

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS

JANE KARLA SCHAEFFER

**VARIAÇÕES DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA
NA REGIÃO ESTUARINA DOS RIOS PIRAQUÊ-AÇÚ E
PIRAQUÊ-MIRIM (ARACRUZ, ES) E SUAS RELAÇÕES
COM OS FATORES AMBIENTAIS.**

VITÓRIA

2005

JANE KARLA SCHAEFFER

**VARIAÇÕES DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NA
REGIÃO ESTUARINA DOS RIOS PIRAQUÊ-AÇÚ E PIRAQUÊ-
MIRIM (ARACRUZ, ES) E SUAS RELAÇÕES COM OS FATORES
AMBIENTAIS.**

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 em Comportamento Ecofisiológico de Algas e Vegetais.
Orientador: Prof. Dr. Camilo Dias Jr.

Vitória
2005

JANE KARLA SCHAEFFER

VARIAÇÕES DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NA REGIÃO ESTUARINA DOS RIOS PIRAQUÊ-AÇÚ E PIRAQUÊ-MIRIM (ARACRUZ,ES) E SUAS RELAÇÕES COM OS FATORES AMBIENTAIS.

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 em Comportamento Ecofisiológico de algas e vegetais.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2005.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Camilo Dias Jr.
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Profa. Dra. Valéria de Oliveira Fernandes
Universidade Federal do Espírito Santo

Profa. Dra. Marina Satika Suzuki
Universidade Estadual do Norte Fluminense

Dedico este trabalho a meus pais,
Maria Janete e Carlos Roberto que não
se contentaram em presentear-me
apenas com a possibilidade de vida,
mas quiseram também, iluminar o meu
caminho com a luz mais brilhante que
puderam encontrar: o estudo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, força maior que iluminou e ilumina toda a minha caminhada.

Ao Prof. Dr. Camilo Dias Junior, minha profunda gratidão, que desde o início acreditou na realização desse trabalho me aceitando como sua orientanda e sobretudo pela orientação e ajuda dispensada durante o desenvolvimento desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Marina Satika Suzuki e Profa. Dra. Valéria de Oliveira Fernandes, pelas sugestões e críticas que enriqueceram este trabalho.

À Profa. Ieda de Oliveira pelas preciosas análises químicas.

Ao Departamento de Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, pelo uso de seus equipamentos e recursos.

Ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo pela oportunidade de realização deste trabalho e a CAPES, pela bolsa de estudos.

Ao CNPQ pelo financiamento do projeto.

Às colegas do laboratório de fitoplâncton da UFES, Patrícia Sênos Lucas e Tatiana Stanis Nunes por alguns conhecimentos que me foram passados.

Ao Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso pela revisão do *Abstract*.

A todos os amigos e colegas de pós-graduação, em especial a Mônica com quem eu sempre pude contar.

Ao meu irmão e amigo, Jones Roberto, pela compreensão pelo uso do computador que fica em seu quarto.

Ao meu companheiro e marido Rodrigo, pelo seu amor e ajuda, mas principalmente por ter abraçado esse meu sonho como se fosse dele.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

E finalmente aos meus pais, Maria Janete e Carlos Roberto que sempre me incentivaram na conquista dos meus objetivos.

RESUMO

O presente trabalho foi realizado no estuário dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, localizado no município de Aracruz - ES (Brasil). Este estudo teve como objetivo estudar espacial e temporalmente a comunidade fitoplanctônica do estuário nos seus aspectos qualitativos e quantitativos, avaliando também a biomassa do fitoplâncton presente através da técnica do biovolume. Além disso, as variáveis abióticas (nutrientes, pH, salinidade, temperatura, transparência e oxigênio dissolvido na água) foram relacionadas com variáveis bióticas do fitoplâncton analisadas nos mesmos pontos, dispostos ao longo do estuário. Os resultados obtidos basearam-se em amostragens realizadas bimestralmente no período de agosto de 2003 a fevereiro de 2004 em quatro pontos de amostragem no estuário. As concentrações de feofitina foram superiores as concentrações de clorofila *a*, o que demonstrou um grau de senescência elevado da comunidade. Quanto ao aspecto qualitativo do fitoplâncton foram encontrados 156 táxons identificados à nível de espécie, gênero e variedade, sendo que a maioria destes podem ser considerados marinhos, eurialinos e planctônicos. As Classes dominantes foram Bacillariophyceae (57%), Chlorophyceae (11,5%) e Dinophyceae (8,4%). Apesar da grande riqueza de espécies que caracterizou o fitoplâncton do Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, apenas algumas espécies foram de real importância quantitativa, dentre elas a Cyanophyceae *Synechocystis aquatilis*, a Chlorophyceae *Chlorella minutissima* e a Bacillariophyceae *Melosira varians*. Os maiores valores de densidade numérica total ocorreram no período chuvoso (fevereiro). Tais variações estão relacionadas ao maior aporte de material alóctone e nutrientes provenientes do escoamento superficial durante o período chuvoso. Quanto ao biovolume celular sete Classes contribuíram representativamente: Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae e os fitoflagelados. A maior contribuição para o biovolume total foi dada pelas Bacillariophyceae e

Dinophyceae. A pluviosidade foi o principal transformador externo capaz de induzir mudanças sobre o fitoplâncton.

ABSTRACT

This study was carried out in the estuary of the Piraquê- Açú and Piraquê-Mirim rivers, located in the municipal district of Aracruz-ES (Brazil). The aim of this study is to verify both spatial and temporal changes on phytoplanktonic community of the estuary in its qualitative and quantitative aspects, and also to evaluate the biomass through the technique of biovolume. Moreover, the obtained biotics variables were related with abiotic variables analyzed at the same spots along the estuary. The obtained results were based on samplings carried out bimonthly in the period of August 2003 to February 2004, emphasizing two pluviometric seasons: dry (August) and rainy (February). Pheopigments concentrations were higher than chlorophyll *a* concentration, showing a senescent degree of the community. The qualitative aspect of the phytoplankton community showed 156 taxons classified in species, genus and varieties, with most of them considered as marine, euryhaline and planktonic. The dominant classes were Bacillariophyceae (57%), Chlorophyceae (11,5%) and Dinophyceae (8,4%). Although, the community showed a higher diversity, just some were quantitatively significant, among them Cyanophyceae *Synechocystis aquatilis*, Chlorophyceae *Chlorella minutissima* and Bacillariophyceae *Melosira varians*. The highest densities of total phytoplankton occurred in the rainy season. Such variations were related to a significant contribution of allochthonous nutrients and materials originated from superficial outflow during the rainy season. Regarding the biovolume, seven classes of algae showed significant contribution: Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae and the phytoflagellates. The most significant contribution for total biovolume was given by Bacillariophyceae and Dinophyceae. Pluviosity was the major external driving force leading to changes in phytoplankton community.

LISTA DE FIGURAS

01. Localização do Estado do Espírito Santo e da área de amostragem.
02. Localização dos pontos de amostragem na área de estudo.
03. Caracterização pluviométrica da área de estudo de junho de 2003 a fevereiro de 2004.
04. Variação da transparência da água nos quatro meses amostrados.
05. Variação da temperatura da água nos quatro meses amostrados.
06. Variação da salinidade nos quatro meses amostrados.
07. Variação do pH nos quatro meses amostrados.
08. Variação do oxigênio dissolvido nos quatro meses amostrados.
09. Variação da concentração de ortofosfato nos quatro meses amostrados.
10. Variação da concentração de nitrito nos quatro meses amostrados.
11. Variação da concentração de nitrato nos quatro meses amostrados.
12. Variação da concentração de silicato nos quatro meses amostrados.
13. Variação da concentração de clorofila *a* e feofitina nos quatro meses amostrados no Rio Piraquê-Açú.
14. Variação da concentração de clorofila *a* e feofitina nos quatro meses amostrados no Rio Piraquê-Mirim.
15. Variação da densidade fitoplanctônica nos quatro meses amostrados.
16. Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às classes no mês de agosto nos quatro meses amostrados.
17. Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às classes no mês de outubro nos quatro meses amostrados.
18. Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às classes no mês de dezembro nos quatro meses amostrados.
19. Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às classes no mês de fevereiro nos quatro meses amostrados.
20. Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às frações de tamanho no mês de agosto nos quatro meses amostrados.
21. Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às frações de tamanho no mês de outubro nos quatro meses amostrados.
22. Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às frações de tamanho no mês de dezembro nos quatro meses amostrados.
23. Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às frações de tamanho no mês de fevereiro nos quatro meses amostrados.
24. Variação da diversidade específica nos quatro meses amostrados.
25. Variação do biovolume total nos quatro meses amostrados.
26. Variação do biovolume das classes fitoplanctônicas no mês de agosto.
27. Variação do biovolume das classes fitoplanctônicas no mês de outubro.
28. Variação do biovolume das classes fitoplanctônicas no mês de dezembro.
29. Variação do biovolume das classes fitoplanctônicas no mês de fevereiro.
30. Distribuição percentual do biovolume em relação às classes de tamanho no mês de agosto.
31. Distribuição percentual do biovolume em relação às classes de tamanho no mês de outubro.
32. Distribuição percentual do biovolume em relação às classes de tamanho no mês de dezembro.
33. Distribuição percentual do biovolume em relação às classes de tamanho no mês de fevereiro.
34. Análise fatorial em componentes principais aplicada sobre as variações da densidade de cada grupo de algas bem como dos diversos parâmetros ambientais estudados bimestralmente de agosto de 2003 a fevereiro de 2004.

LISTA DE TABELAS

1. Lista dos táxons de algas identificadas em todas as amostras coletadas em todo período de estudo.
2. Porcentagem das classes de algas representativas em relação ao número total de táxons.
3. Comparação dos teores de nutrientes em ecossistemas estuarinos com a região de estudo.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO

2. OBJETIVOS

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização e características do estuário

3.2. Cobertura vegetal

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Dados meteorológicos

4.2. Plano de amostragem

4.2.1. Variáveis físicas e físico-químicas

4.2.2. Variáveis químicas

4.2.3. Clorofila *a* e feofitina

4.2.4. Fitoplâncton

4.2.4.1. Coleta, tratamento de amostras e análises qualitativas

4.2.4.2. Coleta, tratamento de amostras e análises quantitativas

4.2.4.3. Diversidade específica

4.2.4.4. Estimativa do biovolume

4.2.5. Análise de agrupamento

5. RESULTADOS

5.1. Dados meteorológicos

- 5.2. Variáveis físicas, físico- químicas e químicas
- 5.3. Clorofila *a* e feofitina
- 5.4. Fitoplâncton
 - 5.4.1. Composição qualitativa do fitoplâncton
 - 5.4.2. Densidade e diversidade específica do fitoplâncton
 - 5.4.3. Biovolume do fitoplâncton
- 5.5. Análise de agrupamento

6. DISCUSSÃO

- 6.1. Características físico-químicas e nutrientes
- 6.2. Clorofila *a* e feofitina
- 6.3. Composição florística
- 6.4. Densidade e diversidade fitoplanctônica
- 6.5. Biovolume celular

7. CONCLUSÕES

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INTRODUÇÃO

Dentre os componentes da paisagem costeira podem ser destacados os estuários. Estuários são sistemas de transição entre águas abertas marinhas e ambientes de água doce. Podem ser definidos como corpos de água costeira, semi-fechados, que têm uma conexão com o mar aberto, influenciados pela ação das marés, e no seu interior a água do mar é misturada com a água doce proveniente de drenagem terrestre (PRITCHARD,1955; MIRANDA,1990).

Estes sistemas estão localizados na foz dos rios junto ao ambiente marinho e são caracterizados fisicamente por sua natureza dinâmica e variável compondo ambientes abertos à matéria e com subsídios energéticos naturais. Trata-se de ambientes tão produtivos quanto vulneráveis, dominados por material alóctone, dependente de entradas bióticas e abióticas, principalmente na região de entrada de rios e oceanos (SARTORI; NOGUEIRA,1998). Segundo Day e Yáñes-Arancibia (1982) os estuários apresentam gradientes horizontais e verticais dos aspectos biológicos, físicos e químicos e, constituem-se em áreas de mudanças geomorfológicas relativamente rápidas.

Nestas áreas, a distribuição das populações está na dependência da circulação das águas , das correntes de marés, as quais, como acentuou Ketchum (1967), atuam como fator limitante para sua sobrevivência.

Favorecidos pelos nutrientes carreados pelos rios e pela influência periódica tanto de água doce quanto de água salgada, esses ambientes são altamente produtivos, apresentando alguns bens e serviços ecológicos que podem beneficiar a sociedade humana de forma direta ou indireta, tais como: o armazenamento de água; a elevada produtividade orgânica; intensa ciclagem de nutrientes; aspectos geomorfológicos como a contenção da erosão costeira; a biodiversidade; a recreação; o potencial da aquicultura e a estética da paisagem (ODUM; ODUM, 1972).

A produção de biomassa vegetal é um processo relevante relacionado ao funcionamento desses ecossistemas ecológicos, com conseqüentes

implicações para o homem. Nos ambientes aquáticos, este papel é exercido em grande parte pela comunidade fitoplanctônica, cuja estrutura e distribuição espaço-temporal são determinantes para cada ecossistema (MELO; SUZUKI, 1998).

Estes organismos constituem a base da cadeia alimentar nos sistemas hídricos, sendo, portanto componente fundamental na transferência de energia das redes alimentares. Durante o processo fotossintético o fitoplâncton converte os materiais inorgânicos em novos compostos orgânicos.

Mudanças na composição e biomassa do fitoplâncton podem alterar direta ou indiretamente todos os organismos da cadeia trófica nestes ecossistemas (KENNISH, 1990). As causas para tal mudança podem ser de origem natural ou antrópica. Fatores como temperatura, material em suspensão, variação do ciclo de maré e salinidade são alguns exemplos de variáveis ambientais que podem modelar a estrutura da comunidade fitoplanctônica (KENNISH, 1986a). Além destes fatores, podemos destacar a influência antrópica nos estuários, como por exemplo, o lançamento de efluentes de esgoto diretamente nestes ambientes. Ecossistemas aquáticos em todo mundo têm sido altamente impactados por descargas de nutrientes oriundas de atividades humanas, incluindo fontes pontuais de poluição urbana (residencial e industrial), e fontes não pontuais como poluição agrícola (CARPENTER et al., 2000). Já que muitos dos grandes estuários do mundo estão situados em áreas de atividade urbana e industrial, a vulnerabilidade ao impacto antrópico se torna maior.

A adição de nutrientes aos corpos d'água favorece a seleção de algumas espécies da comunidade fitoplanctônica, com reflexos sobre a produtividade do sistema. Desta forma, esses organismos atuam como indicadores de qualidade ambiental desses ecossistemas aquáticos e são freqüentemente utilizados com esta finalidade. 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 predomínio de um ou outro grupo de algas está relacionado com as condições ambientais como concentração de nutrientes, localização geográfica e morfologia destes ecossistemas (REYNOLDS,1984).

Estudos sobre a ecofisiologia do fitoplâncton tornam-se essenciais quando se pretende minimizar os impactos decorrentes de atividades humanas já que esses organismos são sensíveis e portanto, um dos principais indicadores de interferências ambientais operantes. Diferenças eco-fisiológicas possibilitam que algumas espécies de algas sejam selecionadas a ambientes mais eutrofizados, enquanto outras se desenvolvem melhor em locais com menor carga de nutrientes. Podemos destacar diversos trabalhos na costa brasileira em relação ao fitoplâncton estuarino: Eskinazi-Leça et al. (1980) no estuário do Rio Igarassu; Klein e Franca (1980) no estuário do Rio Curú (CE); Macedo et al. (1982) no estuário do Rio Botafogo (PE); Sassi (1991) no estuário do Rio Paraíba do Norte; Abreu et al. (1995) no estuário da lagoa dos Patos (RS), e Giancesella et al. (2000) no Canal de Bertioga (SP). Apesar do desenvolvimento destes estudos ficológicos nos últimos anos, o estado do Espírito Santo é um dos menos contemplados tanto no que se refere ao número de trabalhos, como também aos tipos de ambientes e pesquisas realizadas, apesar de sua grande diversidade ambiental. Os ambientes fluviais, mesmo apresentando grande relevância quantitativa e importância para a população do estado continuam praticamente sem nenhum estudo ficológico, excetuando-se as regiões estuarinas, que mesmo assim foram estudadas praticamente em sua parte mais marinha, pouco contemplando a parte fluvial propriamente dita, podendo serem citados apenas os trabalhos de Barroso et al.(1997), Dias Jr. (1999), Figueiredo (2000) e Lucas (2002) em áreas da Baía de Vitória (ES) e Coradini (2003), Cunha (2004) e Cruz (2004) em áreas fora da Baía de Vitória.

Dessa forma, o presente trabalho visa estudar as relações da comunidade fitoplanctônica com os fatores ambientais e é de extrema importância visto que a conservação da área de estudo está sendo intensamente comprometida devido ao despejo de efluentes industriais e domésticos, além de representar caráter pioneiro com relação aos estudos fitoplanctônicos tanto por contemplar

a parte fluvial de um estuário quanto pela localização em um ambiente fora da Baía de Vitória, mais estudada até o momento.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Avaliar a variabilidade temporal e espacial da comunidade fitoplanctônica na região estuarina dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim e relacioná-la aos fatores ambientais.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar qualitativamente e quantitativamente as variações temporais e espaciais da comunidade fitoplanctônica no trecho final dos rios Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, durante um período de seis meses em quatro pontos de amostragem;
- Analisar as variações temporais e espaciais do estuário em termos dos seguintes fatores ambientais: disponibilidade de nutrientes, pH, salinidade, temperatura, transparência e oxigênio dissolvido na água;
- Avaliar os efeitos das variáveis ambientais sobre a comunidade fitoplanctônica em dois contribuintes fluviais.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização e Características do estuário

O estuário dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim localiza-se no município de Aracruz. Este município faz parte da Região Litoral Norte, que se situa na

faixa litorânea centro-norte do Estado do Espírito Santo (Figura 1). O estuário localizado a $19^{\circ} 49'06''$ de latitude sul, $40^{\circ} 16'37''$ de longitude oeste de Greenwich de $40^{\circ} 16'37''$ e possui uma área de 1.435 km^2 , equivalente a 3,15% do território estadual. Limita-se ao norte com o município de Linhares; ao sul com Fundão; a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com Ibiracu e João Neiva, distando de Vitória cerca de 85 km (CALIMAN, 1997).

Além do município, é compreendido pelos distritos de Guaraná, Jacupemba, Riacho e Santa Cruz. A bacia hidrográfica do município é a do Rio Riacho, destacando-se os rios Gimihuna, Piraquê-Açu e Comboios.

O clima é tropical litorâneo, com inverno seco, pouco acentuado. As chuvas são mais freqüentes entre os meses de outubro e janeiro e observam-se estiagens de verão entre janeiro e fevereiro. O índice pluviométrico anual é cerca de 1250 mm (CALIMAN, 1997).

Ao longo do município de Aracruz, existem sete unidades de conservação: Reserva Indígena do Pau Brasil, Reserva Indígena de Comboios, Reserva Indígena de Caieiras Velha, Reserva Florestal de Aricanga, Reserva Biológica de Comboios, Reserva Biológica dos Manguezais dos Rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim e a Estação Biológica Marinha.

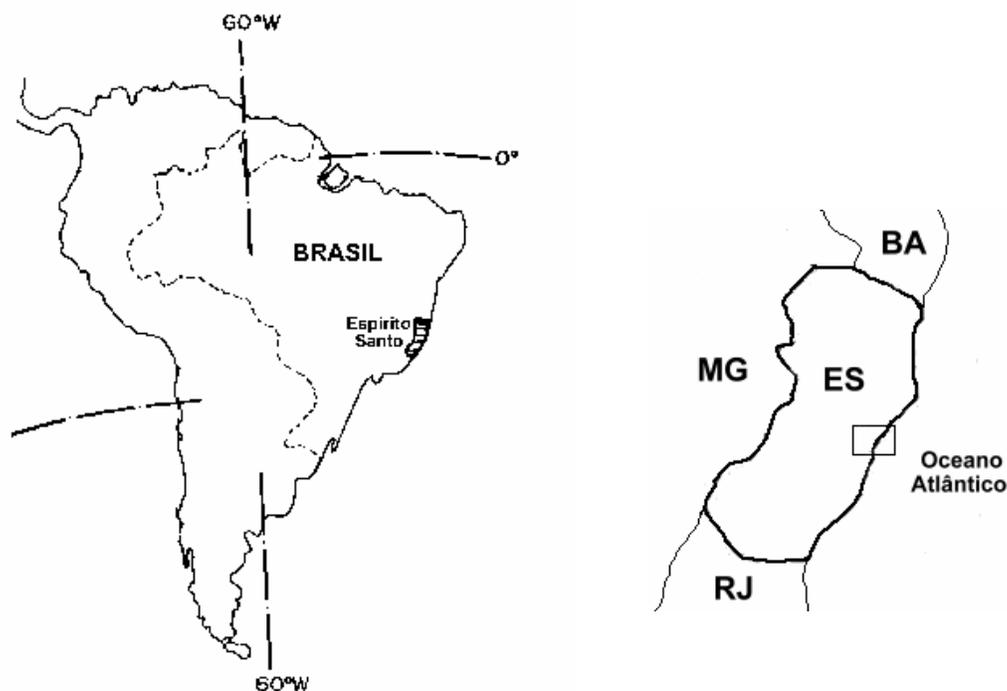


Figura 1: Localização do Estado do Espírito Santo e da área de amostragem (DIAS JR, 1998).

3.2. Cobertura Vegetal

Historicamente, a área era totalmente coberta por densa Mata Atlântica, por vegetação de restinga, mangue exuberante e, nas regiões baixas, campos alagados (CALIMAN, 1997).

Hoje, a vegetação primitiva encontra-se restrita a pequenas áreas, devido à base econômica do município ter sido centrada no extrativismo vegetal, com exploração intensa e predatória dos recursos florestais, e ainda, com implantação da Aracruz Celulose, foram utilizadas extensas áreas de floresta do município para o plantio do eucalipto.

Nesta área destaca-se o manguezal de Aracruz, muito extenso e em bom estado de conservação; é formado nas fozes dos Rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, cujas águas se misturam com as do mar, favorecendo condições ótimas para o desenvolvimento dessa vegetação. Este manguezal é rico em caranguejos, ostras e mariscos; é um ambiente propício para peixes, sendo um verdadeiro berçário da vida marinha. O ecossistema está sendo explorado artesanalmente para pesca e coleta de ostras e caranguejos.

Ainda não foram obtidos para esta área estudos sobre impactos antrópicos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Dados meteorológicos

Dados referentes à pluviosidade e à temperatura do ar referentes ao período de julho de 2003 a março de 2004 foram obtidos na estação meteorológica da Aracruz Celulose S.A., localizada próximo a região estudada.

4.2. Plano de amostragem

Quatro pontos de amostragem foram estabelecidos, sendo dois pontos no Rio Piraquê-Açú e dois pontos no Rio Piraquê-Mirim.

Os pontos 1 (PA1 e PM1) localizam-se mais distantes à foz de cada rio e os pontos 2 (PA2 e PM2) se localizam próximo à região oceânica (Figura 2) .

As amostragens foram realizadas bimestralmente de agosto de 2003 a fevereiro de 2004, ressaltando dois períodos pluviométricos: seco (agosto) e chuvoso (fevereiro) .

Todas as amostragens e medições foram realizadas em cada ponto a duas profundidades (superfície e fundo) e na fase vazante de quadratura da maré.

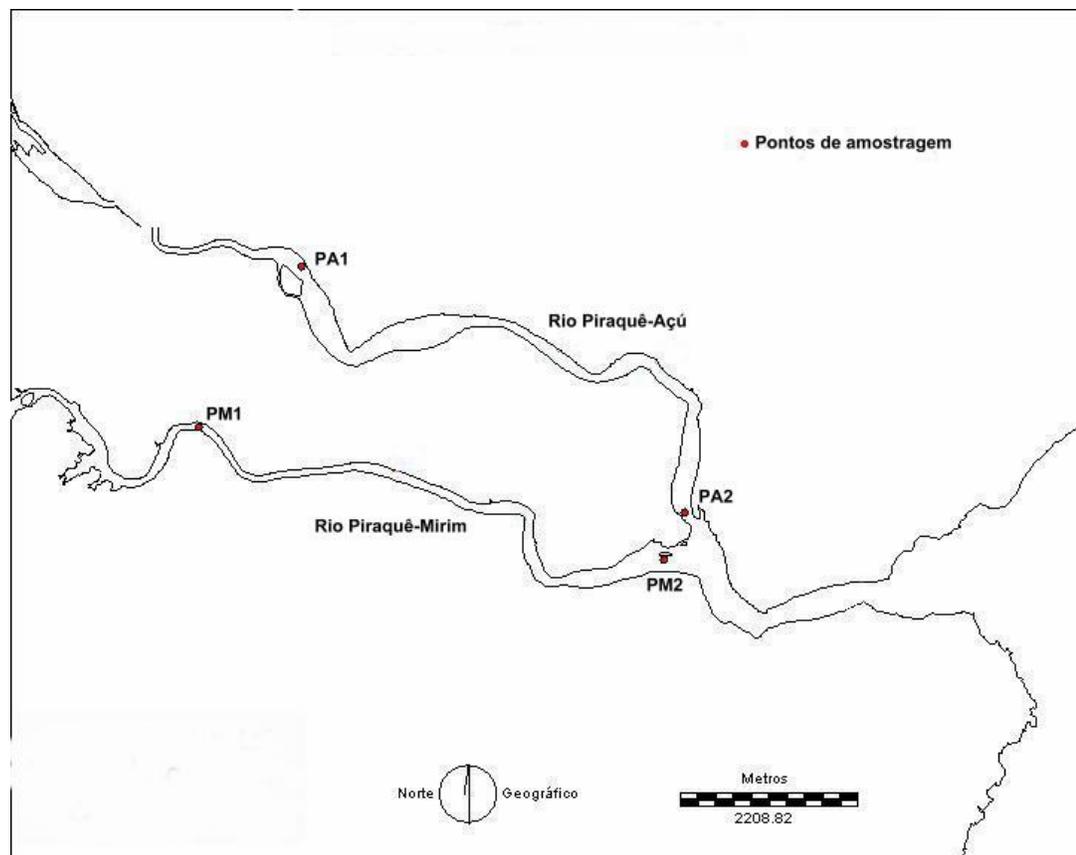


Figura 2: Localização dos pontos de amostragem na área de estudo (BARROSO, 2004).

4.2.1. Variáveis físicas e físico-químicas

A temperatura da água foi medida com o auxílio de um equipamento multiparâmetros YSI 556 MPS na superfície e fundo de cada ponto analisado. A transparência da água foi determinada em cada ponto com o auxílio do disco de Secchi pintado de branco e preto, com 30 cm de diâmetro, sempre na parte sombreada do barco.

O pH, foi determinado com o uso de pHmetro *Digimed* modelo DM-PV.

4.2.2 Variáveis químicas

A salinidade foi determinada com o auxílio do aparelho multiparâmetros YSI 556 MPS.

Amostras foram coletadas com o uso da garrafa de Van Dorn para determinação de oxigênio dissolvido, ortofosfato, nitrato, nitrito e silicato. Posteriormente foram acondicionadas em frascos mantidos em baixa temperatura, com exceção das amostras para determinação do oxigênio dissolvido, e foram levadas para o laboratório para a quantificação dos teores destes componentes.

Para a determinação do nitrogênio, as amostras foram transformadas em nitrato com persulfato de potássio, seguindo o método de Valderrama (1981). A seguir o nitrato foi dosado para nitrito segundo o método descrito por Baumgarten et al (1996). A determinação do fósforo foi feita através da transformação do fosfato em ortofosfato, baseado no método descrito por Paranhos (1996). O silicato foi determinado de acordo com o método descrito por Baumgarten et al (1996). Para a determinação do oxigênio dissolvido seguiu-se a metodologia de titulação de Winkler segundo Mackereth et al. (1978).

4.2.3. Clorofila *a* e feofitina

Para a determinação da clorofila *a* e feofitina, as amostras com volume conhecido foram filtradas, ainda *in situ* em filtros de fibra de vidro GF/F 25 mm de diâmetro, sendo estes armazenados em papel alumínio dentro de frasco escuro contendo sílica gel, para posterior análise laboratorial.

As determinações de clorofila *a* e feofitina foram feitas seguindo-se os métodos descritos por Lorenzen (1967), constituindo-se na extração dos pigmentos por solução de acetona 90% no escuro. Após pernoite na geladeira, o material foi centrifugado por 30 min em centrífuga Fanem modelo 208 N e o sobrenadante foi colocado em uma cubeta de 10 ml e as absorvâncias foram determinadas espectrofotometricamente (665 e 750 nm) em aparelho B 582 Micronal. Seqüencialmente à primeira leitura, as amostras foram acidificadas com ácido clorídrico 0,1 N e uma nova leitura foi realizada para a quantificação de clorofila *a* ativa e feofitina.

4.2.4. Fitoplâncton

4.2.4.1. Coletas, tratamento de amostras e análises qualitativas

As amostragens qualitativas foram feitas com arrasto horizontal na sub-superfície de cada ponto de amostragem com uma rede de plâncton do tipo cilíndrico-cônica com abertura de malha 60 μm e 30 cm de diâmetro de boca, à baixa velocidade. Posteriormente às coletas, a fixação das amostras foi feita com solução de formalina a 2%. Porém, parte delas foi mantida sem fixador e guardada em refrigerador para possível identificação de organismos vivos.

Para esta análise foram utilizadas as amostras vivas, fixadas com formalina e as amostras coletadas com a garrafa de Van Dorn.

A análise qualitativa, para a obtenção da lista de espécies fitoplanctônicas, foi realizada em microscópio óptico (Olympus CX41), equipado com câmara

clara, ocular de medição e equipamento de fotocaptura digital, onde os organismos foram identificados analisando-se as suas características morfológicas e morfométricas, utilizando bibliografia especializada, das quais se destacam: TOMAS, 1997; BALECH, 1988; BICUDO e PARRA, 1995; UFPE, 1990.

4.2.4.2. Coletas, tratamento de amostras e análises quantitativas

As amostragens quantitativas do fitoplâncton foram feitas conjuntamente com as amostras químicas, na superfície e fundo dos pontos com o uso da garrafa de Van Dorn e fixadas com solução de formalina a 2%.

A determinação quantitativa do fitoplâncton foi feita utilizando-se câmaras de sedimentação de Uthermöhl (UTHERMÖHL, 1958) em microscópio invertido Zeiss 135 *Axiovert* com aumento de 400 vezes, após um tempo mínimo de sedimentação de 12 horas. O volume de água sedimentada foi de 25 ml para cada amostra.

O procedimento de contagem escolhido foi o dos campos aleatórios descritos por Uehlinger (1964). As coordenadas do campo foram geradas por computador e localizadas na platina do microscópio. Para cada contagem, foi gerado um sistema de campos aleatórios diferentes. O critério utilizado para determinação do número de campos a serem contados foi o que procura alcançar 100 indivíduos da espécie mais abundante. De acordo com Lund et al. (1958), isto permite trabalhar com intervalos de confiança de +/- 20% da média, a um nível de significância de 95%, o que é considerado suficiente para estudos desta natureza. Em razão da grande desproporcionalidade da espécie numericamente dominante, optou-se por contar 100 indivíduos da segunda espécie mais abundante ou um mínimo de 25 campos para cada amostra (DIAS JR, 1990). Para cada amostra foi contada duas réplicas, tendo como resultado final uma média entre as duas contagens. Os resultados foram expressos em indivíduos por unidade de volume (ml), calculado pela fórmula modificada de Wetzel e Likens (1979):

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

Onde:

N= Número de células (ou indivíduos) por ml

n= Número de células (ou indivíduos) contadas

a= Área contada (n.º de campos x área do campo)

A = Área total da câmara

V= Volume total sedimentado

Para os indivíduos unicelulares cada célula foi considerado um indivíduo, assim como para os indivíduos que formam colônias, cenóbios e filamentos.

4.2.4.3. Diversidade específica

A partir dos valores de densidade do fitoplâncton foi calculado o Índice de Diversidade Específica, utilizando-se o índice de diversidade de Shannon-Weaver (1963), através da seguinte fórmula:

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

Sendo: **H**= Diversidade específica da amostra (bits/indivíduos)

$$p_i = n/N \quad n = \text{densidade da espécie } i$$

$$N = \text{densidade total da amostra}$$

4.2.4.4. Estimativa do biovolume

Para a obtenção dos valores da biomassa fitoplanctônica do estuário foram estimados os volumes celulares das algas fitoplanctônicas através do método da transformação das células em figuras geométricas tridimensionais a partir dos dados de densidade, seguindo a metodologia de Edler (1979). Para determinação dos volumes celulares foram medidos pelo menos 20 indivíduos da espécie mais abundante para cada ponto em cada período de amostragem.

Para as espécies menos abundantes foram medidos pelo menos 30 indivíduos ao longo de todo período de estudo, para a obtenção das médias bimestrais das dimensões. Todos os indivíduos com mais de uma célula tiveram seu número de células contado para cálculo de volume celular. As medidas foram realizadas utilizando-se microscópio óptico comum equipado com câmara ocular de medição e o microscópio invertido também equipado com câmara ocular micrométrica.

As médias mensais foram transferidas para figuras geométricas tridimensionais com formas semelhantes às das células, e determinados seus volumes através de fórmulas conhecidas em geometria espacial, manualmente ou utilizando o programa Biovol 2.1. Assim foi estimado o volume médio mensal de cada espécie de acordo com a metodologia descrita por Edler, 1979.

As médias aritméticas obtidas de cada espécie foram então multiplicadas pelos seus resultados obtidos nas contagens do número de indivíduos, estimando-se os biovolumes de cada espécie, com resultados expressos em mm^3 por unidade de volume (litro). Os indivíduos foram separados em quatro classes de tamanho, em relação ao biovolume: Classe I ($< 1.000 \mu\text{m}^3$), Classe II (1.000 a $10.000 \mu\text{m}^3$), Classe III (10.000 a $100.000 \mu\text{m}^3$) e Classe IV ($> 100.000 \mu\text{m}^3$), adaptado de Dias Jr. (1998).

4.2.5. Análise de agrupamento

Um estudo do agrupamento das diversas variáveis bióticas e abióticas foi feito através da análise fatorial em componentes principais.

O programa utilizado foi o STATISTICA. Essa análise foi aplicada para os períodos e pontos de amostragem sobre as variações da densidade numérica das 6 classes de algas, do biovolume total e da diversidade específica do fitoplâncton, bem como das variáveis abióticas como temperatura, salinidade, pH, pluviosidade, transparência, oxigênio dissolvido, clorofila *a*, feofitina e nutrientes, considerando-se todas as coletas.

5- RESULTADOS

5.1. Dados metereológicos

A Figura 3 mostra a variação temporal da precipitação (total mensal) e temperatura do ar (média mensal) no período de julho de 2003 a março de 2004, incluindo nestes as fases de amostragem no campo (agosto, outubro e dezembro de 2003 e fevereiro de 2004). O maior índice de precipitação durante o período de amostragem foi registrado no mês de janeiro (191 mm) e o menor no mês de agosto (22,1 mm). Pôde-se observar que a partir de dezembro de 2003 os valores de precipitação estiveram acima de 100 mm. Os valores de temperatura do ar durante o período de amostragem variaram de 21,3°C (agosto de 2003) a 24,8°C (fevereiro de 2004). De julho a outubro de 2003 as temperaturas médias estiveram abaixo de 23°C e a partir de novembro, acima de 24°C.

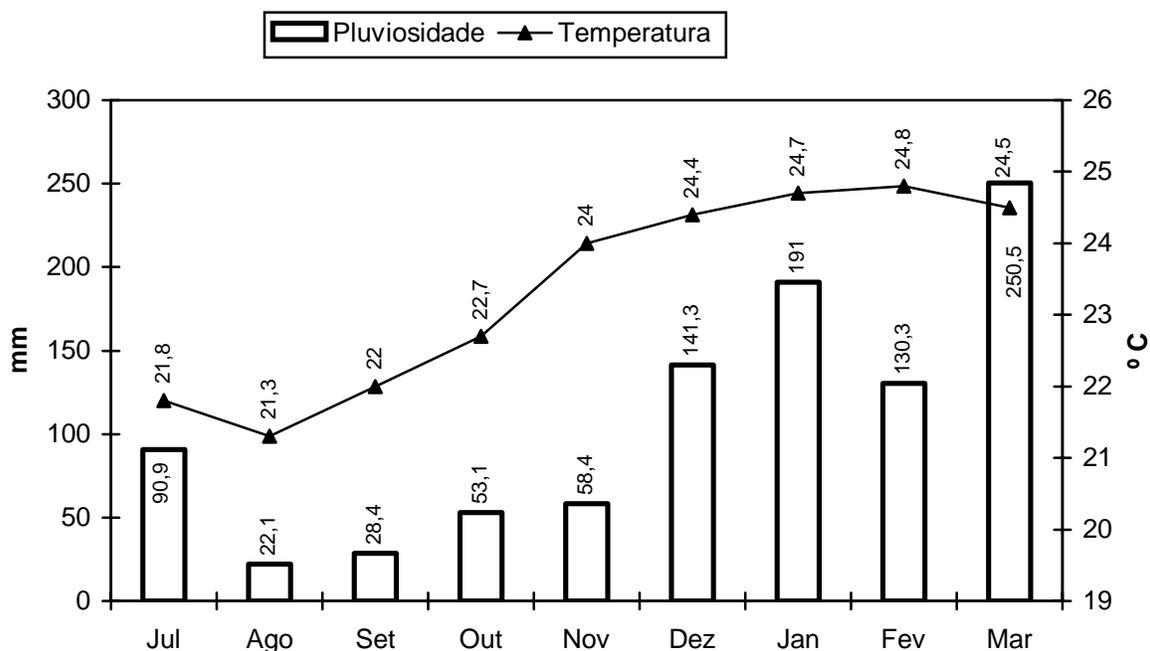


Figura 3 : Dados de pluviosidade(mm) e de temperatura (°C) do ar (médias mensais) na área de estudo no período de julho de 2003 a março de 2004.

5.2. Variáveis físicas, físico-químicas e químicas

A transparência da água e a profundidade de cada ponto estão representados na Figura 4. A transparência variou de 0,9 (ponto 2 em agosto) a 1,7 m (ponto 1 em fevereiro) no Rio Piraquê-Açú e de 1,1 (ponto 2 em fevereiro) a 1,8 m (ponto 1 em dezembro) no Rio Piraquê-Mirim. A profundidade variou de 1,5 (ponto 2 em outubro) a 2 m (ponto 1 em fevereiro) no Rio Piraquê-Açú e de 1,8 (ponto 1 em dezembro) a 2,1 (ponto 1 em agosto e outubro e ponto 2 em outubro e dezembro) no Rio Piraquê-Mirim. Os pontos do Rio Piraquê-Mirim apresentaram-se mais profundos que no Rio Piraquê-Açú. A penetração de luz ocorreu na maioria dos pontos na quase totalidade da coluna d'água e chegou a totalidade em alguns pontos: no PA1 e no PM1 em dezembro.

A Figura 5 representa a variação da temperatura da água nos quatro pontos estudados durante os meses de agosto, outubro, dezembro e fevereiro. Os valores obtidos para a temperatura da água mostraram uma relativa homogeneidade térmica em toda coluna d'água, não apresentando portanto, grande margem de variação entre superfície e fundo. Pôde-se observar um gradual aumento da temperatura de agosto a fevereiro nos dois rios. No Rio Piraquê-Açú a temperatura variou de 24 (ponto 1 superfície e fundo em agosto) a 30,13°C (ponto 2 superfície em fevereiro), enquanto que no Rio Piraquê-Mirim variou de 23,9 (ponto 1 fundo em agosto) a 30,13°C (ponto 1 superfície em fevereiro).

Os valores de salinidade apresentados na Figura 6 mostraram uma variação de 5,68 (PA1 superfície em fevereiro) a 37,9 (PA2 superfície em agosto). Houve um padrão semelhante de salinidade entre os meses de agosto, outubro e dezembro com pequenas diferenças entre a camada superficial e profunda. Nesses meses a variação foi de 25,8 (PA1 fundo) a 37,9 (PA2 superfície), ambos registrados no mês de agosto. No mês de fevereiro foram observados os menores valores de salinidade nos dois rios onde esses valores

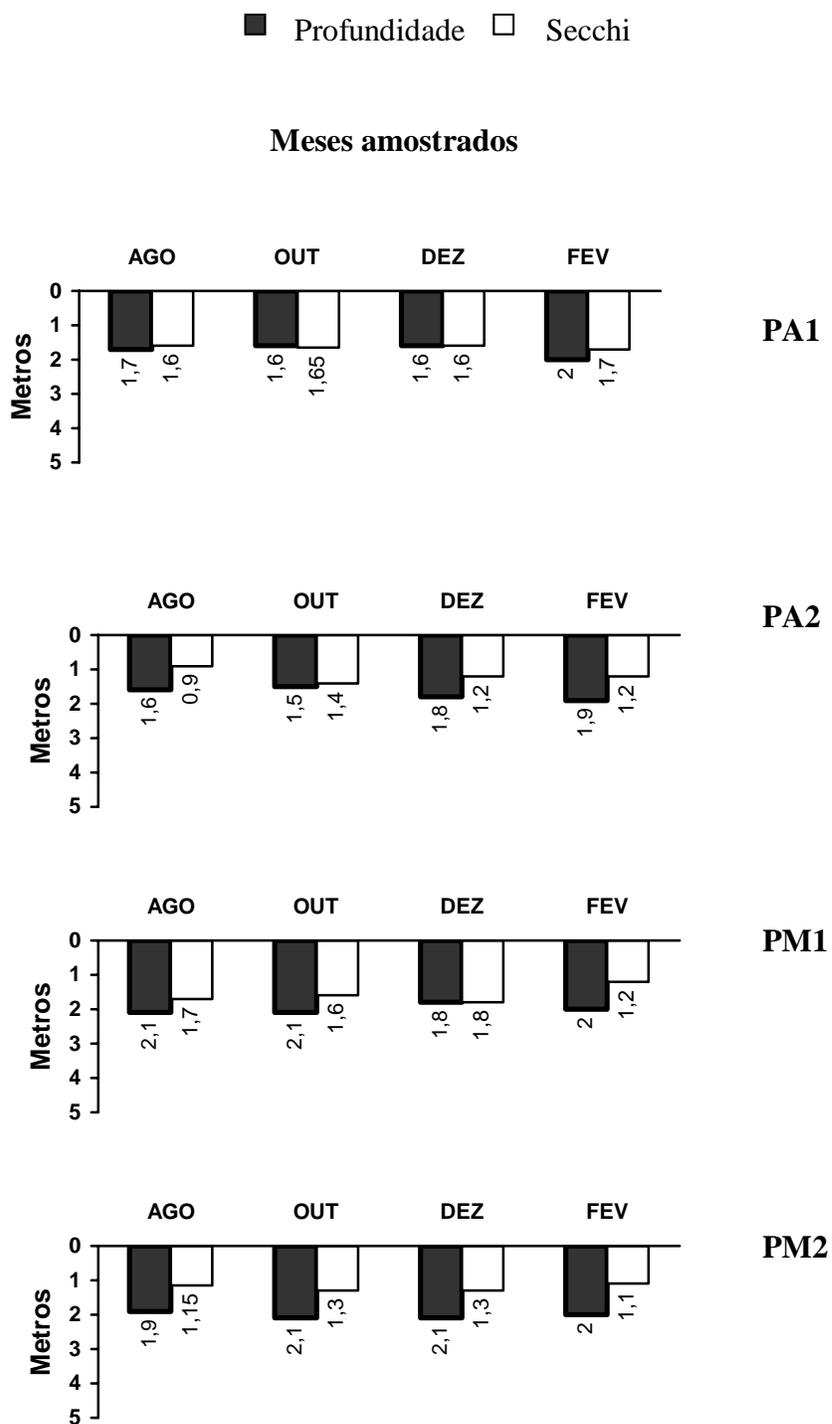


Figura 4: Variação da transparência da água (m) nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

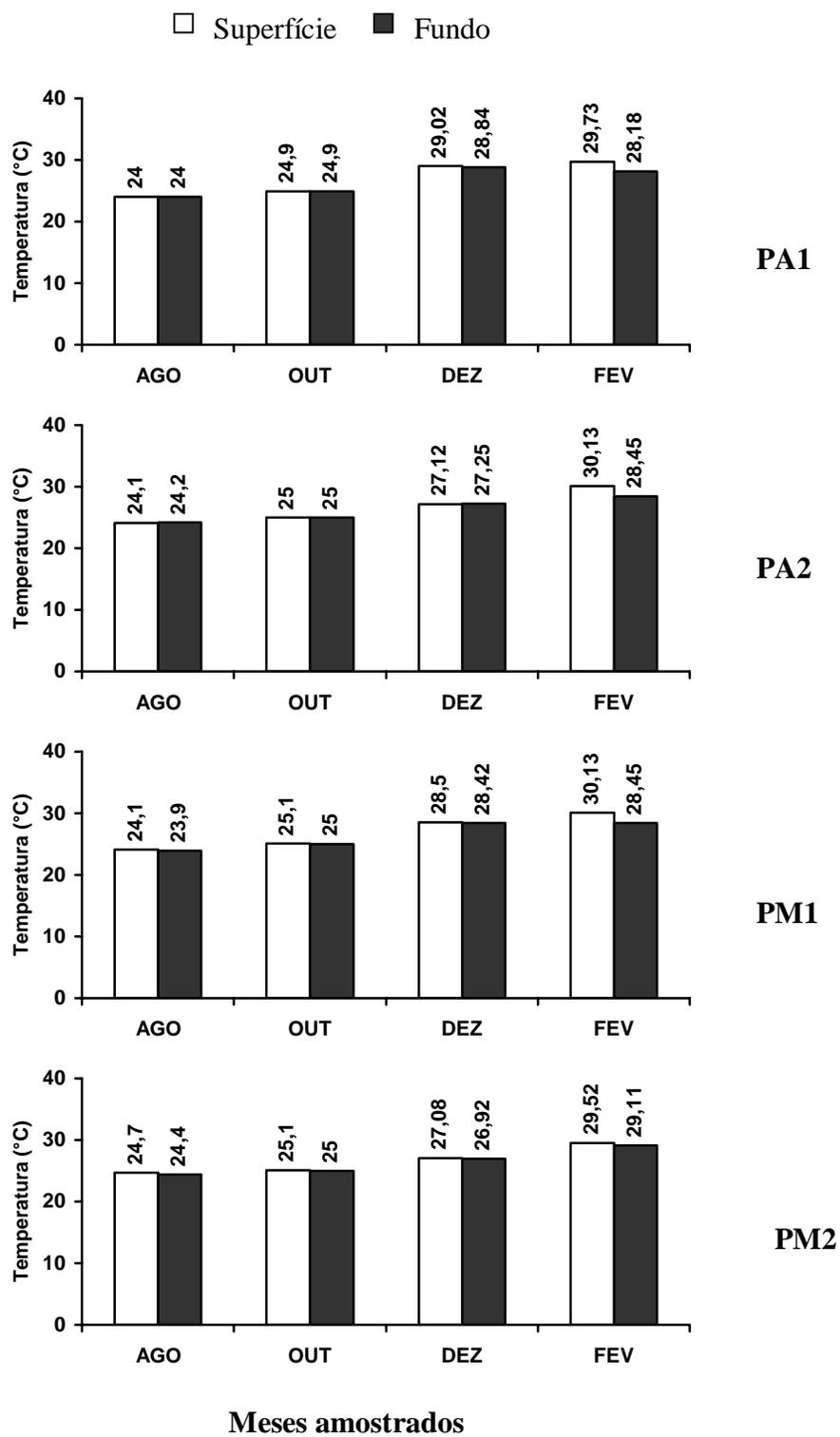


Figura 5: Variação da temperatura da água (°C) nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

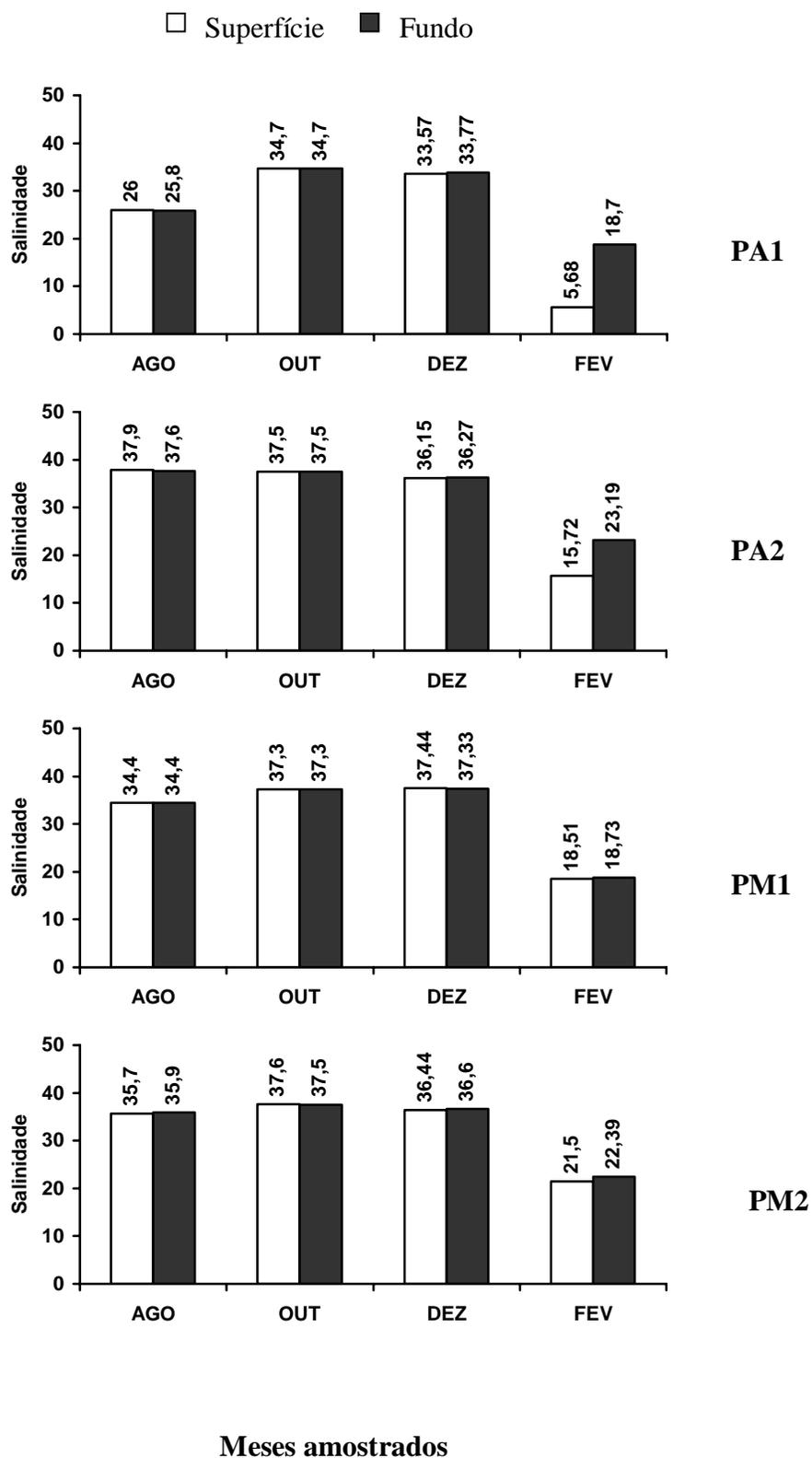


Figura 6: Variação da salinidade nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

foram sempre menores na superfície que no fundo chegando ao valor mínimo na superfície do ponto 1 do Rio Piraquê-Açú e máximo de 23,19 no fundo do ponto 2 do mesmo rio.

A Figura 7 representa a variação nos valores de pH entre os pontos e entre os períodos. O pH apresentou grande variação nos valores entre os quatro meses estudados, principalmente no mês de fevereiro quando o pH mostrou-se mais alcalino em todos os quatro pontos na superfície e fundo, com maiores valores no ponto 2 de cada rio. Nos demais meses o pH variou de levemente ácido a levemente alcalino com valores entre 5,72 (fundo do PA1 em outubro) e 7,73 (fundo do PA2 em agosto). Com relação à variação longitudinal não se verificou diferenças notáveis entre os pontos já que o mesmo padrão foi seguido nos meses estudados.

A Figura 8 mostra a variação do oxigênio dissolvido, em mg/L, na área de estudo. A superfície e fundo apresentaram pequenas margens de variação, atingindo diferença máxima de 0,14 mg/L no ponto 2 do Rio Piraquê-Açú em dezembro, o que indica elevado grau de homogeneidade do meio em relação à concentração desse gás. O ponto 2 de ambos os rios apresentou maiores valores de oxigênio dissolvido na superfície e fundo quando comparados a cada ponto 1 nos mesmos períodos. Pôde-se observar variação entre 0,65 (PA1 superfície em outubro) e 1,19 mg/l (PA2 superfície em dezembro) no Rio Piraquê-Açú e entre 0,58 (PM1 superfície em outubro) e 1,11 mg/l (PM2 superfície em dezembro) no Rio Piraquê-Mirim.

Os valores da concentração de ortofosfato são apresentados na Figura 9. A distribuição do ortofosfato seguiu o mesmo padrão em todos os períodos com pequena diferença na concentração desse nutriente entre superfície e fundo dos pontos. Menores valores foram observados em agosto e outubro e valores mais elevados em dezembro e fevereiro onde o aumento de ortofosfato foi intensificado de dezembro para fevereiro em todos os pontos. A variação de ortofosfato foi de 1,09 (PA2 superfície em agosto) a 76,95 $\mu\text{g/l}$ (PA2 fundo em fevereiro) no Piraquê-Açú e de 3,41 (PM1 fundo em outubro) a 74,45 $\mu\text{g/l}$ (PM1

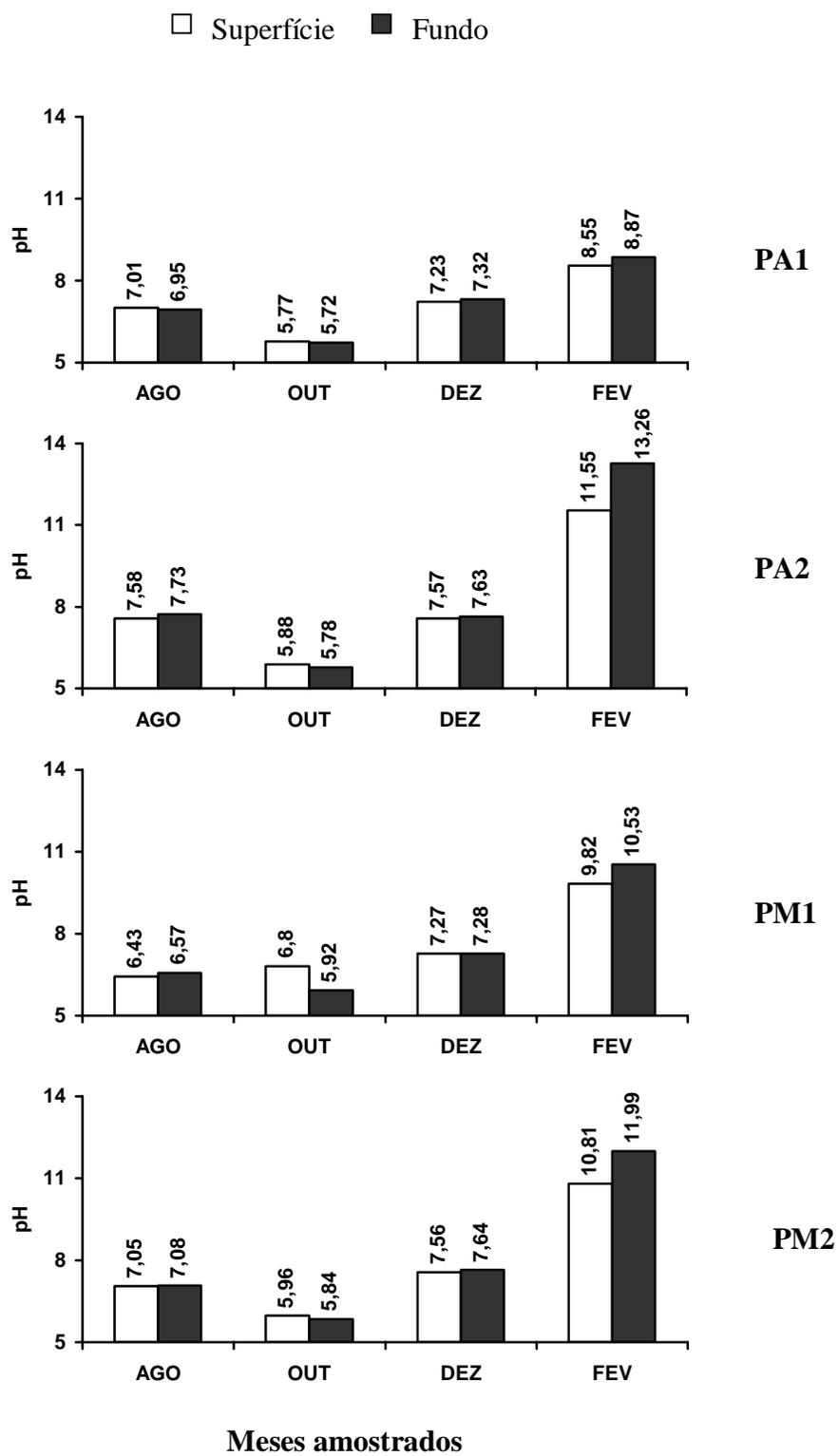


Figura 7: Variação do pH nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

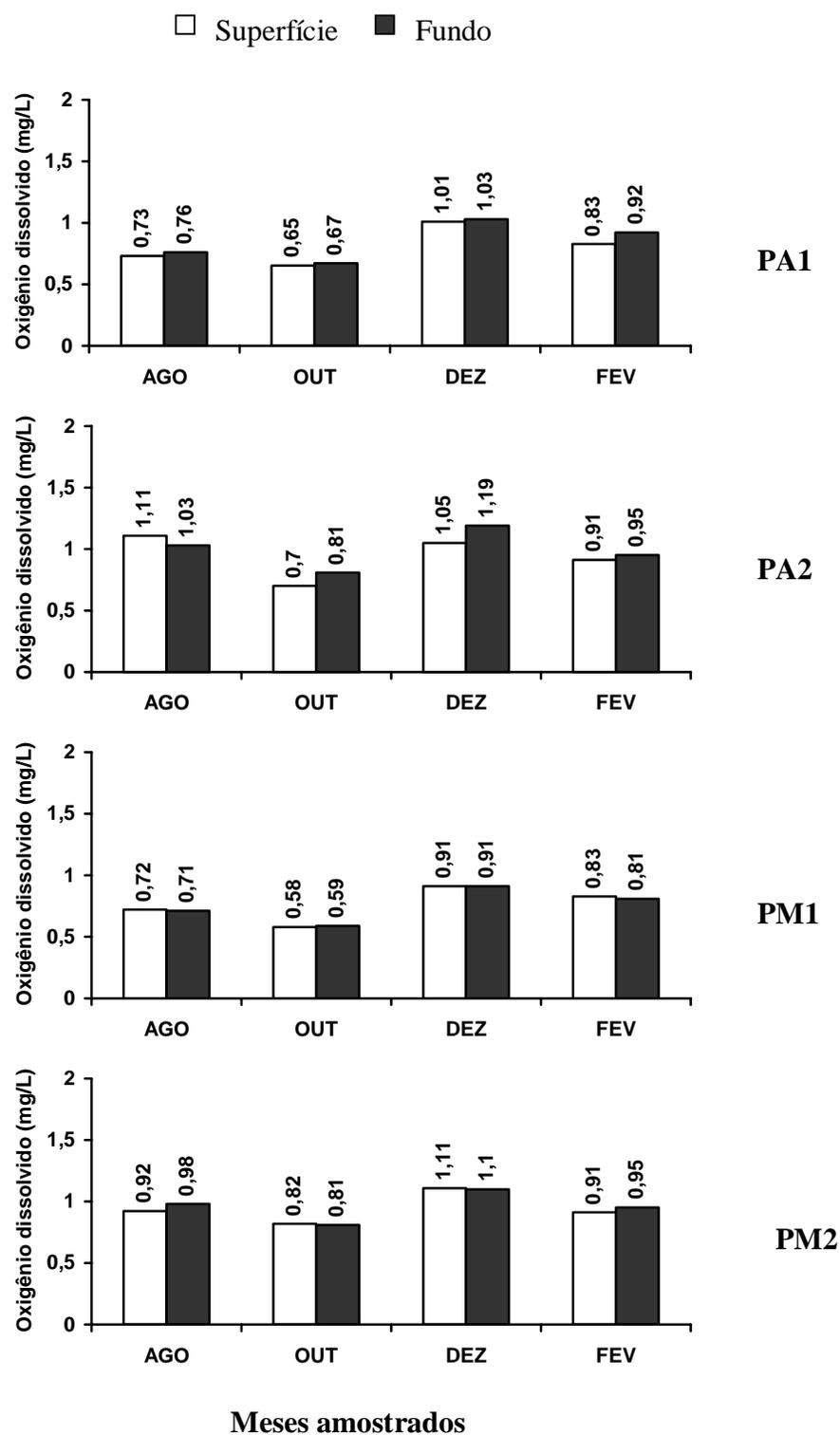


Figura 8: Variação da concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

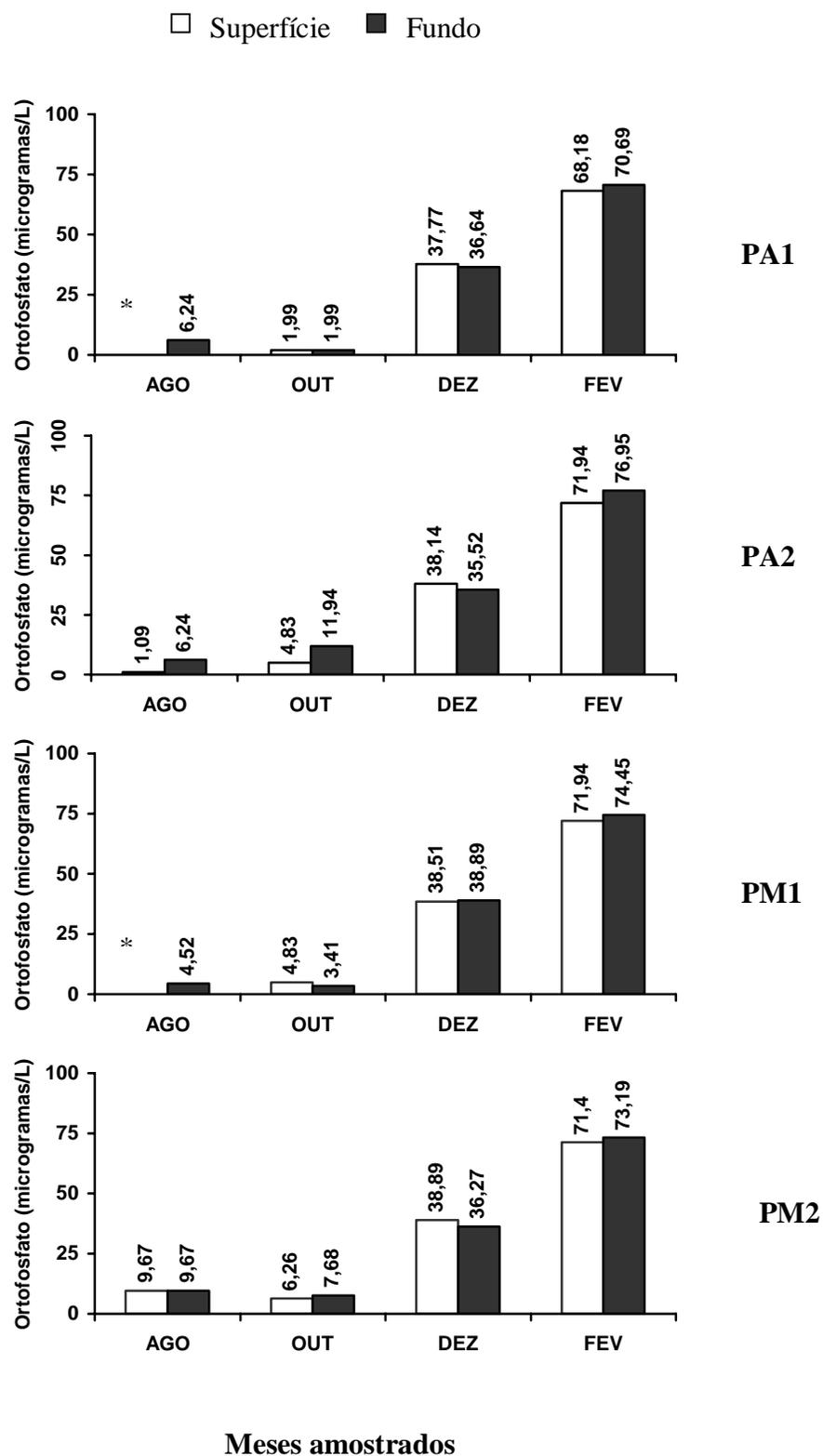


Figura 9: Variação da concentração de ortofosfato ($\mu\text{g/L}$) nos quatro meses amostrados: agosto; outubro; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2). * Dados não obtidos

fundo em fevereiro) no Piraquê-Mirim. Este nutriente teve seus maiores valores em fevereiro na camada profunda em todos os pontos dos rios. Não foi possível obter dados para este nutriente no ponto 1 dos dois rios no mês de agosto.

A concentração de nitrito apresentou distribuição bastante irregular (Figura 10). Pôde-se observar que no Rio Piraquê-Açú houve uma variação de 0,49 (PA1 fundo em fevereiro) a 26,98 $\mu\text{g/l}$ (PA2 fundo em outubro) e de 0,49 (PM2 fundo em fevereiro) a 11,91 (PM2 superfície em outubro) $\mu\text{g/l}$ no Piraquê-Mirim, não obedecendo a nenhum padrão nítido de distribuição no que diz respeito à variação longitudinal, vertical e temporal. Na camada profunda no ponto 2 do Rio Piraquê-Açú, em outubro, foi registrado o maior valor de nitrito (26,98 $\mu\text{g/l}$) e também a maior diferença entre a concentração deste composto entre as duas profundidades (16,84 $\mu\text{g/l}$) amostradas. A determinação desse nutriente não foi possível na superfície dos dois pontos do Piraquê-Mirim no mês de fevereiro.

A concentração de nitrato no estuário variou de 41,5 a 73,1 $\mu\text{g/l}$ no Piraquê-Açú e de 47,04 a 77,04 $\mu\text{g/l}$ no Piraquê-Mirim, sendo os maiores valores registrados no fundo do ponto 2 no mês de outubro e os menores valores na superfície do ponto 1 no mês de dezembro em ambos os rios. O mês de dezembro apresentou os menores valores para este nutriente quando comparados com os demais meses, oscilando entre 41,5 (PA2 superfície) e 50,32 $\mu\text{g/l}$ (PM1 fundo). Os maiores teores foram detectados em outubro com valores acima de 66,84 $\mu\text{g/l}$, exceto no fundo do PA2 que registrou valor de 53,89 $\mu\text{g/L}$ (Figura 11). Padrão de diferenciação entre os pontos não foi encontrado. A determinação da concentração de nitrato no mês de fevereiro não foi possível de ser realizada.

Em relação à concentração de silicato houve grande variação entre superfície e fundo no ponto 2 do Rio Piraquê-Açú no mês de fevereiro chegando à uma diferença de 731,4 $\mu\text{g/l}$ entre as duas profundidades. Esta variação também foi verificada no Rio Piraquê-Mirim no ponto 1 do mesmo mês,

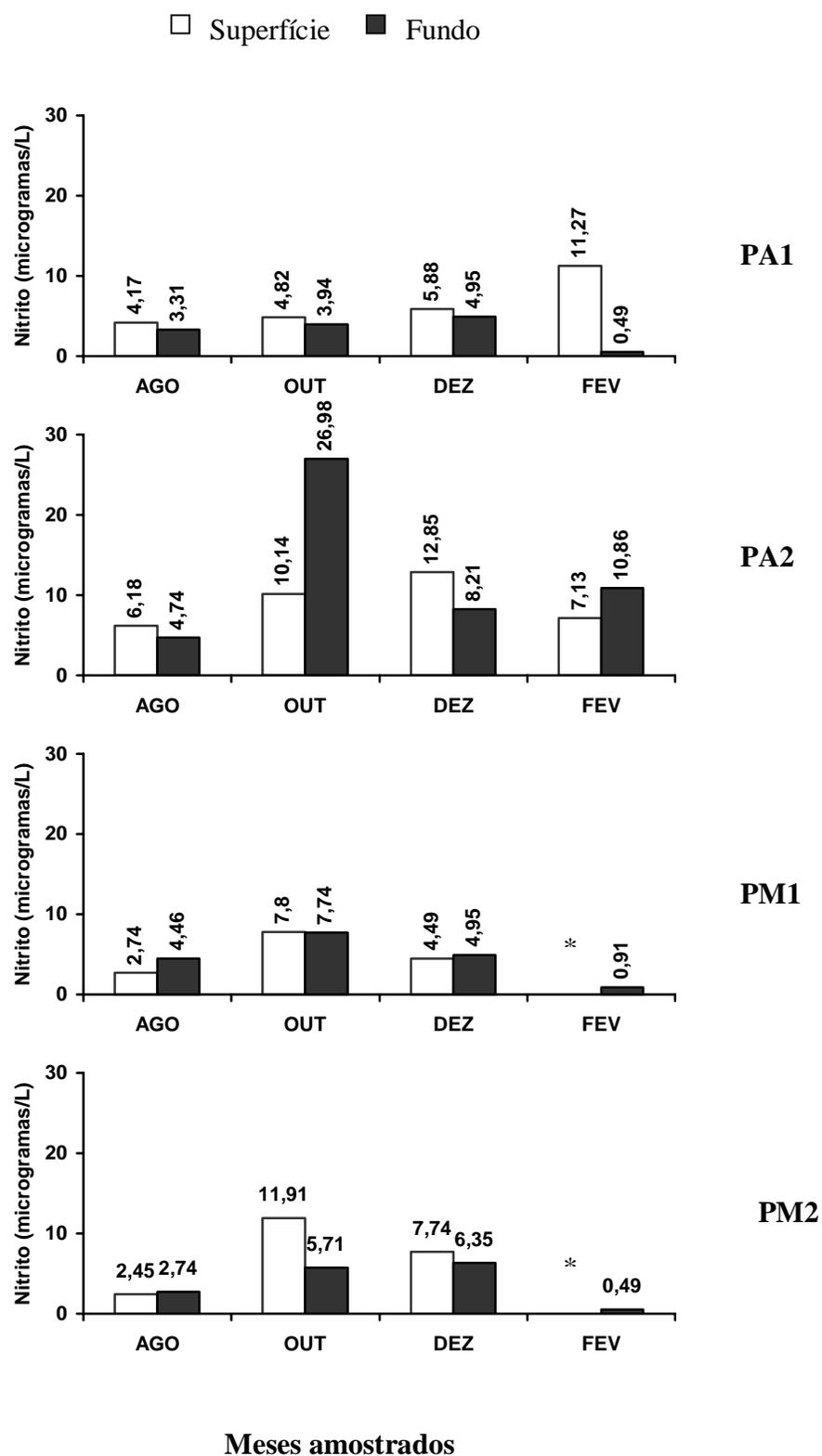


Figura 10: Variação da concentração de nitrito ($\mu\text{g/L}$) nos quatro meses amostrados: agosto; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2). * Dados não obtidos

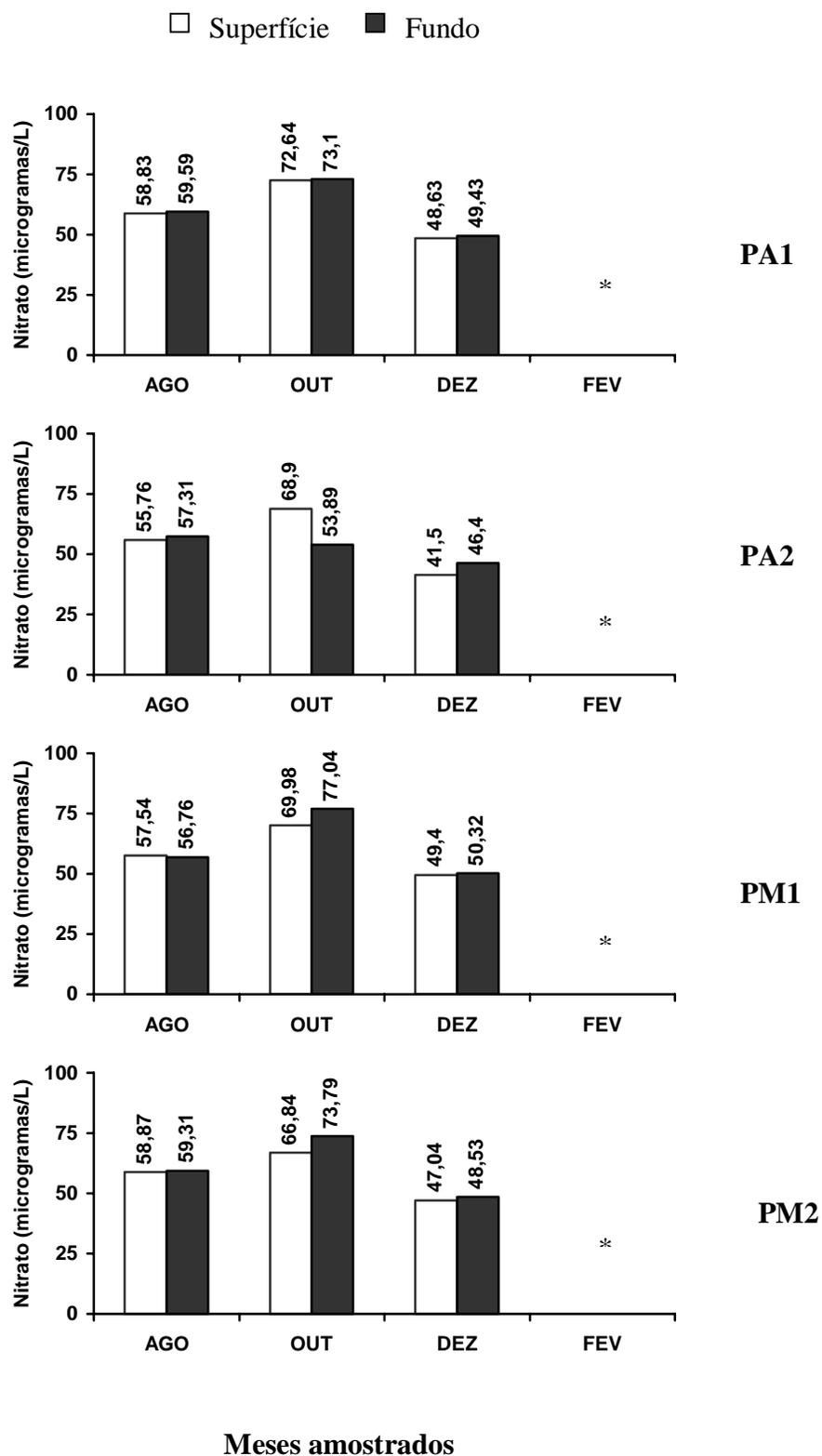


Figura 11: Variação da concentração de nitrato ($\mu\text{g/L}$) nos quatro meses amostrados: agosto; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2). * Dados não obtidos

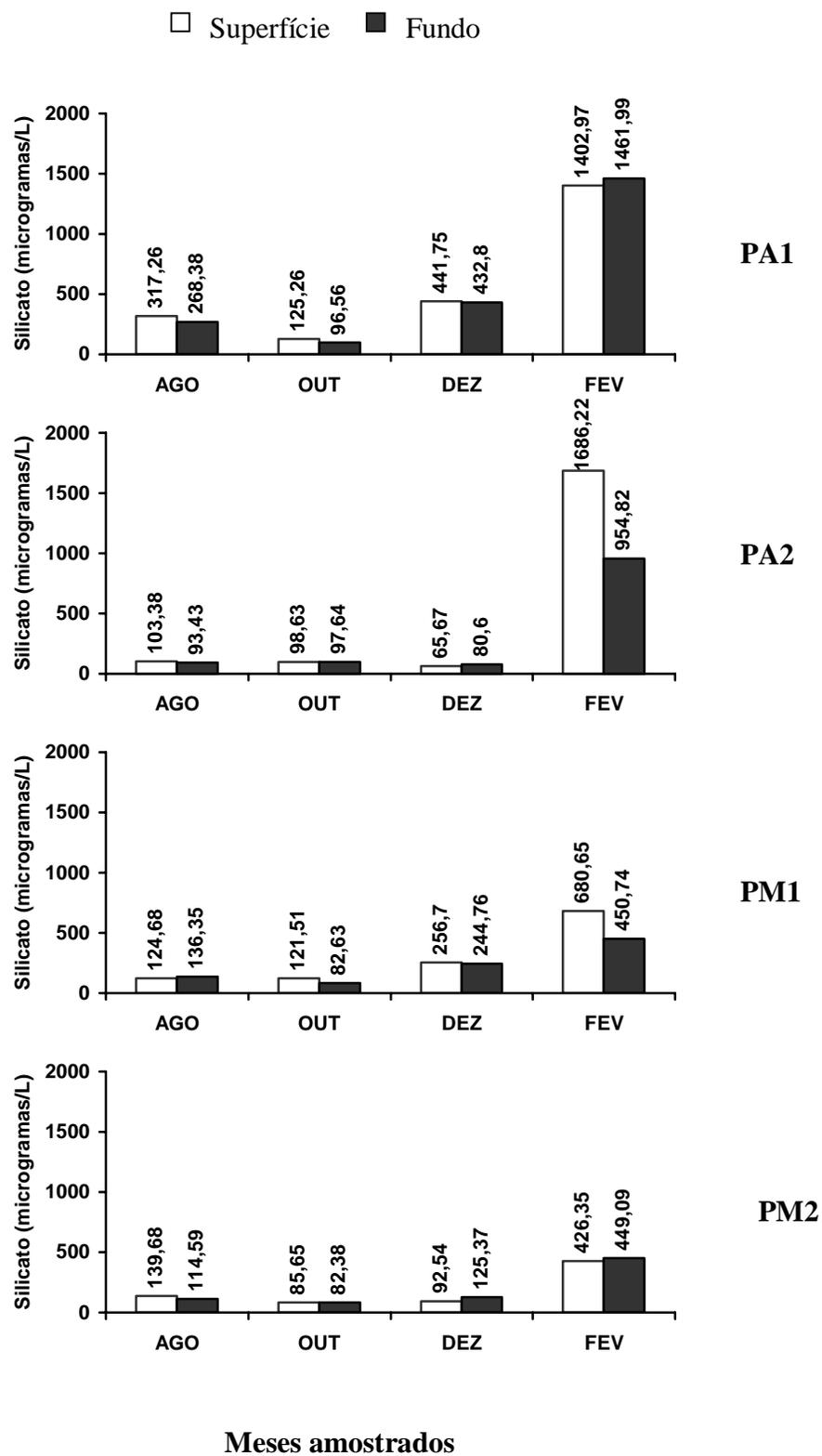


Figura 12: Variação da concentração de silicato ($\mu\text{g/L}$) nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

porém menos intensificada com diferença de 229,91 $\mu\text{g/l}$ entre a camada superficial e profunda. Nos outros pontos a variação vertical deste nutriente foi menos pronunciada (Figura 12). Os meses de agosto, outubro e dezembro apresentaram menores valores de silicato enquanto que no mês de fevereiro esses valores foram maiores em todos os quatro pontos chegando ao seu máximo valor na superfície do ponto 2 do Piraquê-Açú neste mês (1.682,22 $\mu\text{g/l}$). No Piraquê-Açú houve variação de silicato entre 65,7 (PA2 superfície em dezembro) e 1682,22 $\mu\text{g/l}$ (PA2 superfície em fevereiro), e no Piraquê-Mirim a variação foi de 82,63 (PM1 fundo em outubro) a 680,65 $\mu\text{g/l}$ (PM1 superfície em fevereiro) .

5.3. Clorofila a e feofitina

A concentração de clorofila a e feofitina na superfície e fundo dos pontos 1 e 2 do Rio Piraquê-Açú, apresentada na Figura 13, mostra a irregularidade dos teores desses pigmentos em relação às variações espaço-temporais no período estudado. Observou-se que os valores de feofitina foram superiores aos de clorofila a na maioria dos pontos e meses amostrados, excetuando-se a camada profunda do pontos 1 no mês de outubro (6,68 $\mu\text{g/l}$) e o fundo do ponto 2 no mês de agosto e outubro (2,43 e 3,14 $\mu\text{g/l}$ respectivamente). Os maiores valores de feofitina foram verificados no ponto 2 no mês de fevereiro: 18,84 $\mu\text{g/l}$ na superfície e 12,1 $\mu\text{g/l}$ no fundo. Já a clorofila a esteve abaixo dos níveis de detecção em várias análises: em outubro, dezembro e fevereiro na superfície do ponto 1; em dezembro e fevereiro no fundo do ponto 1 e superfície do ponto 2; e em dezembro na camada profunda do ponto 2. Este pigmento teve seu maior valor no fundo do ponto 1 em outubro neste rio.

Na Figura 14, a variação da concentração de clorofila a e feofitina está relacionada ao Rio Piraquê-Mirim que também seguiu um padrão irregular das variações espaço - temporais como no Rio Piraquê-Açú. Semelhança entre os

rios foi observada também no que diz respeito aos maiores valores de feofitina em relação à clorofila *a* na maioria dos dados obtidos, exceto na superfície do ponto 2 nos meses de outubro (4,01 µg/l) e fevereiro (2,67µg/l) e no fundo desse mesmo ponto no mês de fevereiro (1,33 µg/l). Na superfície e fundo do ponto 1 observou-se os maiores teores de feofitina no Rio Piraquê-Mirim: 13,5µg/l e 29,88 µg/l, respectivamente. Como ocorreu no Rio Piraquê-Açú, a concentração de clorofila *a* pode ter ficado abaixo do nível de detecção do método em algumas análises: em fevereiro na superfície do ponto 1; em outubro e fevereiro no fundo do ponto 1; em outubro na superfície do ponto 2 e em outubro, dezembro e fevereiro no fundo do ponto 2. Neste rio, este pigmento obteve seu maior valor (4,01µg/l) na superfície do ponto 1 no mês de dezembro e de outubro.

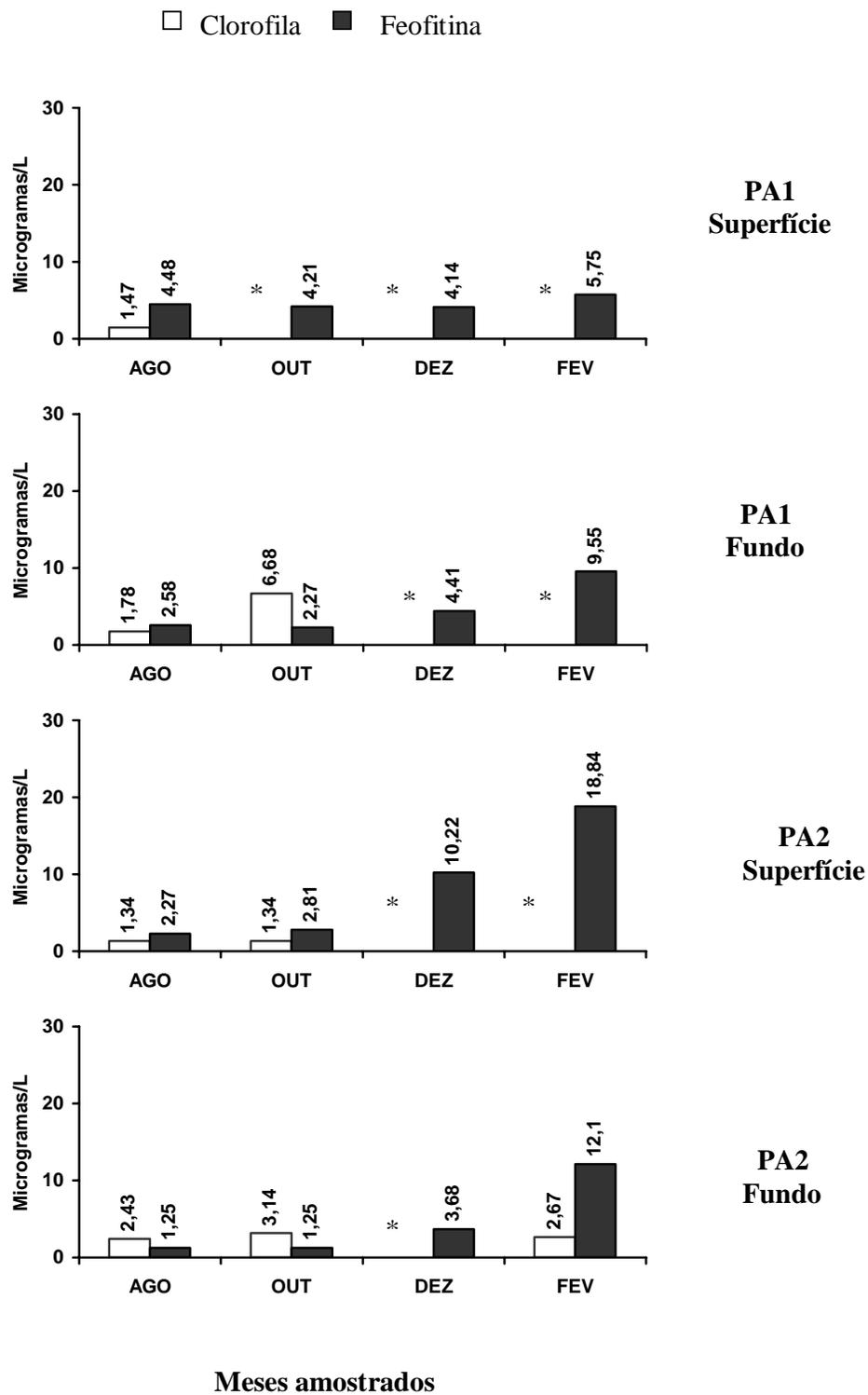


Figura 13: Variação da concentração de clorofila *a* e feofitina (µg/L) nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro no Rio Piraquê- Açú na superfície e fundo dos pontos PA1 e PA2. * Dados abaixo dos níveis de detecção do método

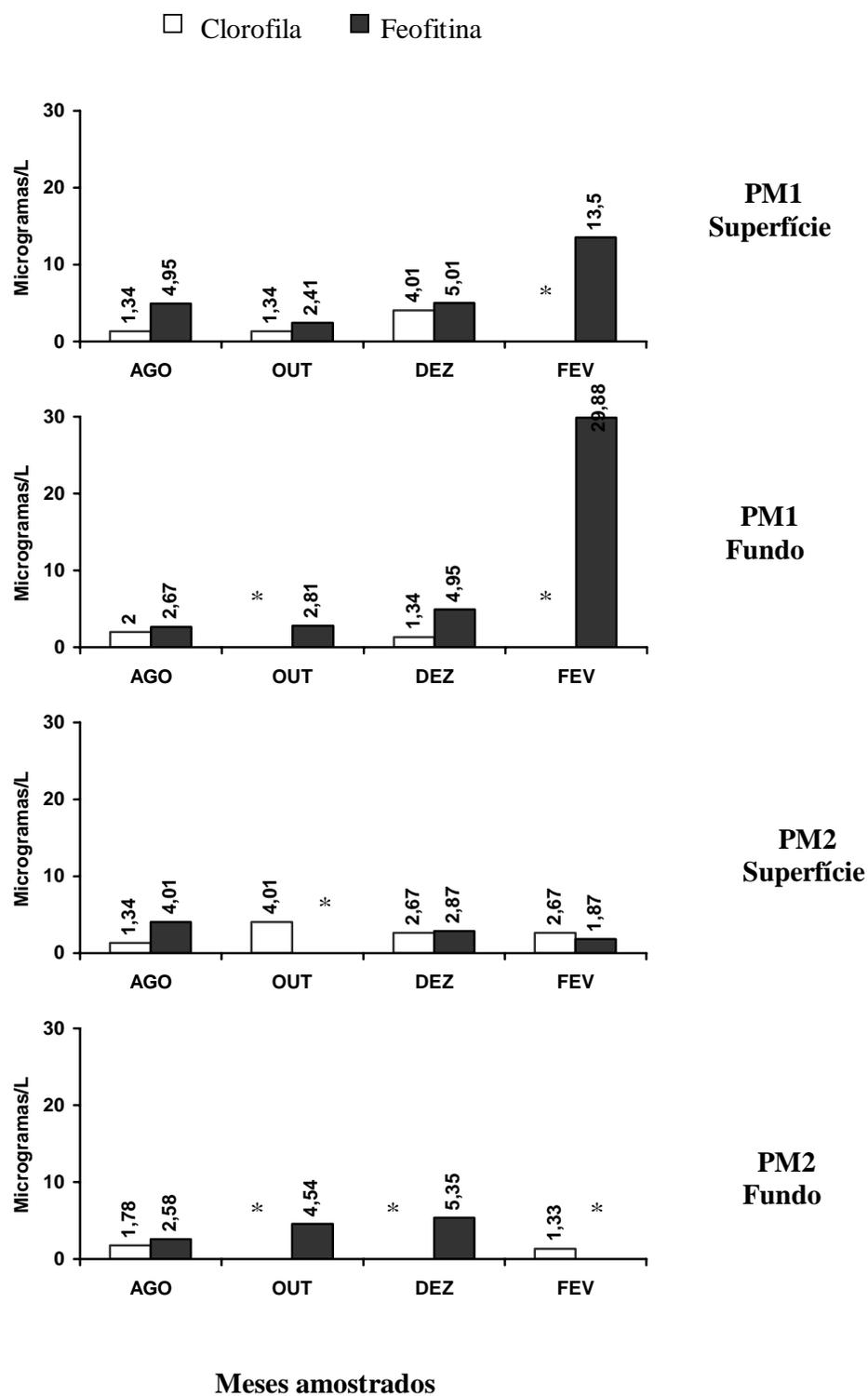


Figura 14: Variação da concentração de clorofila *a* e feofitina (µg/L) nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro no Rio Piraquê- Mirim na superfície e fundo dos pontos PM1 e PM2. * Dados abaixo dos níveis de detecção do método

5.4. Fitoplâncton

5.4.1. Composição qualitativa do fitoplâncton

A Tabela 1 mostra a lista dos táxons de algas identificadas em todas as amostras coletadas nos meses de agosto, outubro, dezembro de 2003 e fevereiro de 2004 no Rio Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim.

Durante as análises qualitativas dos meses citados acima foram registrados 156 táxons, entre gêneros, espécies, ordens e variedades, sendo 89 Bacillariophyceae, 18 Chlorophyceae, 12 Cyanophyceae, 13 Dinophyceae, 3 Cryptophyceae, 2 Euglenophyceae, 2 Zygnematophyceae, 1 Dytiochophyceae e 16 fitoflagelados ainda não identificados.

Foram identificados ao todo 34 taxa exclusivos do Rio Piraquê-Mirim, pertencentes a 9 Classes de algas, sendo 22 Bacillariophyceae, 3 Chlorophyceae, 2 Cyanophyceae, 2 Dinophyceae, 1 Cryptophyceae, 1 Euglenophyceae, 2 Zygnematophyceae, 1 Dytiochophyceae e 3 fitoflagelados ainda não identificados. No Rio Piraquê-Açu foram identificados ao todo 36 taxa exclusivos, pertencentes a 5 Classes de algas, sendo 20 Bacillariophyceae, 6 Chlorophyceae, 7 Cyanophyceae, 3 Dinophyceae e 3 fitoflagelados ainda não identificados.

A flora comum aos dois rios é composta de 80 taxa pertencentes a 7 Classes de algas, sendo 47 Bacillariophyceae, 9 Chlorophyceae, 3 Cyanophyceae, 8 Dinophyceae, 2 Cryptophyceae, 1 Euglenophyceae e 10 fitoflagelados ainda não identificados.

Tabela 1 : Lista dos táxons de algas identificadas em todas as amostras coletadas nos meses de agosto, outubro e dezembro de 2003 e fevereiro de 2004 nos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim.

<u>BACILLARIOPHYCEAE</u>	Rio Piraquê- Mirim	Rio Piraquê- Açu	Ambos
<i>Amphiprora alata</i> Kutzing			X
<i>Asterionella japonica</i> Cleve			X
<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin			X
<i>Bellerochea malleus</i> (Brightwell) Van Heuck			X
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve			X
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey			X
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder			X
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve			X
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg			X
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow			X
<i>Chaetoceros mitra</i> (Bailey) Cleve	X		
<i>Chaetoceros subtilis</i> Cleve		X	
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve			X
<i>Chaetoceros</i> sp1		X	
<i>Chaetoceros</i> sp2	X		
<i>Chaetoceros</i> sp3	X		
<i>Chaetoceros</i> sp4		X	
<i>Cocconeis</i> sp1		X	
<i>Cocconeis</i> sp2		X	
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg			X
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough		X	
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg		X	
<i>Coscinodiscus</i> sp1			X

<i>Coscinodiscus</i> sp2		X	
<i>Cyclotella</i> sp	X		
<i>Cylindroteca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	X		
<i>Cymbella</i> sp1			X
<i>Cymbella</i> sp2	X		
<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow			X
<i>Eunotia</i> sp1		X	
<i>Eunotia</i> sp2			X
<i>Grammatophora hamulifera</i> Kützing		X	
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngby) Kützing			X
<i>Grammatophora oceanica</i> (Ehrenberg) Grunow			X
<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabenhorst) Cleve			X
<i>Gyrosigma</i> sp		X	
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve		X	
<i>Lauderia annulata</i> Cleve			X
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve			X
<i>Licmophora</i> sp	X		
<i>Melosira nummuloides</i> Agardh			X
<i>Melosira sulcata</i> (Ehrenberg) Kützing			X
<i>Melosira</i> sp1	X		
<i>Melosira</i> sp2		X	
<i>Melosira</i> sp3		X	
<i>Melosira</i> sp4	X		
<i>Melosira</i> sp5			X
<i>Navicula cuspidata</i> (Kützing) Kützing	X		
<i>Navicula delicatula</i> Heindal	X		
<i>Navicula</i> sp1	X		
<i>Navicula</i> sp2	X		

<i>Navicula</i> sp3			X
<i>Navicula</i> sp4			X
<i>Navicula</i> sp5		X	
<i>Nitzschia closterium</i> Ehrenberg			X
<i>Nitzschia delicatissima</i> Gran			X
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) Wm. Smith			X
<i>Nitzschia obtusa</i> Wm. Smith			X
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith			X
<i>Nitzschia</i> sp1		X	
<i>Nitzschia</i> sp2		X	
<i>Nitzschia</i> sp3	X		
<i>Odontella pulchela</i> Gray			X
<i>Odontella regia</i> (Schultze) Simonsen			X
<i>Odontella tridens</i> Ehrenberg			X
Pennales sp1			X
Pennales sp2	X		
Pennales sp3	X		
Pennales sp4			X
Pennales sp5	X		
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith			X
<i>Pleurosigma formosum</i> W. Smith			X
<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs			X
<i>Pleurosigma</i> sp1	X		
<i>Pleurosigma</i> sp2			X
<i>Pinnularia distans</i> W. Smith	X		
<i>Pinnularia</i> sp1		X	
<i>Pinnularia</i> sp2		X	
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo			X
<i>Rhizosolenia alata</i> (Brightwell) Sundström			X

<i>Rhizosolenia imbricata</i> Braightwerl			X
<i>Rhizosolenia robusta</i> Norman	X		
<i>Rhizosolenia styliformes</i> Brightwell			X
<i>Surirella striatula</i> Turpin	X		
<i>Stenopterobia intermedia</i> (Lewis) Van Heurck			X
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow			X
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow			X
<i>Thalassiosira</i> sp		X	
<i>Triceratium antideluvianum</i> (Ehrenberg) Grunow	X		
<u>CYANOPHYCEAE</u>			
<i>Anabaena</i> sp		X	
<i>Choroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	X		
<i>Choroococcus</i> sp		X	
Cyanophyceae sp1		X	
Cyanophyceae sp2			X
Cyanophyceae sp3	X		
<i>Lyngbia</i> sp		X	
<i>Microcystis</i> sp		X	
<i>Oscillatoria</i> sp1		X	
<i>Oscillatoria</i> sp2		X	
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau			X
<i>Synechococcus</i> sp			X
<u>CHLOROPHYCEAE</u>			
<i>Chlorella cf minutissima</i> Folt e Náak			X
<i>Chlorella</i> sp			X

Chlorococcalles sp1			X
Chlorococcalles sp2			X
Chlorococcalles sp3	X		
Chlorococcalles sp4	X		
Chlorococcalles sp5		X	
Chlorococcalles sp6	X		
Chlorococcalles sp7		X	
Chlorococcalles sp8		X	
Chlorococcalles sp9			X
Chlorococcalles sp10			X
Chlorophyceae sp1			X
Chlorophyceae sp2		X	
Chlorophyceae sp3		X	
Chlorophyceae sp4			X
<i>Kirchineriella</i> sp			X
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen		X	
<u>DINOPHYCEAE</u>			
<i>Ceratium furca</i> Ehrenberg			X
<i>Dinophysis subcircularis</i> Paulsen			X
<i>Gonyaulax</i> sp1			X
<i>Gonyaulax</i> sp2		X	
<i>Gymnodinium catenatum</i> Graham			X
<i>Gymnodinium</i> sp	X		
<i>Prorocentrum gracile</i> Shütt		X	
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg			X
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech			X
<i>Protoperidinium ovatum</i> Pouchet	X		

<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran) Balech			X
<i>Protoperidinium</i> sp1		X	
<i>Protoperidinium</i> sp2			X
<u>CRYPTOPHYCEAE</u>			
<i>Cryptomonas</i> sp1			X
<i>Cryptomonas</i> sp2			X
<i>Rhodomonas</i> sp	X		
<u>DICTYOCOPHYCEAE</u>			
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg & Stapedia	X		
<u>EUGLENOPHYCEAE</u>			
<i>Eutreptia</i> sp	X		
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swirenko			X
<u>ZYGNEMATOPHYCEAE</u>			
<i>Cosmarium contractum</i> Kirchn	X		
<i>Cosmarium</i> sp	X		
<u>FITOFLAGELADOS</u>			
Fitoflagelado sp1		X	
Fitoflagelado sp2			X
Fitoflagelado sp3			X

Fitoflagelado sp4	X		
Fitoflagelado sp5			X
Fitoflagelado sp6			X
Fitoflagelado sp7			X
Fitoflagelado sp8		X	
Fitoflagelado sp9			X
Fitoflagelado sp10			X
Fitoflagelado sp11		X	
Fitoflagelado sp12			X
Fitoflagelado sp13			X
Fitoflagelado sp14	X		
Fitoflagelado sp15	X		
Fitoflagelado sp16			X

As Bacillariophyceae representaram a Classe com maior número de táxons em relação ao número total (57%), seguidas das Chlorophyceae (11,5%) e Dinophyceae (8,4%). As demais Classes representaram em conjunto, 23,1% dos táxons (Tabela 2).

Tabela 2: Porcentagem(%) das Classes de algas em relação ao número total de táxons, nos rios Piraquê-Açú/Mirim, durante o período de estudo.

Classes de algas	Porcentagem(%)
Bacillariophyceae	57,0
Chlorophyceae	11,5
Dinophyceae	8,4
Cyanophyceae	7,7
Cryptophyceae	1,9
Euglenophyceae	1,3
Zygnemaphyceae	1,3
Dyctiochophyceae	0,6
Fitoflagelados	10,3

5.4.2. Densidade e diversidade específica do fitoplâncton

A Figura 15 mostra a variação do número total de indivíduos do fitoplâncton durante os meses de estudo na superfície e fundo dos quatro pontos.

A densidade fitoplanctônica no estuário apresentou variação de 210 (PA2 superfície em agosto) a 868 indivíduos/ml (PA2 superfície em fevereiro) no Piraquê-Açú e de 199 (PM2 fundo em outubro) a 3099 indivíduos/ml (PM1 fundo em fevereiro) no Piraquê-Mirim. O maior valor de densidade foi encontrado no fundo do ponto 1 do Piraquê-Mirim em fevereiro (3099 indivíduos/ml) e o menor valor no fundo do ponto 2 do Piraquê-Açú em outubro (199 indivíduos/ml).

Com relação à variação temporal, os maiores valores de densidades foram registrados no mês de fevereiro, exceto no ponto 1 do Rio Piraquê-Açú.

Não houve um nítido padrão entre as diferenças de densidade na superfície e fundo dos rios.

As Figuras 16 a 19 mostram a composição quantitativa do fitoplâncton na superfície e fundo dos quatro pontos de amostragem, nos quatro meses amostrados.

Oito grupos de algas fitoplanctônicas foram representativas quanto ao número de indivíduos: Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Cryptophyceae, Dytiochophyceae, Euglenophyceae e os fitoflagelados. Porém, apenas as Classes Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae e fitoflagelados foram representativas quantitativamente em todos os pontos, profundidades e épocas.

As Cyanophyceae mostraram-se mais abundantes na maioria dos pontos, chegando a um máximo de cerca de 70% do total de indivíduos na superfície do ponto 2 (Rio Piraquê-Açú), em agosto. As Chlorophyceae, foram o segundo grupo com maior representatividade, com o máximo de 45% do total de indivíduos da superfície do ponto 2 (Rio Piraquê-Açú), em dezembro. Os fitoflagelados, terceiro grupo mais representativo quantitativamente, apresentaram o valor máximo de 51,5% na superfície do ponto 2 (Rio Piraquê-Açú), em fevereiro. As Bacillariophyceae foram, das quatro Classes mais representativas numericamente, as que apareceram em menor quantidade. Entretanto, seus valores tiveram alta expressividade principalmente no mês de fevereiro, chegando a um valor máximo de 44,9% na superfície do ponto 1 (Rio Piraquê-Mirim).

As classes Cyanophyceae e Chlorophyceae foram mais abundantes nos meses de agosto, outubro e dezembro, enquanto que no mês de fevereiro houve um nítido aumento de Bacillariophyceae e fitoflagelados nos dois rios.

As Figuras 20 a 23 ilustram a distribuição dos organismos fitoplanctônicos separados em duas classes de tamanho: nanoplâncton (<20 μm) e microfitoplâncton (>20 μm), durante o período de estudo.

Em todas as amostras a fração correspondente ao nanoplâncton foi dominante, chegando a um valor máximo de 100 % do total do número de indivíduos (PM2 fundo em outubro e PA1 superfície em fevereiro). O valor mínimo foi de 65% no fundo do ponto 2 no Rio Piraquê-Açú nos meses de agosto. A variação do microfitoplâncton foi de 0 (PM2 fundo em outubro e PA1 superfície em fevereiro) a 35 % (PA2 fundo no mês de agosto).

Na Figura 24 o Índice de Diversidade Específica do fitoplâncton mostrou uma pequena amplitude de variação entre o maior (3,51 bits/ind. na superfície do PA2 em fevereiro) e o menor valor (1,59 bits/ ind. no fundo do PM2 em outubro) .

No Rio Piraquê-Açú a variação da diversidade foi de 1,79 (superfície do ponto 1 em outubro) a 3,51 bits/ ind. (superfície do ponto 2 em fevereiro) e no Piraquê-Mirim de 1,59 (fundo do ponto 2 em outubro) a 3,06 bits/ ind. (superfície do ponto 1 em agosto).

Como ocorreu com a densidade, a diversidade não apresentou padrão nítido entre as diferenças nas camadas superficiais e profundas. Este padrão também não foi verificado no tocante à variação longitudinal e temporal.

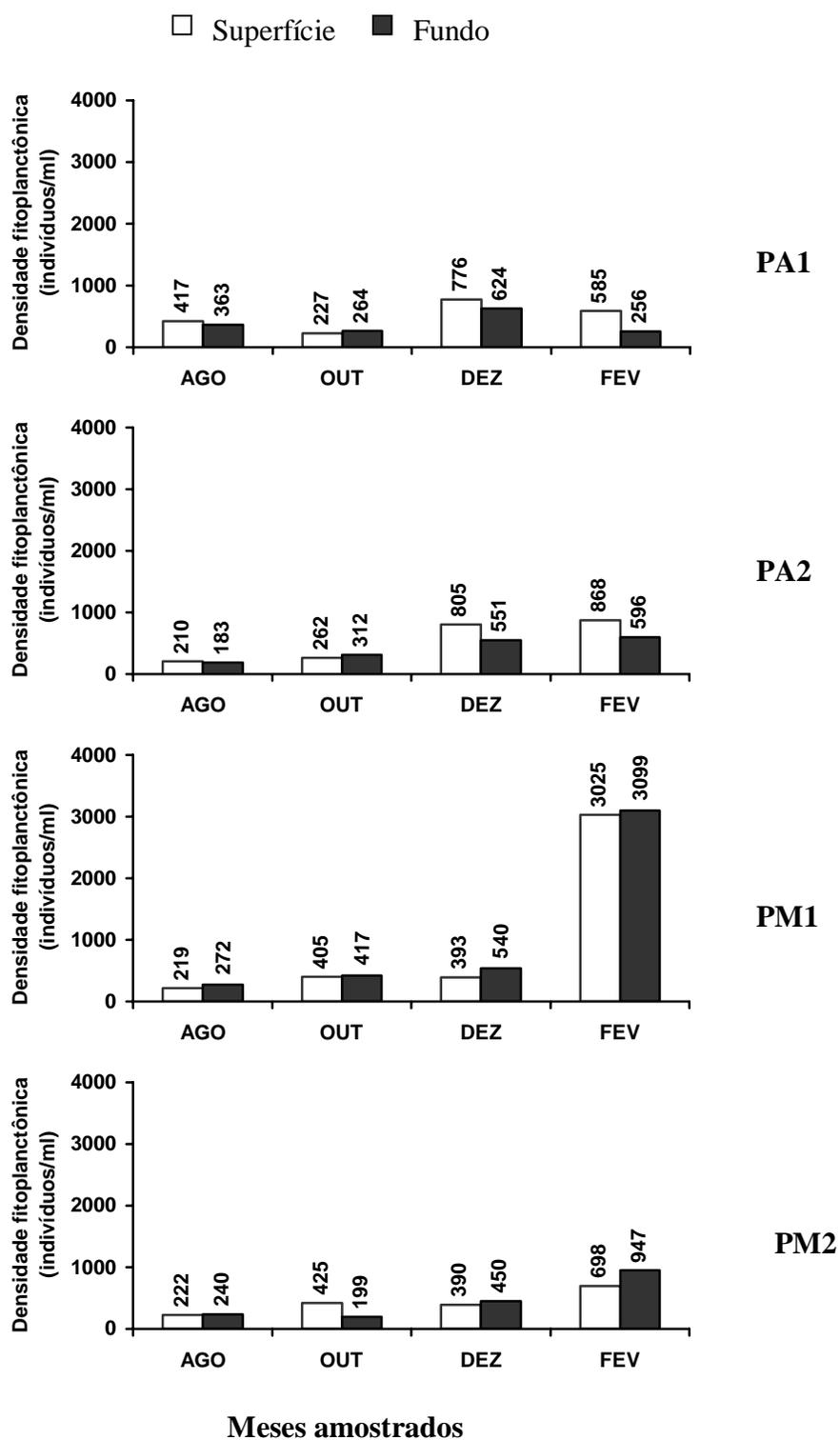


Figura 15: Variação da densidade fitoplancônica (indivíduos/ml) nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

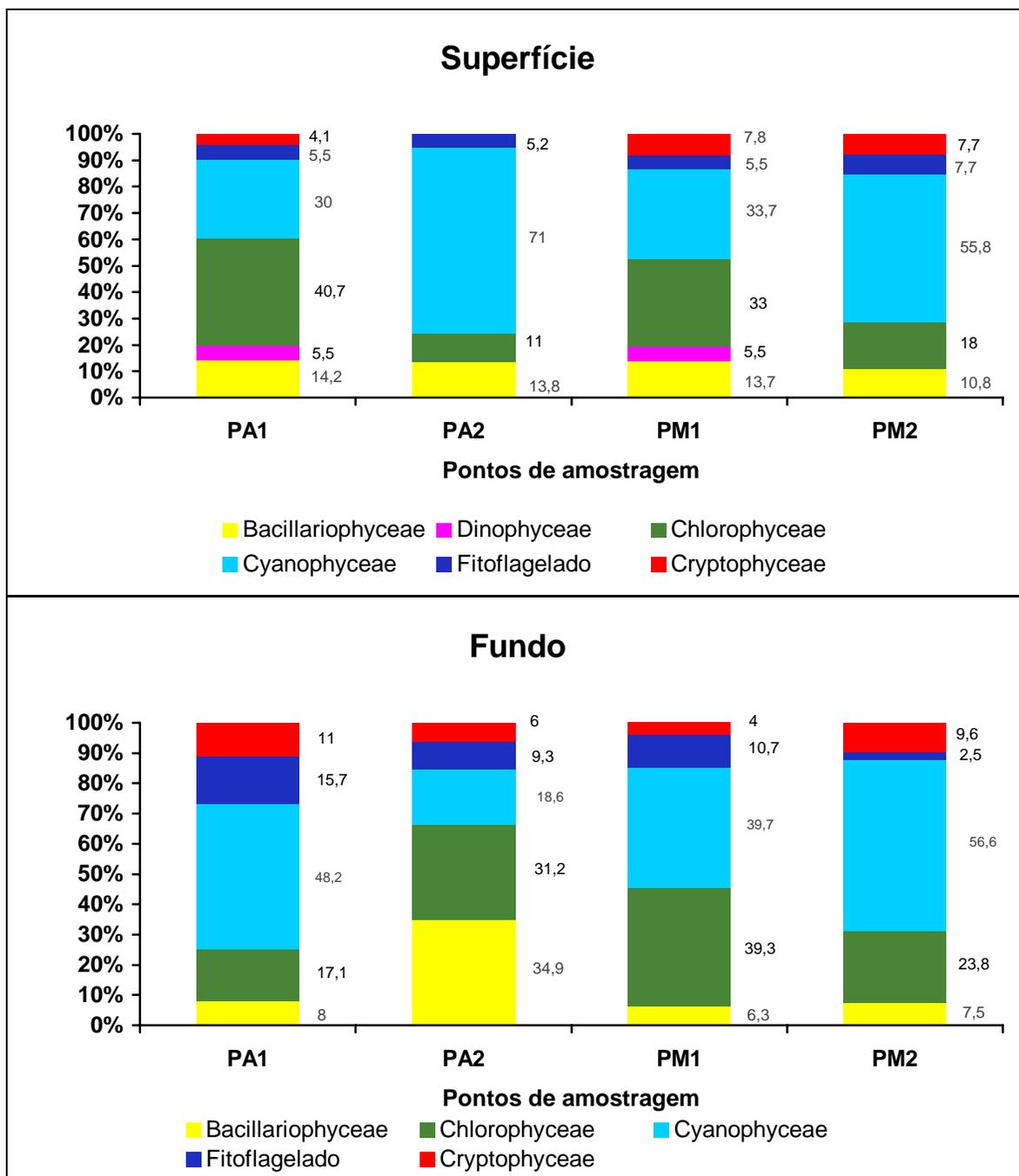


Figura 16: Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às Classes na superfície e fundo no mês de agosto nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

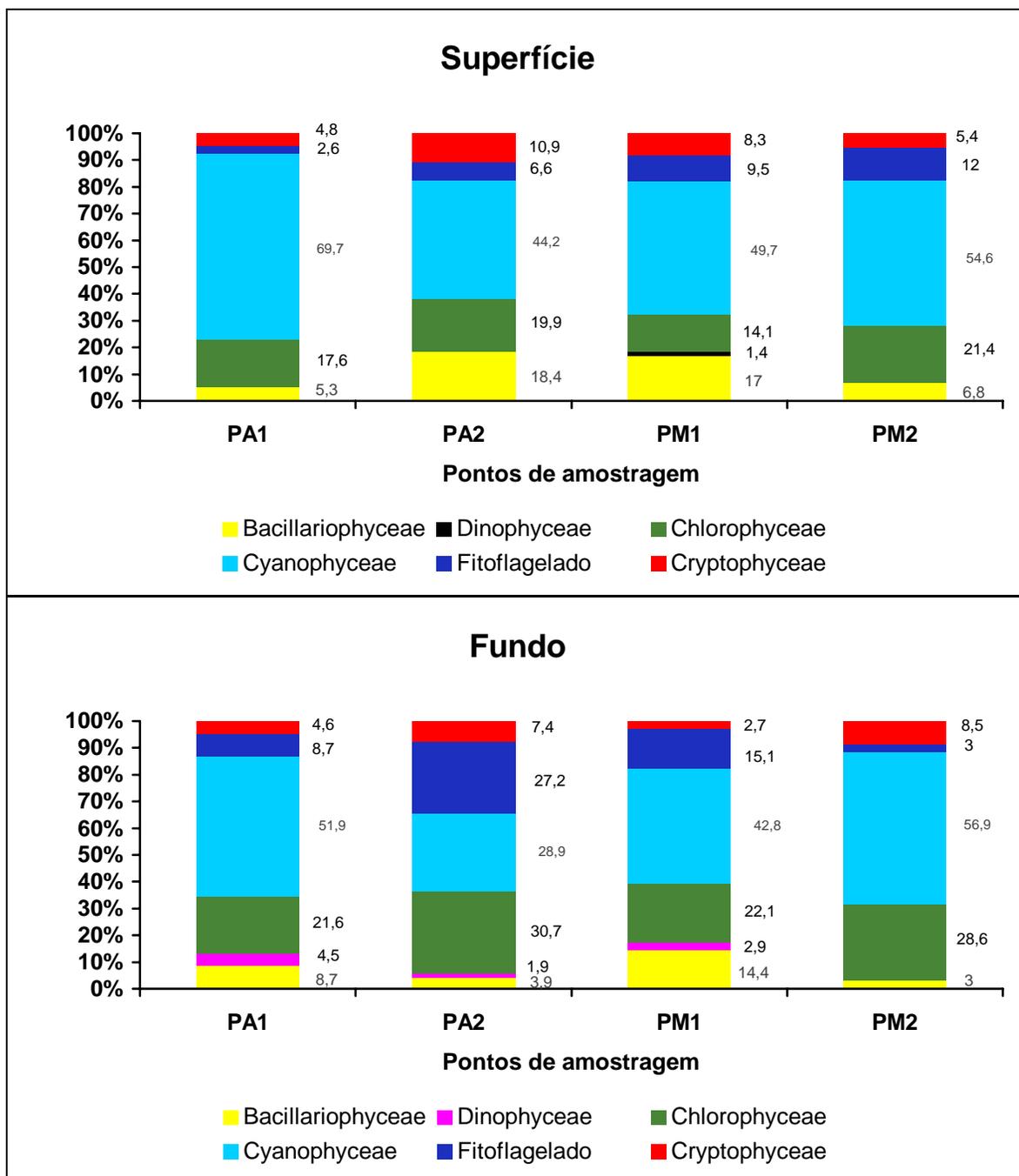


Figura 17: Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às Classes na superfície e fundo no mês de outubro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

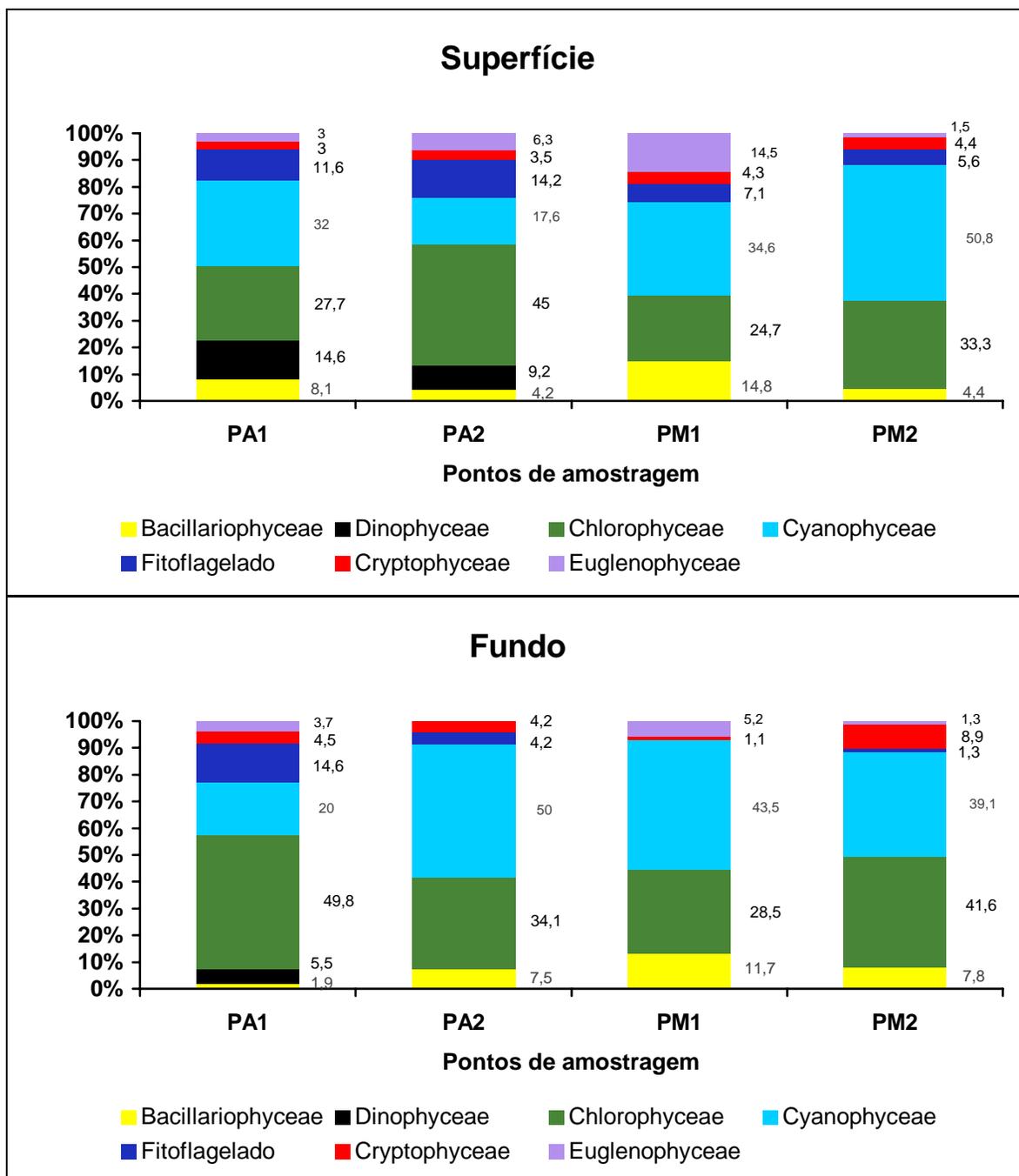


Figura 18: Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às Classes na superfície e fundo no mês de dezembro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

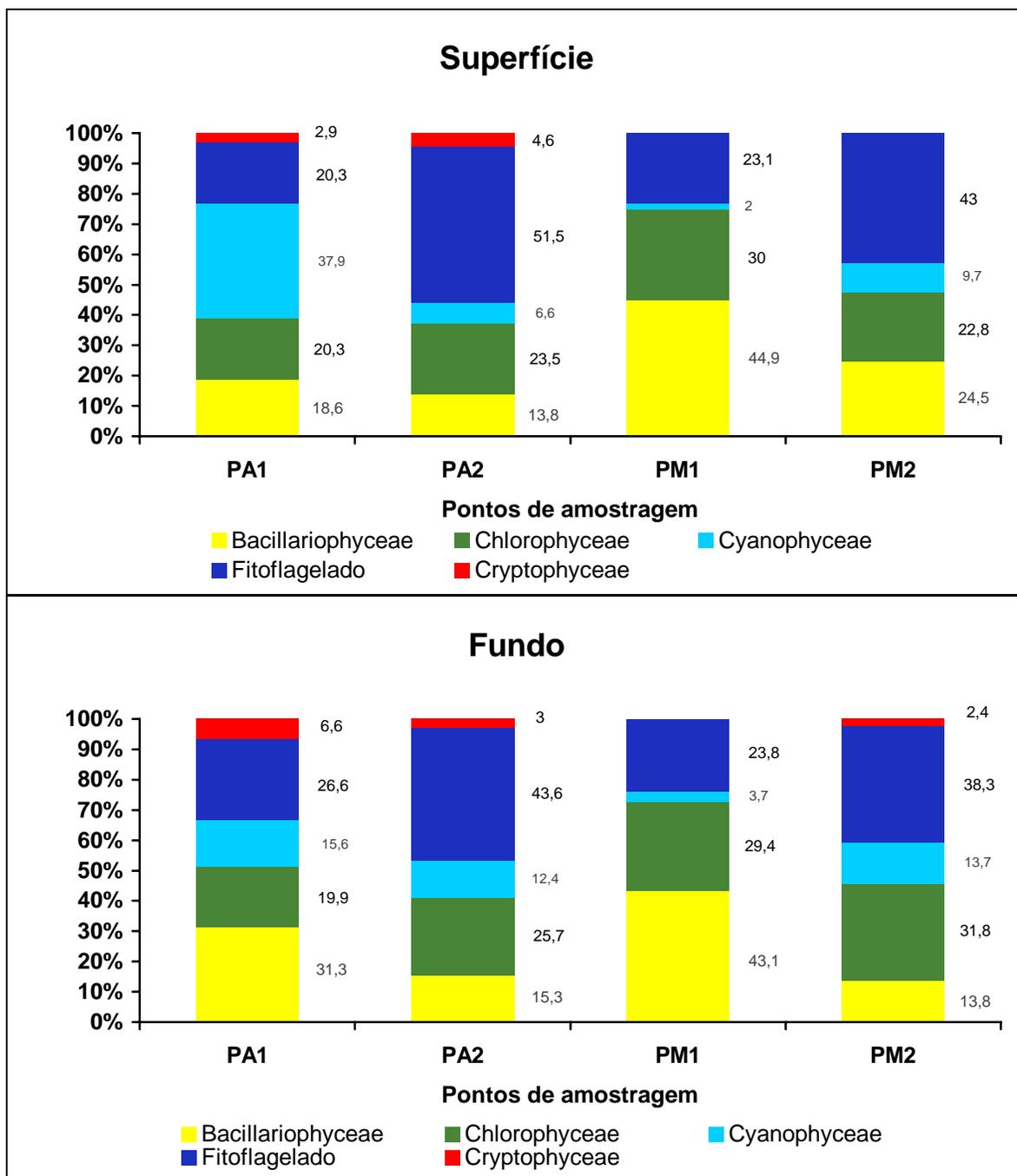
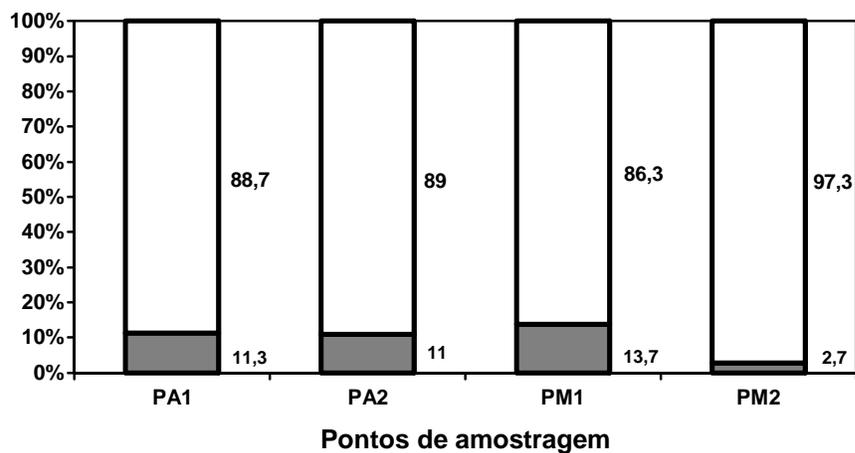


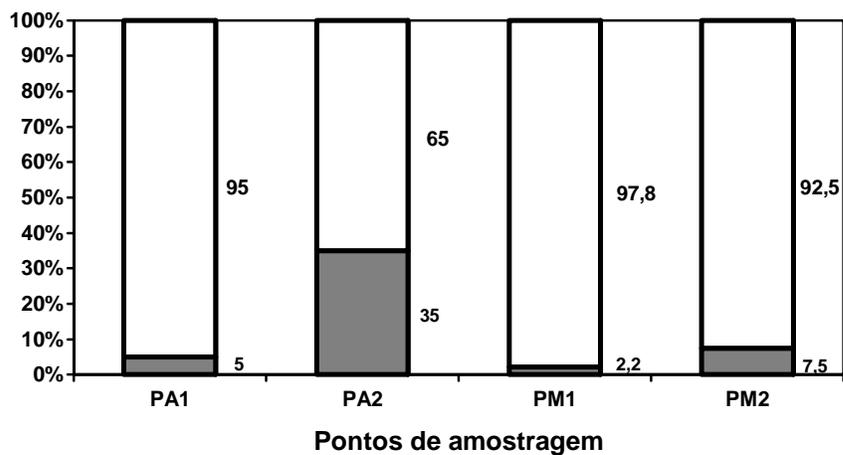
Figura 19: Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às Classes na superfície e fundo no mês de fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

Superfície



■ Microfitoplâncton □ Nanoplâncton

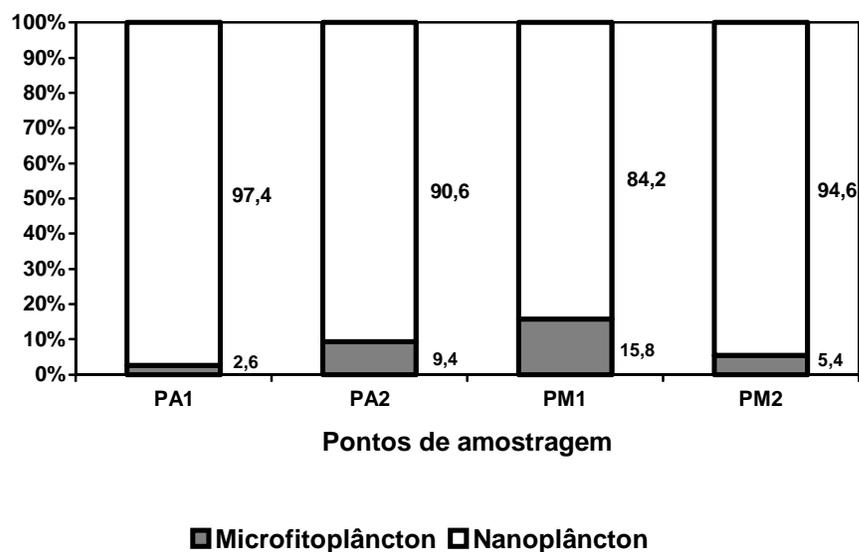
Fundo



■ Microfitoplâncton □ Nanoplâncton

Figura 20: Variação da composição quantitativa do fitoplâncton em relação às frações de tamanho na superfície e fundo no mês de agosto nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

Superfície



Fundo

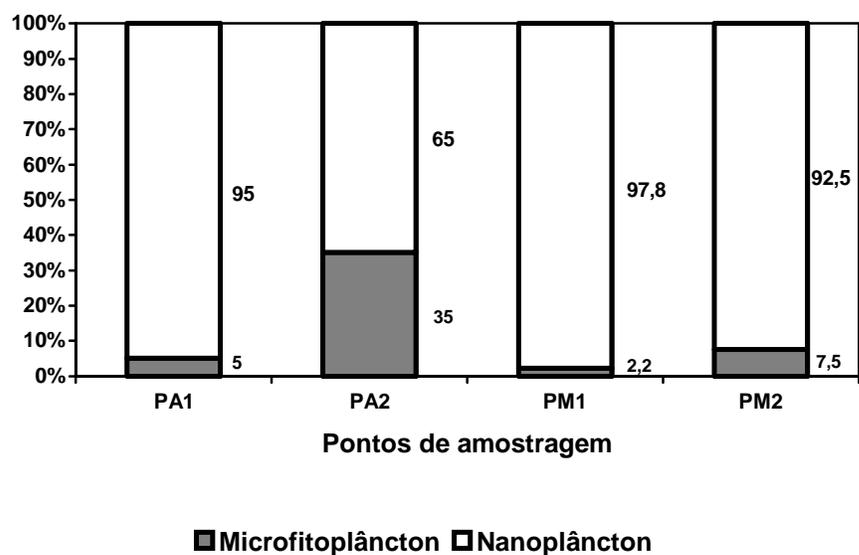
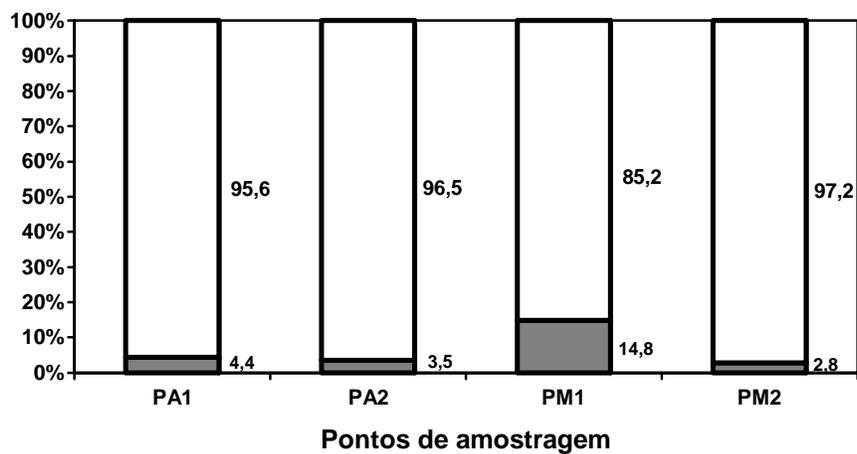


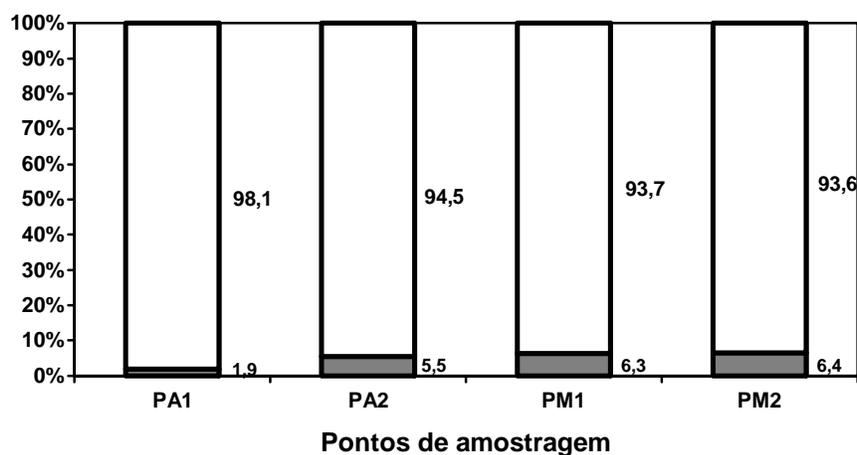
Figura 21: Variação da composição quantitativa no fitoplâncton em relação às frações de tamanho na superfície e fundo no mês de outubro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

Superfície



■ Microfitoplâncton □ Nanoplâncton

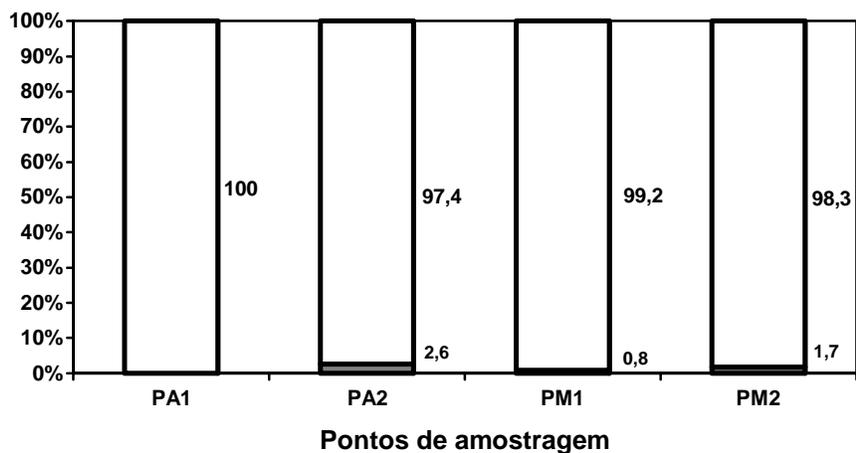
Fundo



■ Microfitoplâncton □ Nanoplâncton

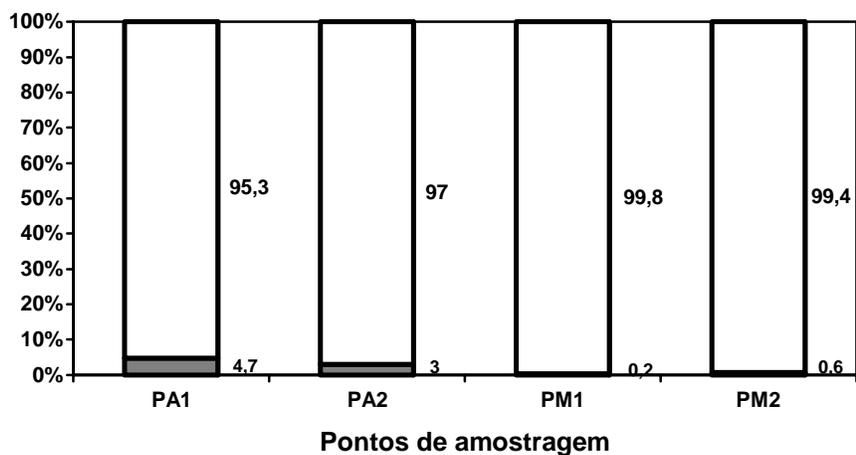
Figura 22: Variação da composição quantitativa no fitoplâncton em relação às frações de tamanho na superfície e fundo no mês de dezembro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

Superfície



■ Microfitoplâncton □ Nanoplâncton

Fundo



■ Microfitoplâncton □ Nanoplâncton

Figura 23: Variação da composição quantitativa no fitoplâncton em relação às frações de tamanho na superfície e fundo no mês de fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

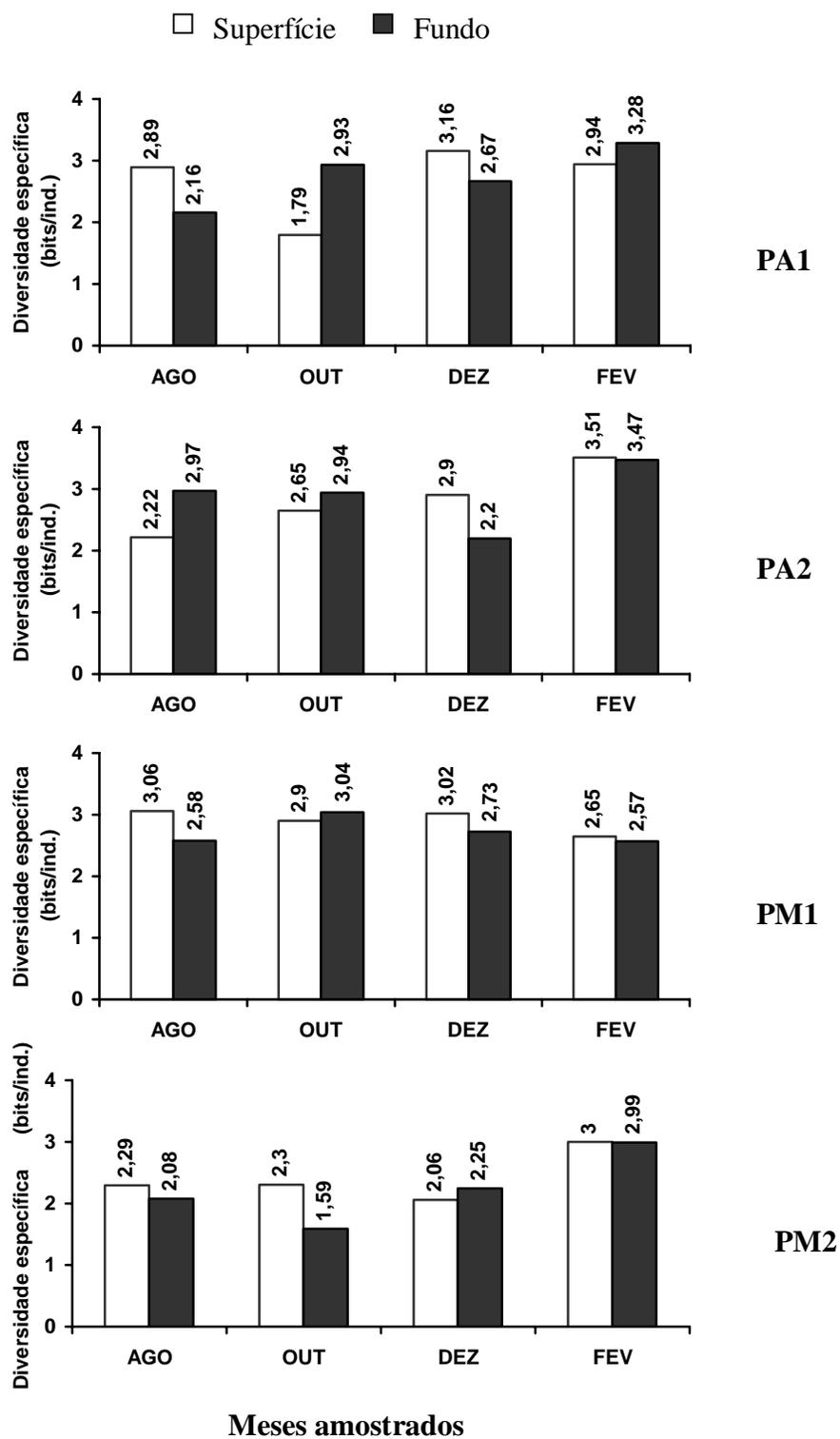


Figura 24: Variação da diversidade específica (bits/ind.) nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

5.4.3. Biovolume do fitoplâncton

A Figura 25 mostra a variação do biovolume total do fitoplâncton, representados em mm^3/l , durante os meses de estudo, na superfície e fundo dos quatro pontos.

O biovolume do fitoplâncton no estuário apresentou variação de 0,01 (PA1 superfície em fevereiro) a 5,12 mm^3/l (PA1 fundo em outubro) no Piraquê-Açú e de 0,002 (PM2 fundo em outubro) a 4,48 mm^3/l (PM2 superfície em outubro) no Piraquê-Mirim. O maior valor de biovolume foi encontrado no fundo do ponto 1 do Piraquê-Açú em outubro (5,12 mm^3/l) e o menor valor no fundo do ponto 2 do Piraquê-Mirim em outubro (0,002 mm^3/l).

Com relação à variação temporal, os maiores valores de biovolume foram registrados no mês de outubro, exceto no fundo do ponto 2 do Rio Piraquê-Mirim. Não houve um nítido padrão entre as diferenças de biovolume na superfície e fundo dos rios.

As Figuras 26 a 29 mostram a composição do biovolume do fitoplâncton na superfície e fundo dos quatro pontos de amostragem, nos quatro meses amostrados.

Sete Classes de algas fitoplanctônicas foram representativas quanto ao biovolume: Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae e os fitoflagelados.

As Bacillariophyceae foram a Classe com maior representatividade do biovolume, estando presente em todas as amostragens, chegando a 99% do volume celular total do fitoplâncton em vários pontos, meses e profundidades: no fundo do PA2 e PM2 em agosto; na superfície do PA1 e PA2 em outubro; no fundo do PM2 em dezembro e no fundo do PA2 e PM1 em fevereiro. A predominância dessa Classe esteve presente em todos os pontos e profundidades de coleta no mês de outubro.

As Dinophyceae, foram o segundo grupo com maior representatividade, com o máximo de 98,5% do biovolume da superfície do ponto 1 (Rio Piraquê-Açú), em dezembro.

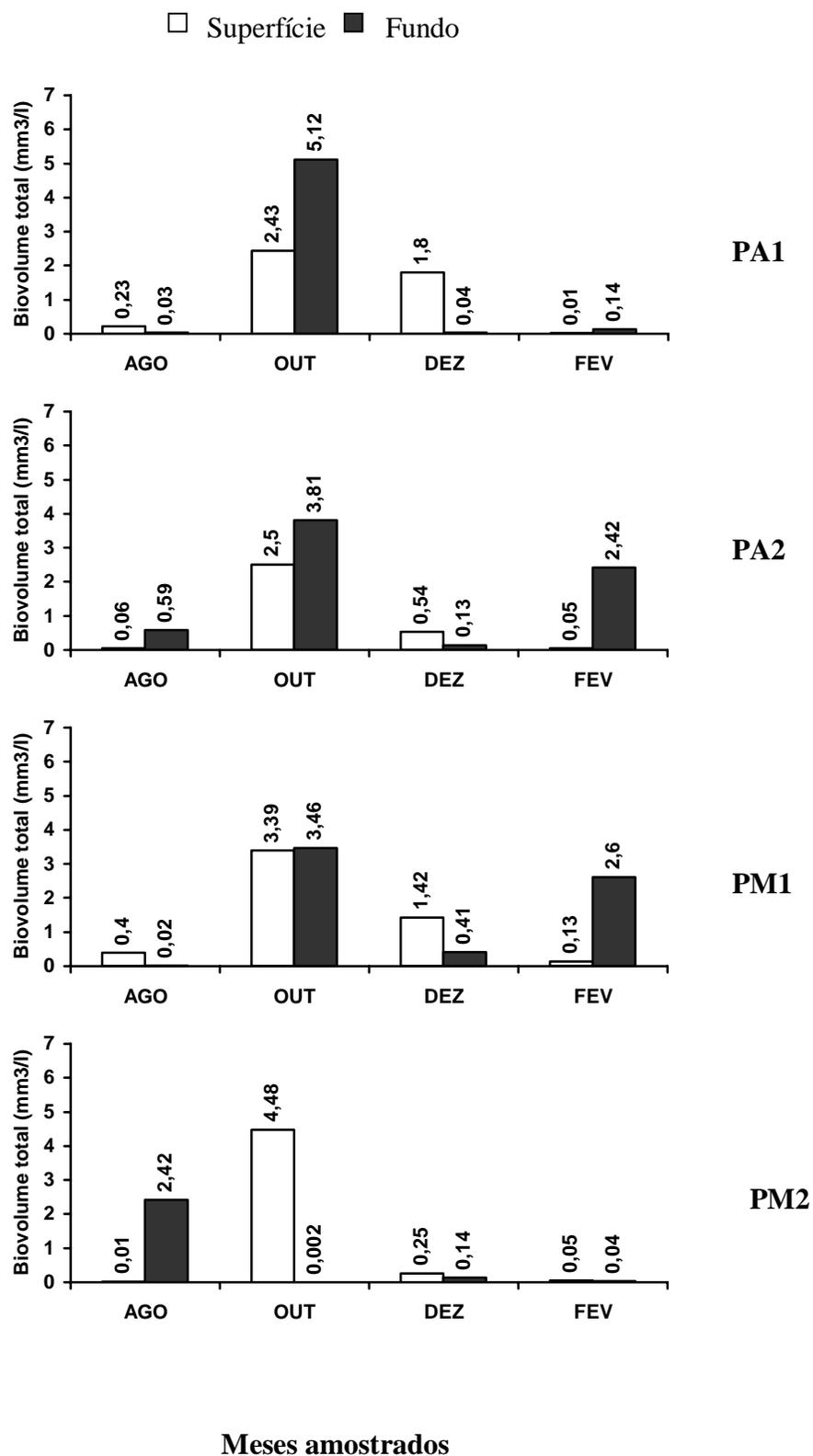


Figura 25: Variação do biovolume total (mm³/l) nos quatro meses amostrados: agosto ; outubro ; dezembro e fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

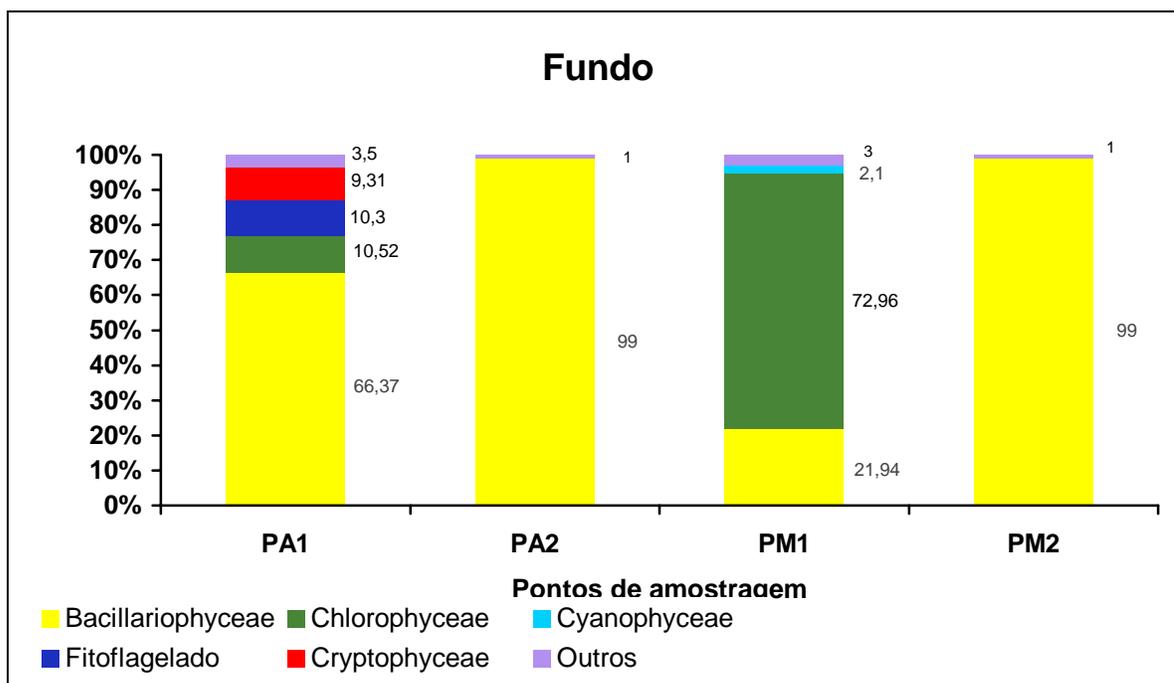
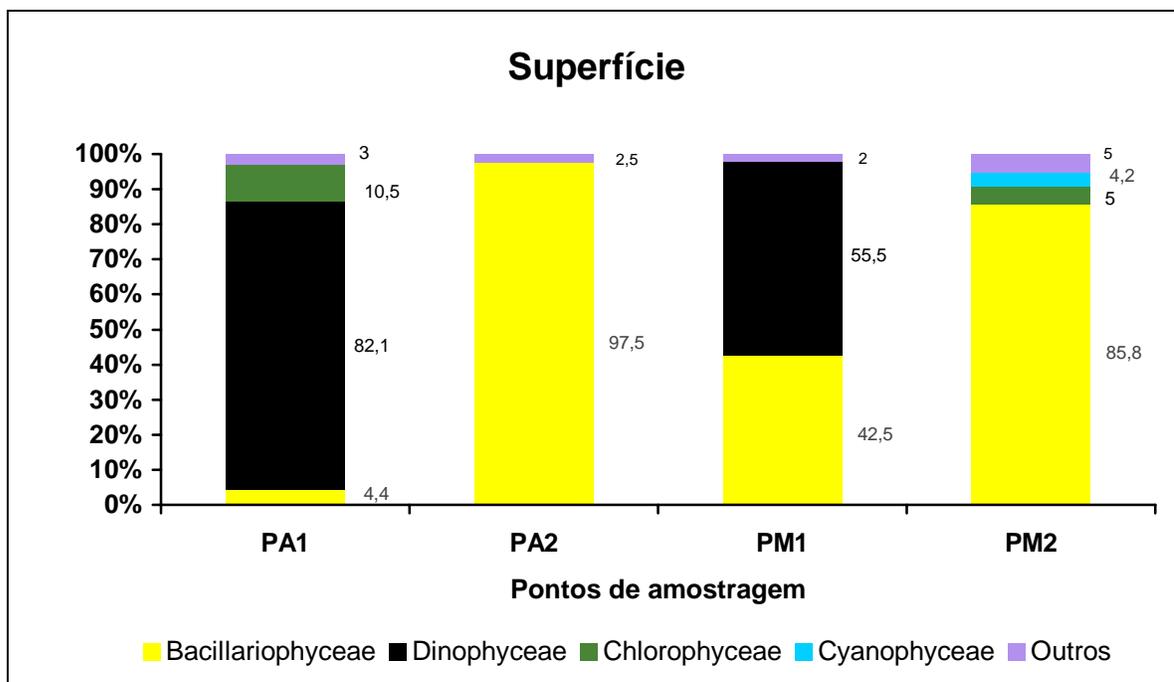


Figura 26: Variação do biovolume das classes fitoplanctônicas na superfície e fundo no mês de agosto nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

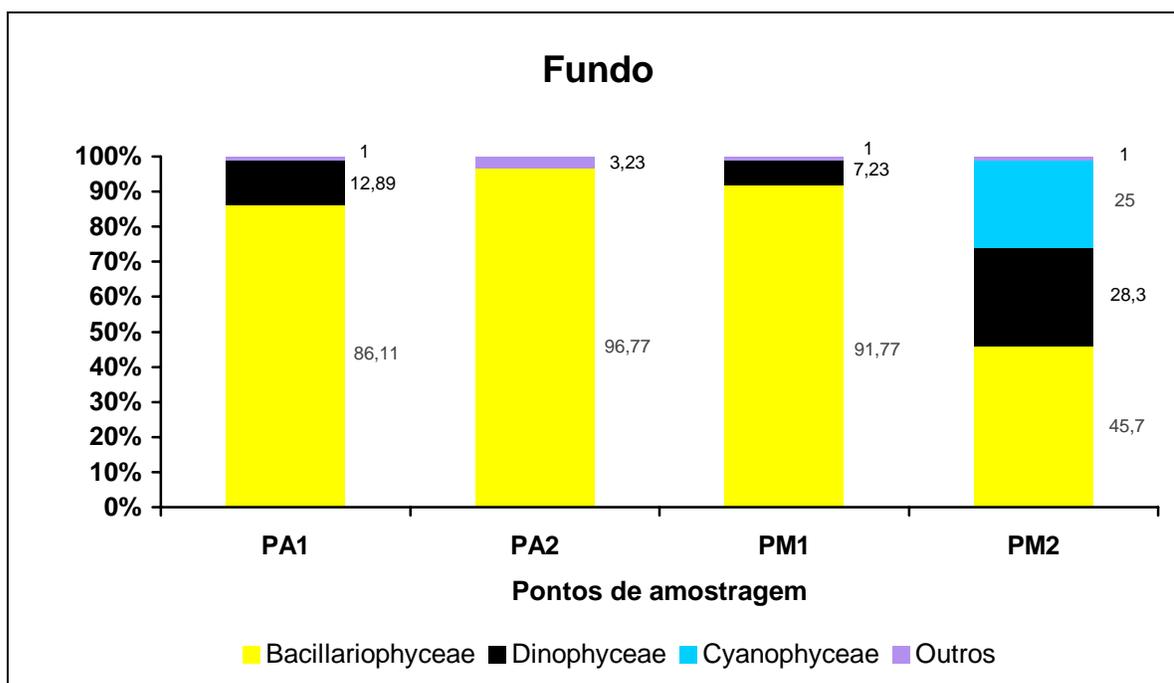
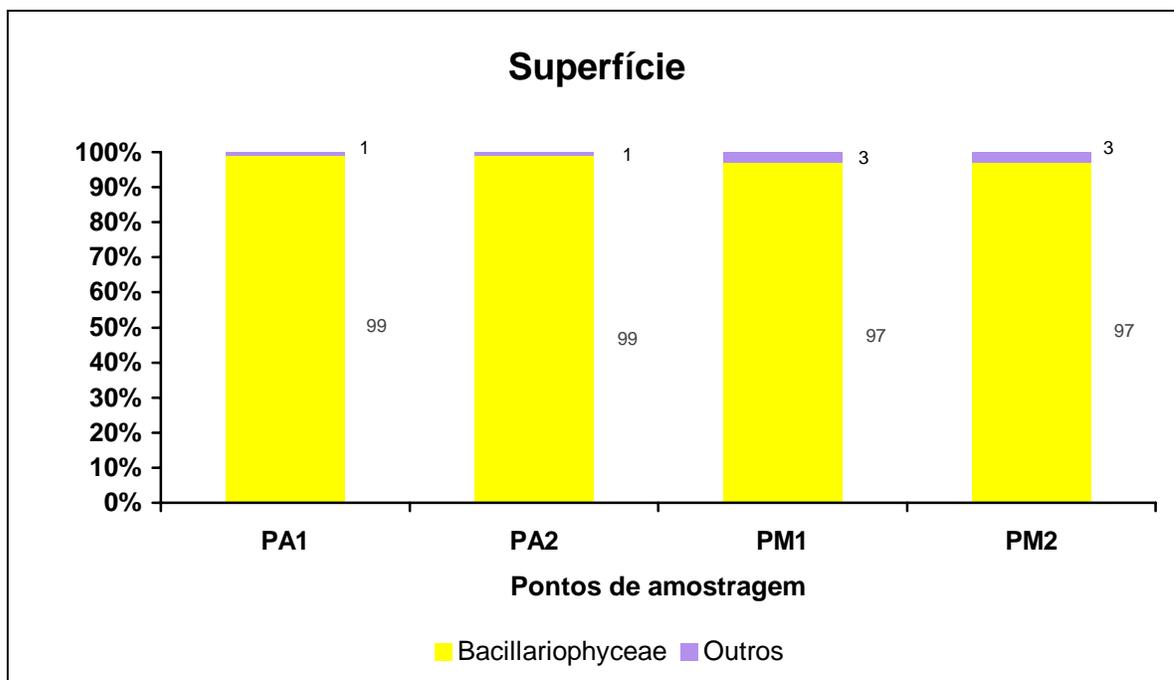


Figura 27: Variação do biovolume das classes fitoplanctônicas na superfície e fundo no mês de outubro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

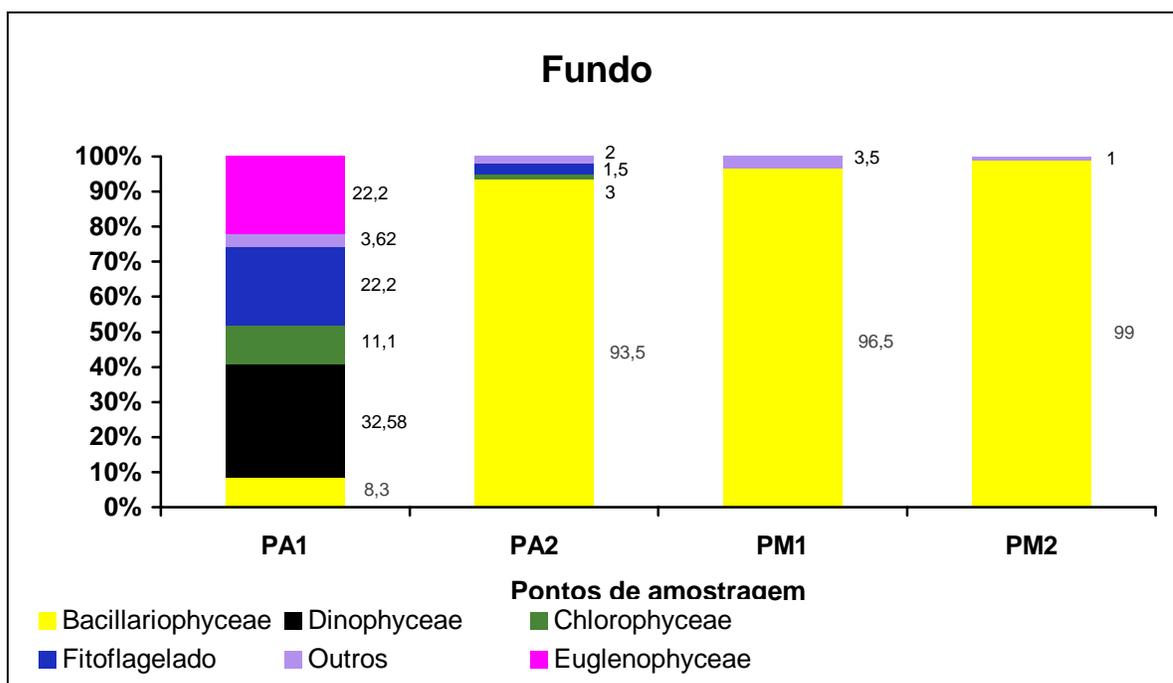
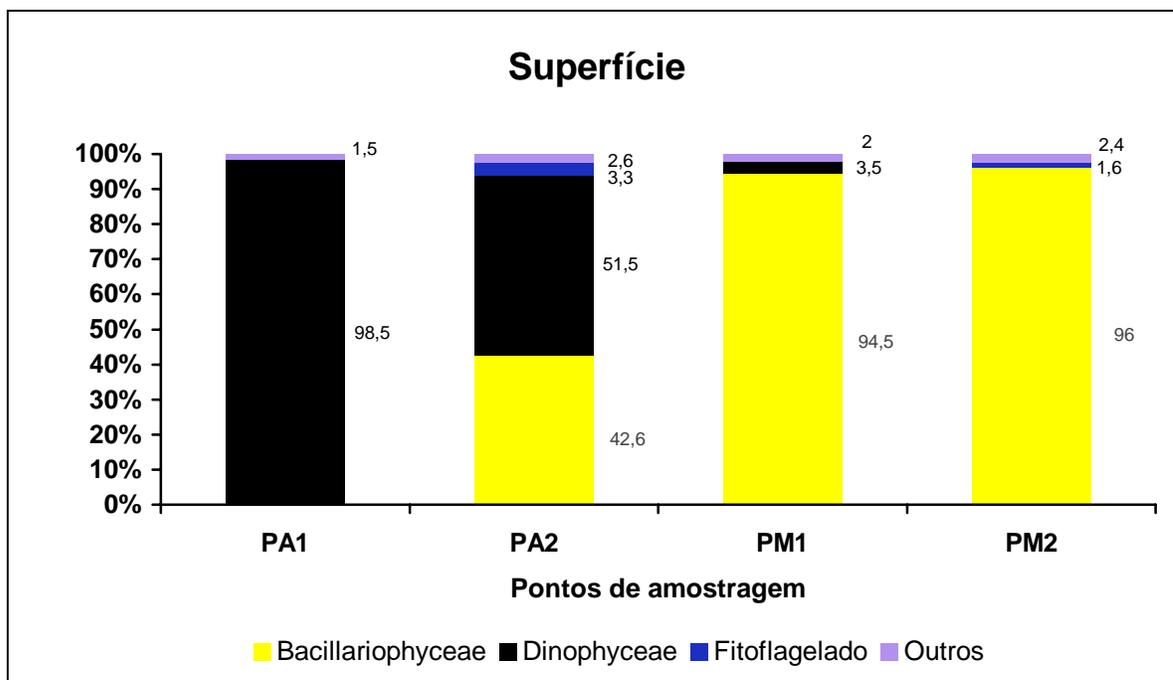


Figura 28: Variação do biovolume das classes fitoplantônicas na superfície e fundo no mês de dezembro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

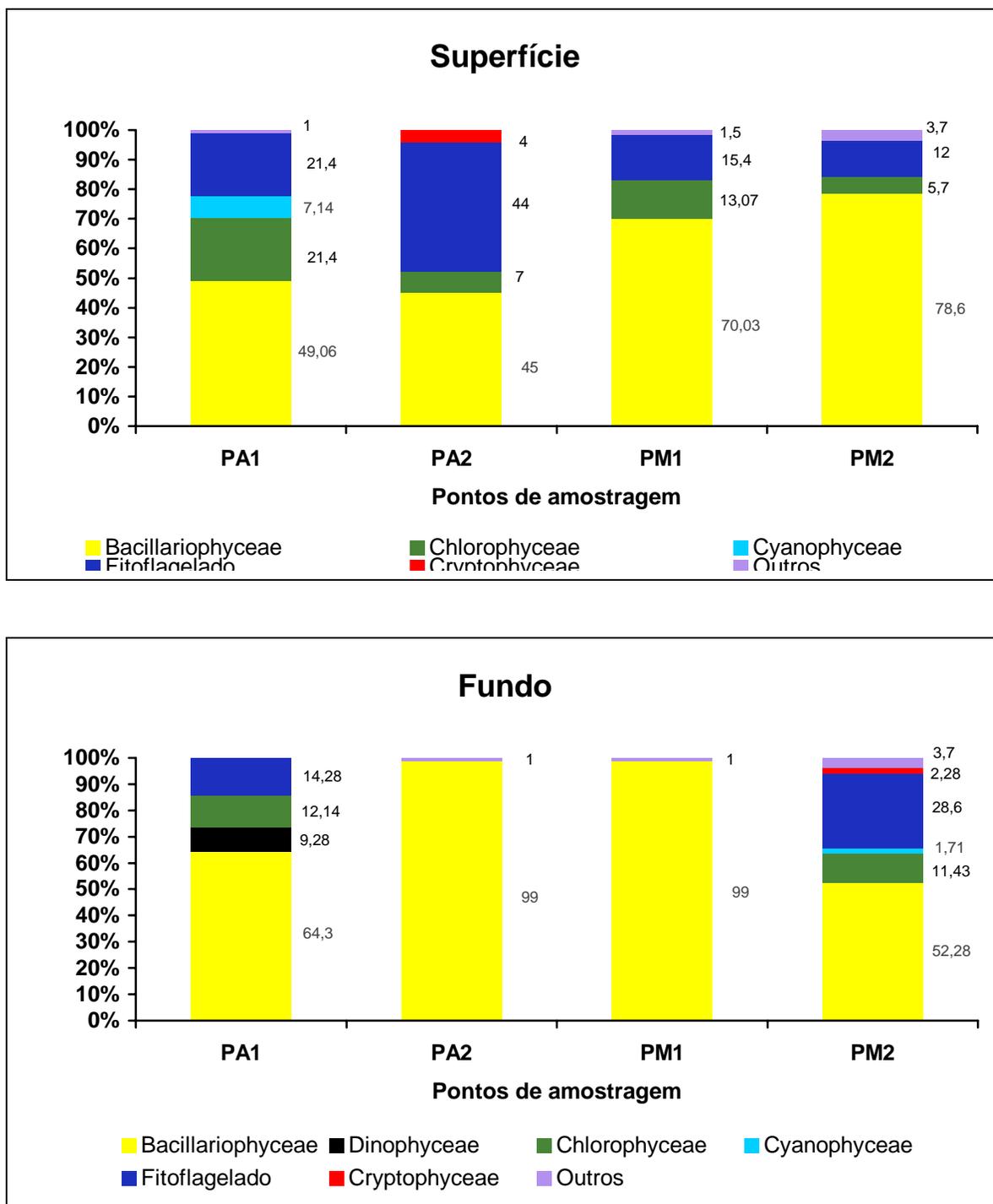


Figura 29: Variação do biovolume das classes fitoplancônicas na superfície e fundo no mês de fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

Os fitoflagelados e o grupo das Chlorophyceae, tiveram uma maior expressividade quanto ao biovolume principalmente no mês de fevereiro. As Chlorophyceae apresentaram o valor máximo de 72,92% no fundo do ponto 1 (RioPiraquê-Mirim) em agosto e os fitoflagelados atingiram o percentual máximo de 44% no mês de fevereiro (PA2 superfície).

As Cyanophyceae e Cryptophyceae tiveram pouca representatividade numérica quanto ao biovolume.

As Euglenophyceae também apresentaram-se com menor representatividade no biovolume celular, estando presente somente no mês de dezembro no fundo do ponto 1 no Rio Piraquê-Açú.

As Figuras 30 a 33 ilustram a variação percentual do biovolume das quatro classes de tamanho das algas do fitoplâncton durante o período de estudo.

As duas classes que mostraram maior contribuição percentual foram as classes I ($< 1.000 \mu\text{m}^3$) e IV ($> 100.000 \mu\text{m}^3$). A classe IV representada principalmente pelas Dinophyceae e Bacillariophyceae apresentaram maior representatividade numérica no mês de outubro. A classe I, representada basicamente pelas Cyanophyceae e pequenas Chlorophyceae e Bacillariophyceae, teve representatividade principalmente no mês de fevereiro. A classe II (1.000 a $10.000 \mu\text{m}^3$), representada pelas Cryptophyceae e pequenas Chlorophyceae, e a classe III (10.000 a $100.000 \mu\text{m}^3$), representada pelas Dinophyceae, Euglenophyceae e algumas Bacillariophyceae, não se destacaram das outras classes, mas foram representativas em alguns pontos amostrais.

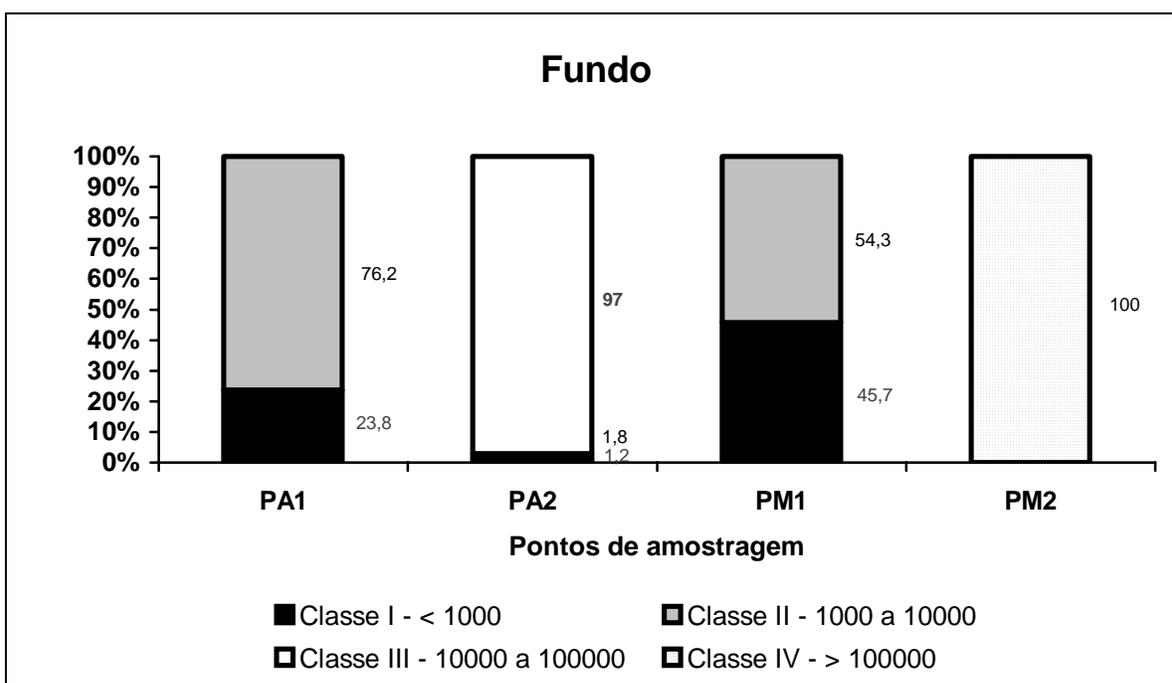
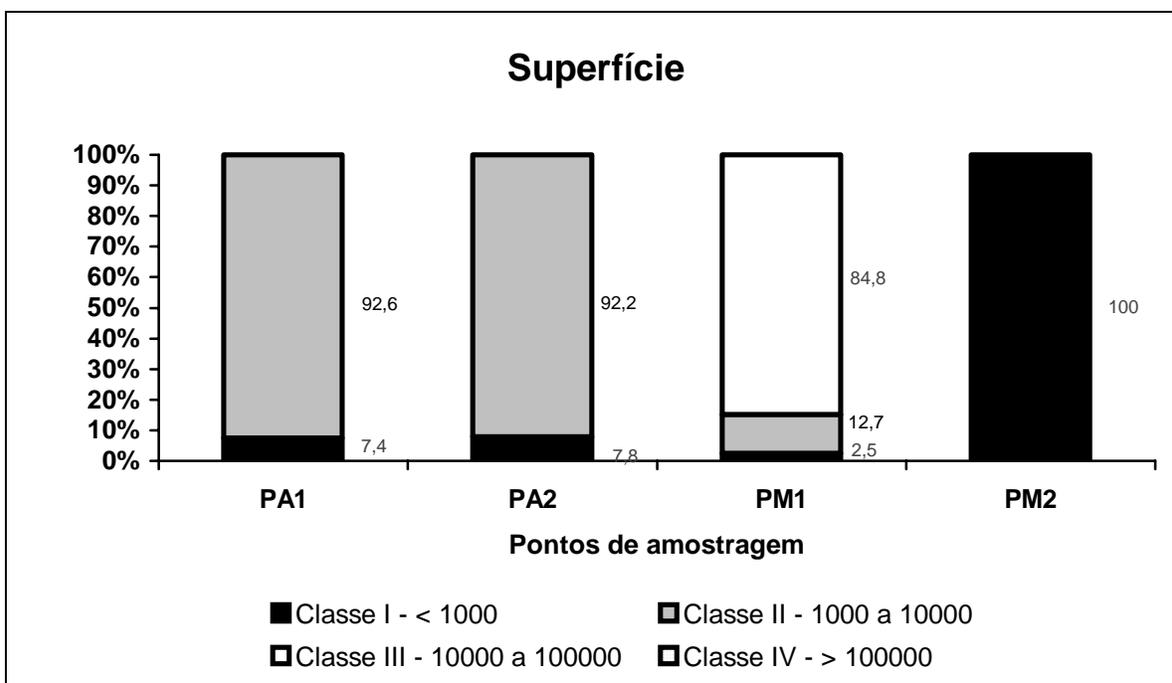


Figura 30: Distribuição percentual do biovolume em relação às classes de tamanho (μm^3) na superfície e fundo no mês de agosto nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

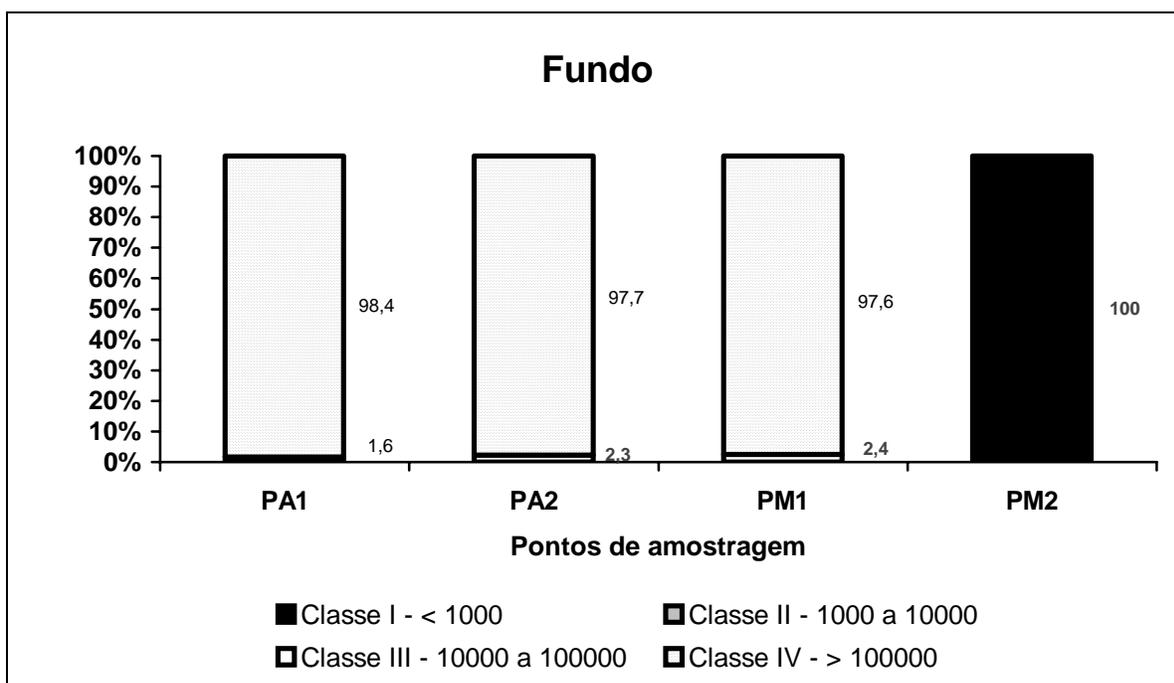
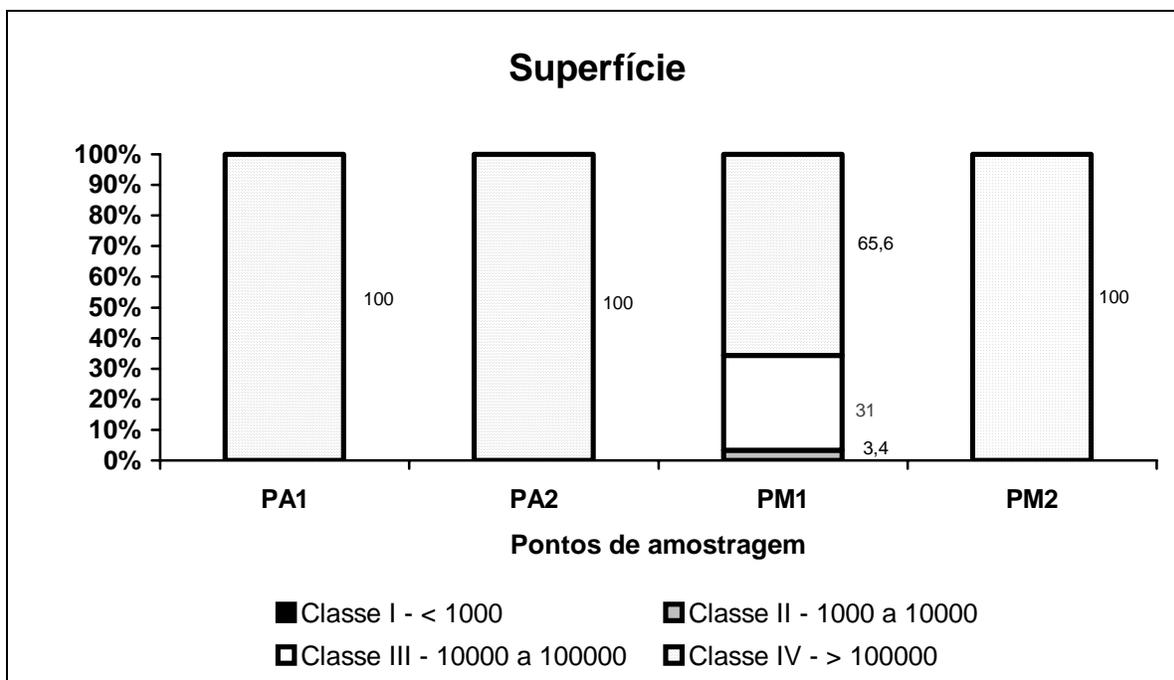


Figura 31: Distribuição percentual do biovolume em relação às classes de tamanho (μm^3) na superfície e fundo no mês de outubro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

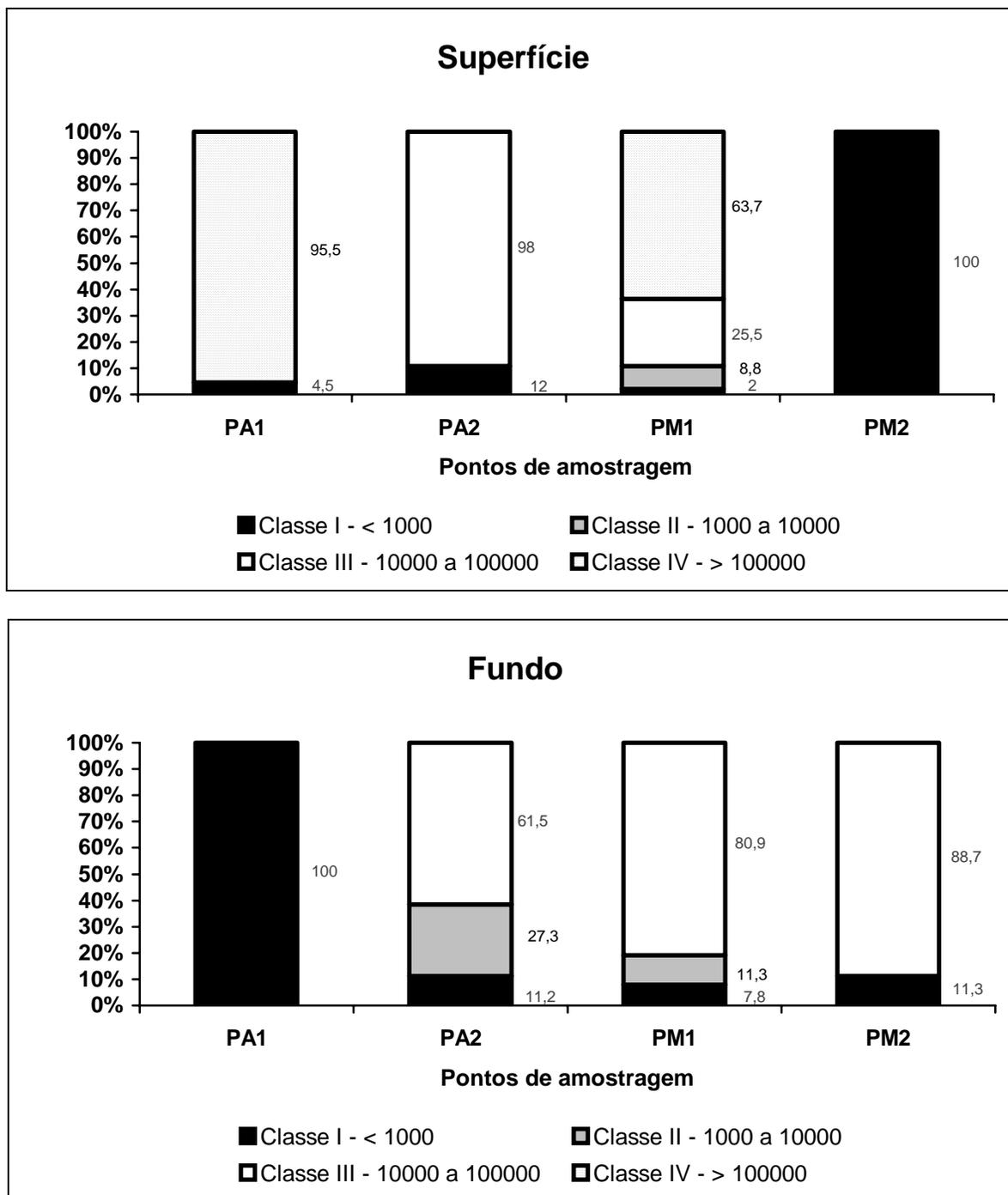


Figura 32: Distribuição percentual do biovolume em relação às classes de tamanho (μm^3) na superfície e fundo no mês de dezembro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

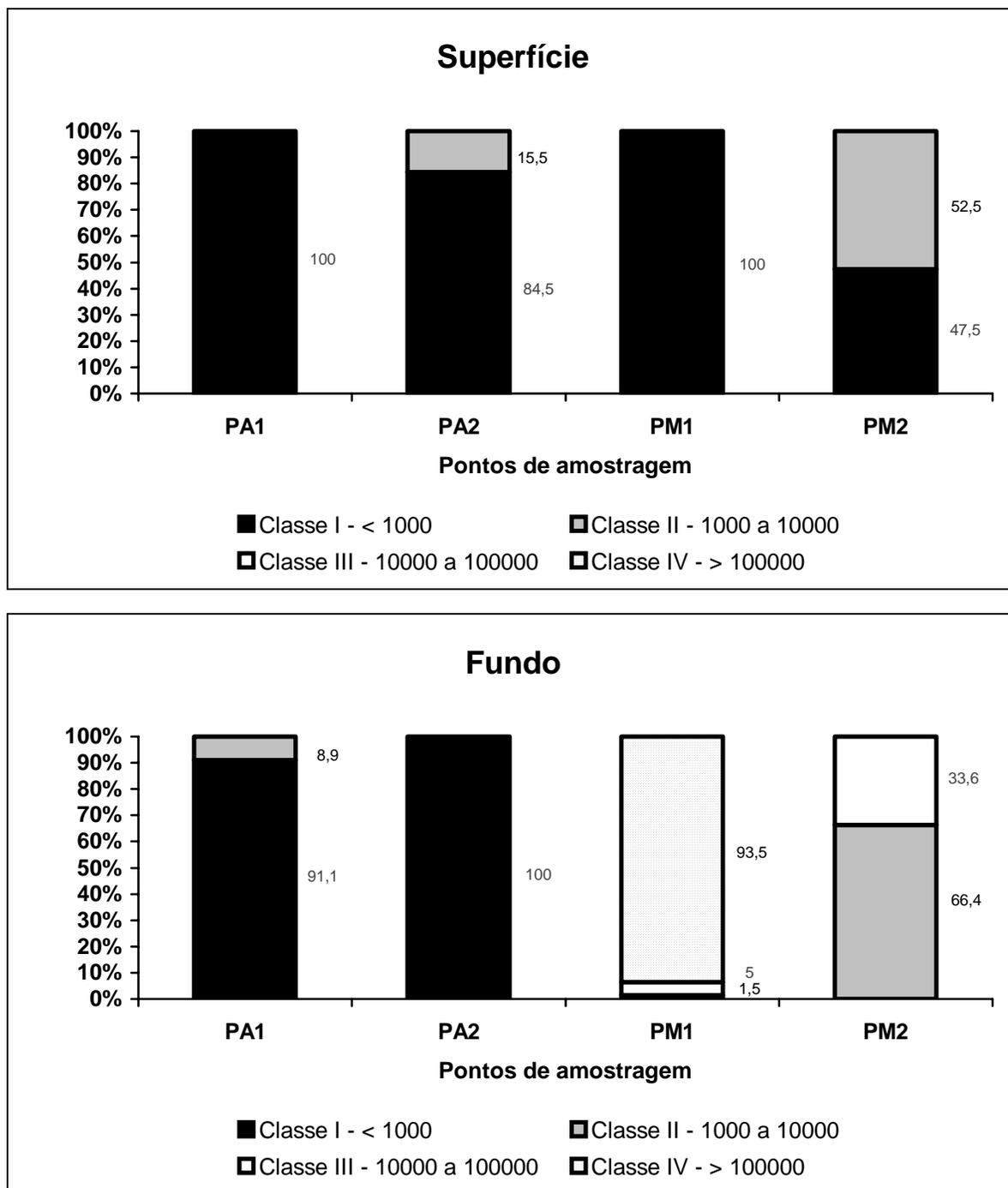


Figura 33: Distribuição percentual do biovolume em relação às classes de tamanho (μm^3) na superfície e fundo no mês de fevereiro nos rios Piraquê- Açú (PA1 e PA2) e Piraquê- Mirim (PM1 e PM2).

5.5. Análise de agrupamento

A Figura 34 apresenta os resultados da análise fatorial em componentes principais aplicada sobre as variações da densidade numérica das seis Classes de algas, do biovolume total e da diversidade específica do fitoplâncton, bem como das diversas variáveis abióticas, tais como: temperatura, salinidade, pH, pluviosidade, transparência, oxigênio dissolvido, clorofila *a*, feofitina e nutrientes.

A análise destacou três fatores principais, que juntos são responsáveis por 56,2 % das variações do sistema. O primeiro fator explica 30,2 % das variações e se relaciona com a salinidade e nitrato em contraposição à pluviosidade, temperatura e pH. O segundo fator explica 14,09% das variações e se associa à densidade fitoplanctônica total e das Bacillariophyceae e fitoflagelados. O terceiro fator explica 11,9 % das variáveis e se associa ao oxigênio dissolvido e à diversidade específica do fitoplâncton.

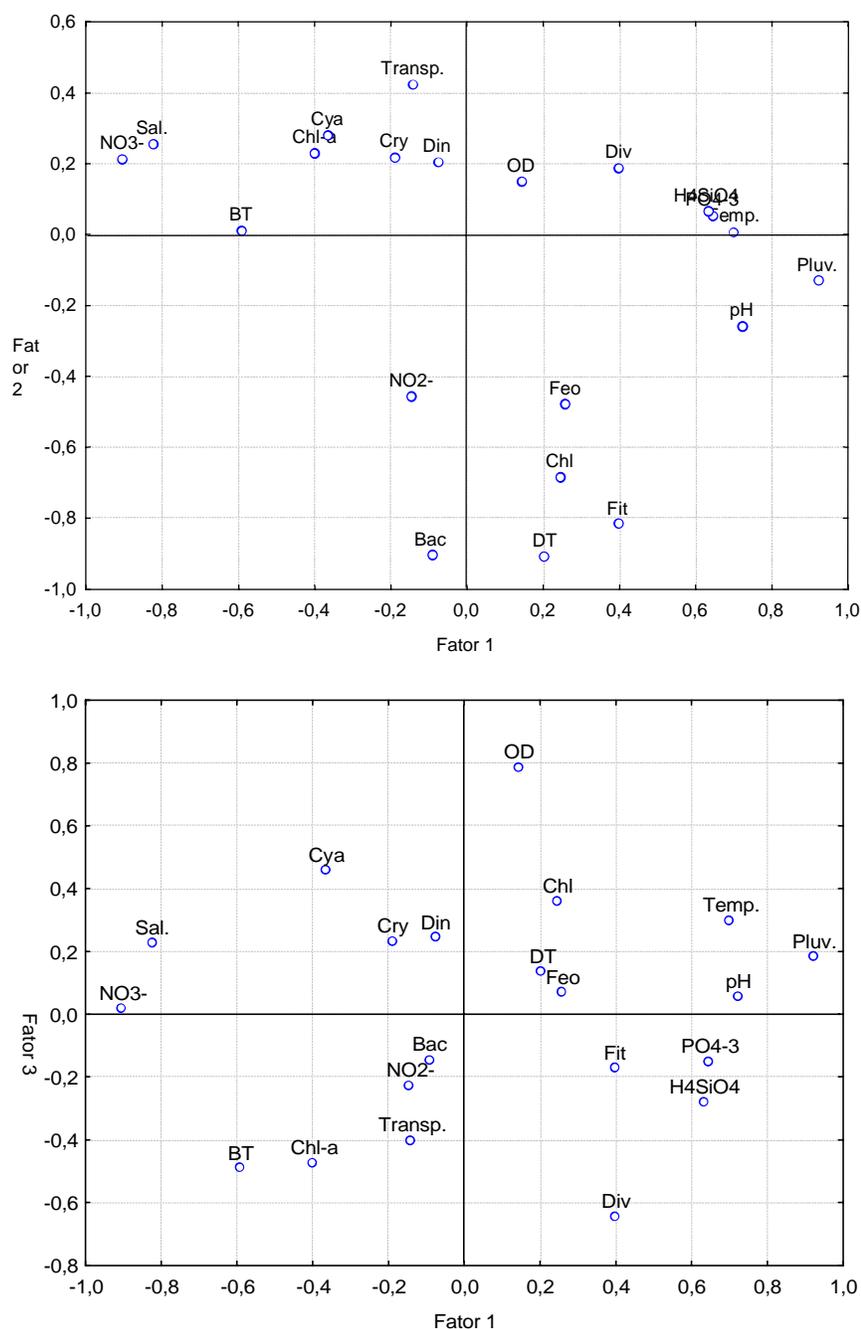


Figura 34: Análise fatorial em componentes principais aplicada sobre as variações bimestrais no período de agosto de 2003 a fevereiro de 2004 da densidade de cada grupo de algas, bem como de diversos parâmetros ambientais estudados (Sal.: salinidade, NO₃⁻: nitrato, NO₂⁻: nitrito, Transp.: transparência da água, Temp.: temperatura, pH: pH, Pluv.: pluviosidade, OD: oxigênio dissolvido, H₄SiO₄: silicato, PO₄-3: ortofosfato, Chl-a: clorofila-a, Feo: feofitina, DT: densidade total do fitoplâncton, Cya: Cyanophyceae, Chl: Chlorophyceae, Din: Dinophyceae, Bac: Bacillariophyceae, Fit: fitoflagelados, Cry: Cryptophyceae, BT: biovolume fitoplancctônico total, Div: diversidade específica).

6. DISCUSSÃO

6.1. Características físico-químicas e nutrientes

Um estuário, segundo a terminologia mais comum, é: um sistema dinâmico, em que ocorre uma descarga contínua de água doce e água salgada, sendo esta pressionada da costa para as partes mais internas do estuário. As duas influências interagem e as características dos estuários refletem o balanço das forças associadas com cada uma (TUNDISI,1970).

Como existem diferentes situações físicas e químicas em um estuário, determinadas por topografia do fundo, tipo de sedimento dos rios, descargas de produtos industriais e quantidades de água doce trazidas pelos diferentes tributários, ocorrem, na maioria dos casos, gradientes de distribuição dos fatores ambientais (TUNDISI,1970).

A transparência das águas estuarinas é freqüentemente reduzida em função dos sedimentos em suspensão aportados durante a época chuvosa, ou ressuspensos pela ação hidrodinâmica (BONILHA; ASMUS, 1994). Nesse estudo, tal redução da transparência em razão das chuvas não foi observada, não havendo uma variação sazonal da transparência. De acordo com Tenenbaum (1995), em regiões tropicais não existe um padrão típico para transparência da água, podendo ser modificado, principalmente, em função da proximidade da costa e de aportes de origens diferenciadas.

A temperatura da água é um fator ambiental que influencia a abundância, distribuição e crescimento de organismos aquáticos e os processos físicos e químicos de águas estuarinas por afetar atividades enzimáticas (respiração e fotossíntese e os processos de taxas de crescimento do fitoplâncton (KENISH,1986 a). No estuário do Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim pôde-se observar a pouca variação entre a temperatura da superfície e fundo em todos os pontos e períodos amostrados, o que leva a conclusão de que sempre houve uma mistura em toda coluna d'água, devido provavelmente, à constante mistura

das águas e à pequena profundidade do estuário. Além disso, os menores valores foram registrados em agosto e os maiores em fevereiro, apresentando um pequeno, porém evidente, ciclo sazonal. O mesmo comportamento para a temperatura no tocante à variação vertical e temporal também foram verificados em outros estuários como em Jequiá (MELO MAGALHÃES et al., 1996), no Rio Igarassu (ESKINAZI-LEÇA et al., 1980 b) e em Ubatuba (SASSI e KUTNER, 1982). Nessas regiões, a temperatura da água é influenciada principalmente pela temperatura do ar. A variação apresentada no período estudado (23,9 a 30,13 ° C) demonstra as oscilações climáticas características de uma região tropical (SASSI e KUTNER, 1982).

O grau de salinidade das águas interiores e sobretudo sua variação temporal é de fundamental importância na seleção do tipo de comunidade vegetal e animal que coloniza um determinado ecossistema e também na regulação da taxa de crescimento destas comunidades. Isto porque a salinidade do meio atua direta e indiretamente sobre processos vitais do metabolismo dos organismos (ESTEVES, 1988). Variações de salinidade levam à problemas de estresse osmótico para organismos estuarinos. O fitoplâncton utiliza vários mecanismos osmóticos para melhorar os efeitos da alta variabilidade nos níveis de salinidade. Devido sua habilidade na osmorregulação, o fitoplâncton estuarino tipicamente tem mais tolerâncias eurialinas que as formas costeiras e oceânicas (KENISH, 1986b). A regulação osmótica é a propriedade que possibilita aos seres vivos a manutenção das concentrações iônicas internas e externas, em condições adequadas para o desempenho das funções fisiológicas das células, através de vários mecanismos de bombeamento ou variação da retenção de íons (ESTEVES, 1988). A variação temporal da salinidade identificou águas menos salinas em fevereiro (entre 5,68 e 23,19), devido aos altos valores de precipitação registrados nos meses anteriores o fator precipitação associado ao aumento da vazão do rio pôde agir como um agente diluidor. Esse mesmo padrão foi registrado por Eskinazi-leça et al. (1980) no estuário do Rio Igarassu onde os

baixos valores de salinidade estiveram associados à grandes precipitações pluviométricas.

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, ao mesmo tempo que uma das mais difíceis de interpretar. Esta complexidade na interpretação dos valores de pH deve-se ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Na maioria das águas naturais o pH da água é influenciado pela concentração de íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água que elevam os valores de pH para a faixa alcalina (ESTEVES, 1988).

Ao comparar o pH da região estudada com outras regiões estuarinas verificou-se que o mesmo apresentou uma maior amplitude de variação quando comparado à outros estuários. Nos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim o pH variou de ácido (5,72) a alcalino (13,26). Em outros estuários como em Itamaracá (MACEDO et al., 1982), na Baía de Vitória (LUCAS, 2002) e na região estuarina em Ubatuba (SARTORI e NOGUEIRA, 1998) o pH manteve-se entre 6,9 e 8,7 em toda amostragem. O aumento do pH, principalmente no mês de fevereiro pode ter origem alóctone, através do escoamento superficial após as chuvas. O mês de janeiro foi marcado pelo início da estação chuvosa, apresentando índices pluviométricos altos e concentrados em um curto período, o que provavelmente levou à ocorrência de grande fluxo de escoamento superficial, rumo ao estuário, transportando grande quantidade de material alóctone das áreas terrestres e cursos d'águas vizinhos. É possível que o material transportado contenha quantidade de bases suficientes para elevar o pH em todos os pontos e profundidades no mês de fevereiro. Devido a proximidade do estuário com uma fábrica de celulose, pode-se inferir que a elevação do pH deu-se devido à lixiviação proveniente da serrapilheira de eucaliptos. Hatch et al. (apud LIMA, 1993), analisando o pH de águas superficiais de bacias experimentais na Austrália, encontraram evidências de que diferentes espécies de eucaliptos podem afetar a qualidade da água de diferentes formas e que a lixiviação da serrapilheira de eucaliptos apresentam

maior teor de base total quando comparada à serrapilheira de outras espécies. Assim, pode-se inferir que sem a influência das chuvas as águas fluviais seriam naturalmente mais ácidas.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio, é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. Sua concentração em ambientes aquáticos é o resultado de uma complexa interação de processos biológicos antagônicos. A fotossíntese produz oxigênio, enquanto a respiração e a regeneração de sais nutrientes através da oxidação bacteriana consomem oxigênio. Fatores externos, tais como agitação da superfície da água por ações dos ventos, ascensão das águas profundas subsaturadas, assim como a liberações de oxigênio para a atmosfera nas águas que se tornaram supersaturadas, alteram a dinâmica dos processos (TENENBAUM,1995). Os teores de oxigênio dissolvido no estuário em estudo variaram entre 0,58 mg/l em outubro na superfície do PM1 e 1,19 mg/l no fundo do PA2. Com relação à variação sazonal, os valores não permitiram evidenciar um ciclo definido. Porém os valores apresentaram-se sempre baixos e uma pequena amplitude de variação quando comparados com outras regiões estuarinas, como por exemplo Branco et al. (2000), que observou concentrações que variaram de 0,67 ml/l (0,96 mg/l) a 5,3 ml/l (8,04 mg/l), no estuário da Barra das Jangadas-PE e Sartori e Nogueira (1998) onde a variação foi de 6 e 9 mg/l na região de Ubatuba-SP. Eskinazi-Leça et al. (1980) no estuário do Rio Igarassu verificou que as menores concentrações de oxigênio dissolvido ocorreram em consequência da grande quantidade de material em suspensão transportado pelo rio o que deve ter contribuído para um aumento do consumo de oxigênio para suprir processos metabólicos internos, como a decomposição.

De acordo com o sistema proposto por Pritchard (1955;1967) os estuários podem ser classificados como: altamente estratificado, moderadamente estratificado e verticalmente homogêneo. As evidências para os estabelecimentos desses padrões de circulação são dadas por medidas de distribuição de parâmetros físicos e químicos, e inferências diretas com relação

à circulação. No tocante à variação vertical das variáveis ambientais apresentadas como temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido fica evidente que no geral houve pequenas variações encontradas entre as camadas superficial e profunda, assinalando, dessa forma, uma homogeneidade do meio com relação à distribuição vertical. Então, essas variáveis não devem ser influenciadoras da distribuição vertical do fitoplâncton neste estuário.

Os teores de nutrientes estão freqüentemente relacionados ao grau de poluição doméstica, industrial e agropecuária de um ecossistema aquático. Altos teores de nutrientes são, muitas vezes interpretados como indicadores de meio poluído, apresentando um estado avançado de eutrofização. Daí a importância dada à determinação dos nutrientes na elaboração de diagnósticos ambientais (CARMOUZE, 1994).

Fósforo e nitrogênio são os nutrientes que mais freqüentemente limitam os autótrofos em ecossistemas marinhos e de água doce (DOWNING, 1997). Em estuários, a produtividade do fitoplâncton é normalmente limitada pelo nitrogênio (KENNISH, 1986b). Quando lagos, rios ou estuários recebem carga adicional destes nutrientes de fontes antropogênicas, há geralmente aumento na biomassa de autótrofos, e algumas vezes drásticas mudanças na estrutura taxonômica e funcional dos grupos (PHILIPPART et al., 2000). Estas mudanças podem atingir a cadeia alimentar, afetando os consumidores primários e secundários (MOELLER et al., 1998). Cargas excessivas de nutrientes também podem levar a fenômenos como *blooms* de algas tóxicas (BURKHOLDER e GLASGOW JR., 1997). Assim, a importância da liberação de nutrientes estimuladores da eutrofização em ecossistemas aquáticos, como fósforo e nitrogênio, resultam de suas atuações como fatores limitantes na produção primária de ecossistemas por estarem relacionados com o processo fotossintético (ESTEVES, 1988).

O fósforo é um elemento indispensável para o crescimento das algas, pois faz parte da composição de importantes compostos celulares diretamente ligados ao armazenamento de energia na célula, como ATP, GTP, etc. Além

disto, o fosfato faz parte da composição dos ácidos nucleicos, fosfolípidos, nucleotídeos, fosfoproteínas, etc (ESTEVEES, 1988).

Toda forma de fósforo presente em águas naturais, quer na forma iônica quer na forma complexada, encontra-se sob a forma de fosfato. Do ponto de vista limnológico, todas as formas de fosfato são importantes, no entanto, o ortofosfato assume maior relevância, por ser a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos (ESTEVEES, 1988).

Como uma reação em cadeia, o aumento na concentração de fosfato tem efeitos diretos sobre a densidade dos organismos fitoplanctônicos e, conseqüentemente, sobre a produção primária do sistema. Estudos realizados por Lund (apud ESTEVEES, 1988) mostraram que $1,0 \mu\text{g P. l}^{-1}$ é capaz de produzir 15 milhões de algas *Asterionella*. O aumento na concentração de fosfato não implica somente no aumento da produção do fitoplâncton, mas também em mudanças qualitativas nesta comunidade.

No Rio Piraquê, os valores de $\text{PO}_4\text{-P}$ encontrados estiveram, em geral, acima dos valores de outros estuários e dos padrões naturais para águas estuarinas (Tabela III). Picos na concentração de ortofosfato foram observados no mês de fevereiro, chegando a $76,95 \mu\text{g/l}$ no fundo do ponto 2 no Rio Piraquê-Açú e a $74,45 \mu\text{g/l}$ no fundo do ponto 1 do Rio Piraquê-Mirim. As variações mais evidentes deste nutriente ocorreram no período chuvoso, onde as águas precipitadas carregam uma apreciável quantidade de matéria orgânica e inorgânica para o estuário. Segundo Carneiro (1990), em Itaipu, após chuvas intensas, valores significativamente mais elevados de fósforo eram encontrados. Macedo et al. (1973), efetuando observações hidrológicas no Canal de Santa Cruz, verificaram que as mais elevadas concentrações de ortofosfato coincidiram com períodos de elevadas precipitações pluviométricas. No estuário estudado, o mesmo fenômeno deve ter acontecido já que altas precipitações foram verificadas em janeiro. Com base nestas informações, é possível que o ortofosfato tenha influenciado o fitoplâncton através de mudanças qualitativas e quantitativas desta comunidade.

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988).

As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: a chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e fixação de nitrogênio molecular dentro dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988).

Segundo McCarthy e Goldman (1979), o fitoplâncton pode assimilar nitrito, em caso de escassez do íon amônio e nitrato; neste caso o nitrito é reduzido, no interior da célula, a amônio, por meio da enzima nitrito-redutase. Em altas concentrações, o nitrito é extremamente tóxico à maioria dos organismos aquáticos.

Assim como o ortofosfato, os valores de nitrito e nitrato nos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim estiveram maiores que em outros estuários (Tabela 3).

Tabela 3: Comparação dos teores de nutrientes (em $\mu\text{g/l}$) em ecossistemas estuarinos com a região de estudo (mínimo e máximo).

Regiões estuarinas	Ortofosfato	Nitrito	Nitrato
Baía de Santos, SP Gianesela-Galvão, 1982	0,19 a 9,16	0 a 7,85	0,7 a 19,28
Estuário do Rio Botafogo, PE Macedo et al., 1982	0,049 a 29,877	0,001 a 0,485	0,053 a 36,323
Itamaracá, PE Macedo et al., 1987	0,909 a 3,366	0,004 a 0,146	0,31 a 1,467
Laguna del Vila, Espanha Garcia de Emiliani, 1979	0,1 a 6,1	—	0,1 a 66
Este estudo: Rio Piraquê-Açú	1,09 a 76,95	0,49 a 26,98	41,5 a 73,1
Rio Piraquê-Mirim	3,41 a 74,45	0,49 a 11,91	47,04 a 77,04

Os valores de nitrito no estuário variaram de 0,49 (PA1 fundo em fevereiro) a 26,98 $\mu\text{g/l}$ (PA2 fundo em outubro) enquanto que os teores de nitrato estiveram na faixa de 41,5 (PA1 superfície em dezembro) a 77,04 (PM1 fundo em outubro) $\mu\text{g/l}$. O nitrito ocorre nas águas naturais como um componente intermediário, resultante da redução bacteriana do nitrato, ou mais comumente da oxidação do amônio. Os maiores valores de nitrato em relação ao nitrito indica condições propícias à ocorrência do processo de nitrificação.

A sílica reativa (= sílica solúvel = sílica dissociada = íon silicato ou simplesmente sílica) é a forma assimilável pelos organismos. No meio aquático, a sílica, sob a forma solúvel, é um composto de fundamental importância, pois é utilizada pelas diatomáceas na elaboração da carapaça (ESTEVES, 1988).

Os maiores valores de silicato apresentados em fevereiro podem ter ocorrido devido à intensificação das chuvas neste período acarretando um aumento do escoamento superficial em direção ao rio já que existe muita sílica no solo. E também a turbulência e ressuspensão de sílica depositada no sedimento podem ter aumentado, o que segundo Sartori e Nogueira (1998) pode ser observado em ecossistemas aquáticos.

Além disso, os valores mais elevados de silicato coincidiram com os maiores valores de temperatura no mesmo mês, inclusive o maior valor de silicato foi registrado na superfície do PA2 em fevereiro (1.686,22 $\mu\text{g/l}$) e o maior valor de temperatura aconteceu no mesmo ponto, profundidade e mês (30,13°C). Conforme Tessenow (apud ESTEVES, 1988) a liberação de sílica das carapaças presentes no sedimento é um processo que depende principalmente da temperatura, sendo a taxa de solubilização acelerada com o aumento desta. É importante ressaltar que os valores de silicato registrados em fevereiro foram bem superiores quando comparados à de outras regiões estuarinas, como por exemplo, Garcia de Emiliani (1973) ao estudar a região estuarina da Laguna del Vila (Espanha) que obteve concentrações deste nutriente variando entre 16 e 168 $\mu\text{g/l}$.

Assim, em relação às variáveis abióticas, pôde-se observar que no estuário do Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim praticamente não houve variação vertical e horizontal, podendo-se inferir que não existe um gradiente de poluição entre os dois contribuintes fluviais (Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim). Porém, no tocante à variação temporal, a pluviosidade foi a grande influenciadora das mudanças relacionadas aos fatores abióticos ao longo do período de amostragem levando a hipótese de que a comunidade fitoplanctônica sofrerá transformações qualitativas e quantitativas ao longo do período de amostragem.

6.2. Clorofila *a* e feofitina

A determinação dos pigmentos clorofilianos é muito difundida e está relacionada com a biomassa do fitoplâncton, sua produtividade, bem como com seu estado fisiológico. No entanto, estas são relações complexas com aplicação limitada. As razões entre os constituintes celulares variam ao longo da vida de um indivíduo, diferem de uma espécie para outra e mudam em função das condições energéticas (CARMOUZE, 1994).

A clorofila *a* está diretamente ligada à produtividade, por catalisar a fotólise da água, a qual produz fótons que, através do ciclo de Calvin, reduzem o gás carbônico a carbono orgânico. De fato, a relação clorofila *a* versus produtividade depende, em grande parte, das estruturas celulares. Assim, duas populações diferentes, caracterizadas por teores de clorofila *a* iguais e crescendo em condições energéticas idênticas, podem apresentar taxas de reprodução bem distintas (CARMOUZE, 1994).

Os pigmentos dão informações sobre o estado fisiológico de uma comunidade fitoplanctônica na medida em que, em qualquer população em declínio, o teor de clorofila *a* diminui, enquanto seus produtos de degradação (feopigmentos) e os carotenóides aumentam. Na fase senil, a evolução pigmentar depende também da composição da comunidade fitoplanctônica, de modo que a distribuição dos pigmentos representa um excelente índice do

estado fisiológico da comunidade fitoplanctônica (MARGALEF,1960 apud CARMOUZE,1994).

No estuário em estudo, a biomassa estimada a partir da dosagem de clorofila *a* foi em geral baixa, entre valores não detectáveis em vários pontos a 6,68 µg/l (PA1 fundo em outubro). Valores baixos também foram determinados por TENENBAUM (1995), que ao avaliar a estrutura da comunidade fitoplanctônica e as relações da mesma com as variáveis ambientais de uma região costeira em Aracruz encontrou valores de concentração de clorofila *a* oscilando entre 0,01 e 3,45 µg/l. Valores baixos para este pigmento nestes estudos podem ter como fator causador o estado fisiológico das células, visto que células senescentes apresentam diminuição rápida das quantidades de clorofila *a*, bem como diminuição na sua taxa de multiplicação (MARGALEF,1974). A senescência de espécies fitoplanctônicas pode ter sido ocasionada pelo efeito das variações de salinidade sobre as espécies marinhas e as dulcícolas. A mistura de água doce e salgada que constantemente ocorre no estuário pode ter ocasionado impacto em espécies características de ambientes fluviais e em espécies características de ambientes marinhos dificultando as funções fisiológicas destes indivíduos levando-os ao processo de senescência. Este impacto pode ter se intensificado principalmente nas espécies fluviais já que estas não têm saída e a salinidade se manteve alta na maior parte do período de amostragem.

Os valores máximos obtidos para a clorofila *a*, durante o período de estudo, nem sempre coincidiram com os máximos de fitoplâncton. Algumas discrepâncias entre as duas formas de avaliação quantitativa do fitoplâncton (contagens celulares e clorofila *a*) foram observadas em alguns meses. Vários fatores podem ser causadores das mesmas, como erros decorrentes da fixação e técnica de contagem já que certos fitoflagelados, por exemplo, muitas vezes perdem seus flagelos e não são distinguidos ao microscópio (KUTNER,1972); restos de vegetação terrestre podem ser carregados por água de drenagem continental, a ocorrência de ressuspensão da clorofila detrital do sedimento

através dos processos de turbulência e, além disso, os métodos de quantificação de clorofila a também apresentam falhas, uma vez que é possível a ocorrência de perdas de células do nanoplâncton durante a filtração das amostras devido a utilização de filtros de fibra de vidro.

6.3. Composição florística

A constituição da comunidade fitoplanctônica apresentou pouca variação no número de táxons entre os dois rios (117 táxons no Rio Piraquê-Mirim e 119 táxons no Rio Piraquê-Açú), com 37 taxa exclusivo do Rio Piraquê-Mirim , 39 taxa exclusivo do Rio Piraquê-Açú e 80 taxa em comum.

Considerando os dois rios, foram encontrados 156 táxons, entre gêneros, espécies, ordens e variedades, pertencentes às Classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae , Dinophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae, Zygnematophyceae, Dytiochophyceae e fitoflagelados.

Qualitativamente, o fitoplâncton dos Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, apresentou-se com uma composição bastante semelhante à verificada por Cruz (2004) em termos de Classes e lista total ao estudar, no mesmo local, a caracterização inicial da comunidade fitoplanctônica. Contudo o número de táxons encontrados por Cruz foi superior, uma vez que, para a elaboração da lista de espécies foram utilizados um maior número de pontos coletados e meses amostrados.

As Bacillariophyceae apresentaram 57% do número total de táxons, seguidas das Chlorophyceae (11,5%) e fitoflagelados (10,3%). As demais classes de algas somaram juntas 21,2 %.

Essa predominância de Bacillariophyceae é relatada em muitos outros estuários. No Rio Paraíba do Norte, Sassi (1991) encontrou 139 espécies fitoplanctônicas sendo que 80,5% pertenciam ao grupo das diatomáceas; Brandini (1985) estudando a sucessão sazonal do fitoplâncton na Baía de Paranaguá verificou cerca de 76% de algas Bacillariophyceae, sendo a grande maioria composta de espécies neríticas e oceânicas trazidas para baía pelas

correntes de maré; Melo Magalhães et al.(1996) encontraram 68% de Bacillariophyceae na listagem de composição fitoplanctônica do sistema estuarino de Jequiá; Lucas (2002) no sub-sistema estuarino do Canal da Passagem (ES) verificou em geral mais de 40% da microflora era composta de Bacillariophyceae; ao estudar o estuário do Canal de Santa Cruz-PE, Eskinazi-Leça et al. (2000), também observaram que as diatomáceas foram o grupo mais diversificado, chegando a representar cerca de 80% de toda flora, destacando-se as espécies eurialinas, que eram características do ambiente costeiro adjacente.

As diatomáceas (Bacillariophyceae) são encontradas em uma grande variedade de habitats, tanto em ambientes marinhos costeiros e estuarinos como nas águas continentais (PRESCOTT,1975; BICUDO e PARRA, 1995). Representam 200 gêneros e cerca de 6000 espécies, sendo consideradas por muitos especialistas como o grupo fitoplanctônico mais importante, contribuindo substancialmente para a produtividade oceânica, especialmente em águas costeiras (KENNISH, 1990). A microflora diatomológica foi composta no estuário dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, na grande maioria, de espécies marinhas eurialinas que são aquelas que se distribuem desde os ambientes de alta salinidade (maior que 30) até aqueles com salinidades próximas a 5 (ESKINAZI-LEÇA et al., 1985), o que vem indicar uma grande influência das águas oceânicas. A ocorrência predominante de formas fitoplanctônicas marinhas eurialinas verificadas neste estuário deve-se a habilidade dessas algas de osmorregulação, através de vários mecanismos diferentes (GUILARD apud SMAYDA, 1983). Dentre essas espécies podem-se destacar várias diatomáceas como: *Amphiprora alata*, *Asterionella japonica*, *Bellerochea malleus*, *Bacteriastrium delicatulum*, *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros didymus*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Coscinodiscus centralis*, *Coscinodiscus granii*, *Ditylum brightwellii*, *Grammatophora marina*, *Leptocylindrus danicus*, *Melosira sulcata*, *Nitzschia closterium*, *Nitzschia obtusa*, *Nitzschia sigma*, *Odontella pulchela*, *Odontella regia*, *Rhizosolenia imbricata*, *Rhizosolenia robusta*, *Thalassiothrix frauenfeldii*,

Thalassionema nitzschioides, e *Triceratium antideluvianum* (ESKINAZI-LEÇA et al., 1985).

A segunda Classe com maior número de gêneros e espécies encontrados na composição florística no estuário em estudo foi a das Chlorophyceae. Estas algas, geralmente nanoplânctônicas, têm sido consideradas como um dos grupos de algas mais diversos nos ambientes aquáticos (rios, estuários e áreas costeiras).

Cerca de 10% das espécies de Chlorophyceae são tipicamente marinhas e 90% são típicas de águas doces (BICUDO e PARRA, 1995). Das clorofíceas encontradas no estuário do Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, a maioria é comumente encontrada em ambientes dulcícolas, assim como as espécies *Chlorella minutissima* e *Pediastrum duplex*, sendo esta última também encontrada em águas estuarinas (PRESCOTT, 1975; BICUDO e PARRA, 1995).

O terceiro grupo com o maior número de táxons que constituíram a flora fitoplanctônica do estuário analisado foram os fitoflagelados, que pertencem a várias Divisões taxonômicas. De acordo com Sieburth et al. (apud TENEMBAUM, 1995), estes organismos fazem parte do nanoplâncton, correspondendo à fração entre 2 e 20 μm . São comuns em ambientes costeiros e continentais. Em função do método de fixação, bem como da metodologia de análise utilizada, a visualização desses organismos tornou-se bastante prejudicada. De formato geralmente esférico ou em gota, freqüentemente perdem seus flagelos, sendo identificados genericamente como “mônadas” (KUTNER apud TENEMBAUM, 1995).

De maneira geral, o fitoplâncton da região estudada é composto principalmente por espécies marinhas, eurialinas e planctônicas, sendo estas representadas, na maioria dos táxons, pelas Classes: Bacillariophyceae, Dinophyceae e Dictyochophyceae. A presença de espécies dulcícolas, representada pela maioria das cianofíceas, clorofíceas e euglenofíceas, pode ser interpretada como devido à influência fluvial no estuário.

6.4. Densidade e diversidade fitoplanctônica

Os gradientes físicos, químicos e físico-químicos que se estabelecem são importantes, determinando uma sucessão na distribuição do fitoplâncton ao longo do estuário (TUNDISI,1970). Em virtude desses gradientes, ocorre em muitos casos, uma sucessão de diferentes valores de densidade e biomassa fitoplanctônica.

As diferenças observadas na densidade de cada mês, ponto e profundidade, não chegam a ser expressivas para se considerar estratificação vertical da população, o que conduz a uma hipótese de haver, nesta região, um contínuo mecanismo de mistura. Durante o período de estudo, a população se manteve sempre em baixas densidades celulares, exceto no mês de fevereiro, que no geral teve os maiores valores de contagens quando comparados com outros meses. Kutner (1972) encontrou, na região de Cananéia, florescimentos que atingiram 19.619.000 células/l (19.619 células/ml) , na época de máxima pluviometria. No estuário do Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim os valores de densidade variaram entre 199 a 3.099 indivíduos /ml. Esse valores foram inferiores, porém próximos dos observados por Dias Jr et al.(2002), que encontrou um valor máximo de 1.048 indivíduos/ml na Baía de Vitória e por Sassi e Kutner (1982) que quantificou, no estuário do saco da Ribeira (Ubatuba, SP), densidades populacionais variando entre 64 a 1.028 indivíduos/ml. Porém, Lucas (2002) estudando o fitoplâncton no Canal da Passagem (Vitória,ES), encontrou valores de $22,7 \times 10^6$ indivíduos/ml , valores muito mais elevados que os do estuário estudado, fato que pode ser explicado pela alta carga de nutrientes que o sub-sistema estuarino na Baía de Vitória recebe. A área estudada por Lucas (2002) recebe diariamente inúmeras fontes poluidoras proveniente de esgoto tratado do efluente final da ETE-Camburi. Esse efluente contém, além dos nutrientes dissolvidos, uma relevante quantidade de biomassa viva fitoplanctônica que é lançada no afluente do Canal da Passagem (Canal da Cesan). Então, considerando-se a as diferenças em relação a densidade fitoplanctônica, pode se dizer que o estuário dos Rios Piraquê-Açú e

Piraquê-Mirim não se encontram no mesmo grau de impacto que as outras regiões estuarinas anteriormente citadas.

O fitoplâncton do estuário dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim foi dominado nos meses de agosto, outubro e dezembro por duas Classes de algas, as Chlorophyceae e principalmente as Cyanophyceae. No mês de fevereiro, essas duas Classes se mantiveram numericamente representativas, porém outras duas Classes se destacaram quanto ao número de indivíduos : as Bacillariophyceae e principalmente os fitoflagelados.

As Cyanophyceae tiveram representatividade numérica em todos os meses, pontos e profundidades amostradas. Porém, no mês de fevereiro, devido ao aumento da pluviosidade do mês anterior, foram surgindo outros gêneros de outras classes. Segundo Sandgren (1988) , além do forte efeito de diluição sobre a densidade das Cyanophyceae, fatores ambientais como a salinidade podem causar alterações drásticas na dominância dessa classe.

As Cyanophyceae são organismos procariontes adaptados a ambientes impactados e com altas concentrações de nutrientes (SHAPIRO apud NUNES, 2003). No presente estudo a variação desta Classe esteve entre 34 e 272 indivíduos/ml. Não foram observadas grandes oscilações na densidade dessas algas nem mesmo no mês de fevereiro, onde a densidade fitoplanctônica total alcançou o valor máximo de 3099 indivíduos/ml no fundo do ponto 1 do Rio Piraquê-Mirim. Apesar do aumento das concentrações de nutrientes como silicato e ortofosfato no mês de fevereiro, a variação das Cyanophyceae esteve entre 40 a 221 indivíduos/ml neste mês. Entre os nutrientes dissolvidos requeridos por esta classe, o fosfato e o nitrogênio são freqüentemente citados como sendo os principais. Devido à habilidade de certos gêneros em fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico e das Cyanophyceae em estocar fósforo internamente sob a forma de polifosfatos poliméricos, essas algas podem sobreviver e manter seu crescimento durante períodos de deficiência desses nutrientes (SANDGREN, 1988).

A dominância dessa Classe em vários pontos e meses amostrados deu-se principalmente pela presença da espécie *Synechocystis aquatilis*. Trata-se

de uma cianobactéria eurialina limnobionte, eutrófica e planctônica (CALJON, 1983). A variação da densidade desta alga no período de estudo esteve entre 34 e 266 indivíduos/ml.

Dentre as outras Classes de algas, a que mais se aproximou das Cyanophyceae, tanto nos valores numéricos quanto no padrão de distribuição, foi a das Chlorophyceae.

As Chlorophyceae crescem em águas com ampla variação de salinidade, desde as águas continentais oligotróficas, eutróficas, até aquelas que são marinhas e estão supersaturadas em solutos (BICUDO ; PARRA, 1995).

A dominância dessa Classe em alguns pontos e meses amostrados deu-se principalmente pela presença da espécie *Chlorella minutissima*. Trata-se de pequena clorófitcea, com taxas reprodutivas elevadas. Barroso e Dias Jr.(1997) ao avaliarem a qualidade da água no estuário do Rio Santa Maria da Vitória, na cidade de Vitória (ES), verificaram que para o ponto amostral mais próximo do lançamento do efluente tratado foram apontados os maiores valores desta alga($3,3 \times 10^6$ indivíduos/ml).

No mês de fevereiro houve um nítido aumento de Bacillariophyceae e fitoflagelados. Os fitoflagelados ainda não identificados, presentes em todo período de estudo, são organismos comuns em ambientes costeiros e continentais, uma vez que o constante aporte de materiais orgânicos das áreas adjacentes, a pequena profundidade e a constante ação dos ventos favorece a permanência destes materiais suspensos no meio, os quais, se finamente particulados, podem ser assimilados pelos fitoflagelados. Lucas (2002) no sistema estuarino do canal da Passagem e áreas adjacentes da Baía de Vitória (ES), encontrou cerca de 64,7% de fitoflagelados em relação à densidade numérica total relacionando-a a disponibilidade de matéria orgânica dissolvida.

As Bacillariophyceae variaram entre 6 e 70 indivíduos/ml nos meses de agosto, outubro e dezembro e em fevereiro a variação esteve entre 80 a 1393 indivíduos/ml.

O grande desenvolvimento das Bacillariophyceae no mês de fevereiro pode estar relacionado com o aumento do regime pluviométrico neste mês. O

aumento de chuvas neste período resultou na redução da salinidade, aumento da turbulência e na concentração de alguns nutrientes como fosfato e silício, sendo este essencial para o desenvolvimento das carapaças dessas algas. Essa classe se adapta melhor em salinidades mais baixas (QASIM et al., apud FREIRE-NORDI, 1990), além de possuir rápida taxa de crescimento em regiões turbulentas e ricas em nutrientes (SMETACEK apud TENENBAUM, 1995). Em águas costeiras, deve ser considerada a influência do fundo sobre a composição específica e a produção biológica da coluna d'água, quando sob o efeito das marés e do vento a coluna d'água adquire uma estrutura termo-halina homogênea favorável ao processo de turbulência e de ressuspensão do material particulado e dissolvido do sedimento (TENENBAUM, 1995). De fato, no presente estudo, esta influência manifestou-se também nas comunidades fitoplanctônicas, principalmente devido a presença de *Melosira varians* - diatomácea de águas doces e salobras, alcalifílica, bentônica (RIVERA, 1973) que assumiu altas densidades principalmente no mês de fevereiro. O aumento da turbulência nesse mês pode ter ocasionado a ressuspensão de formas bentônicas.

Duas Classes pouco representativas quantitativamente e com pequeno número de espécies, foram as Cryptophyceae e Dinophyceae. A primeira teve sua representatividade numérica no estuário dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim restrita quase que exclusivamente ao gênero *Cryptomonas*, característico de águas marinhas e também continentais.

As Cryptophyceae estiveram presentes na maioria dos pontos e meses amostrados, porém sua densidade numérica total não ultrapassou 40 indivíduos/ml. Yan (apud DIAS JR, 1998), observou que esta Classe de algas permaneceu presente durante todo o ano em diversos tipos de ecossistemas aquáticos, incluindo lagos, estuários e águas marinhas. Pequenos ou grandes picos populacionais seguem perturbações, tais como vento ou períodos de precipitações sem, contudo, estarem necessariamente relacionados com a sazonalidade.

As Dinophyceae são constituídas por aproximadamente 2.000 espécies cuja representatividade em águas marinhas é bem maior que em ambientes dulcícolas. A maioria de suas espécies é típica de ambientes tropicais e subtropicais, com raros exemplares representados em águas frias (DELGADO; FORTUNO apud TENEMBAUM, 1995). Foram representadas numericamente pelas espécies *Ceratium furca*, *Protoperidinium divergens* e *Prorocentrum micans*, todos pouco representativos durante toda amostragem.

Dentre as Euglenophyceae, *Trachelomonas volvocinopsis* foi a espécie numericamente mais importante. Dias Jr. (1990) ao estudar o ciclo anual do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais na Lagoa do Infernã (SP), verificou que esta espécie foi a principal representante numérica das Euglenophyceae e ocorreu em todo período de estudo, tendo sua densidade aumentada no período chuvoso. A ocorrência de *Trachelomonas volvocinopsis* deu-se somente nos meses de dezembro e fevereiro caracterizados por águas mais alcalinas e ricas em fosfato.

Com relação às Dytiochophyceae, o aparecimento em apenas um ponto, mês e profundidade da espécie *Dytiocha fibula* mostrou a pouca importância quantitativa que estas algas têm no estuário em estudo.

Considerando a sua densidade numérica, as Classes de algas encontradas no fitoplâncton do estuário dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim puderam ser divididas em três grupos. O primeiro foi formado pelas Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae e fitoflagelados, que mostraram as maiores densidades cujos valores atingiram 1393 indivíduos/ml. O segundo, formado pelas Euglenophyceae e Dinophyceae, com valores numéricos que chegaram a 113 indivíduos/ml. O terceiro grupo inclui as Cryptophyceae e Dytiochophyceae, cujos valores de densidade foram sempre inferiores a 40 indivíduos/ml.

Em relação ao seu ciclo anual, as classes do fitoplâncton do estuário dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim puderam ser divididas em quatro grupos. O primeiro foi formado pelas Cyanophyceae e Cryptophyceae, que ocorreram nas duas profundidades de cada ponto durante todo o período de estudo e não

apresentaram nenhum padrão de variação anual. O segundo, formado pelas Bacillariophyceae, Chlorophyceae e fitoflagelados, ocorreram em todas amostras e aumentaram suas densidades numéricas na época mais quente e de maior pluviosidade. O terceiro grupo, formado pelas Euglenophyceae e Dinophyceae, que não ocorreram em todos os meses e pontos estudados e aumentaram sua densidade numérica na época mais quente e com maior pluviosidade. E o quarto grupo, as Dytiochophyceae, não apresentou nenhum padrão de variação anual já que ocorreu em apenas um ponto, mês e profundidade.

Segundo Margalef (1983), as comunidades são formadas, na sua grande maioria, por um número relativamente pequeno de espécies representadas por muitos indivíduos ou, às vezes, por uma só espécie que domina absolutamente junto a um grande número de espécies com menor representação. O fitoplâncton do estuário dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim foi dominado numericamente por um número relativamente pequeno de espécies representadas por vários indivíduos.

Os estudos de fracionamento demonstraram que a fração menor que 20 μm (nanofitoplâncton) é a predominante no fitoplâncton total deste estuário ao longo de todo período de estudo. Isto indica que estes se beneficiam tanto em períodos de alta como de baixa concentração de nutrientes. A diversidade fisiológica resulta em parte, da heterogeneidade taxonômica dos organismos que constituem o nanoplâncton. Diversos autores têm demonstrado a contribuição do nanofitoplâncton para a população fitoplanctônica total em diversos estuários. Bergesch e Odebrecht (1997) ao analisar o fitoplâncton do estuário da Lagoa dos Patos, observou a dominância de nanoplâncton com um percentual médio anual de 70%. Sassi e Kutner (1982) ao estudar a variação sazonal do fitoplâncton do Saco da Ribeira, em Ubatuba (Brasil), verificaram que organismos menores que 20 μm representavam, para todas profundidades, entre 54,93 e 98,15% da população total de fitoplâncton.

Esta alta representatividade do nanofitoplâncton em regiões estuarinas pode ser explicada pela capacidade de rápida proliferação. Além disso, seu reduzido tamanho e grande relação superfície/volume são condições favoráveis à absorção de nutrientes, além de lhes conferir baixas taxas de sedimentação, minimizando as perdas (HAPPEY-WOOD, 1988).

Segundo Margalef (1978), valores de diversidade específica que variam de 1,0 a 2,5 bits/ ind. caracterizam a região costeira, podendo ser especialmente baixos em estuários e ambientes poluídos.

O Índice de diversidade específica em relação ao número de indivíduos na região estudada registrou valores entre 1,59 bits/ ind. e 3,51 bits/ ind., dos quais 75% foram superiores a 2,5 no Rio Piraquê-Açú e 62,5% no Rio Piraquê-Mirim. Os valores encontrados na região estuarina estudada se mostraram similares aos valores de diversidade específica registrados em outras áreas estuarinas, como Tenenbaum (1995), em que a região estudada apresentou uma variação de 0,12 a 4,12 bits/cel e Figueiredo (2000) em estudo no canal da Passagem, que considerou baixa a diversidade (2,7-3,6 bits/ ind.) em função da reduzida uniformidade.

6.6. Biovolume celular

Além da densidade numérica, uma outra maneira de quantificar a comunidade fitoplanctônica é a estimativa da sua biomassa através do biovolume, o que é um dado importante em função da diversidade de tamanhos entre as mesmas espécies e, principalmente, entre as diferentes espécies. Portanto, têm sido prática freqüente multiplicar os valores da densidade numérica das espécies por um valor aproximado do volume médio de suas respectivas células, obtendo-se um valor muito próximo da biomassa algal (MARGALEF, 1983).

No entanto, existe uma grande dificuldade encontrada para comparação com outros trabalhos, já que muitos autores preferem estimar a biomassa fitoplanctônica baseada nos valores de clorofila *a*, que é um método mais

simples, porém menos confiável, pois restos de vegetação terrestre podem ser carregados por água de drenagem continental e também pode haver ressuspensão da clorofila detrital do sedimento através dos processos de turbulência (SASSI e KUTNER, 1982).

O biovolume total do estuário dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim variou de 0,002 a 5,12 mm³/l. Bergesch e Odebrecht (1997) verificaram uma variação de 0,79 a 82,6 mm³/l para o biovolume do estuário da Lagoa dos Patos; Figueiredo (2000) obteve um biovolume total que variou de 0,79 a 82,6 mm³/l para o canal da Passagem-Vitória (ES) e Lucas (2002) no mesmo estuário verificou uma variação para o biovolume de 0,12 a 74,89 mm³/l. Os valores de biovolume total do estuário dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim foram considerados baixos quando comparados aos valores máximos observados no estuários acima citados, que apresentaram maior grau de poluição.

No entanto, no Rio Paraná, Garcia de Emiliani (1973) encontrou valores de biovolume variando entre 0,67 e 5,26 mm³/l e Cunha (2004) ao estudar o estuário do Piraquê-Açú/Mirim no período de abril a setembro de 2003 observou uma variação do biovolume entre 0,01 a 1,36 mm³/l nos pontos PA1, PA4, PM1 e PM4, portanto, valores próximos ao biovolume total da região estudada.

O número de indivíduos (densidade) é uma medida da comunidade fitoplanctônica satisfatória e muito utilizada, porém essa medida valoriza a importância de organismos pequenos e não confere tanta importância aos organismos de maior porte que podem ter forte importância ambiental como contribuidores da biomassa fitoplanctônica. Portanto, é interessante a adoção conjunta da determinação do número e indivíduos e do biovolume, pois o número de indivíduos atribui importância excessiva aos organismos pequenos e o biovolume fornece dados mais equilibrados entre espécies pequenas e grandes.

A variação temporal do biovolume total dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim pode ser justificada pela variação temporal da densidade fitoplanctônica e da composição qualitativa da comunidade, simultaneamente. Os maiores valores de densidade fitoplanctônica ocorreram em fevereiro enquanto que os

maiores valores de biovolume ocorreram no mês de outubro. Estes dois meses apresentaram o maior índice pluviométrico e os maiores valores de temperatura, o que propiciou uma maior proliferação algal devido a radiação solar mais elevada e nutrientes disponíveis em grande quantidade graças ao maior aporte alóctone de matéria orgânica e inorgânica carregadas direta e indiretamente pelas chuvas (DIAS JR, 1990). Porém, apesar do mês de fevereiro possuir maior número de indivíduos, os indivíduos maiores estiveram mais presentes no mês de outubro, propiciando maior biovolume celular total neste mês.

Durante o período amostral sete Classes apresentaram maior representatividade para o biovolume total: Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae e os fitoflagelados. Estas Classes também foram representativas para densidade numérica.

As Classes Bacillariophyceae e Dinophyceae tiveram a maior representatividade quanto ao biovolume total na maioria dos pontos e meses amostrados, às vezes se alternando em épocas diferentes, demonstrando a influência marinha nesse ambiente. As diatomáceas foram a principal Classe responsável pelo biovolume nas amostras estuarinas da Lagoa dos Patos (BERGESCH; ODEBRECHT, 1997) e do Canal da Passagem (FIGUEIREDO, 2000). Apesar das regiões eutróficas, como áreas de ressurgência ou estuários, poderem também apresentar altas concentrações de nanoplâncton, sua importância ecológica é menor nesses ambientes, uma vez que, aqui, condições nutricionais mais favoráveis possibilitam o florescimento de células maiores (SASSI; KUTNER, 1982).

Quanto à variação temporal, não houve similaridade entre os valores de densidade e biovolume nos meses de agosto, outubro e dezembro já que as Classes que mais contribuíram para a densidade nestes meses foram as Cyanophyceae e as Chlorophyceae e as que mais contribuíram para o biovolume foram as Dinophyceae e principalmente as Bacillariophyceae. Essa discrepância entre densidade e biovolume pode ser explicada pela presença de

indivíduos de maior tamanho nesses meses, que mesmo em densidades menores apresentam grande contribuição para os valores de biovolume.

Os altos valores de volume celular das diatomáceas coincidiram com os menores valores de silicato nos meses de agosto, outubro e dezembro. Estas algas são conhecidas como grandes consumidoras de silicato nos ecossistemas aquáticos, e seu desenvolvimento é acompanhado de redução na concentração desse elemento no ambiente (DIAS JR., 1990). Essa dependência deve-se ao fato de que a sílica é um elemento fundamental na formação das frústulas das Bacillariophyceae e, assim, constitui um fator limitante ao crescimento e desenvolvimento dessa comunidade.

Em relação ao mês de fevereiro houve similaridade entre os valores de densidade e biovolume já que as Classes que mais contribuíram para a densidade nestes meses foram Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae e os fitoflagelados não identificados e as que mais contribuíram para o biovolume foram as Classes citadas anteriormente, exceto as Cyanophyceae. Esta Classe, apesar dos elevados valores de densidade numérica principalmente pela presença da espécie *Synechocystis aquatilis*, apresentaram pequena importância em termos de biovolume, uma vez que essa espécie apresenta volumes individuais em torno de $2 \mu\text{m}^3$. A semelhança entre as Classes de algas mais representativas para o biovolume e densidade no mês de fevereiro pode ser explicada pela persistência de populações de pequeno porte, como corroborado pelas elevadas razões Densidade: Biovolume e pela distribuição de classes de tamanho presentes neste período. Segundo Haphey-Wood (1988) as nanoclorofíceas são numericamente dominantes em ecossistemas aquáticos continentais e geralmente pouco representativas para biomassa, mas no estuário do Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim elas também foram dominantes na biomassa do mês de fevereiro, devido a sua vantagem em absorver rapidamente nutrientes essenciais, que como o fosfato, tiveram maior representatividade neste mês .

Os resultados da análise fatorial em componentes principais mostraram que as diversas variáveis analisadas neste trabalho estão associadas a três fatores principais. Ao longo do primeiro eixo vê-se a distribuição de algumas das principais variáveis abióticas das águas do estuário divididas em duas condições distintas : uma favorecendo a elevação dos valores de nitrato e salinidade e a outra favorecendo nutrientes como silicato e fosfato, bem como outros fatores abióticos como temperatura, pluviosidade e pH. Dois grupos representando principalmente as variáveis bióticas estão em posições opostas, sendo pouco influenciado pelos dois fatores (1 e 2) : de um lado as Cyanophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, clorofila a, oxigênio dissolvido e transparência da água e do outro lado as Bacillariophyceae, fitoflagelados, Chlorophyceae, feofitina e densidade fitoplanctônica total.

Instrumentos matemáticos como a análise fatorial em componentes principais podem ser de grande utilidade para ajudar a explicar, ou pelo menos confirmar as relações entre variáveis ambientais bióticas e abióticas. Isto pode ser feito desde que a interpretação dos resultados, ao invés de seguir uma rigidez puramente matemática, leve também em consideração o quadro geral dos resultados que comumente são obtidos em um estudo limnológico (DIAS Jr., 1990). Esta ordenação feita pela análise de agrupamento mostra a posição de cada Classe do fitoplâncton em relação às variáveis ambientais capazes de influenciá-las. Esta ordenação confirmou aspectos importantes como a relação das Bacillariophyceae, dos fitoflagelados e da densidade total com o aumento da temperatura, silicato, ortofosfato, pluviosidade e pH, bem como a colocação destas variáveis em uma posição oposta à salinidade e nitrato. Dentre os fatores climáticos destaca-se a pluviosidade e sua capacidade de trazer material alóctone para dentro do estuário como o principal transformador externo capaz de induzir mudanças internas como as produzidas sobre a composição química das águas estuarinas, bem como sobre as variáveis bióticas.

7. CONCLUSÕES

Como síntese do conjunto de dados analisados, podemos chegar às seguintes conclusões:

➤ No estuário do Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim não houve variação horizontal em relação às variáveis abióticas, podendo-se inferir que não existe um gradiente de poluição perfeitamente visível entre os dois contribuintes fluviais (Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim).

➤ No tocante à variação temporal, a pluviosidade mostrou-se a grande influenciadora das mudanças relacionadas aos fatores abióticos ao longo do período de amostragem, como a salinidade, o pH, o ortofosfato e o silicato.

➤ No estuário em estudo, a biomassa estimada a partir da dosagem de clorofila *a* foi em média baixa quando comparada a de outros estuários. As concentrações de feofitina foram superiores às concentrações de clorofila *a*, o que demonstrou um grau de senescência alto da comunidade provocado pelo efeito das variações de salinidade sobre as espécies marinhas e principalmente as espécies dulcícolas.

➤ A constituição da comunidade fitoplanctônica do estuário do Rio Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim apresentou variação no número de táxons entre os dois rios (117 táxons no Rio Piraquê-Mirim e 119 táxons no Rio Piraquê-Açú), com 37 taxa exclusivo do Rio Piraquê-Mirim, 39 taxa exclusivo do Rio Piraquê-Açú e 80 taxa em comum. A maior parte dos táxons de algas identificados no fitoplâncton deste estuário durante o período de estudo pertence à Classe Bacillariophyceae, predominância também relatada em outros estuários do Brasil. De maneira geral, o fitoplâncton da região estudada é composto principalmente por espécies marinhas, eurialinas e planctônicas.

➤ A densidade numérica total do fitoplâncton foi comparável a de outros estuários oligotróficos. Quando comparado a ambientes que recebem alta carga de nutrientes, os valores de densidade do estuário do Rio Piraquê-

Açú e Piraquê-Mirim foram mais baixos, o que demonstra que esta região não se encontra no mesmo grau de impacto. Os maiores valores de densidade numérica do fitoplâncton total ocorreram no mês de fevereiro (período chuvoso) devido ao maior aporte de material alóctone e nutrientes provenientes do escoamento superficial durante o período chuvoso.

➤ Oito Classes de algas fitoplanctônicas foram representativas quanto ao número de indivíduos: Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Cryptophyceae, Dytiochophyceae, Euglenophyceae e os fitoflagelados. Porém, apenas as Classes Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae e fitoflagelados foram representativas quantitativamente em todos os pontos, profundidades e épocas, sendo consideradas as mais importantes.

➤ O fitoplâncton do estuário foi dominado nos meses de agosto, outubro e dezembro pelas Chlorophyceae e, principalmente pelas Cyanophyceae. No mês de fevereiro, outras duas classes se destacaram quanto ao número de indivíduos: Bacillariophyceae e principalmente os fitoflagelados, o que demonstrou que existiu uma alternância de grupos. O fitoplâncton do estuário dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim foi dominado numericamente por um número relativamente pequeno de espécies representadas por vários indivíduos, entre estas: *Synechocystis aquatilis*, *Chlorella minutissima* e *Melosira varians*.

➤ Os estudos de fracionamento demonstraram que a fração menor que 20 μm (nanofitoplâncton) foi a predominante no fitoplâncton total deste estuário ao longo de todo período de estudo, o que demonstrou que a comunidade é constituída principalmente por algas de pequeno tamanho.

➤ Os valores encontrados de diversidade específica do fitoplâncton nesta região, se mostraram similares aos valores registrados em outras áreas estuarinas e com pouca variabilidade temporal, espacial e vertical.

➤ Durante o período amostral sete Classes apresentaram maior representatividade para o biovolume total: Chlorophyceae, Bacillariophyceae,

Cyanophyceae, Dinophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae e os fitoflagelados. As Classes Bacillariophyceae e Dinophyceae tiveram a maior representatividade quanto ao biovolume total na maioria dos pontos e meses amostrados, às vezes se alternando em épocas diferentes, demonstrando a influência marinha nesse ambiente. Os maiores valores de biovolume total ocorreram no mês de outubro, devido a presença de indivíduos maiores neste mês.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU,P.C.; GRANÉLI, H.W. ;ODEBRECHT, C. Produção fitoplanctônica e bacteriana na região da pluma estuarina da Lagoa dos Patos. **Atlântica**, RS, Brasil, 17, p. 35-52,1995.

BALECH, E. **Los Dinoflagelados del Atlantico Sudoccidental**. Madrid: Ruan, n.1, 1988.

BAUMGARTEN,M.G.Z.; ROCHA,J.M.B.; NIENCHESKI,L.F.H. **Manual de análises em oceanografia química**. Editora da FURG. Rio Grande, p. 115 , 1996.

BARROSO, G. F.; DIAS JR, C. Avaliação preliminar da qualidade da água do Canal da Passagem - Manguezal do Lameirão, Vitória - ES. **An. Simp. Regional Ecologia**. VII : 221 - 232.1997.

BARROSO, G.B. **Assessing the potential for mangrove Oyster aquaculture in an Estuarine system of the southeastern coast of Brazil: a geographic information system approach**. Dissertation (Ph.D. in Geography). University of Victoria, B.C., Canadá, 2004.

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

BICUDO, C. E. M.; PARRA, O. O. **Introducción a la biología y sistemática de las algas de aguas continentales**. Santiago: Andes, 1995.

BONILHA, L.E.; ASMUS,M.L.S. Modelo ecológico do fitoplâncton e zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos, RS. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3 , 1994, Serra Negra. Anais... Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1994, p.347-371.

BRANCO, E.S. et al. Relação da composição microfitoplanctônica com fatores abióticos no Estuário da Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes-PE, Brasil). **Anais da XIII Semana Nacional de Oceanografia, Itajaí**, p.487-488, 2000.

BRANDINI, F.P. Seasonal succession of phytoplankton in the Bay of Paranaguá (Paranaguá, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 45 (4), p. 687-694, 1985.

BURKHOLDER, J.M.; GLASGOW JR. , H.B., Pfiesteria piscidida and other Pfiesteria like dinoflagellates: behavior, impacts, and environmental controls. **Limnology and Oceanography**, v.42, p.1052-1075, 1997.

CALIMAN, A. **Projeto de Macrozoneamento Costeiro do Estado do Espírito Santo – Litoral Norte**. Vitória: Instituto Jones dos Santos Neves, p.147, 1997.

CALJON, A. **Brackish water phytoplankton of the Flemish lowland**, 272 p., 1983.

CARMOUZE, J. P. **O metabolismo de Ecossistemas Aquáticos: Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo, Edgard Blücher, FAPESP, p.253, 1994.

CARNEIRO, M.E.R. Distribuição e comportamento dos nutrientes da bacia de drenagem do sistema lagunar de Piratininga-Itaipu, Niterói, RJ. Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste brasileira: estrutura, função e manejo, 2, 1990, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1990, p.108 -114.

CARPENTER, S.R.; KITCHELL, J.F.; HODGSON, J.R. Cascading trophic interactions and lake productivity. **BioScience**, v.35, p.634-639, 2000.

CORADINI, M.R. **Estudo da comunidade fitoplanctônica em três pontos da região estuarina de Barra Nova (São Mateus- ES)**. 2003. 59 f. Monografia - Curso de Especialização em Avaliação de Processos Ambientais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

CRUZ, U.R.F. **Caracterização inicial da comunidade fitoplanctônica no trecho final dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, Aracruz-ES**. 2004. Monografia - Curso de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

CUNHA, K.J.O. **Variações espaciais e temporais da biomassa fitoplanctônica no trecho final dos Rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim**,

Aracruz-ES. 2004. Monografia - Curso de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

DAY, J.W.JR.; YÁNEZ-ARANCIBIA, A. Coastal lagoons and estuaries, ecosystem approach. **Ciência Interamericana (Mar.Sci)**. v. 22, n. 1-2, p.11-26, 1982.

DIAS JR., C. **Ciclo anual do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais na Lagoa do Infernã (SP)**.1990. 108f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 1990.

DIAS JR., C. **Estudo do fitoplâncton em um reservatório de águas ácidas na região litorânea do Espírito Santo - Reservatório de Águas Claras (Espírito Santo, Brasil)**.1998. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1998.

DIAS JR., C. Estudo da influência da biomassa algal originária do efluente da Estação de tratamento de esgotos de Camburi sobre o corpo receptor do Canal da Passagem (Vitória - ES). **Relatório apresentado a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN)**, p.29,1999.

DIAS JR, C. et al. **Estudo da comunidade fitoplanctônica nas principais áreas portuárias do Município de Vitória e suas possíveis modificações devido à interferência antrópica**. 2002. 26f. Trabalho Acadêmico - Programa de Iniciação Científica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

DOWNING, J.A. Marine nitrogen: phosphorus stoichiometry and the global N:P cycle. **Biogeochemistry**, v.37, p.237-252, 1997.

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

ESKINAZI-LEÇA, E.; PASSAYANTE, J. Z. de O.; FRANÇA, L. M. B. Composição do microfitoplâncton do estuário do Rio Igarassu (Pernambuco). **A. Bolm. Inst. Oceanografia**, 29(2): 163-167.1980.

ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M. L. Distribuição das diatomáceas na área de Suape (Pernambuco, Brasil). **Trab. Oceanog. Univ. Fed. PE**, v.19, p. 73-1000, 1985.

ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M. L., SILVA CUNHA, M. G. G.. O fitoplâncton: estrutura e produtividade. In: BARROS, H.M., ESKINAZI-LEÇA, E., MACEDO, S.J. & LIMA, T. **Gerenciamento participativo de estuários e manguezais**. Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000, p. 252.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciências/FINEP.p.602. 1988.

FIGUEIREDO, C. **Estudo da comunidade fitoplanctônica em dois pontos do trecho final do Canal da Passagem (Vitória-ES)**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Vitória - ES. Universidade Federal do Espírito Santo -UFES, p. 48.2000.

FREIRE-NORDI, C.S. Influência da salinidade na taxa de crescimento da diatomácea *Thalassiosira minima* Gaarder. **Nerítica**, Pontal do Sul, PR,v.5, n.1, p.55-63,1990.

GARCIA de EMILIANI, M. O. Fitoplancton de la Laguna del Vilá (Gerona, España). **Oecol. Aquat.**, v.1,p. 107-155, 1973.

GIANESELLA, S.M.F.; SALDANHA-CORRÊA, F.M.P.; TEIXEIRA, C. Tidal effects on nutrients and phytoplankton distribution in Bertioga Channel, São Paulo, Brazil. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, 3: 533-544. 2000.

HAPPEY-WOOD, C.M. Ecology of freshwater planctonic green algae. In: SANDGREW, C.D. ed. **Growth and reproduction strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge, Cambridge University Press. 1988. 442 p.

HINO,K.; TUNDISI, J.G. **Atlas de algas da Represa do Broa**. UFSCAR, São Carlos.1977.

KENNISH, M. J. **Ecology of Estuaries: Physical and Chemical Aspects**, CRC Press, Boca Raton, Boston - USA. V. I. p.391. 1986a.

KENNISH, M. J. **Ecology of Estuaries: Biological Aspects**,. CRC Press, Boca Raton, Boston, v. II . 391 pp. 1986b.

KENNISH, M. J. **Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects**. CRC Press, Boca Raton, Boston - USA. FL, 1: p.494. 1990.

KETCHUM, B.H. Phytoplankton nutrients in estuaries. In: LAUFF, G.H. ed. **Estuaries**. Washington, D. D. Am. Ass. Adv. Sci. p.329-335, 1967.

KLEIN, V.L.M., FRANCA, M.A.M. Estudo sobre a produtividade primária de uma estação fundeada no estuário do Rio Curú (Ceará-Brasil), no período de setembro de 1977 a maio de 1978. **Bolm. Inst. oceanogr.**, S. Paulo, n.29(2), p.209-215. 1980.

KUTNER, M.B.B. **Variação estacional e distribuição do fitoplâncton na região de Cananéia**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, p.104, 1972.

LIMA, N.R. Análises dos níveis de metais pesados no sistema hídrico da Estação Ecológica do Jataí, SP. *Acta Limnol. Brasil.*, n.3(2), p.1001-1021. 1993.

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

LUCAS, Patricia Sênos. **Influência de uma estação de tratamento de esgoto sobre um sub-sistema estuarino (Canal da Passagem, Vitória, ES): Comunidade fitoplanctônica e nutrientes**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2002.

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.

MACEDO, S.J.; LIRA, M.E.F.; SILVA, J.E. **Condições hidrológicas do Canal de Santa Cruz, Itamaracá-PE**. São Paulo, 1973 (Tese de mestrado, Instituto de Biociências, USP, Mimeografada)

MACEDO, S.J.; MELO, H.N.S.; COSTA, K.M.P. Estudos ecológicos da região de Itamaracá-PE-Brasil. XXIII. Condições hidrológicas do estuário do Rio Botafogo. **Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE**, Recife, 17:81-122, 1982.

MACKERETH, F.J.H.; HEROW, J.; TALLING, J.F., Water analysis: some revised methods for limnologists. Cumbria, Freshwater Biological Association, 1978. 120p. (Scientific Publication, 36).

MARGALEF, R. **Ecologia**. Barcelona, Ediciones Omega, p.915, 1974.

MARGALEF, R. **Phytoplankton manual**. Paris: Unesco. 251-260. 1978.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona, Ediciones Omega, 1983.

McCARTHY, J.J.; GOLDMAN, J.C. Nitrogenous nutrition of marine phytoplankton in nutrient-depleted waters. **Science**, v.203, p.670-672, 1979.

MELO, S., SUZUKI, M. S. **Variações temporais e espaciais do fitoplâncton das Lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida**. Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ). p. 179-203, 1998.

MELO MAGALHÃES, E.M.; GUEDES, E.A.C.; CAVALCANTI, M.O.; LIRA, M.C.A. Composição fitoplanctônica do sistema estuarino lagunar de Jequiá, AL. **Bol.Estud.Ciênc.Mar.**, n.9,p.1-18,1996.

MIRANDA, L.B. de. Sistemas estuarinos de planície costeira. Simpósio de ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira, 2, 1990. Águas de Lindóia, SP **Anais...**1990, v.2, p.1-10.

MOELLER, R.E.; WETZEL, R.G.; OSENBURG, C.W. Concordance of phosphorus limitation in lakes: bacterioplankton, phytoplankton, epiphyte-snail consumers, and rooted macrophytes. **The structuring role of submerged Macrophytes in lakes**, p.318-325, 1998.

NUNES, T.S. **Caracterização espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica de uma lagoa costeira da região norte fluminense: Lagoa do Açú, Campos dos Goytacazes/São João da Barra, RJ**. 2003. 92f. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia) - Programa de Pós-graduação em Biociências, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2003.

ODUM, E.P.; ODUM,H.T. Natural areas as necessary components of man's total environment, thirty .IN: SEVENTHY NORTH AMERICAN WILDLIFE AND NATURAL RESOURCES CONFERENCE, p.178-189,1972.

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

PHILIPPART, C.J.M.; CADEE, G.C., RAAPHORST, W.; RIEGMAN, R. Long-term phytoplankton- nutrient interactions in a shallow coastal sea: algal community structure, nutrient budgets, and denitrification potential. **Limnology and Oceanography**, v.45, p.131-144, 2000.

PRITCHARD, D.W. The dynamic structure of a coastal plain estuary. **J.mar.Res.**, vol.15, p.33-42, 1955.

PRITCHARD, D.W. Observations of circulation in coastal plain estuaries. In: Lauff, G H., ed. **Estuaries**. Washington, Am.Ass. Adv.Sci., p.37-44, 1967.

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

RIVERA, P.R. Diatomeas. In: RIVERA, P.R., PARRA, O.B., GONZALEZ, M.S. **Fitoplancton del Estero Lengua, Chile**. Gayana, Universidad de Concepcion, Chile. 1973.

SANDGREN, C. D. **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge, Cambridge University Press, p.442, 1988.

SARTORI, L.P.; NOGUEIRA, M.G. Estudo limnológico na região estuarina dos rios Fazenda e Picinguaba, Parque Estadual da Serra do Mar (Ubatuba, SP), com ênfase na dinâmica dos nutrientes químicos. **Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros**. Águas de Lindóia, SP, Brasil. 2 a 7 de abril de 1998. Vol1, p.296-310, 1998.

SASSI, R. Phytoplankton and environmental factors in the Paraíba do Norte River estuary, northeastern Brazil: composition, distribution and quantitative remarks. **Bolm. Inst. Oceanografia**, 39(2): 93-115.1991

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.

SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, University of Illinois Press, 1963.

SMAYDA, T.J. The phytoplankton of estuaries. In: KETCHUM, B.H. **Estuaries and enclosed seas**. Amstredan. Elsevier Scientific publishing, 1983. p.65

TENENBAUM, D. R. **O fitoplâncton numa região tropical costeira impactada pelo efluente de uma fábrica de celulose (Espírito Santo, Brasil)**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – São Carlos – SP. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, 245p. 1995.

TOMAS, C. K. **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego: Academic Press, 1997.

TUNDISI, J.G. O plâncton estuarino. Contribuições Inst. Oceanogr. Univ. S. Paulo, série **Ocean. Biol.**, nº19, p.1-22, 1970.

UFPE. **Catálogo das Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Plataforma Continental de Pernambuco**. Depto de Oceanografia da UFPE, Recife, 1990.

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

UEHLINGER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. **Arch. Sci.**, 17(2): 121-123.1964

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton metodik. **Mitt. Int. Ver. Theor. Argew. Limnol.**, 9: 1-38. 1958.

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analysis**. Philadelphia.W.B.Sunders Company, p. 357 .1979.