam a qualidade da água por produzirem odor e sabor e outras por serem tóxicas ao ser humano ou por produzirem subprodutos metabólicos que, em presença de cloro, formam compostos cancerígenos (DI BERNARDO, 1995).

No presente estudo foram identificados 140 táxons no decorrer de todo o período de estudo. A tabela com as espécies identificadas na área de estudo, mostra uma comunidade tipicamente potamoplanctônica quando comparadas a ficoflóruas de outros ambientes lóticos, porém apresentando também espécies tipicamente encontradas em ambientes lênticos, além daquelas que apresentam normalmente hábitos perifíticos, situação que pode ser atribuída à presença de macrófitas aquáticas nas margens do rio, sobretudo nas estações secas.

Houve uma maior contribuição qualitativa das diatomáceas, sobretudo as espécies penadas. Segundo Esteves (1988), as diatomáceas penadas são as mais freqüentes em ambientes fluviais, enquanto que as cêntricas são mais freqüentes em ambientes lacustres. As algas diatomáceas (Classe Bacillariophyceae) constituem um dos grupos de algas de maior biodiversidade, sendo representadas por cerca de 250 gêneros e 100.000 espécies que apresentam ampla distribuição geográfica, ocorrendo ao longo de rios, estuários, em lagos, no ambiente marinho em locais úmidos, gelo e águas termais (VAN-DE-HOECK et al, 1995).

O número de espécies diferentes encontradas no presente trabalho foi semelhante à quantidade encontrada no rio Paranapanema, onde 94 táxons foram identificados de outubro de 1999 a dezembro de 2000 por Henry et al (2006). O autor observou o maior número de espécies no rio em relação às lagoas marginas, atribuindo essa riqueza ao escoamento realizado pelo rio, que funciona como arrasto de espécies da zona litoral e a turbulência, que favorece a suspensão das diatomáceas, onde os autores notaram que a Classe Chlorophyceae foi a que apresentou maior quantidade de táxons identificados, seguida da Classe Bacillariophyceae.

No rio Tibagi, Bittencourt-Oliveira in Medri et al. (2002), atribui a freqüente presença das diatomáceas a trechos com modificações marcantes na paisagem, que promoveram a maior concentração de fontes poluidoras e sólidos em suspensão, assim como a área de estudo.

Fernandes da Cruz (2004), também verificou em uma área estuarina a maior contribuição qualitativa das diatomáceas seguidas pelas clorofíceas e cianofíceas. O autor ressalta que tal contribuição deve-se ao fato da grande contribuição fluvial para a área de estudo. Em ambientes fluviais, os silicatos, minerais essenciais para a formação das carapaças de diatomáceas geralmente são elevados, permitindo a ocorrência destas.

A segunda classe com maior quantidade de táxons identificados foi a Chlorophyceae, seguida pelas classes Cyanophyceae, Zygnemaphyceae e Euglenophyceae. As classes com menor representatividade de organismos foram Cryptophyceae, Chrysophyceae e outros fitoflagelados. Segundo Bicudo et al., (1996), Chrysophyceae e Cryptophyceae são grupos relativamente pequenos em número de espécies e táxons infraespecíficos. A classe Dinophyceae apresentou apenas dois indivíduos, devido a maior representação desses organismos em águas marinhas.

As espécies encontradas na área de estudo também foram encontradas em outros ambientes lóticos brasileiros por Brassac & Ludwig, (2003 e 2005), na Bacia

Hidrográfica do rio Iguaçu (diatomáceas), Lauducci & Ludwig (2005) na Bacia Hidrográfica Litorânea (diatomáceas), e também em ambientes lênticos como o reservatório da Pampulha em M.G por Giani et al. (1999), por Sant'Anna et al. (2004) em vários reservatórios localizados no Alto Tietê, S.P., e Nogueira & Leandro-Rodrigues (1999) em um Lago artificial do Jardim Botânico Chico Mendes, em Goiânia – GO. Marques (2005) encontrou no reservatório Eduardo Magalhães Tocantins, espécies semelhantes às encontradas na área de estudo, assim como Ferragut (2005), no Lago do IAG – S.P.

A quantidade de espécies numericamente representativas encontradas nas amostragens variou sazonalmente. O maior número de espécies encontradas nas contagens ocorreu nos períodos de seca, sobretudo em agosto de 2006. Esta ocorrência pode estar relacionada a maior entrada de luz e maior estabilidade da coluna d'água nesta época do ano, que favorece o aparecimento de espécies que também são encontradas em lagos e reservatórios. A quantidade de espécies encontradas não apresentou variações entre os pontos de amostragem, com exceção da amostragem realizada em agosto que apresentou um número de espécies menor no ponto 5 em relação aos outros pontos de coleta.

### **5.3.3. Análises quantitativas**

As diferenças quantitativas significativas ( $p < 0.05$ ), ocorridas em relação ao fitoplâncton ocorreram quando foram estabelecidos diferentes padrões de transparência e turbulência nas águas do rio, fatores estes que comprometem o desenvolvimento desta comunidade. As diferenças espaciais ocorridas não foram significativas, devido à proximidade entre os pontos de coleta e pouca profundidade existente nestes.

Os maiores valores de densidade numérica foram encontrados na estação seca, em agosto/06 e, sobretudo em maio/07, onde os maiores valores foram registrados. Nestes meses ocorreram os menores valores de turbidez, que fizeram com que a transparência

na água fosse maior, ocorrendo assim, uma maior penetração de luz na coluna d'água, que muitas vezes chegou a atingir o sedimento do rio.

Além disso, nestes meses, a redução nos índices de pluviosidade, fazem com que a densidade se concentre em relação às épocas de chuvas, as quais diluem o fitoplâncton. Ao mesmo tempo, nos períodos de seca há tendência a diminuição na velocidade das correntes, promovendo uma maior estabilidade na coluna d'água, fatores que favorecem a absorção de nutrientes, a fotossíntese e, conseqüentemente o aumento da densidade fitoplanctônica.

De acordo com a teoria da perturbação intermediária ou *intermediate disturbance hypothesis* descrita por Connell (1978), para sistemas aquáticos, particularmente para as comunidades planctônicas, estudos realizados por diversos autores sugerem que os distúrbios seriam eventos estocásticos, de natureza abiótica, relacionados principalmente a eventos climáticos ou hidrológicos e operando em curtas escalas de tempo. No presente trabalho supõe-se que os o ciclo hidrológico estabelecido pelas diferenças climáticas existentes como diferenças no regime pluviométrico, tenham sido os determinantes das diferenças sazonais existentes.

Segundo Odum (1971), como a água é densa, a ação direta das correntes é um importante fator limitante, especialmente em cursos d'água lóticos. Embora a existência de uma corrente definida e contínua seja naturalmente a característica marcante de ambientes lóticos, a velocidade da corrente varia muito em diferentes partes do mesmo curso d'água e de momento para momento, sendo o fator primário mais importante que estabelece a grande diferença entre os cursos de água lóticos e lênticos.

Isso se reflete diretamente na comunidade fitoplanctônica, que é grande dependente deste fator e por isso pode apresentar diferenças na densidade, biomassa e diversidade, quando comparadas em remansos e zonas de cursos rápidos em ambientes lóticos e ambientes lênticos.

Branco (1986), relata que muitos tipos de algas se servem da viscosidade do meio para evitar o afundamento, a qual em geral, é função da superfície de contato, velocidade e de uma constante que depende da temperatura e da natureza do próprio líquido.

Os valores de densidade fitoplanctônica registrados no presente trabalho foram elevados se comparados àqueles registrados em outros ambientes lóticos brasileiros. Apesar disso, as variações temporais seguiram padrões semelhantes às ocorridas no presente trabalho.

Em uma revisão sobre a ecologia do fitoplâncton no médio Rio Paraná, Garcia de Emiliani (1990) condicionou a turbidez como principal fator limitante ao crescimento desta comunidade, não mostrando evidências de que os nutrientes foram limitantes, com valores de densidade que variaram entre 170 a 1.400 ind./mL. Train et al. (2002) observaram valores de densidade abaixo de 250 ind./mL nos rios Paraná e Ivinheima e 2.395 ind./mL no rio Baía, sendo este último considerado alto pelos autores devido a suas características semi-lênticas.

Resultados obtidos no arroio Bom Jardim – RS, mostraram que diminuições na densidade fitoplanctônica ocorreram nos anos de 2002 e 2003 devido ao aumento do nível das águas (COPEL, 2004). No rio Paranapanema, Henry et al. (2006) encontraram valores que variaram entre 629 a 1.005 ind./mL, em fevereiro e agosto respectivamente.

No Lago das Garças – SP, um ambiente lêntico considerado eutrófico, Tucci & Sant'Anna (2003) encontraram densidade fitoplanctônica de 90.800 ind./mL. A presente discussão sugere que características físicas como penetração de luz e estabilidade da coluna d'água são, nos ecossistemas lóticos, os principais limitantes, principalmente quando comparamos os resultados encontrados no presente trabalho àqueles encontrados em ambientes de maior estabilidade, como reservatórios, lagos e lagoas, que também possuem características que favorecem o acúmulo de nutrientes assimiláveis para o fitoplâncton.

No entanto, quando os valores encontrados no presente estudo foram comparados a outros ecossistemas lóticos, puderam ser observadas consideráveis diferenças. Sugere-se que a causa provável das diferenças entre os valores encontrados esteja relacionada à contagem de organismos picoplanctônicos ( $< 2 \mu\text{m}$ ), não realizada por muitos pesquisadores.

A análise da contribuição quantitativa comprova essa sugestão, uma vez que mostra a dominância das cianobactérias, principalmente aquelas pertencentes ao picoplâncton ( $< 2 \mu\text{m}$ ), com contribuição maior que 90% em quase todas as amostras analisadas. Essa dominância esteve representada principalmente pelos gêneros *Synechocystis* (em maior quantidade) e *Synechococcus*.

As espécies pertencentes a esses gêneros, por apresentarem tamanhos menores, são favorecidas na absorção de nutrientes, que, como já foi dito, ocorre através da superfície do organismo. Segundo Vidotti & Rollemberg (2004), as algas retiram do meio o que necessitam através de toda a superfície corporal, não necessitando de tecidos especiais para o transporte de nutrientes no interior de suas células. Em geral as células menores por apresentarem uma relação superfície/volume menor necessitam de uma menor quantidade de nutrientes para crescer, aproveitando com maior eficiência a assimilação desses.

Além do mais, a tendência dos organismos menores, é ter uma taxa de crescimento maior em relação aos organismos maiores. Desta forma, o crescimento desses indivíduos é favorecido por diversas formas, fazendo com que sejam abundantes em um determinado corpo d'água, sobretudo em determinadas épocas do ano.

Ferrareze & Nogueira (2006) avaliaram alguns rios da Bacia do rio Paranapanema e consideraram a importância dos gêneros *Synechocystis* e *Synechococcus* que em termos de abundância e distribuição, no que diz respeito à Classe Cyanophyceae. No Canal do Pataxó, Câmara et al. (2007) relatam a dominância acima de 90% pela classe Cyanophyceae. Segundo Branco et al (2001), as cianobactérias são muito comuns e

importantes membros das comunidades algais, sendo muitas espécies atribuídas como dominante ou maiores componentes funcionais em vários sistemas fluviais no mundo. Um fator fisiológico preponderante na dominância das cianobactérias é a presença de alguns pigmentos acessórios presentes em suas células que faz com que a luz seja absorvida em diferentes comprimentos de onda, aumentando a eficiência do processo de fotossíntese.

Depois da Classe Cyanophyceae, as diatomáceas (Classe Bacillariophyceae) e clorofíceas (Classe Chlorophyceae) foram os grupos que apresentaram maior dominância em todo o período de estudo, com máximo de 5,77% e 4,55% respectivamente.

As diatomáceas são organismos típicos de ambientes lóticos e, de uma forma geral sempre contribuem para a densidade da flora potamoplanctônica. Para a formação de suas carapaças elas necessitam de silicatos, mineral muito presente em rios. Além disso, por possuírem carapaças são mais pesadas, e tendem ao afundamento, necessitando de uma certa turbulência para se manterem na coluna d' água. Por apresentar tamanhos maiores é sugerido que a taxa de crescimento também seja menor, e com isso sejam encontradas em menor número, quando comparadas as cianofíceas de menor tamanho.

As clorofíceas, por serem organismos encontrados especialmente em águas continentais, também apresentaram certa representatividade. No rio Paraná, as Classes Bacillariophyceae e Chlorophyceae foram dominantes (GARCIA DE EMILIANI, 1990). Segundo Train et al. (2002), em estudo na planície de inundação do rio Paraná, as diatomáceas apresentaram maiores valores de densidade e biovolume nos rios, canais e lagoas abertas, corroborando o fato de serem dependentes de turbulência para a manutenção na coluna d' água.

As espécies flageladas, principalmente pertencentes às Classes Euglenophyceae e Cryptophyceae apresentaram pequena representatividade para o fitoplâncton total,

sendo esta ocorrida nas amostras coletadas nos meses relativos à estação chuvosa. Esse fato sugere que esses organismos foram de certa forma, favorecidos pela turbulência e turbidez.

Além disso, as euglenofíceas (Classe Euglenophyceae) são indicativas de maior eutrofização, sendo mixotróficas e consumindo matéria orgânica quando a luz é insuficiente. Em um pesqueiro na cidade de São Paulo, Matsuzaki et al. (2004), encontraram o maior número de espécies flageladas no mês de março, atribuindo este resultado a turbidez elevada e baixa transparência da água. Além disso, essas espécies são mais resistentes e tolerantes às condições predominantemente heterotróficas que se desenvolvem no período de chuvas (OLIVEIRA & CALHEIROS, 2000).

Taniguchi et al. (2005), observaram na Planície de Inundação do rio Mogi-Guaçu que esses organismos apresentaram picos de desenvolvimento após períodos de perturbação (mistura da coluna d'água pelo vento e precipitação), quando adquirem vantagem competitiva sobre outros grupos de algas sendo desta forma considerados oportunistas, além de outros fatores como as maiores concentrações de fósforo e matéria orgânica. No rio Paraguai, a Classe Cryptophyceae predominou nas fases de enchente enquanto nas épocas vazantes, a Classe Bacillariophyceae foi dominante (OLIVEIRA & CALHEIROS, 2000).

Conforme mencionado, os organismos pertencentes ao picoplâncton ( $< 2 \mu\text{m}$ ) foram responsáveis por mais de 90% da contribuição para a densidade total fitoplanctônica, estando representados pelos gêneros *Synechocystis* e *Synechococcus*.

Os organismos pertencentes ao nanoplâncton (2-20  $\mu\text{m}$ ) obtiveram maior representatividade na primeira amostragem e estiveram representados principalmente por diatomáceas de pequenos tamanhos e clorofíceas, enquanto os organismos com tamanho maior que 20  $\mu\text{m}$  (microfitoplâncton) foram mais representativos nos meses de novembro/06 e fevereiro/07 e estiveram representados por euglenofíceas, cryptofíceas (Classe Cryptophyceae) e diatomáceas, de maior tamanho. No mês de maio/07 essas

classes de tamanho quase não tiveram representatividade, devido ao domínio de organismos picoplanctônicos.

O fitoplâncton da área de estudo pode ser caracterizado, portanto, por organismos de pequeno tamanho, fato que não é comum nos rios brasileiros, devido à falta de caracterização dessa fração de tamanho, que geralmente não é analisada. Porém, a presença desses organismos não pode ser desprezada, pois constituem importantes produtores os ecossistemas.

A predominância de espécies pertencente ao picoplâncton conduziu a baixos valores de diversidade específica (bits/indivíduo), uma vez que esta fração foi constituída de apenas duas espécies pertencentes à classe Cyanophyceae. Os menores valores ocorreram em maio/07, pela maior quantidade desses organismos encontrados e foram significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) dos valores obtidos nas demais amostragens. Não foram observadas variações espaciais significativas, justamente pela falta dessas variações nos valores de densidade numérica.

Segundo Wetzel (2001), os Índices de Diversidade são determinados primeiramente pela proporção entre as espécies mais freqüentes (eqüitabilidade) e depois pelo número de espécies diferentes presentes na amostra. A predominância de uma ou duas espécies são responsáveis pelos baixos valores, enquanto os altos valores são encontrados quando existem várias espécies na amostra que exibem uma moderada proporção entre si.

O valor máximo encontrado no presente estudo (1,34 bits/ind.) pode ser considerado baixo se comparado aos valores encontrados por Train et al. (2002), na planície de inundação do rio Paraná, que encontraram valores máximos de 3,3 bits/indivíduos. A comparação dos dados de diversidade encontrados no presente trabalho com outros obtidos em ecossistemas semelhantes tornam-se difíceis, pois muitos autores desconsideram o picoplâncton em suas análises.

#### 5.3.4. Estimativa da Biomassa

Cálculos do biovolume celular do fitoplâncton são importantes para avaliar muitos parâmetros relacionados à ecologia dessa comunidade, como a biomassa, o crescimento, a fotossíntese e respiração, assimilação, afundamento, *grazing*, etc. (Malone, 1980; Sournia, 1981; Chisholm, 1992, apud Sun & Liu, 2003). Segundo Esteves (1988), alguns autores preferem expressar a biomassa como unidade de volume por litro.

Esse critério tem a vantagem sobre a biomassa expressa em número de organismos por mililitro, porque leva em consideração o tamanho do organismo, que no caso do fitoplâncton varia grandemente. Este método torna, desta maneira, os resultados mais comparáveis, no sentido de que a densidade numérica valoriza os indivíduos de menor tamanho e valores de biovolume, os indivíduos de maior tamanho e, portanto, de maior biomassa.

Apesar de ser uma medida para avaliar a comunidade fitoplanctônica bastante satisfatória, as análises de densidade numérica por valorizarem a importância dos indivíduos de pequeno tamanho, não mostram a verdadeira importância dos organismos de maior porte para a contribuição nas cadeias tróficas.

Assim como os valores de densidade numérica, os maiores valores de biomassa também foram obtidos no período de seca, sobretudo em maio/07, onde os maiores valores de densidade foram encontrados, não sendo estabelecidas diferenças espaciais significativas.

De forma geral, o tamanho dos indivíduos encontrados são grandes influenciadores para determinar o tamanho de seu biovolume, refletindo, assim, nos valores de biomassa encontrados. Porém, a quantidade de tais organismos também é fator fundamental para determinação desses valores, de forma que quanto maior a quantidade, maior será a biomassa encontrada. No presente trabalho, os valores

registrados podem ser considerados baixos, devido ao predomínio de espécies de pequeno tamanho para a densidade numérica.

Assim, a velocidade da corrente e os valores de transparência foram também determinantes para as variações de biomassa desta comunidade no presente estudo, que foram em grande parte das amostras maiores no período de seca, que também concentraram os organismos, sendo a época onde as maiores densidades foram encontradas.

Os valores de biomassa em todo o período de estudo estiveram entre 0,02 a 0,87  $\text{mm}^3/\text{L}$ , sendo considerados baixos quando comparados aos registrados por Garcia de Emiliani (1983), no rio Paraná, que apresentaram valores variando entre 0,67 e 5,26  $\text{mm}^3/\text{L}$ . Nos trechos finais dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, localizados em Aracruz, ES, Shaeffer (2005) encontrou valores que variaram entre 0,002 a 5,12.

Train et al. (2005), encontraram menores valores de biomassa no rio Paraná em relação ao rio Baía. O autor associou os baixos valores de biomassa no rio Paraná, que estiveram sempre abaixo de 2  $\text{mm}^3/\text{L}$ , à hidrodinâmica do rio, que teria dificultado o estabelecimento do fitoplâncton. No rio Baía os valores de biomassa foram maiores (entre 5 a 20  $\text{mm}^3/\text{L}$ ) sendo que este apresentou características semi-lóticas e maior disponibilidade de nutrientes, favorecendo o estabelecimento de espécies fitoplanctônicas.

Os autores supracitados também encontraram os maiores valores de biomassa na lagoa das Garças em relação ao rio Paraná, o qual possui conexão, principalmente nos meses de agosto e maio, quando ocorreu também um menor nível hidrométrico deste rio. Na Lagoa do Infernã, outro ecossistema lêntico ligado a um rio, Dias Jr. (1991), registrou um valor máximo de 11,5  $\text{mm}^3/\text{L}$ . O fato dos maiores valores serem encontrados em ecossistemas lênticos mostra que a comunidade fitoplanctônica se estabelece melhor em condições de maior estabilidade da coluna d'água, refletindo nos maiores valores encontrados em relação aos observados em ambientes lóticos.

Em áreas estuarinas, Figueiredo (2000) verificou valores que oscilaram entre 0,02 e 30,9 mm<sup>3</sup>/L para o Canal da Passagem - Vitória (ES), e Bergesch & Odebrecht (1997), obtiveram valores entre 0,79 e 82,6 mm<sup>3</sup>/L no estuário da Lagoa dos Patos, provavelmente pelo tamanho dos organismos encontrados nestes ecossistemas, que possuem influência marinha e, portanto, de espécies de grande tamanho.

A Classe taxonômica que mais contribuiu para a biomassa fitoplanctônica foi a Classe Bacillariophyceae, com exceção da última amostragem, onde as cianobactérias foram as maiores contribuintes para os valores de biomassa. A maior contribuição das diatomáceas para o biovolume total esteve relacionada principalmente ao tamanho que os representantes dessa classe possuem em relação aos indivíduos da Classe Cyanophyceae.

Por isso, apesar da dominância das cianobactérias para a densidade numérica total, por apresentarem indivíduos de pequeno tamanho no presente estudo, não apresentaram a mesma dominância para os valores de biomassa total. No entanto, apesar de indivíduos de tamanho considerável, a classe Bacillariophyceae apresentou baixa densidade, fazendo desta forma com que os valores de biomassa fossem pequenos.

Porém, a maior contribuição na última amostragem foi das cianobactérias, que apesar de pequeno tamanho apresentaram densidade muito maior quando comparadas às outras Classes taxonômicas.

Train et al (2005), também determinaram que diatomáceas e cianobactérias foram os responsáveis pelos maiores valores encontrados nos rios Paraná e Baía, sendo a espécie *Synechocystis aquatilis* uma das maiores contribuidoras para a biomassa no que diz respeito à Classe Cyanophyceae e que a ocorrência de um pico de biomassa (22,8mm<sup>3</sup>/L) no rio Baía esteve relacionado com a dominância da diatomácea *Aulacoseira granulata*, sendo esta uma espécie de grandes dimensões (Train et al., 2002).

As diatomáceas apresentaram em todo o período de estudo uma biomassa relevante, devido ao fato de sempre estarem presentes nas amostras analisadas. Em rios elas são sempre encontradas em amostragens de várias profundidades da coluna d'água.

Segundo Reynolds (1984), este grupo sempre depende da turbulência para prolongar a sua suspensão na coluna d'água. O ecossistema estudado possui uma freqüente turbulência, que tem sua intensidade variada de acordo com a época do ano, porém esta sempre foi suficiente para que esses organismos fossem sempre encontrados em toda a coluna d'água, não havendo significativas diferenças entre as profundidades, sugerindo-se ainda que tal teoria seja válida as outras classes taxonômicas.

Da mesma forma que ocorreu para a densidade, a classe Chlorophyceae apresentou uma certa representatividade, porém esta não apresentou predomínio para o biovolume, pois estiveram representadas por organismos de pequeno tamanho, representando apenas a contribuição dessas espécies típicas de água doce para a área estudada.

As Classes que possuem espécies flageladas como Chrysophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae tiveram grande contribuição nos períodos de chuvas em determinadas amostras, sendo este resultado um reflexo da maior contribuição dessas Classes para a densidade nestes períodos. No entanto, a porcentagem de contribuição é maior para os valores de biomassa, que valorizam os indivíduos de maior tamanho. Um exemplo é a classe Euglenophyceae, que para densidade contribuiu com um valor máximo de 2,22%, e para a biomassa total, a contribuição chegou a 67,02%.

Em relação às classes de tamanho relacionadas à biomassa, a maioria das espécies encontradas, apresentaram biovolume  $< 1.000 \mu\text{m}^3$  (classe I). Essa dominância é reflexo da dominância dos organismos picoplanctônicos ( $< 2 \mu\text{m}$ ) e nanoplanctônicos (2 a  $20 \mu\text{m}$ ), para a densidade numérica. A classe II ( $1.000 - 10.000 \mu\text{m}^3$ ) e a classe III ( $10.000 - 100.000 \mu\text{m}^3$ ) apresentaram em algumas amostras valores altos de contribuição, com máximos de 92,37% e 92,89% respectivamente.

Do mesmo modo, Gentil (2007) mostrou que em alguns pesqueiros estudados na região metropolitana de São Paulo, as espécies descritoras que contribuíram mais em densidade, como por exemplo, *Achnanthydium catenatum*, *Monoraphidium contortum*, *Aphanocapsa delicatissima* e *Synechococcus nidulans* em ambas as épocas estudadas não foram as que mais contribuíram em biomassa, pois, outras espécies, tais como, *Cyclotella stelligera*, *Coelastrum pulchrum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Aphanocapsa holsatica*, *Trachelomonas volvocina* apresentaram maior biovolume, justamente pelas maiores dimensões das suas células e colônias, contribuindo muito mais para a biomassa.

Os Índices de Diversidade Específica aplicados a biomassa (bits./u.b) apresentaram maiores valores comparando-se aos valores aplicados à densidade numérica. Apesar do número de espécies representativas serem iguais para a densidade e biomassa, fica evidenciado que os valores de biomassa para cada espécie apresentaram uma maior proporcionalidade entre si, e que os valores de densidade de cianobactérias não tiveram tanta importância quando foram transformados em biomassa.

Os outros grupos de algas que apresentaram pequena representatividade numérica foram mais representativos quando tiveram suas dimensões transformadas em biovolume. Assim ocorreu um maior equilíbrio entre os valores, que foi grande condicionante para apresentar maiores valores em relação aos índices aplicados a densidade.

De uma forma geral, a comunidade fitoplanctônica caracteriza-se por apresentar uma variação sazonal, assim como aconteceu com os parâmetros abióticos analisados, da mesma forma que diferenças espaciais verticais e horizontais não foram significativas.

Os maiores valores de densidade e biomassa fitoplanctônica ocorreram nos meses referentes às estações secas, por vários fatores como os maiores valores de transparência obtidos, maior concentração do fitoplâncton devido às estiagens e

também a maior estabilidade da coluna d'água, que favorece o estabelecimento desta comunidade.

Em relação à contribuição das classes taxonômicas, as maiores contribuintes foram as cianobactérias para a densidade numérica, e para a biomassa, embora diatomáceas sejam as maiores contribuintes, outros grupos também puderam ser evidenciados, o fez com que os índices de diversidade aplicados a esses valores fossem maiores do que os obtidos com os valores de densidade.

Isso mostra a verdadeira valorização dos organismos de maior porte para a comunidade fitoplanctônica, e a importância desses valores para avaliar a estrutura da comunidade, uma vez que os valores de densidade no presente trabalho valorizaram as espécies de pequeno tamanho.

#### 5.4. ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de componentes principais (ACP) é um dos métodos multidimensionais mais utilizados em estudos limnológicos. Neste ponto de vista, busca resumir o conjunto de variáveis ambientais, e quanto mais forte for a estrutura de correlação entre as variáveis, maior será o poder de síntese de novas variáveis.

O procedimento matemático garante que o primeiro componente principal represente a maior parte das variações total dos dados e o segundo represente a maior parte da variação restante dos dados e, além disso, não seja relacionado ao primeiro componente principal (BINI, in BICUDO & BICUDO, 2004).

De maneira geral, de dois a três componentes principais são suficientes para determinar a maior parte da variabilidade de dados em estudos limnológicos, sendo que estes aumentam em função da quantidade de variáveis e da correlação entre elas, de

forma que quanto menor for a correlação, maior será o número de componentes principais a serem retidos.

No presente trabalho, o resultado da análise fatorial em componentes principais confirmou aspectos importantes em relação à comunidade fitoplanctônica e, sobretudo em relação as cianobactérias.

Com a ordenação biomassa de cianobactérias com valores de oxigênio dissolvido e mais distante com a transparência da água, densidade total e densidade de cianobactérias, sugere que a luz tenha sido o fator limitante para o desenvolvimento desses organismos. Pode-se sugerir também que este desenvolvimento refletiu nos valores de oxigênio dissolvido encontrados, que apresentaram maiores concentrações com o aumento da biomassa de cianobactérias, e que o aumento ou diminuição nos valores de densidade total, foram regidos pelo aumento ou diminuição na densidade de cianobactérias.

A diversidade aplicada à densidade e o pH foram ordenados por apresentarem a mesma variação no período de estudo. O segundo fator, que associa a turbidez e pluviosidade, reforça a importância do regime de chuvas para as variações sazonais ocorridas no ecossistema estudado.

Apesar de não ter sido avaliada no presente estudo, a estabilidade da coluna d'água promovida pelos períodos de seca, juntamente com os valores de transparência encontrados, inversamente proporcionais aos de turbidez, constituíram condições *sine qua non* para o desenvolvimento das cianobactérias e da comunidade fitoplanctônica de uma forma geral, e que o desenvolvimento dessas pode ter promovido uma pequena, porém notável modificação nas condições químicas da água deste ecossistema, no que diz respeito às concentrações de oxigênio dissolvido, sendo este gás encontrado em maiores concentrações nos períodos de maior desenvolvimento desta comunidade.

## 5.5. COMPARAÇÃO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE E TRATAMENTO

O local de estudo trata-se de uma área de captação de água para consumo humano, que está sob influências locais onde existe o aporte de esgoto *in natura*, que pode ser considerado como um fator propício para desenvolvimento do fitoplâncton e cianobactérias, dependendo das condições apresentadas no ciclo hidrológico. Desta forma, o presente trabalho contribui não apenas para o conhecimento da comunidade fitoplanctônica da área de estudo, mas também para inferir sobre as condições deste manancial para abastecimento público.

Segundo Tundisi (2005), o problema dos custos de tratamento para a produção de águas para abastecimento está relacionado com a qualidade da água e não somente com a sua quantidade. De acordo com o autor, se os mananciais estiverem em boas condições de conservação, e se a qualidade da água for boa, apenas poucas intervenções são necessárias para produzir suprimento de água adequado, sendo o custo nestas ocasiões muito mais baixo.

Em vários municípios que utilizam mananciais bem conservados e florestas ripárias mantidas com pouco ou nenhum grau de contaminação agrícola, o custo do tratamento da água é de R\$ 0,50 a R\$ 0,80/1000 m<sup>3</sup>, enquanto que em águas com mananciais deteriorados por contaminação química ou degradação pela decomposição da biomassa, aumento da toxicidade pela floração de cianobactérias, os custos do tratamento podem atingir de R\$ 35,00 a R\$ 40,00/1000 m<sup>3</sup> (TUNDISI, 2005).

Assumindo-se que a qualidade de água é um fator limitante para o desenvolvimento social e econômico do país, verifica-se que várias lacunas precisam ser preenchidas para que possamos garantir, de forma segura e confiável, a qualidade de água em nossos mananciais e nos sistemas de abastecimento público. Uma das principais lacunas é a síntese e disseminação da informação disponível sobre os diferentes aspectos envolvidos com as causas e conseqüências da ocorrência de cianobactérias em nossos mananciais de abastecimento (BRASIL, 2003).

Segundo Calijuri et al (2006), na década de 1990 e nos primeiros anos do século XXI, florações de cianobactérias foram detectadas em vários ambientes como rios, reservatórios, lagoas costeiras e estuários. O caso mais marcante no Brasil foi o de Caruaru, PE em 1996 com a morte de 60 pacientes em uma clínica de hemodiálise (AZEVEDO, 1998).

É amplamente aceito pelos microbiologistas e limnologistas que estudam a formação dessas florações, que a carga de nutrientes, o tempo de retenção da água, a estratificação e a temperatura são os principais fatores que influenciam a formação e intensidade das florações.

As cianobactérias são consideradas rica fonte de metabólitos secundários biologicamente ativos, isto é, de compostos não utilizados em seu metabolismo primário, muitos dos quais com possível potencial farmacológico (CARMICHAEL, 1992). As cianotoxinas são metabólitos que podem ser identificadas como alcalóides ou organofosforados neurotóxicos, caracterizados por sua ação rápida, causando a morte de mamíferos por parada respiratória após poucos minutos de exposição. Outras atuam menos rapidamente e são identificadas como peptídeos ou alcalóides hepatotóxicos. (CALIJURI, 2006).

Assim, em função da sua ação farmacológica, as duas principais classes de cianotoxinas até agora caracterizadas são: neurotoxinas e hepatotoxinas. Em ambientes aquáticos, as cianotoxinas normalmente permanecem contidas nas células das cianobactérias e são liberadas em quantidade considerável após a lise celular, que ocorre durante a fase de senescência (morte natural), estresse celular e através do uso de algicidas, como sulfato de cobre ou cloração (BRASIL, 2003).

Baseado em informações contidas em Chorus & Bartram (1999), Yoo et al. (1995), Steffensen & Nicholson (1994), e em dados disponíveis sobre densidade de cianobactérias em vários ecossistemas aquáticos, Funasa (2003), apresenta uma

proposta para valores adaptados as condições brasileiras, que estão em concordância a Portaria M.S. nº 518 (BRASIL, 2004).

Esta legislação estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, bem como seu padrão de potabilidade. Para as cianobactérias e cianotoxinas, a citada Portaria estabelece uma frequência de amostragem, de acordo com os valores encontrados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores propostos para as características de um corpo d'água, e suas classificações quanto aos níveis de desenvolvimento de florações, de acordo com BRASIL (2003) e as frequências de monitoramento de acordo com a portaria 518.

	Nível de Vigilância	Nível de Alerta 1	Nível de Alerta 2	Nível de Alerta 3
Características	Estágios iniciais do desenvolvimento de florações.	Confirmação do início do estabelecimento de uma floração.	Confirmação do estabelecimento de uma floração. Causa problemas na qualidade de água.	Presença de uma floração tóxica bem definida no manancial. Risco iminente para saúde da população.
Valores Indicativos	1 colônia; 5 filamentos; 10.000 células/mL ou 0,2 a 1 mm <sup>3</sup> /L.	10.000 a 20.000 cél/mL ; 1 a 2 mm <sup>3</sup> /L.	20.000 a 100.000 cél/mL; 2 a 10 mm <sup>3</sup> /L.	maior que 100.000/mL; maior que 10mm <sup>3</sup> /L; presença de cianotoxinas.
Frequência de monitoramento (Portaria 518)	Análise <b>mensal*</b> de <b>cianobactérias</b> nos pontos de captação de água bruta nos mananciais utilizados para abastecimento.	Análise <b>semanal</b> de <b>cianobactérias</b> nos pontos de captação de água bruta nos mananciais utilizados para abastecimento.	Análise <b>semanal</b> de <b>cianobactérias</b> nos pontos de captação de água bruta nos mananciais utilizados para abastecimento. Análise <b>semanal</b> de <b>cianotoxinas**</b> .	Análise <b>semanal</b> de <b>cianobactérias</b> nos pontos de captação de água bruta nos mananciais utilizados para abastecimento. Análise <b>semanal</b> de <b>cianotoxinas**</b> .

\* A análise mensal deve ser realizada mesmo quando os valores estiverem abaixo de 10.000 cél./mL ou  $1\text{mm}^3/\text{L}$ .

\*\*Durante o monitoramento que trata o § 1º do artigo 19, será exigida a análise semanal de cianotoxinas na água na saída do tratamento e nas entradas (hidrômetros) das clínicas de hemodiálise e indústrias de injetáveis. Esta análise pode ser dispensada quando não houver comprovação de toxicidade na água bruta por meio da realização semanal de bioensaios em camundongos.

Analisando os resultados do presente trabalho, podemos sugerir que o ponto de captação (Ponto 5) utilizado para abastecimento no manancial analisado encontra-se propício ao abastecimento público, e que de acordo com a Portaria 518, devem obedecer ao monitoramento com frequência mínima mensal. Em maio/07, este ponto de captação seria enquadrado em um nível de alerta 2 e teria que obedecer a uma frequência semanal de monitoramento, se fossemos considerar os valores de densidade numérica encontrados, acima de 20.000 cél./mL na superfície.

Apesar disso, os valores de biomassa apresentaram-se abaixo de  $0,2\text{mm}^3/\text{L}$ , devido ao pequeno tamanho das células encontradas. Embora os valores estejam abaixo dos limites estabelecidos, os períodos de seca devem ser tratados com maior atenção, pelas características favoráveis a proliferação do fitoplâncton e cianobactérias.

Em outros pontos de captação de água bruta, caracterizados como ambiente lóticos utilizados pela Companhia Espírito Santense de Saneamento para abastecimento público, como o rio Santa Maria da Vitória, que também abastece a região metropolitana da Grande Vitória (FIGUEIREDO et al., 2007; RUBIM et al., 2007) e o córrego Tenente, que abastece um município do norte do Estado (SILVA et al., 2007), também encontraram valores para a densidade de cianobactérias que ultrapassaram os limites estabelecidos pela Portaria 518 (20.000 células/mL), necessitando de monitoramento semanal de cianobactérias no ponto de captação e análise de cianotoxinas (microcistina) na água tratada.

Porém quando esses valores foram transformados em biomassa, apresentaram-se sempre abaixo de  $1 \text{ mm}^3/\text{L}$ , devido ao pequeno tamanho das células encontradas e quantificadas, que eram em sua maioria pertencentes ao picoplâncton.

Diante desta situação, o mais coerente seria realizar os cálculos para estimativa de biomassa através de cálculos de biovolume celular sempre que os valores de densidade apresentarem-se maiores que  $10.000 \text{ cél./mL}$ , principalmente quando forem encontrados organismos pequenos, evitando assim uma situação de vigilância ou alerta desnecessária.

Nascimento & Azevedo (1998), comprovaram a toxicidade pela produção de microcistinas por cepas de uma espécie do gênero *Synechocystis*. Outros estudos comprovando a toxicidade desse gênero também estão relatados em Sar et al. (2002), porém mostram que as florações tóxicas apresentavam densidades e biomassa elevadas, variando entre  $4,5 \times 10^5$  a  $1,7 \times 10^6 \text{ cél./mL}$  e  $15$  a  $50 \text{ mm}^3/\text{L}$ .

Devido ao fato das cianotoxinas serem metabólitos secundários e permanecerem, em sua maioria, no meio intracelular, sugere-se que o tamanho do biovolume celular de cada célula seria uma característica proporcional a quantidade de toxinas que possivelmente poderiam estar sendo produzidas e estocadas.

Sant'Anna e Azevedo (2000), registraram a ocorrência de pelo menos 20 espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas, incluídas em 14 gêneros, em diferentes ambientes aquáticos brasileiros, e de acordo com esses autores, a espécie *Microcystis aeruginosa* apresenta a distribuição mais ampla no Brasil e *Anabaena* é o gênero com o maior número de espécies potencialmente tóxicas (*A. circinalis*, *A. flos-aquae*, *A. planctonica*, *A. solitaria* e *A. spiroides*). Entretanto, na última década tem sido observado um grande aumento na ocorrência da espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*, em diferentes regiões brasileiras (CALIJURI, 2006).

No presente trabalho foram encontrados indivíduos que se referem aos gêneros de cianobactérias acima citados, porém os valores de densidade e biomassa desses organismos não foram suficientes para promover riscos potenciais em relação às amostragens realizadas. Entretanto, o constante monitoramento é necessário para que problemas futuros que possam causar riscos à saúde pública, sejam evitados. Segundo Calijuri et al. (2006), o ideal parece ser a detecção precoce das cepas tóxicas antes que as florações se instalem, sendo uma das alternativas as técnicas de biologia molecular.

O emprego de metodologias de contagem que utilizam microscopia com epifluorescência, também seriam indicadas quando grande parte das espécies de cianobactérias encontradas possuir pequeno tamanho. Estes equipamentos permitem a diferenciação das cianobactérias em relação outros organismos e ao material em suspensão que sedimentam na câmara, evitando que sejam confundidos e contados.

Em relação aos outros pontos de coleta analisados neste manancial, não ocorreram no trabalho grandes variações em relação à distribuição horizontal e vertical da biomassa de cianobactérias, o que pode acontecer de forma significativa em um corpo d'água, seja ele um lago, um reservatório ou um rio.

Esse fato deve ser levado em conta na alocação do ponto de captação de água bruta, como também na profundidade da tomada d'água. A contaminação da água que alimenta a estação de tratamento pode ser consideravelmente reduzida alocando-se o ponto de captação longe de zonas protegidas e de baixa circulação (baías e reentrâncias) onde a espuma formada pelas algas tende a se acumular. Se isso não for prático, ou não foi previsto, pode-se adotar, nos períodos de floração, uma extensão temporária da captação (BRASIL, 2003).

Em relação ao tratamento a ser utilizado, de acordo com Benhardt e Clasen (1991) apud Brasil (2003), a remoção de bactérias e microalgas por coagulação, floculação e filtração, é governada pelos mesmos princípios que a remoção de partículas coloidais e em suspensão, independentemente da natureza orgânica ou inorgânica de cada um

desses grupos. Em outras palavras, diatomáceas, clorofíceas e cianobactérias podem ser desestabilizadas e floculadas de acordo com os mesmos mecanismos que atuam no caso de partículas inorgânicas.

Esses autores relatam que, ao passo que microalgas que são mais ou menos esféricas e com superfícies suaves podem ser desestabilizadas pelo mecanismo de adsorção e neutralização de cargas, microalgas não esféricas, grandes ou filamentosas, necessitam de grandes dosagens de coagulante, resultando na predominância do mecanismo de varredura. Pela estrutura morfológica da maioria das células encontradas nas análises realizadas e de acordo com a teoria existente, um tratamento simplificado ou convencional seria suficiente para a remoção desses microrganismos.

A Portaria 518 não foi à única legislação a ser criada no intuito de preservar a saúde humana em relação a possível contaminação pelas toxinas produzidas pelas cianobactérias.

A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água.

Tal Resolução, prevê o enquadramento de diversos corpos d'água em relação a sua utilização no que diz respeito a valores de vários parâmetros analisados, dentre eles a densidade e biomassa de cianobactérias. Na tabela 4, são mostradas as classificações para as águas doces em relação a sua utilização para várias finalidades, e tratamentos necessários em caso de abastecimento público, bem como valores máximos estabelecidos para cada classe.

Tabela 4: Valores máximos e classificações quanto à utilização de corpos d'água para valores de cianobactérias de acordo com a resolução CONAMA 357/2005.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Utilização de acordo com a resolução Conama 357	a) consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.	a) consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aquicultura e à atividade de pesca.	a) consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e) à dessedentação de animais.	a) à navegação; b) à harmonia paisagística.
Valores Máximos	20.000 células/mL ou 2 mm <sup>3</sup> /L.	50.000 células/mL ou 5 mm <sup>3</sup> /L.	100.000 células/mL ou 10 mm <sup>3</sup> /L.	Acima de 100.000/mL ou 10mm <sup>3</sup> /L.

Os valores para cianobactérias encontrados no manancial pesquisado sugerem que de acordo com tal parâmetro este deve ser enquadrado na classe 1 para corpos d'água doce, podendo ser utilizado para abastecimento público mediante tratamento simplificado.

No contexto apresentado no presente trabalho pode-se observar que em relação às legislações vigentes o local utilizado para atender a população no que diz respeito à

distribuição de água tratada de qualidade, encontra-se em conformidade com as regulamentações estabelecidas, em todas as épocas do ano avaliadas, apesar dos maiores valores encontrados nos períodos de seca, sendo porém, necessária certa cautela ao monitorar os mananciais de uma forma geral nessas épocas do ano.

Além disso, a cada dia que passa nossos mananciais tem suas vazões diminuídas pelo constante assoreamento e quantidade de nutrientes aumentada pela poluição, que fica cada vez mais difícil de ser diluída em menores volumes de água, ocasionando em boas condições para o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica e principalmente para as cianobactérias.

Sendo assim deve-se investir na redução do aporte de nutrientes para o leito dos rios, através do controle de fontes pontuais, como esgotos domésticos e efluentes industriais, e não pontuais, como arraste pela chuva dos fertilizantes de áreas agricultáveis, além de tentar restabelecer a vegetação ciliar onde for possível.

Essas medidas são preventivas, e bem mais baratas e mais eficazes, principalmente quando se pensa no futuro deste corpo d'água, principalmente quando comparadas com medidas corretivas, que são muito mais caras e nem sempre são obtidos resultados esperados de forma eficaz.

O desenvolvimento de uma forma sustentável é a única forma segura de preservar a qualidade da água para seus usos mais nobres, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações, pois o desenvolvimento que é estabelecido no entorno das bacias hidrográficas, refletirá diretamente nas características físicas, químicas, físico-químicas e biológicas das mesmas.

## 6. CONCLUSÕES

---

Os resultados discutidos no presente trabalho demonstram o importante papel do regime hidrológico sobre as diversas variações ocorridas na comunidade fitoplanctônica e nos resultados limnológicos encontrados.

Os maiores índices de pluviosidade foram observados nas amostragens realizadas nas estações mais quentes do ano, que foram caracterizadas como estações chuvosas (novembro/06 e fevereiro/07). Nas estações secas, estabeleceram-se períodos de estiagem (agosto/06 e maio/07).

As variações ocorridas nos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos da água foram significativamente sazonais, determinados pelas chuvas ocorridas que estabeleceram períodos secos e chuvosos, não sendo as variações espaciais significativas ( $p < 0.05$ ).

Nas análises qualitativas foram identificados 140 táxons, sendo que as diatomáceas constituíram o grupo de algas de maior biodiversidade. A quantidade de espécies numericamente representativas encontradas nas amostragens variou sazonalmente. O maior número de espécies encontradas nas contagens ocorreu nos períodos de seca, sobretudo em agosto de 2006.

As diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) em relação à densidade numérica também ocorreram sazonalmente, sendo os maiores valores encontrados nas estações secas. Ocorreu um predomínio das cianobactérias para a densidade, principalmente aquelas pertencentes ao picoplâncton ( $< 2 \mu\text{m}$ ), sendo este predomínio representado pelos gêneros *Synechocystis* e *Synechococcus*. Diatomáceas e clorofíceas apresentaram pequena contribuição, com máximo de 5,77% e 4,55% respectivamente. As espécies pertencentes às classes Euglenophyceae e Cryptophyceae apresentaram pequena representatividade, ocorrida nas estações chuvosas.

Os valores de biomassa em todo o período de estudo foram considerados baixos devido à pequena dimensão dos organismos registrados em maior quantidade e pela pouca quantidade registrada dos organismos de maior tamanho. A Classe taxonômica que mais contribuiu para a biomassa foi a Bacillariophyceae, pelo maior tamanho dos organismos encontrados, com exceção da última amostragem, onde as cianobactérias foram as maiores contribuintes. As espécies com biovolume menor que  $1.000 \mu\text{m}^3$  sempre foram contribuintes, apesar de nem sempre apresentarem-se como predominantes.

Os valores de densidade enfatizaram a grande importância das cianobactérias picoplanctônicas, porém os valores de biomassa deram importância a indivíduos de maiores dimensões, e a outras classes taxonômicas, principalmente para as diatomáceas.

Os Índices de Diversidade Específica aplicados aos valores de biomassa (bits./u.b), apresentaram maiores valores comparando-se aos valores aplicados a densidade numérica, que foram baixos devido a predominância de organismos picoplanctônicos.

Espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas foram encontradas nos presente trabalho, porém os valores de densidade e biomassa desses organismos não foram suficientes para promover riscos potenciais em relação às amostragens realizadas.

Em relação aos valores de cianobactérias, podemos sugerir que o rio Jucu, encontra-se propício ao abastecimento público, sendo obrigatório o monitoramento mensal desses organismos no ponto de captação, conforme previsto na Portaria 518/2004, desde que se sejam utilizados também os valores de biomassa para avaliar este ponto, uma vez que os de densidade numérica ultrapassaram os limites estabelecidos e, de acordo com a resolução CONAMA 357/2005, no que diz respeito ao parâmetro cianobactérias para o manancial pesquisado, os resultados das análises sugerem o enquadramento na classe 1 para corpos de água doce.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 25<sup>a</sup> ed. Washington: APHA/WEF/AWWA, 1995.

AMAMOR. Associação de Moradores e Amigos do Morro do Moreno. **Rio Marinho**. Disponível em: <<http://www.morrodomoreno.com.br/materia72.htm>>. Acesso em: setembro de 2007.

AZEVEDO, S. M. F. O. Effects of toxic Cyanobacteria on environmental quality and human health in Brazil. In: **International Conference on Toxic Cyanobacteria**, Beaufort, NC. USA, 1998.

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes: 3- Oscillatoriales. **Arch. Hydrobiol.Suppl.** v. 80, n. 1-4, 327-472, Stuttgart:1988.

ARAÚJO, M. F. F. et al. Comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais na Lagoa de Extremoz, Natal - RN, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 12 n<sup>o</sup> 1, 127-140, 2000.

BENHARDT, H.; CLASEN, J. Flocculation of microorganisms. **Journal Water SRT-Aqua**, 40(2):76-86,1991.

BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C. Análise do fitoplâncton, protozooplâncton e de alguns fatores abióticos no estuário da Lagoa dos Patos. **Atlântica**, v. 19, n. 31-50, 1997.

BICUDO, C. E. de M.; MENEZES, M. **Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil**: chave para identificação e descrições. São Carlos: Rima, 2005.

BINI, L.M. Análises Multivariadas e Limnologia: Exploração, Síntese e Inferência de um Mundo Aquático Complexo. In: BICUDO, C. E. de M.; BICUDO, D.C. (Org) **Amostragem em Limnologia**. São Carlos S.P.: Editora Rima, 2004.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. A comunidade fitoplanctônica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. In MEDRI, M. et al. (Org) **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina, PR: M.E. Medri, 2002.

BONETTO, C.A. et al. Fitoplâncton y Producción Primaria del Rio alto Paraná (Argentina). **Physis**, Buenos Aires, Secc.B. 41:81-93.1983.

BOOTH, B. C. The use of autofluorescence for analysing oceanic phytoplankton communities. **Botanica Marina**. n. 30, p. 101-108, 1987.

BOURRELLY, P. **Les Algues d'eau douce**: Initiation a la systématique. Les algues bleues et rouges. Paris, Ed. N. Boubée, 1970.

BOURRELLY, P. **Les Algues d'eau douce**: Initiation a la systématique. Les algues verts. Paris, Ed. N. Boubée, 1972.

BOURRELLY, P. **Les Algues d'eau douce**: Initiation a la systématique. Les algues jaunes et brunes. Paris, Ed. N. Boubée, 1981.

BOZELLI, R. L. et al. Padrões de funcionamento das lagoas do Baixo Rio Doce: variáveis abióticas e clorofila-a (Espírito Santo - Brasil) **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 4, n. 13-31, 1992.

BRANCO, L. H. et al. Distribuição ecológica de Cyanophyceae em ambientes lóticos do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 24, nº.1, p.99-108, 2001.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada a Engenharia Sanitária**. 3ª ed. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1986.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processo de remoção em água**. Ministério da Saúde, Assessoria de Comunicação e educação em saúde (Ascom) Brasília/DF, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**: Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA **resolução nº 357, de 17 de março de 2005**: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

BRASSAC, N. M.; LUDWIG, T.A.V. Fragilariaceae (Bacillariophyceae) de rios da bacia do Iguaçu, Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, nº.3, jul./set. 2003.

BRASSAC, N. M.; LUDWIG, T. A. Veiga. Amphipleuraceae e Diploneidaceae (Bacillariophyceae) da bacia do rio Iguaçu, PR, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v.19, n.2, p.359-368, 2005.

CALIJURI, M.C. et al. **Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais**. São Carlos, S.P., Editora Rima, 2006.

CÂMARA, F. R. A. et al. Diversidade da comunidade fitoplanctônica do Canal do Pataxó, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre: v. 5, n. 2, p. 21-23, 2007.

CARMICHAEL, W. W. Cyanobacteria secondary metabolites - The Cyanotoxins. **Journal of Applied Bacteriology**. v.72, nº 445-59, 1992.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic Cyanobacteria in water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management**. E & FN Spon: London, 416 p.,1999.

COLLISCHONN, W. Fundamentos de Hidrologia e Regimes Hidrológicos. In: ROLAND, F. et al. (Org). **Lições de Limnologia**. São Carlos, S.P.: Editora Rima, 2005.

COLUNA, N. M. E. et al. Análise Temporal e espacial da qualidade da água na bacia Hidrográfica do Zerede, Timóteo-MG. **Anais do I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, Taubaté – S.P.**, 2007.

CONNELL, J. H. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. **Science**, 199: 1302-1310, 1978.

COPELUL. **Relatório de Desempenho do ano de 2003**: Segurança, Saúde e Meio Ambiente. Companhia Petroquímica do Sul: 2004. Disponível em: <<http://www.copesul.com.br>>. Acesso em: setembro de 2007.

DAJOZ, R. **Princípios da Ecologia**. 7ª ed., Porto alegre: Artmed, 520 p., 2005.

DIAS Jr., C. **Ciclo anual do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais na Lagoa do Infernã (São Paulo, Brasil)**. 1991. 108p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1991.

DI BERNARDO, L. **Algas e suas Influências na Qualidade das Águas**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 140 p., 1995.

EDLER, L. Recommendations on phytoplankton and chlorophyll. W. C., **Baltic Marine Biologist**, 9, p.59, 1979.

EMPRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 68 p. 2004. Disponível em:<<http://www.emprapa.gov.br>> Acesso em: agosto 2005.

ENRICH-PRAST, A. Caminhos do Nitrogênio em Ecossistemas Aquáticos Continentais. In: ROLAND, F. et al. **Lições de Limnologia**. São Carlos, S.P.: Editora Rima, 2005.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.

FATMA. Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados a águas correntes**. Parte I: Características gerais, nutrientes, elementos-traço e substâncias nocivas inorgânicas, características biológicas. Florianópolis: FATMA/GTZ, 108 p. 1999.

FERNANDES DA CRUZ, U. R. **Caracterização da comunidade fitoplanctônica no trecho final dos rios Piraquê- Acú e Piraquê-Mirim, Aracruz - ES**. 2005. 71 p. Monografia (Graduação em Oceanografia). Departamento de Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

FERRAGUT C. et al. Ficoflórula perifítica e planctônica (exceto Bacillariophyceae) de um reservatório oligotrófico raso (Lago do IAG, São Paulo). **Hoehnea**. v. 32, n.2, p.137-184, 2005.

FERRAREZE, M.; NOGUEIRA, M.G. Phytoplankton assemblages and limnological characteristics in lotic systems of the Paranapanema Basin (Southeast Brazil). **Acta Limnológica Brasiliensia**. v.18, n. 4, p. 289-405, 2006.

FERREIRA, R. et al. Caminhos do Fósforo em Ecossistemas Aquáticos Continentais. In: ROLAND, F. et al. (Org). **Lições de Limnologia**. São Carlos, S.P.: Editora Rima, 2005.

FIGUEIREDO, C. C. **Estudo da comunidade fitoplanctônica em dois pontos do trecho final do Canal da Passagem (Vitória-ES)**. 2000. 48 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo – Vitória, 2000.

FIGUEIREDO, C. C. et al. **Caracterização do fitoplâncton total e cianobactérias na captação do rio Santa Maria visando o abastecimento público da Grande Vitória – ES**. XI Congresso Brasileiro de Limnologia, Macaé – R.J., 2007.

GARCÍA DE EMILIANI, M.O.; ANSEMI DE MANAVELLA, M.I. Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del Rio Paraná: Tramo Goya-Diamante, II. (Santa Fé, Argentina). **Revista de la Asociacion de Ciencias Naturales del Litoral**. v. 14, n. 217- 237, 1983.

GARCIA DE EMILIANI, M.O. Phytoplankton Ecology of the Midle Paraná River. **Acta Limnológica Brasiliensia**. v. 3, n. 491-417,1990.

GENTIL, R. C. **Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica de Pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, S.P., em dois períodos: primavera e verão**. 2007. 186 p. Tese (Doutorado). Instituto de Botânica as Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, São Paulo, 2007.

GIANI, A. et al. Algas planctônicas do reservatório da Pampulha (MG): Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta, Cyanobacteria. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 22, n.2, p.107-116,1999.

HENRY R. et al. Fitoplâncton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante um período prolongado de seca. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, n.3, p.399-414, 2006.

HILLEBRAND, H. et al. Biovolume calculation for pelagic and Benthic Microalgae. **J. Phycology**. v. 35, p. 403–424, 1999.

HINO, K.; TUNDISI, J. **Atlas de algas da Represa do Broa**. São Carlos: Departamento de Ciências Biológicas da UFSCar, 1977.

HUSZAR, V.L.M.; GIANI, A. Amostragem da Comunidade Fitoplanctônica em Águas Continentais: Reconhecimento de Padrões Espaciais e Temporais. In: BICUDO, C.E.M.; BICUDO, D.C. (Org) **Amostragem em Limnologia**. 1ª ed. São Carlos S.P.: Editora Rima, 2004.

IEMA. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo. **Banner da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu**. Disponível em: <<http://www.iema.gov.br>>. Acesso em: setembro de 2007.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Siag: Sistema de Informações Agrometeorológicas**. Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br>>. Acesso em: Agosto de 2007.

KOMÁREK, J. **Das Phytoplankton des Süswassers: Chlorococcales**. Stuttgart: 1983.

LANDUCCI, M. e LUDWIG T. A.V. Diatomáceas de rios da bacia hidrográfica Litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. **Acta Botânica Brasileira**. v 19. n 2. p. 345-357, 2005.

LORENZEN, C. S. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. **Limnol. Oceanogr.** n. 12, p. 343-346, 1967.

LUND, J.W. et al. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimation by counting. **Hydrobiologia**. n. 11, p. 143-170, 1958.

MACKERETH, F.J.H. et al. **Water analysis: some revised methods for limnologists.** Cumbria: Freshwater Biological Association, 120 p., 1978.

MARGALEF, R. **Limnologia.** Barcelona: Omega, 1010 p., 1983.

MARQUES, A. K. **Análise da diversidade fitoplanctônica no reservatório da Usina Hidroelétrica Luís Eduardo Magalhães, no Médio Tocantins-To: estrutura da comunidade, flutuações temporais e espaciais.** 2005. 157 p. Dissertação (Mestrado) Curso de Pós-Graduação em Ciência do Meio Ambiente, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2005.

MATSUZAKI, M. et al. Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. **Revista de Saúde Pública.** v 38. n 5. p 679-686, 2004.

MORETTO, E.M.; NOGUEIRA, M.G. Physical and chemical characteristics of Lavapés and Capivara rivers, tributaries of Barra Bonita Reservoir (São Paulo - Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia,** v.15 n 1, p. 27-39, 2003.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental.** Rio de Janeiro: ABES, 1997.

NASCIMENTO, S.M.; AZEVEDO, S.M.F.O. Growth of *Synechocystis aquatilis* f. *salina* (blue-green algae) on different nitrogen: phosphorus rates ecophysiological approach. **Verh. Int. Ver. Limnol.** 26:1764-1765, 1998.

NECCHI Jr. et al. Análise nictemeral e sazonal de algumas variáveis Limnológicas em um Riacho no Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Limnologica Brasiliensia,** v 8, p. 69-182, 1996.

NOGUEIRA, I. de S.; LEANDRO-RODRIGUES, N. C. Algas planctônicas de um lago artificial do Jardim Botânico Chico Mendes, Goiânia, Goiás: florística e algumas considerações ecológicas. **Revista Brasileira de Biologia.** v.59, n.3, p.377-395, 1999.

NYGAARD, G. Hydrobiological studies of some Danish ponds and lakes. II: The cotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. **Kgl. Dansk Videnskab. Biol. Skrifter,** v. 7, n. 1, p. 288-293, 1949.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 927p., 1971.

OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 427, p. 101-112. 2000.

PARANHOS, R. **Alguns métodos para análise da água**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1996.

PAYNE, A. **The ecology of tropical lakes and rivers**. John wiley & sons, Great Britain: 1986.

PEDROSO, F. B. et al. A comparative study on phosphorus and nitrogen transport in the Parana, Paraguay and Bermejo rivers. In: Tundisi, J. G. (ed.). **Limnologia e manejo de represas**. EESC-USP/CRHEA/ACIESP, São Carlos. v.1, t.1, p.91-117. 1988.

PEREIRA, L. A.; PEREIRA, M. C. T. Conceitos Associados à Ecologia de Rios. In: ROLAND, F. et al. (Org). **Lições de Limnologia**. São Carlos, S.P.: Editora Rima, 2005.

PESSOA, E. V. **Estudo do "Standing-Crop" da Água do Estário do Rio Cocó (Ceará-Brasil), como Indicador das Modificações Físico-Químicas do meio**. 2002. 140 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

REYNOLDS, C.S. **The Ecology of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 384 p, 1984.

RICKLEFS, R.E. **Economia da Natureza**. 5ª ed. St. Louis: Guanabara Koogan, 273 p, 2003.

RUBIM, K.T. et al. **Caracterização das cianobactérias e avaliação de sua toxicidade como ferramenta para o monitoramento do Sistema Santa Maria – ES**. XI Congresso Brasileiro de Limnologia, Macaé - R.J., 2007.

SANT'ANNA, C. L. et al. Planktic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. **Revista Brasileira de Botânica**. v.27, n.2, p.213-227, 2004.

SASSI, R.; KUTNER, M. B. B. Variação Sazonal do Fitoplâncton da região do Saco da Ribeira. Ubatuba, Brasil. **Bolm. Inst. Oceanogr.** v. 31, n.2, p.29-42, 1982.

SAWYER, C. N. Fertilization do Lakes by Agricultural and Urban Drainage. **Journal New England Water Works Association**, v. 61, 1985.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P. Contribution to the Knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. **Nova Hedwigia**, Stuttgart, v.71, n. 3- 4, p.359-385, 2000.

SANTOS, M. J. **Estudo Limnológico dos Córregos da Água Fria e da Água Quente**. 1990. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – USP – SP, 1990.

SAR, E.A. et al. Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano. **Instituto Español de Oceanografía**. p.219-233, 2002.

SÉCULO DIÁRIO. **Esgotos domésticos e industriais degradam a Bacia do rio Jucu**. Disponível em: <<http://www.seculodiario.com>>. Acesso em: setembro de 2007.

ESPÍRITO SANTO. SEBRAE, Serviço de Apoio a Micro e Pequenas Empresa do Espírito Santo. 2005. **Inventário da Oferta Turística do Município de Marechal Floriano**. 73 p. Disponível em:<<http://www.sebrae.com.br>> Acesso em: Agosto de 2006.

SILVA, T.R. et al. **Caracterização do fitoplâncton total em dois mananciais de abastecimento público no Sistema Itabaiana – Mucurici/ES e avaliação da toxicidade de cianobactérias**. XI Congresso Brasileiro de Limnologia, Macaé – R.J., 2007.

SCHAEFFER, J. K. **Variações da comunidade fitoplanctônica na região estuarina dos rios Piraquê-Acú e Piraquê-Mirim (Aracruz-ES) e suas relações com os fatores ambientais**. 2005. 97 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

SHIKLOMANOV, L. A., 1990, Global Water Resouces. In: **Nature and Resouces**. PARIS, UNESCO, v. 26, pp. 34-43.

STEFFENSEN, D. A.; NICHOLSON, B.C, editors. **Proceedings of Toxic Cyanobacteria** – A global perspective. Adelaide: Center of Water Quality Research, 1994.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

SLÁDECEK, V. Continental systems for assessment of river water quality. In: **International Symposium of Biological Indicators of Water Quality**. New Castle Upon Tyne. p. 3-31, 1979.

SMITH, W. S.; PETRERE Jr., M. Caracterização limnológica da bacia de drenagem do Rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 12, n. 2, p.15-27, 2000.

SUN, J. & LIU D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**. v. 25 n.11 p.1331-1346, 2003.

TANIGUCHI, G.M. et al. Gradiente litorâneo-limnético do fitoplâncton e ficoperifíton em uma lagoa da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 28, n.1, p.137-147, 2005.

THOMAZ, S. M. et al. Características limnológicas de uma estação de amostragem do Alto Rio Paraná e outra do Baixo Rio Ivinheima - (PR, MS-Brasil). **Acta Limnológica Brasiliensia**. v. 4, p. 32-31, 1992.

TRAIN, S. et al. **A planície alagável do rio Paraná: Estruturas e processos ambientais - Relatório Fitoplâncton**. PELD: Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração, 2002.

TRAIN, S. et al. **A planície alagável do rio Paraná: Estruturas e processos ambientais - Relatório Fitoplâncton**. PELD: Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração, 2005.

TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 26, n.1, p.97-112, 2003.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. 2ª ed. São Carlos: Ed. Rima, 248p., 2005.

UEHLINGER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. **Arch. Sci.** v. 17, n. 2, p. 121-123, 1964.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton Metodik. **Mitt. Int. Ver. Theor. Agew. Limnology.** v. 9, p. 1-38, 1958.

VADRUCCI, M.R., CABRINI, M., B. Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystems of Mediterranean Ecoregion. **Transitional Waters Bulletin.** v.1, n.2, p.83-102, 2007.

VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of nitrogen and total phosphorus in natural waters. **Marine Chemical.** V. 10, p.109-122, 1981.

VAN-DE-HOEK, C. et al. **An Introduction to phycology.** Cambridge: University of Cambridge Press. 667 p, 1995.

VIDOTTI, E.C.; ROLLEMBERG, M.C.E. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. **Química Nova.** Vol. 27, nº 1, 139-145, 2004.

WELCOMME, R.L. **River fisheries.** FAO, Rome. 330 p. 1985.

WETZEL, R.G. e LIKENS, G.E. **Limnological analysis.** 3ª ed. Philadelphia: WB Saunders CO., 1979.

WETZEL, R.G. **Limnology: Lake and River Ecosystems.** Philadelphia: WB Saunders CO., 2001.

WOOD, E. J. F. Fluorescent microscopy in marine microbiology. **J. Cons. Perm. Int. Explor.** n. 21, p. 6-7, 1956.

WOJCIECHOWSKA, W. et al. Phytoplankton of two river lakes in relation to flooding period (River Bug, Eastern Poland). **Polish Journal of Ecology.** v. 53, n. 3, 419-425, 2005.

WOSIACK, A.C. **Dinâmica da Comunidade de Cianobactérias da praia artificial de Entre rios do oeste, Reservatório de Itaipu - PR.** 2005. Dissertação (Mestrado) Pós Graduação em Botânica, Universidade Federal do Paraná, 2005.

YABE, M.J.S.; GIMENEZ, S.M.N. Caracterização físico-química da água da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, Moacyr et al.(Org) **A Bacia do Rio Tibagi.** Londrina, PR: M.E. Medri, 2002.

YOO, R. S. et al. **Cyanobacterial (blue-green algal) toxins: a resource guide.** AWWA Research Foundation, U.S.A., 229pp, 1995.

## 8. ANEXOS

Tabela 5: Dados referentes às médias mensais de temperatura do ar (mínima e máxima) em °C e de pluviosidade na área de estudo no período de junho de 2006 a maio de 2007. Dados obtidos no Incaper.

<b>Datas das medições</b>	<b>Pluviosidade (mm)</b>	<b>Temperatura Mínima (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima (°C)</b>
<b>jun/06</b>	57,0	19,0	26,0
<b>jul/06</b>	72,0	18,7	26,9
<b>ago/06</b>	86,0	19,8	27,2
<b>set/06</b>	66,4	19,4	26,6
<b>out/06</b>	68,0	21,0	27,3
<b>nov/06</b>	195,4	21,7	28,3
<b>dez/06</b>	330,7	22,8	29,6
<b>jan/07</b>	174,6	23,8	30,9
<b>fev/06</b>	87,3	23,2	30,7
<b>mar/06</b>	48,3	23,8	32,4
<b>abr/07</b>	101,1	22,8	30,8
<b>mai/07</b>	38,0	20,3	28,1

Tabela 6: Profundidade da coluna d'água, medidas em metros em todos os pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

<b>Profundidade (m)</b>	<b>PONTO 1</b>	<b>PONTO 2</b>	<b>PONTO 3</b>	<b>PONTO 4</b>	<b>PONTO 5</b>
<b>ago/06</b>	2,8	3,2	3,1	4,6	1,5
<b>nov/06</b>	3,0	3,5	3,5	5,3	3,2
<b>fev/07</b>	4,0	3,7	3,5	4,5	2,4
<b>mai/07</b>	3,2	2,8	3,7	3,8	2,2

Tabela 7: Transparência da água, medida em metros em todos os pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Transparência (m)	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
<b>ago/06</b>	1,4	1,4	1,5	1,3	0,5
<b>nov/06</b>	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
<b>fev/07</b>	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4
<b>mai/07</b>	1,2	1,0	1,0	1,1	0,8

Tabela 8: Limite da zona eufótica, medida em metros em todos os pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Zona Eufótica (m)	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
<b>ago/06</b>	2,80	3,20	3,10	3,90	1,50
<b>nov/06</b>	0,60	0,60	0,90	0,60	0,90
<b>fev/07</b>	1,35	1,20	1,20	1,50	1,20
<b>mai/07</b>	3,20	2,80	3,00	3,30	2,15

Tabela 9: Valores de turbidez (N.T.U.), medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Turbidez (N.T.U)	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN	SUP	FUN	SUP	FUN	SUP	FUN	SUP	FUN
<b>ago/06</b>	8,2	14,2	8,86	8,4	9,15	8,7	7,9	11,8	28,8	43,2
<b>nov/06</b>	130,0	138,0	121	126	114	116	98,3	111	66,8	72,1
<b>fev/07</b>	32,4	33,3	34,3	36,1	35,4	37,9	35,2	36,4	30,8	31,4
<b>mai/07</b>	11,4	12,3	10,6	11,1	12,9	12,4	10,2	12,5	12,2	47,1

Tabela 10: Variações da temperatura (°C), medidas na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Temperatura (°C)	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	22	23	22	23	22	22	23	23	22	24
<b>nov/06</b>	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25
<b>fev/07</b>	25	25	25	25	25	25	25	25	26	26
<b>mai/07</b>	21	22	22	22	21	22	21	22	21	22

Tabela 11: Concentrações do oxigênio dissolvido (mgO<sub>2</sub>/L), medidas na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Oxigênio Dissolvido (mg/L)	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	7,0	6,7	6,7	6,5	6,7	6,6	6,8	6,5	6,5	6,5
<b>nov/06</b>	6,3	6,2	6,2	6,8	5,9	6,8	6,8	6,7	6,7	6,7
<b>fev/07</b>	6,2	6,2	6,2	6,1	6,0	6,0	6,0	6,0	5,9	5,6
<b>mai/07</b>	7,0	7,4	7,2	7,3	7,2	7,3	7,0	7,0	6,8	6,6

Tabela 12: Variações do pH medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

pH	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	6,93	6,87	6,85	6,86	6,87	6,86	6,92	6,97	6,95	6,97
<b>nov/06</b>	6,93	6,69	6,62	6,95	7,04	6,99	6,89	6,92	6,94	6,97
<b>fev/07</b>	7,34	7,36	7,58	7,64	7,6	7,68	7,63	7,67	7,8	7,84
<b>mai/07</b>	6,95	6,75	6,89	6,88	6,91	6,95	6,94	6,92	6,97	6,92

Tabela 13: Variações da condutividade ( $\mu\text{s.cm}^{-1}$ ), medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Condutividade ( $\mu\text{s.cm}^{-1}$ )	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	23,0	23,5	23,4	23,2	21,8	22,9	23,4	22,6	23,2	23,0
<b>nov/06</b>	20,3	19,5	20,7	20,1	22,7	19,8	20,3	20,0	20,8	20,5
<b>fev/07</b>	17,3	19,6	17,7	18,5	17,6	18,1	18,2	18,2	20,0	20,0
<b>mai/07</b>	19,6	23,3	23,0	23,6	24,9	24,6	24,5	25,0	25,5	24,9

Tabela 14: Concentrações de nitrato ( $\text{mg N-NO}_3/\text{L}$ ), medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Nitrato ( $\text{mg/L}$ )	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	0,49	0,45	0,43	0,43	0,34	0,47	0,44	0,43	0,45	0,39
<b>nov/06</b>	0,68	0,56	0,63	0,59	0,73	0,63	0,77	0,51	0,52	0,63
<b>fev/07</b>	0,45	0,4	0,43	0,55	0,43	0,58	1,81	0,39	0,63	0,59
<b>mai/07</b>	0,33	0,54	0,35	0,57	0,61	0,41	0,29	0,23	0,38	0,51

Tabela 15: Concentrações de nitrogênio amoniacal ( $\text{mg N-NH}_3/\text{L}$ ), medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Nitrogênio Amoniacal ( $\text{mg/L}$ )	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	0,37	0,41	0,36	0,38	0,36	0,37	0,39	0,54	0,41	0,43
<b>nov/06</b>	0,3	0,28	0,23	0,2	0,23	0,21	0,21	0,18	0,35	0,2
<b>fev/07</b>	0,29	0,34	0,32	0,32	0,16	0,24	0,2	0,2	0,43	0,58
<b>mai/07</b>	0,23	0,17	0,18	0,26	0,26	0,35	0,2	0,3	0,26	0,31

Tabela 16: Concentrações de ortofosfato ( $\mu\text{g PO}_4^{-3}/\text{L}$ ), medidos na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Ortofosfato ( $\mu\text{g/L}$ )	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
<b>nov/06</b>	36	34	45	32	23	< 5	38	34	55	30
<b>fev/07</b>	8	11	10	12	9	10	8	10	13	10
<b>mai/07</b>	< 5	8	< 5	5	11	8	9	10	6	8

Tabela 17: Concentrações de clorofila *a* ( $\mu\text{g/L}$ ) na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	0	0	0	2,14	1,07	2,14	2,14	2,14	1,07	0
<b>nov/06</b>	0	0	0	0	1,07	1,07	1,07	0	0	0
<b>fev/07</b>	0	0	0	0	0	0	1,07	1,07	0	0
<b>mai/07</b>	1,07	2,14	4,28	1,07	2,14	2,14	2,14	1,07	1,07	3,21

Tabela 18: Concentrações de feofitina ( $\mu\text{g/L}$ ) na superfície e fundo dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Feofitina ( $\mu\text{g/L}$ )	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	2,25	0,75	1,50	0	0	0	0	0	0	0,75
<b>nov/06</b>	2,57	2,57	1,50	0,75	0,43	1,07	0	0	1,82	0,75
<b>fev/07</b>	3,31	3,31	2,57	3,31	3,64	3,31	1,92	0	4,38	5,13
<b>mai/07</b>	0,43	0	0,43	0	0	0	0	0,43	0	0

Tabela 19: Contribuição qualitativa em número e proporção (%) da quantidade de táxons identificados na região estudada em todo o período de estudo.

<b>Classes Taxonômicas</b>	<b>Nº de Espécies Identificadas</b>	<b>Contribuição Qualitativa (%)</b>
Bacillariophyceae	47	34
Cyanophyceae	23	16
Chlorophyceae	35	25
Euglenophyceae	10	7
Dinophyceae	2	1
Cryptophyceae	3	2
Fitoflagelados	4	3
Chrysophyceae	3	2
Zygnemaphyceae	13	9

Tabela 20: Quantidade de táxons numericamente representativos encontrados nos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

<b>Pontos de Amostragem</b>	<b>ago/06</b>	<b>nov/06</b>	<b>fev/07</b>	<b>mai/07</b>
<b>Ponto 1</b>	46	20	13	26
<b>Ponto 2</b>	52	19	17	37
<b>Ponto 3</b>	40	15	17	29
<b>Ponto 4</b>	50	24	15	27
<b>Ponto 5</b>	19	20	14	28

Tabela 21: Variações da densidade fitoplanctônica (ind./mL) nos cinco pontos de coleta nas quatro amostragens realizadas.

<b>Densidade Numérica (Ind./mL)</b>	<b>PONTO 1</b>		<b>PONTO 2</b>		<b>PONTO 3</b>		<b>PONTO 4</b>		<b>PONTO 5</b>	
	<b>SUP</b>	<b>FUN</b>								
<b>ago/06</b>	10.402	10.507	8.714	5.856	8.991	5.731	8.655	7.990	3.593	3.275
<b>nov/06</b>	2.841	2.147	2.049	1.306	1.787	1.681	2.396	1.201	3.787	2.522
<b>fev/07</b>	3.612	2.734	1.991	25.851	2.570	1.306	2.831	2.145	889	881
<b>mai/07</b>	20.506	14.298	25.851	24.248	17.583	10.229	16.718	20.805	26.298	17.507





Tabela 26: Variações da diversidade específica aplicada à densidade fitoplanctônica (ind./mL) nos cinco pontos de coleta nas quatro amostragens realizadas.

Diversidade (Bits/ Ind.)	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	0,55	0,54	0,89	1,34	0,68	0,77	0,85	0,59	0,52	0,45
<b>nov/06</b>	0,35	0,58	0,58	0,58	0,60	0,76	0,87	0,85	0,47	0,41
<b>fev/07</b>	0,31	0,25	0,67	0,82	0,54	0,89	0,50	0,32	0,88	0,89
<b>mai/07</b>	0,21	0,17	0,23	0,26	0,30	0,32	0,32	0,22	0,15	0,10

Tabela 27: Variações da biomassa fitoplanctônica (mm<sup>3</sup>/L), nos cinco pontos de coleta nas quatro amostragens realizadas.

Biomassa (mm <sup>3</sup> /L)	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	0,41	0,7	0,57	0,76	0,33	0,33	0,54	0,26	0,18	0,18
<b>nov/06</b>	0,25	0,29	0,87	0,09	0,08	0,2	0,31	0,12	0,47	0,08
<b>fev/07</b>	0,37	0,02	0,13	0,06	0,05	0,1	0,35	0,11	0,02	0,04
<b>mai/07</b>	0,21	0,14	0,35	0,53	0,59	0,25	0,34	0,43	0,23	0,50





Tabela 32: Variações da diversidade específica aplicada à biomassa fitoplanctônica ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) nos cinco pontos de coleta nas quatro amostragens realizadas.

Diversidade (Bits/U.B.)	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4		PONTO 5	
	SUP	FUN								
<b>ago/06</b>	3,18	2,29	4,03	3,52	2,64	3,23	3,47	3,38	2,24	1,01
<b>nov/06</b>	1,88	1,33	0,54	1,60	2,10	2,15	3,20	2,02	2,24	2,40
<b>fev/07</b>	2,27	1,99	1,88	2,43	2,91	2,11	1,72	1,91	2,80	2,28
<b>mai/07</b>	2,97	2,29	3,24	3,05	2,48	2,81	3,12	2,98	2,2	1,79

Tabela 33: Variações da densidade (cél./mL) de cianobactérias na superfície dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Densidade de cianobactérias (cél./mL)	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
<b>ago/06</b>	10.079	8.447	8.679	8.362	3.475
<b>nov/06</b>	2.742	2.193	1.834	3.804	3.784
<b>fev/07</b>	3.534	1.873	2.462	2.829	907
<b>mai/07</b>	20.323	26.006	17.718	16.679	26.713

Tabela 34: Variações da biomassa ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) de cianobactérias na superfície dos cinco pontos de coleta, nas quatro amostragens realizadas.

Biomassa de cianobactérias ( $\text{mm}^3/\text{L}$ )	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
<b>ago/06</b>	0,05	0,05	0,04	0,05	0,02
<b>nov/06</b>	0,01	0,04	0,01	0,10	0,04
<b>fev/07</b>	0,16	0,01	0,02	0,02	0,01
<b>mai/07</b>	0,15	0,20	0,17	0,14	0,10

Tabela 35: Análise por Componentes Principais (PCA)

Variáveis	Código das Variáveis	Fator 1	Fator 2
Densidade de cianobactérias	dCYA	-0,893440	0,296793
Diversidade aplicada à densidade	divDEN	0,640210	0,186264
Densidade total fitoplanctônica	DenT	-0,893402	0,304374
Biomassa de cianobactérias	bCYA	-0,828741	0,146094
Biomassa total fitoplanctônica	BvT	-0,459453	0,080260
Diversidade aplicada à biomassa	divBv	-0,234557	0,650073
Condutividade elétrica	CE	-0,720741	0,337753
Nitrato	Nitr	0,291992	-0,365808
Nitrogênio amoniacal	NAm	0,326692	0,648693
Oxigênio dissolvido	OD	-0,858796	0,059280
Potencial Hidrogeniônico	pH	0,699764	0,250182
Turbidez	Tur	0,280928	-0,888463
Transparência	Trans	-0,835779	0,405029
Limite da zona eufótica	ZE	-0,575582	0,719911
Profundidade	Prof	0,123954	-0,221658
Temperatura da água	Tag	0,853948	-0,335337
Pluviosidade	Pluv	0,422305	-0,758779
<b>Varição Explicada</b>		48,06%	13,93%