

BYANKA DAMIAN MIZERKOWSKI

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BAÍA DE GUARATUBA, PARANÁ

Monografia apresentada à disciplina de Estágio Supervisionado I, como requisito parcial à conclusão do Curso de Graduação em Oceanografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Eunice da Costa Machado

Co-Orientador: MSc. Nilva Brandini

PONTAL DO PARANÁ
2005

m
551.4601
m605a
2005
ex 01

M 2005 14

Dedico esse trabalho à minha
família

AGRADECIMENTOS

Seria impossível agradecer por todos aqueles que nos ensinam alguma coisa na vida, mas certas pessoas merecem um reconhecimento especial em resposta à contribuição valiosa para o meu crescimento e aprendizado. Meus mais sinceros agradecimentos a:

A Prof. Dra Eunice da Costa Machado por ter sido uma brilhante orientadora, uma ótima professora e uma grande amiga.

A Nilva Brandini pelo companheirismo na realização de todas as coletas de campo e o ensino das análises laboratoriais.

A UFPR/Tn pelo apoio financeiro durante o ano de 2003 para a realização desse trabalho

Aos professores e funcionários do CEM, em especial, ao Prof. Dr Maurício Camargo pela ajuda estatística, aos Prof. Dr Frederico Brandini e Prof. Dra Ana Teresa Lombardi pela participação na banca de avaliação, e à funcionária Léia que se dispôs a trabalhar num feriado para ajudar duas formandas desesperadas.

Aos colegas de laboratório: Fabian, Liciane, Mari, Kleber, e os novos estagiários, por todos momentos de descontração e toda ajuda que precisei.

Às minhas queridas amigas do peito: Carol, Dani, Marileide, Rafid, Rafa Robert, Rebeca e Tathi e por todo ombro amigo, toda amizade, todos conselhos e, principalmente, toda diversão (espero que sempre seja assim!!!).

À minha colega Rafaela Zem pelos mapas.

Aos meus grandes colegas da turma de Oceanografia 2005 Ricardo de Oliveira Motta.

Ao meu pai, Joel, minha mãe, Amália, e minhas irmãs: Caíca, Mari, Maha e Cami por todo amor que sempre recebi, todo apoio (incentivos e financeiro) e pela pessoa que me tornei (vocês são responsáveis por isso...).

A todos que participaram dessa jornada rumo a minha formação oceanográfica nesse último ano de faculdade.

Mas, em principal, agradeço ao Senhor Deus por toda minha vida, por tudo que sou e tudo que um dia serei.

“O que um homem imaginar, outros poderão realizar.”

Julio Verne

“Um dia não haverá maré que leve toda ‘nhaca’ embora”

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	7
3.1.1. <i>Baía de Guaratuba.....</i>	8
3.2. METODOLOGIA.....	9
3.2.1 <i>Amostragem e Técnicas Analíticas.....</i>	9
3.2.2. <i>Análises Estatísticas.....</i>	10
4. RESULTADOS.....	12
4.1. VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL.....	12
4.1.1. <i>Variáveis Físico-Químicas e Meteorológicas.....</i>	12
4.1.2. <i>Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos.....</i>	19
4.1.3. <i>Fósforo e Nitrogênio Orgânicos Totais.....</i>	25
4.1.4. <i>Constituintes Particulados.....</i>	27
5. DISCUSSÃO.....	30
5.1. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BAÍA DE GUARATUBA.....	30
5.2. VARIAÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BAÍA DE GUARATUBA.....	32
5.2.2. <i>Análise de Componentes Principais (PCA).....</i>	39
5.3. VARIAÇÃO TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BAÍA DE GUARATUBA.....	46
5.3.1. <i>Maré de Sizígia X Maré de Quadratura.....</i>	46
5.3.2. <i>Período Seco X Período Chuvoso.....</i>	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa da planície costeira do Paraná mostrando o Complexo Estuarino de Paranaguá e a Baía de Guaratuba..... 7
- Figura 2. Imagem da Baía de Guaratuba (ETM-7 Landsat – 2002). Fonte: Lab. de Oceanografia Costeira e Geoprocessamento – CEM. 9
- Figura 3. Mapa da Baía de Guaratuba, mostrando os doze pontos de coleta. 11
- Figura 4. Precipitação acumulada em sete dias anteriores às coletas..... 12
- Figura 5. Valores médios e erro-padrão da profundidade de Secchi (m) nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco..... 13
- Figura 6. Valores médios e erro-padrão da temperatura da água de superfície e fundo ($^{\circ}\text{C}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 14
- Figura 7. Valores médios e erro-padrão da salinidade de superfície e fundo, nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 15
- Figura 8. Valores médios e erro-padrão de pH de superfície e fundo, nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco..... 16
- Figura 9. Valores médios e erro-padrão da saturação de CO_2 de superfície e fundo (%), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco..... 17
- Figura 10. Valores médios e erro-padrão da concentração de oxigênio dissolvido de superfície e fundo ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 18
- Figura 11. Valores médios e erro-padrão da saturação de oxigênio dissolvido de superfície e fundo (%), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 18
- Figura 12. Valores médios e erro-padrão de nitrato (NO_3^-) de superfície e fundo ($\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 19
- Figura 13. Valores médios e erro-padrão de nitrito (NO_2^-) de superfície e fundo ($\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 20
- Figura 14. Valores médios e erro-padrão de nitrogênio amoniacal (NH_4^+) de superfície e fundo ($\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco..... 21

- Figura 15. Valores médios e erro-padrão de nitrogênio inorgânico dissolvido de superfície e fundo ($\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco..... 22
- Figura 16. Valores médios e erro-padrão de fósforo inorgânico dissolvido (PO_4^{3-}) de superfície e fundo ($\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco..... 23
- Figura 17. Valores médios e erro-padrão da Razão N:P de superfície e fundo ($\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 24
- Figura 18. Valores médios e erro-padrão de silicato ($\text{Si}(\text{OH})_4$) de superfície e fundo ($\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 25
- Figura 19. Valores médios e erro-padrão de fósforo orgânico total de superfície e fundo ($\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 26
- Figura 20. Valores médios e erro-padrão de nitrogênio orgânico total de superfície e fundo ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 27
- Figura 21. Valores médios e erro-padrão de material particulado em suspensão de superfície e fundo ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 28
- Figura 22. Valores médios e erro-padrão de clorofila-a de superfície e fundo ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco. 29
- Figura 23. Imagem da Baía de Guaratuba realçando a diferença de extensão das áreas de manguezais nas duas margens da Baía de Guaratuba..... 38
- Figura 24. Análise de componentes principais (PCA) das 16 variáveis, nos períodos chuvoso (C) e seco (S) nos estratos de fundo (F) e superfície (S) das 12 estações investigadas (#) na Baía de Guaratuba..... 40
- Figura 25. Análise de componentes principais (PCA) das 14 variáveis no período chuvoso (C) nos estratos de fundo (F) e superfícies (S) das 12 estações investigadas (#) na Baía de Guaratuba..... 42
- Figura 26. Análise de componentes principais (PCA) das 14 variáveis no período chuvoso (C) nos estratos de fundo (F) e superfícies (S) das 9 estações investigadas (#) nos setores mediano e externo da Baía de Guaratuba..... 43
- Figura 27. Análise de componentes principais (PCA) das 14 variáveis no período seco (S) nos estratos de fundo (F) e superfícies (S) das 12 estações investigadas (#) na Baía de Guaratuba..... 44

Figura 28. Análise de componentes principais (PCA) das 14 variáveis no período seco (S) nos estratos de fundo (F) e superfícies (S) das 9 estações investigadas (#) nos setores mediano e externo da Baía de Guaratuba..... 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cronograma das campanhas de amostragem realizadas.....	10
Tabela 2. Técnicas e métodos de análise.....	10
Tabela 3. Valores médios e desvio-padrão de seis variáveis descritoras da qualidade da água, máximos e mínimos entre parênteses, confrontados com valores críticos estabelecidos na literatura (*Bricker <i>et al.</i> , 2003 e **Carmouze, 1994).....	30
Tabela 4. Variáveis ambientais e diferença significativa entre os setores (teste- <i>t</i>), nos períodos chuvoso e seco e para os estratos de fundo e de superfície (E: setor externo; M: setor mediano e I: setor interno).....	33
Tabela 5. Tabela contendo os resultados da análise de correlação entre as variáveis nitrogenadas inorgânicas, apresentado o valor de r^2 e de p	41
Tabela 6. Variação dos descritores ambientais entre as marés de sizígia (S) e quadratura (Q), no setor externo nos períodos chuvoso e seco.....	46
Tabela 7. Variação dos descritores ambientais entre as marés de sizígia (S) e quadratura (Q), no setor mediano nos períodos chuvoso e seco.....	47
Tabela 8. Variação dos descritores ambientais entre as marés de sizígia (S) e quadratura (Q), no setor interno nos períodos chuvoso e seco.....	48
Tabela 9. Variáveis ambientais e diferença significativa (teste- <i>t</i>) entre os períodos (C: período chuvoso, S: período seco), para os setores nos estratos de fundo e de superfície.....	49

1. INTRODUÇÃO

O sistema costeiro pode ser definido como o espaço onde ocorre a interação dinâmica entre a água doce, marinha, o sistema terrestre e a atmosfera, ou seja, onde o ambiente terrestre influencia o ambiente marinho e vice-versa. Esse sistema pode ser interpretado como uma região de alta dinâmica, onde a constante mistura de diferentes massas d'água resulta em processos físico-químicos de complexo entendimento. A região costeira está sujeita a eventos de curta e de longa duração, de pequena e de larga abrangência, o que lhe condiciona a respostas em diferentes escalas temporais e espaciais. A ocorrência desses diferentes e inúmeros fenômenos implica na construção de habitats, ecossistemas e cenários diversos, como as praias, as ilhas, os costões rochosos, as lagoas costeiras, os estuários, entre outros.

Os estuários são comuns em regiões de planície costeira, ocorrendo em costas protegidas, onde há menor ação de ondas, desde o Ártico até o pólo Sul. Constituem uma pequena parte em área e volume total da hidrosfera marinha, mas possuem função vital para o desenvolvimento de muitas populações marinhas sendo essenciais áreas de berçário e de crescimento de juvenis de muitas espécies (Pellens, 1997).

Segundo Day (1988), os estuários podem ser definidos vagamente como "a porção da zona costeira terrestre onde há interação da água do mar, da água doce, da terra e da atmosfera". Pritchard (1967) definiu estuário como "um corpo d'água costeiro semi-fechado, o qual possui livre ligação com o oceano aberto e onde a água do mar é mensuravelmente diluída com água doce da drenagem continental". Essa última definição não inclui as marés, fenômeno determinante e essencial para a hidrodinâmica desses ecossistemas. Dessa forma, Dyer (1973) adaptou a afirmação de Pritchard e conceituou os estuários de forma mais satisfatória, adicionando como a abrangência espacial dessas áreas "a extensão do rio até ao limite da maré".

Ainda assim, essas definições mostram-se defasadas quando se leva em conta a diversidade ecológica dos ambientes a serem considerados. Dessa forma, Day define um sistema estuarino como uma endenação costeira que possui

conexão restrita com o oceano e mantém-se aberto ao menos intermitentemente, podendo ser subdividida em três regiões de acordo com o gradiente salino.

As propriedades físicas, químicas e biológicas dos estuários são controladas principalmente pela geomorfologia regional, pelas flutuações diárias e mensais das marés e pelas mudanças sazonais no aporte continental (Lopes, 1997). A dominância de um fator será determinada, num primeiro momento, pela formação geomorfológica do sistema. A configuração da forma atual de um estuário é resultado da prolongação dessa condição ao longo do tempo, possibilitando a classificação geomorfológica, oceanográfica e hidrodinâmica entre ambientes dominados por ondas, por marés ou pela descarga fluvial. A atuação dos ventos soma-se a essa característica principal como um fator meteoceanográfico, contribuindo de grande forma para a circulação das águas nesses ambientes quase restritos.

Em geral, pode-se considerar que pelo menos 4 são os mecanismos que atuam como fonte de material para um sistema estuarino (Sewel, 1978): a lixiviação que promove o transporte do material alóctone da bacia de drenagem para o sistema; o material orgânico decomposto e carregado pelos rios; o lançamento de efluentes domésticos e industriais contabilizando uma grande carga de compostos, e com o enriquecimento de nutrientes de origem marinha que penetram o estuário por meio de correntes que movimentam águas profundas.

Esses fatores garantem aos estuários águas ricas em alimento para os organismos. No ambiente pelágico, o fitoplâncton é o principal produtor de matéria orgânica a partir de substratos inorgânicos e a base da cadeia trófica (Moser, 2002). O aumento dos níveis de nutrientes resulta em um aumento na produção primária, levando à expansão dessas populações (incluindo algas nocivas). O processo da eutrofização é descrito por Nixon (1982) como o aumento excessivo da produção de matéria orgânica, em decorrência do aumento da concentração de nutrientes dissolvidos resultantes da atividade antrópica e de processos naturais, que levam a modificações em toda cadeia trófica. Em regiões com menor taxa de circulação e renovação da água, como estuários e lagoas costeiras, esse processo pode resultar na morte de organismos aeróbicos. Essa situação ocorre com a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido nas águas que compõem o sistema devido à alta taxa de decomposição da matéria orgânica.

As variações ambientais regionais concedem características dinâmicas peculiares e produzem diferentes classes de sistemas estuarinos a partir dos padrões de mistura e de circulação das águas estuarinas (Pritchard, 1954). Características como essas são determinantes para o nível e o tipo de expressão dos sintomas de eutrofização num estuário, reconhecidos como a ocorrência de florações de algas tóxicas, mortalidade de peixes, hipoxia ou anoxia, etc (Bricker *et al.*, 2003).

É importante ressaltar que a eutrofização de águas estuarinas é um processo natural exacerbado pelo desenvolvimento costeiro (White *et al.*, 2004). Particularmente nas últimas décadas, tem se mostrado claro que esse fenômeno constitui um problema geral em diversos estuários e zonas costeiras (Bricker *et al.*, 2003). Essas regiões constituem sistemas que oferecem uma magnitude de recursos amplamente explorados pelo homem. O crescimento da atividade econômica em estuários está relacionado com a existência de locais adequados para a instalação de portos nessas áreas e por constituírem vias de acesso para o interior do continente, além da ocorrência da renovação periódica das águas pelas marés e serem reconhecidas como regiões férteis. As atividades exercidas em tais ambientes tais como a pesca, as atividades portuárias, a urbanização e o ecoturismo, podem apresentar diferentes graus de impactação. A urbanização de sistemas estuarinos pode alterar o funcionamento do ecossistema e, assim, afetar a magnitude das concentrações de nutrientes e a produção primária, em escala temporal e espacial (White *et al.*, 2004). Ainda, a descarga pluvial urbana pode contribuir em grande magnitude para a deterioração da qualidade da água do corpo receptor (Jeng *et al.*, 2005).

O estudo dos sistemas estuarinos deve partir do entendimento da complexidade das interações entre os aspectos abióticos (tais como: a qualidade da água, a quantidade e o movimento da água, a sedimentação e a química da água e dos sedimentos) e os processos biológicos (tais como: o uso de habitats, a reprodução, a competição por recursos, a pastagem e a predação) (Smith & Hithcock, 1994; Ogilvie *et al.*, 1997). Dessa forma, também deve ser incorporada a idéia de um sistema contínuo e aberto, interconectado pelo fluxo de água, marés e correntes. O funcionamento saudável do sistema e de suas comunidades de plantas e animais depende das inúmeras inter-relações entre esses processos físico-

químicos e biológicos. Dessa forma, a amplitude das variáveis que determinam a qualidade ambiental da água de um estuário constitui um estudo da sensibilidade desses ecossistemas, face aos impactos gerados pelo desenvolvimento antrópico em seu entorno.

O conhecimento das variáveis físico-químicas, biológicas e hidrográficas, em escalas temporal e espacial, permite a avaliação da qualidade ambiental do sistema, sua variabilidade e tendências. Além disso, estas informações constituem a base para a avaliação da capacidade de suporte do ambiente para diversas atividades (Penney *et al.*, 2001).

O Estado do Paraná possui dois grandes sistemas estuarinos, o Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá e a Baía de Guaratuba. Esses ambientes são de grande importância para o estado como um todo, uma vez que o desenvolvimento da região influi diretamente sobre atividades econômicas no interior.

A Baía de Guaratuba é um estuário encaixado na planície costeira do litoral sul do Paraná, e está inserida no município de Guaratuba, que tem uma população de cerca de 32.000 habitantes (IBGE, 2000). Na época de veraneio, principalmente durante as datas festivas, como exemplo o feriado do Ano Novo e no Carnaval, a população do município pode triplicar. Até 2003, o município contava com apenas 30% do manilhamento de esgotos e todos efluentes eram despejados direta ou indiretamente na baía (Santos, 2003). Além da cidade de Guaratuba, considerada a mais importante da região, na desembocadura norte da baía está localizado o balneário de Caiobá, que também sofre intensa ocupação na época de veraneio. As atividades turísticas são mais frequentes no verão, mas é constante o fluxo de embarcações na baía. A travessia entre Guaratuba e Caiobá é feita por meio de balsas ("Ferry Boat") e mantém-se ao longo do ano, embora tenha atividade exacerbada no veraneio.

A pesca na baía é artesanal e ocorre a prática industrial na plataforma adjacente, com predomínio do arrasto de camarão. Considerando o declínio dos estoques pesqueiros e os períodos de proibição da pesca predatória, a população local foi incentivada a desenvolver atividades complementares de cultivo de organismos marinhos. A ostreicultura tem se desenvolvido nas águas da baía em diversos cultivos de pequeno porte. A qualidade desse produto alimentício está diretamente ligada à qualidade do habitat em que se desenvolve o organismo. Da

mesma forma, o cultivo de camarão também tem sido incentivado, com implantação de pequeno criadouros ao longo da baía (Santos, 2003).

No entorno da baía são exercidas diversas atividades agrícolas de pequeno porte, exceto na região a montante, na qual ocorre o cultivo intensivo da banana.

Um ciclo sazonal anual das condições meteorológicas (períodos chuvoso/verão e seco/inverno) é verificado como um mecanismo de importância primária para o funcionamento e saúde do ecossistema em questão. A baía de Guaratuba está inserida na APA (Área de Proteção Ambiental) de Guaratuba que abrange todo este município e parte do Município de Matinhos, Tijucas do Sul, São José dos Pinhais e Morretes. Esta unidade de conservação possui cerca de 200 mil hectares, incluindo águas interiores, ilhas situadas na baía de Guaratuba, ilhas fluviais e a ilha do Saí-Guaçu (IAP,2003). A APA tem como objetivo garantir a proteção da rede hídrica, dos remanescentes complexos estuarino-lagunares integrantes da baía de Guaratuba, garantindo o uso racional dos recursos naturais e viabilizando a coexistência das diversas atividades exercidas nessa região.

Nas últimas três décadas a desembocadura da Baía de Guaratuba vem sofrendo forte pressão urbana devido ao desenvolvimento urbano de Guaratuba, que utiliza a sua vocação turística como importante recurso financeiro, já que as praias e a própria baía oferecem boas opções de lazer e recreação. Estas atividades, bem como o uso das águas para aqüicultura, a possível instalação de usinas hidrelétricas nos rios à montante, até as propostas de obras de infra-estrutura (ponte Caiobá-Guaratuba, obras costeiras de apoio ao turismo, obras de contenção da erosão, potencialidades da geração de energia elétrica pela maré, a navegação turística, etc.), demandam o conhecimento da hidrodinâmica, da qualidade da água e sedimentos, bem como do zoneamento ambiental da baía, ou seja, de um diagnóstico ambiental. Todas essas atividades dependem de um ambiente conservado e, assim, podem ser prejudicadas pelo desenvolvimento da região. Assim como o lazer, a aqüicultura no interior da baía (carcinocultura e ostreicultura) também depende da manutenção da qualidade ambiental das águas.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água, em escalas temporal e espacial, no sistema estuarino da Baía de Guaratuba. Pretendeu-se, assim, contribuir para a avaliação da qualidade ambiental da Baía de Guaratuba.

Nesse contexto, destacaram-se como objetivos específicos:

- a) Investigar as variáveis físico-químicas, biológicas e hidrográficas do sistema.
- b) Analisar a variação espacial e sazonal da clorofila, como índices de biomassa do fitoplâncton em relação aos descritores ambientais;
- c) Gerar subsídios para a definição de diretrizes e normas visando à proteção ambiental e a regulamentação das atividades humanas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A planície litorânea do Estado do Paraná (fig. 1) possui em torno de 100 km de linha de costa, constituindo um dos menores litorais dos estados do Brasil. Entretanto, abriga dois sistemas estuarinos de grande importância: o Complexo Estuarino de Paranaguá ao norte e a Baía de Guaratuba ao sul, como mostrado pela figura abaixo. Nessa região, entre as coordenadas $25^{\circ}12'44''\text{S}$ - $48^{\circ}01'15''\text{W}$ e $48^{\circ}35'26''\text{S}$ - $48^{\circ}35'26''\text{W}$ (Santos, 2003), a Serra do Mar está mais interiorizada, garantindo a formação de uma extensa planície litorânea e dos sistemas estuarinos.

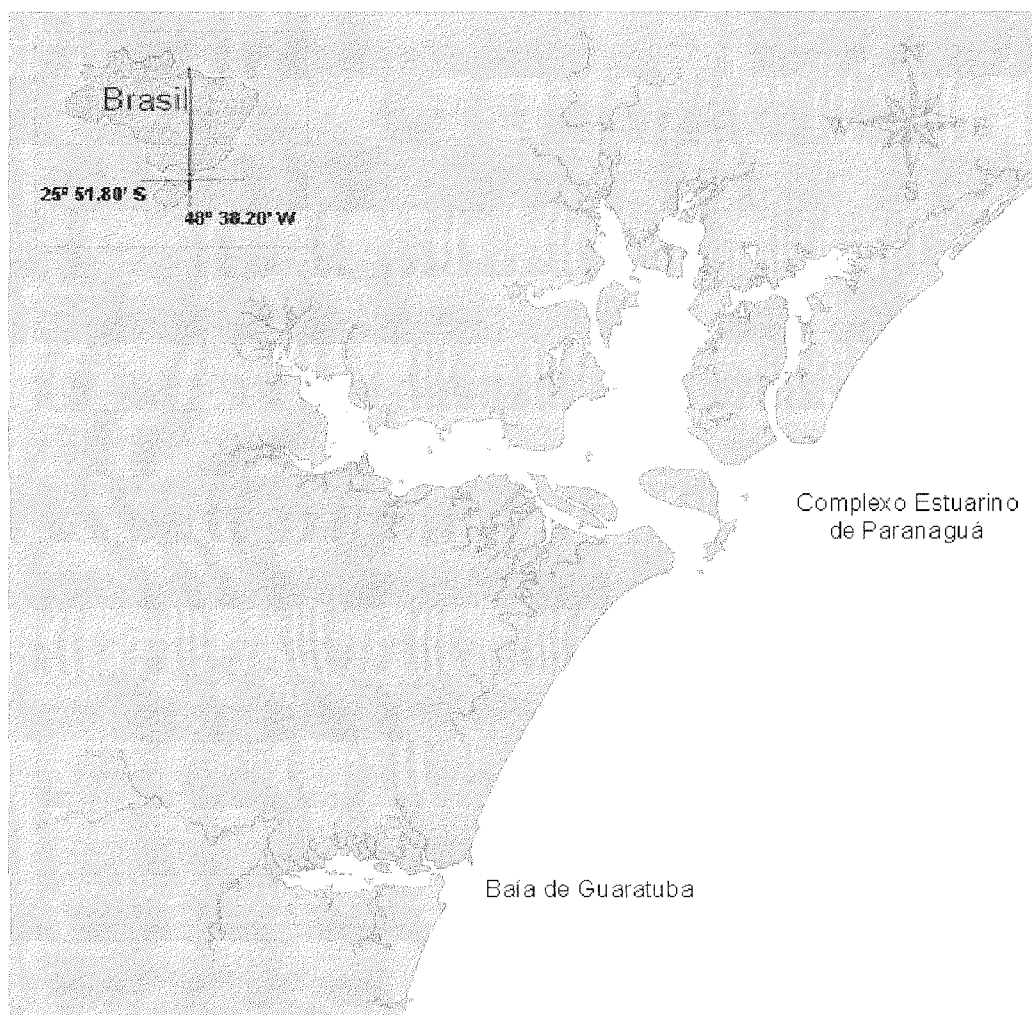


Figura 1. Mapa da planície costeira do Paraná mostrando o Complexo Estuarino de Paranaguá e a Baía de Guaratuba.

3.1.1. Baía de Guaratuba

O clima da região é considerado como subtropical úmido mesotérmico com verão quente (Marone, 2005). Segundo Koeppen, é classificado como "Cfa", onde "C" corresponde ao clima pluvial temperado, "f" ao clima sempre úmido, com chuvas em todos os meses do ano, e "a" à temperatura média do ar do mês mais quente acima de 22°C (Maack, 1981; IPARDES, 1990). De acordo com dados cedidos pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), a precipitação foi de 2102mm ano de 2001 e de 1644mm no ano de 2002, com maiores valores durante o verão e menores durante o inverno. Predominam na área ventos de leste e sudeste com velocidade média de 4 m/s.

A Baía de Guaratuba, situada entre as coordenadas 25°51.80'S e 48°38.20'W, possui uma área líquida de 48,57 km², com cerca de 15% de áreas rasas com profundidade média de cerca de 3m e máxima de 27m na sua desembocadura (Noernberg *et al.*, 2004). A baía possui orientação leste-oeste, com comprimento aproximado de 16km. A largura máxima é de 3 km na linha de maré baixa e de 10km quando se consideram as planícies de maré (Soares *et al.*, 1997). Sua desembocadura é limitada por dois pontais rochosos, com aproximadamente 500 m de distância, que correspondem ao extremo meridional da Serra da Prata, ao norte, e ao morro de Guaratuba, ao sul (Santos, 2003). A partir desse canal de conexão com o Oceano Atlântico, a baía apresenta alargamento à medida que adentra-se ao continente, com grande quantidade de baixios e margeada por extensas áreas de manguezais (fig.2). Dos rios que deságuam na baía, o Rio Cubatão é o de maior importância devido a sua maior área de drenagem e, conseqüentemente, maior vazão. Além disso, o Rio São João também possui grande importância, drenando uma porção do Planalto de Curitiba e desembocando no extremo oeste da baía, com a formação de um delta submarino (Soares *et al.*, 1997). A vazão média desse dois rios é de cerca de 80m³.s⁻¹ de água doce, proveniente de uma bacia de drenagem de 1.700 km² (Machado, *com pess*; Noernberg *et al.*, 2004). O regime de marés, classificado como semidiurno (1,5 m na maré alta), apresenta importantes efeitos não lineares, com ressacas ocasionais associadas a frentes frias e fortes ventos (Marone *et al.*, 2005.).



Figura 2. Imagem da Baía de Guaratuba (ETM-7 Landsat – 2002). Fonte: Lab. de Oceanografia Costeira e Geoprocessamento – CEM.

3.2. METODOLOGIA

3.2.1 Amostragem e Técnicas Analíticas

Foram realizadas doze campanhas amostrais, ao longo de um ciclo sazonal anual entre outubro de 2001 e agosto de 2002, em situações de maré de sizígia e quadratura (tab. 1). As coletas de água foram feitas com o auxílio de uma garrafa de Van Dorn, amostrando-se água de superfície e de fundo em doze pontos distribuídos ao longo da baía (fig. 3). Para a avaliação da qualidade de água, foram determinadas as seguintes variáveis: temperatura, salinidade, pH, transparência, alcalinidade, oxigênio dissolvido, clorofila-a, material particulado em suspensão, nitrogênio e fósforo orgânicos totais, e nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrato, nitrito, amônio, fosfato e silicato) de acordo com metodologias padrões (tab. 2). As amostras de oxigênio dissolvido foram fixadas imediatamente após a coleta e analisadas posteriormente em um titulador automático. As amostras para nutrientes foram filtradas em filtros GF/C (Whatmann de fibra de vidro previamente pesados) para análise do material particulado em suspensão, acondicionadas em frascos de

polietileno e conservadas sob refrigeração até posterior análise em laboratório e leitura de absorbância em espectrofotômetro. Os filtros contendo o material particulado em suspensão foram analisados por técnica gravimétrica comum com auxílio de uma balança mecânica com 0,00001 g de precisão. A concentração de clorofila-a e feopigmentos foram determinadas utilizando-se um fluorímetro. Os dados meteorológicos (precipitação) foram cedidos pela SUDERHSA.

Tabela 1. Cronograma das campanhas de amostragem realizadas.

Data da coleta	Maré	Data da coleta	Maré
03/outubro/2001	Sizígia	10/outubro/2001	Quadratura
12/dezembro/2001	Sizígia	20/dezembro/2001	Quadratura
29/janeiro/2002	Sizígia	6/fevereiro/2002	Quadratura
27/março/2002	Sizígia	4/abril/2002	Quadratura
29/maio/2002	Sizígia	6/junho/2002	Quadratura
15/agosto/2002	Sizígia	22/agosto/2002	Quadratura

Tabela 2 . Técnicas e métodos de análise.

Parâmetro	Método
Nutrientes inorg. dissolvidos	Grasshoff <i>et al.</i> , 1983
Oxigênio dissolvido	Winkler modificado (Grasshoff <i>et al.</i> , 1983)
Clorofila-a e feopigmentos	Strickland & Parsons, 1972
Material em Suspensão	Strickland & Parsons, 1972
Transparência	Disco de Secchi
pH	Multi-sonda, pHmetro de campo
Salinidade, temperatura	Multi-sonda, refratômetro, termômetro

3.2.2. Análises Estatísticas

Os resultados foram submetidos ao teste-*t* para amostras independentes, com auxílio do software Statistica 6.0®. A Análise de Componentes Principais (Principal Component Analysis – PCA) é um método de ordenação multivariado baseado numa matriz de correlação, onde as diversas dimensões dos dados são projetadas em duas dimensões, sem haver uma grande perda das informações originais. Além do mapa gráfico, o resultado desta análise é dado em porcentagem da variância total, onde se determina a representatividade de todas as dimensões dos dados no eixo em questão. Por exemplo, se a soma da porcentagem dos dois principais componentes for igual ou maior do que 70%, significa que na representação bi-

dimensional do PCA as n dimensões dos dados estão representados nesta porcentagem, sendo considerado ótimo (Clarke & Warwick, 1994 *in* Fonseca, 2004). Esta análise foi processada pelo programa *Multi-Variate Statistical Package* (MVSP) e os dados, sem transformação prévia, foram normalizados (Fonseca, 2004).

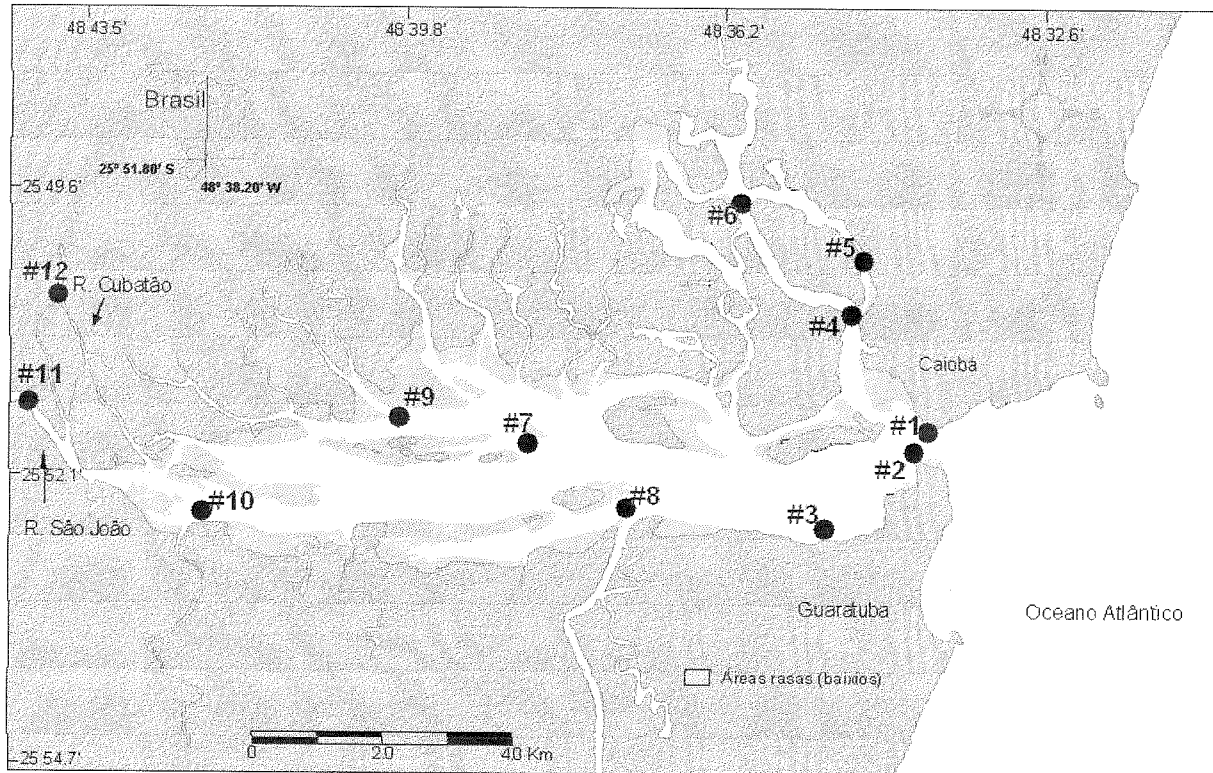


Figura 3. Mapa da Baía de Guaratuba, mostrando os doze pontos de coleta.

4. RESULTADOS

4.1. VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL

A Baía de Guaratuba foi setorizada de acordo com gradiente de salinidade. Dessa forma, o setor externo foi delimitado pelas estações 1, 2, 3, 4, 5 e 6; o setor mediano pelas estações 7, 8 e 9; e o setor interno pelas estações 10, 11 e 12. Os valores de profundidade média são de 5,6 m para o setor externo, de 1,9 m para o setor mediano e de 1,6 m para o setor interno.

4.1.1. Variáveis Físico-Químicas e Meteorológicas

Precipitação

As taxas de precipitação acumulada nos sete dias antes de cada coleta estão representadas abaixo (fig. 4). Como se pode observar, o período mais chuvoso compreendeu as coletas ocorridas entre os meses de outubro/01 a março/02, e as de período seco aquelas entre abril/02 e setembro/02.

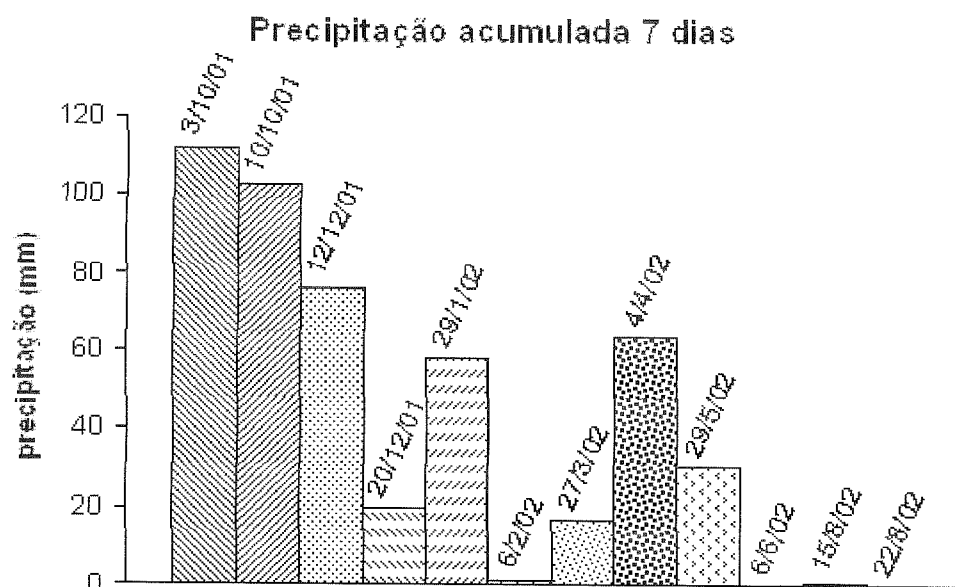


Figura 4. Precipitação acumulada em sete dias anteriores às coletas.

Profundidade de Secchi

As profundidades médias de Secchi foram de $1,2 \pm 0,3$ m no setor externo, $0,9 \pm 0,3$ m no setor mediano e $1,3 \pm 0,3$ m no setor interno durante o período chuvoso (fig. 5). Nesse período, foi verificada diferença significativa para os valores de Secchi entre os setores externo e mediano ($p < 0,01$) e mediano e interno ($p < 0,001$). Já no período seco, esses valores foram de $1,85 \pm 0,50$ m, $1,3 \pm 0,3$ m e $1,5 \pm 0,30$ m nos respectivos setores. Estes valores foram diferentes quando comparados os setores externo e mediano ($p < 0,01$) e externo e interno ($p < 0,05$). O valor máximo da profundidade de Secchi foi encontrado na estação 1 do setor externo em 15/05/02 (2,7 m). Já o mínimo de Secchi foi verificado na estação 9 do setor mediano em 06/02/02 (0,2 m). Em todos os setores, os valores médios de Secchi foram significativamente diferentes entre os períodos (setores externo e mediano – $p < 0,001$; setor interno – $p < 0,05$).

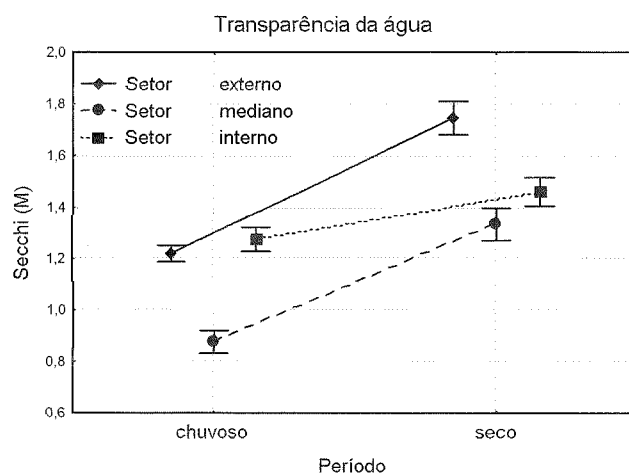


Figura 5. Valores médios e erro-padrão da profundidade de Secchi (m) nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Temperatura

A temperatura média da água durante o período chuvoso foi de $25,9 \pm 3,0$ °C no setor externo, de $25,6 \pm 3,2$ °C no mediano e $26,9 \pm 2,7$ °C no interno (fig. 6). Foi verificada diferença significativa durante o período chuvoso quando comparados os setores externo e interno ($p < 0,01$) e os setores mediano e interno para a água de superfície ($p < 0,05$). No período seco, as médias foram de $22,1 \pm 2,4$ °C, $22 \pm 2,1$ °C e

20,9±1,8 °C, respectivamente. O maior valor de temperatura foi de 29,6 °C na água de superfície da estação 6 do setor externo em 20/12/01. Já o valor mínimo foi detectado na coleta de 15/08/02 na estação 2 do setor interno (18,11 °C). Os valores de temperatura da água foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) em todos os setores, em ambos estratos, quando comparados os períodos chuvoso e seco.

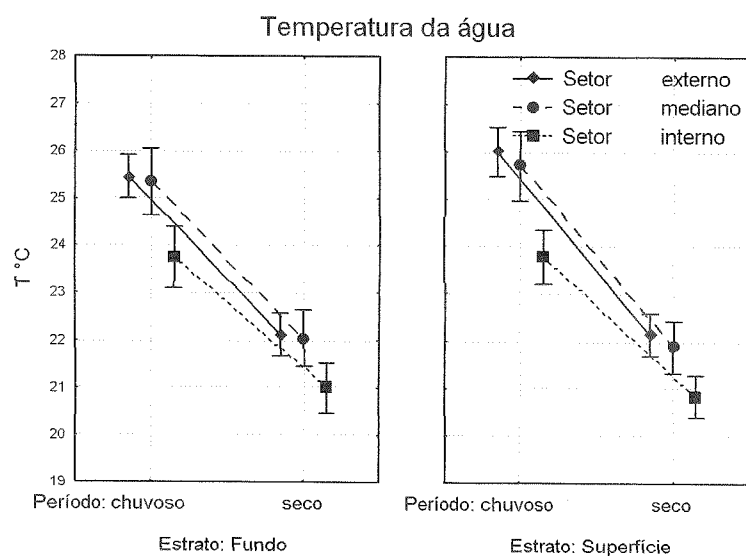


Figura 6. Valores médios e erro-padrão da temperatura da água de superfície e fundo (°C), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Salinidade

Durante o período chuvoso, foram encontradas salinidades médias de 23,4±7,8 no setor externo, 11,8±6,6 no setor mediano e 1,3±2,1 no setor interno, enquanto no período seco, os valores foram de 25,3±5,4, 16,6±5,5 e 3,9±5,9 nos respectivos setores (fig. 7). Tanto no período chuvoso quanto no seco, os setores foram diferentes significativamente quando comparados os valores de salinidade de ambos estratos ($p < 0,001$). Águas mais salinas foram evidenciadas pelo valor máximo de salinidade encontrado no estrato de fundo da estação 2 do setor externo em 27/03/02 (33,9). No setor interno, detectou-se salinidade nula nas águas de superfície e de fundo da estação 10 em 12/12/01, da 11 em 12/12/01 e em 29/04/02 e da 12 em 04/04/02 e 29/04/02, como também na água de fundo da estação 10 em 06/06/02. No setor mediano, tanto a salinidade de fundo quanto a de superfície foram significativamente diferentes entre os períodos ($p < 0,05$), enquanto no setor interno somente os valores de fundo foram diferentes ($p < 0,05$).

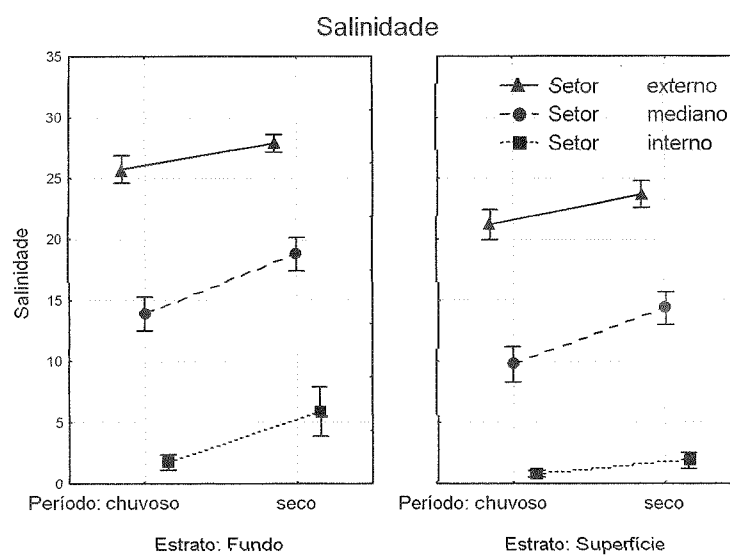


Figura 7. Valores médios e erro-padrão da salinidade de superfície e fundo, nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

pH

O pH médio registrado durante o período chuvoso foi de $7,91 \pm 0,34$ na água de superfície e de $7,93 \pm 0,38$ na de fundo do setor externo, de $7,56 \pm 0,34$ no fundo e $7,48 \pm 0,44$ na superfície do setor mediano e de $6,48 \pm 0,35$ no fundo e de $6,42 \pm 0,30$ na superfície do setor interno (fig. 8). Durante o período seco os valores médios foram de $8,05 \pm 0,26$ no estrato de fundo e de $8,03 \pm 0,30$ no superficial do setor externo, de $7,76 \pm 0,38$ e $7,76 \pm 0,42$ no setor mediano e de $6,97 \pm 0,48$ e $6,79 \pm 0,28$ no setor interno, nos respectivos estratos. Em cada período, os três setores apresentaram valores de pH significativamente diferentes, tanto para a superfície quanto para o fundo. O maior pH foi registrado na água superficial da estação 1 em 20/12/01 (8,45). O menor valor de pH foi registrado no estrato de fundo da estação 10 e no superficial da estação 12 do setor interno em 03/10/01 (6,00). Foi encontrada diferença significativa ($p < 0,01$) entre os valores de pH de fundo e de superfície do setor interno entre os períodos.

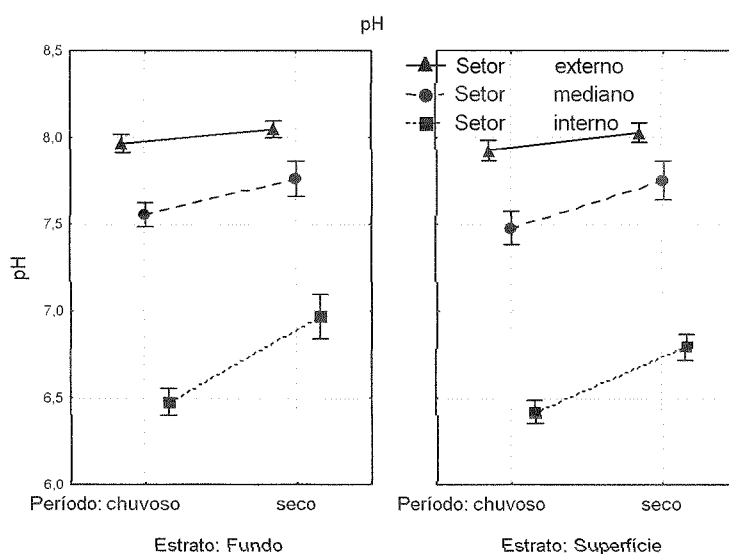


Figura 8. Valores médios e erro-padrão de pH de superfície e fundo, nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Dióxido de carbono (CO₂)

No período chuvoso, os valores médios de saturação por CO₂ foram de 287±356% no estrato de fundo e 269±312% no superficial do setor externo, de 523±410% e 512±420% nos respectivos estratos do setor mediano e de 1680±636% e 1880±812% no setor interno (fig. 9). Nesse período, foi verificada diferença significativa entre os setores quando comparados os valores de saturação de CO₂. No período seco, os valores foram de 273±340% e 251±241% no setor externo, de 510±485% e 452±419% no mediano e 905±692% e 977±426% no interno, nos respectivos estratos. Foi verificada diferença significativa entre os setores externo e mediano ($p < 0,05$) e mediano e interno ($p < 0,01$) para os valores superficiais, e entre os setores externo e interno para ambos os estratos ($p < 0,001$) no período seco. O valor máximo de saturação por CO₂ ocorreu em 03/10/01 na água de superfície da estação 11 do setor interno (3614%). Por outro lado, o valor mínimo ocorreu em 29/05/02 no estrato superficial da estação 1 do setor externo (42,6%). Houve diferença significativa entre os valores de saturação de CO₂ do setor interno entre os períodos, tanto para os de fundo ($p < 0,001$) quanto para os de superfície ($p < 0,001$). Quando comparados os setores externo e interno, essa diferenciação ocorreu para ambos estratos ($p < 0,001$).

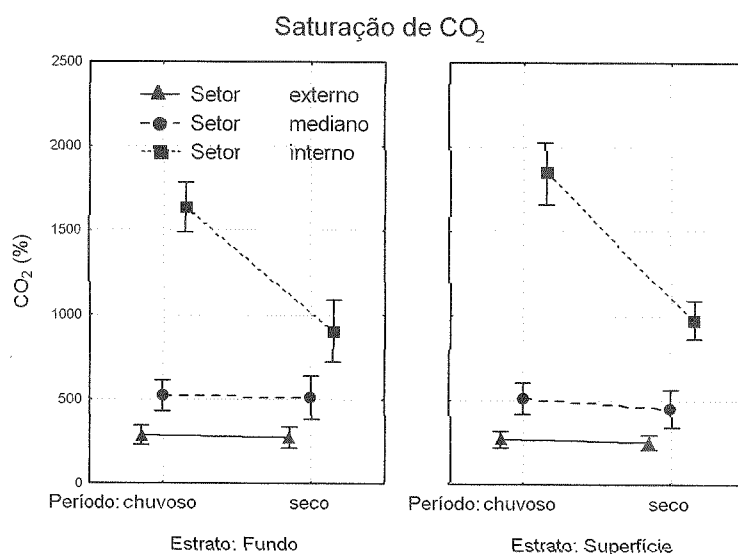


Figura 9. Valores médios e erro-padrão da saturação de CO₂ de superfície e fundo (%), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Oxigênio dissolvido

Os valores médios de oxigênio dissolvido (OD em mg.dm⁻³ e % de saturação) registrados no setor externo foram 6,16±0,72 mg.dm⁻³ (85±11%) na água de fundo e 6,53±0,79 mg.dm⁻³ (88±11%) na água superficial durante o período chuvoso, enquanto no setor mediano foram encontrados os valores médios de 5,80±0,93 mg.dm⁻³ (74±12%), e 6,47±0,78 mg.dm⁻³ (82±14%), e no setor interno, os valores de 5,82±0,64 mg.dm⁻³ (69±7%) e 5,94±0,80 mg.dm⁻³ (70±8%) nos respectivos estratos (fig. 10 e 11). Quando comparados os setores dentro do período chuvoso, foi verificada diferença significativa da saturação de OD entre externo e mediano para os valores de fundo ($p < 0,001$), mediano e interno ($p < 0,001$) para os valores superficiais, e entre externo e interno para ambos estratos ($p < 0,001$). Durante o período seco, registrou-se os valores de oxigênio dissolvido de 6,87±1,28 mg.dm⁻³ (93±16%) e 7,25±1,43 mg.dm⁻³ (96±18%) no fundo e na superfície, respectivamente, no setor externo, de 6,46±1,31 mg.dm⁻³ (82±16%) e 7,12±1,47 mg.dm⁻³ (88±17%) no setor mediano e de 6,72±1,00 mg.dm⁻³ (77±10%) e 7,11±1,03 mg.dm⁻³ (81±12%) no setor interno. Nesse período, foi verificada diferença significativa para os valores de saturação de OD entre os setores externo e mediano para água de superfície ($p < 0,05$) e entre os setores externo e interno para ambos estratos ($p < 0,001$). O valor máximo de oxigenação foi determinado no estrato superficial em 22/08/02 na

estação 1 do setor externo (141%). Águas menos oxigenadas foram evidenciadas nas águas de fundo pelo valor de 47% na estação 6 do setor externo em 04/04/02. Foi encontrada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores de oxigênio dissolvido dos setores externo e interno entre os períodos, tanto para os valores de fundo quanto para os superficiais.

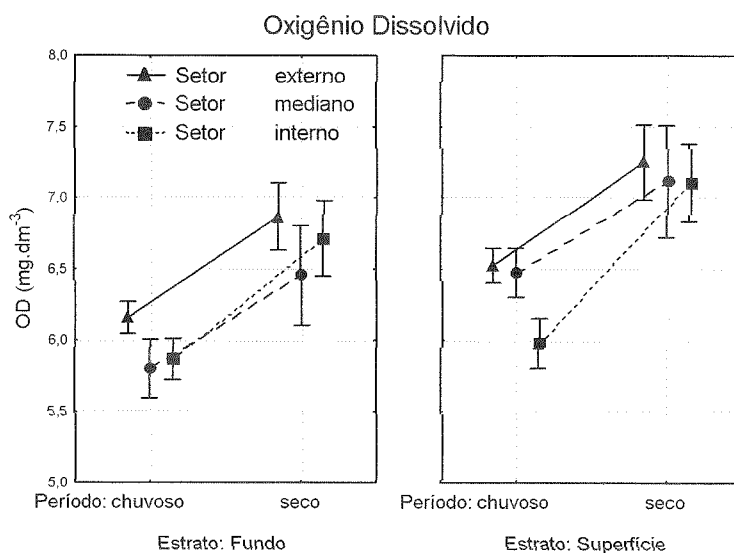


Figura 10. Valores médios e erro-padrão da concentração de oxigênio dissolvido de superfície e fundo ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

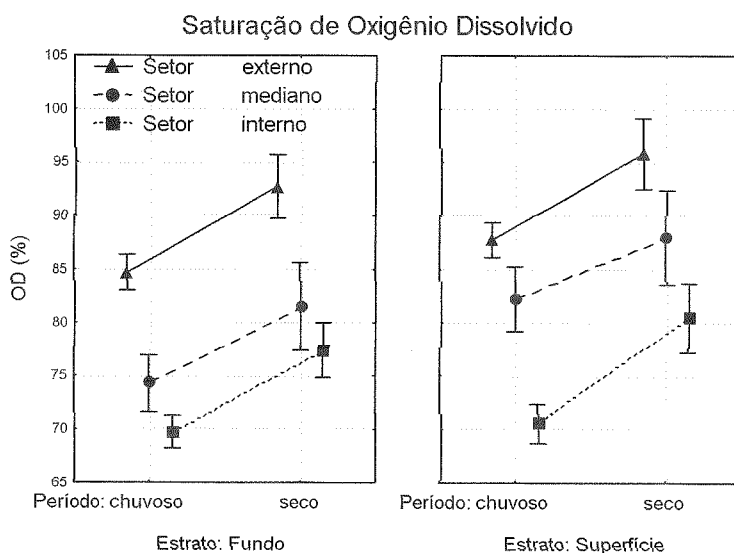


Figura 11. Valores médios e erro-padrão da saturação de oxigênio dissolvido de superfície e fundo (%), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

4.1.2. Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos

Nitrato

No período chuvoso, foram determinadas concentrações médias de nitrato (NO_3^-) de $1,14 \pm 1,99 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no fundo e $1,53 \pm 2,43 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ na superfície do setor externo, de $1,77 \pm 2,43 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $2,41 \pm 3,43 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor mediano e de $5,62 \pm 2,62 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $5,94 \pm 1,9 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor interno, respectivamente (fig. 12). No período seco, os valores de fundo de nitrato foram de $1,34 \pm 2,46 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor externo, de $1,57 \pm 2,39 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor mediano e de $7,12 \pm 4,11 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor interno, enquanto os valores superficiais foram de $1,34 \pm 2,34 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $1,83 \pm 2,56 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $8,37 \pm 2,91 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, respectivamente. Em ambos períodos, as concentrações de nitrato do setor interno foram significativamente diferentes daquelas dos setores externo e mediano, em ambos estratos ($p < 0,001$). O valor máximo de nitrato foi encontrado no estrato superficial da estação 1 do setor externo ($13,2 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) em 04/04/02. No mesmo setor, observou-se a ausência desse nutriente em 29/01/02, no estrato de fundo da estação 6 e no superficial das estações 5 e 2, e em 27/03/02 no estrato de superfície da estação 5. Foi verificada diferença significativa entre os períodos para os valores superficiais de nitrato no setor interno ($p < 0,05$).

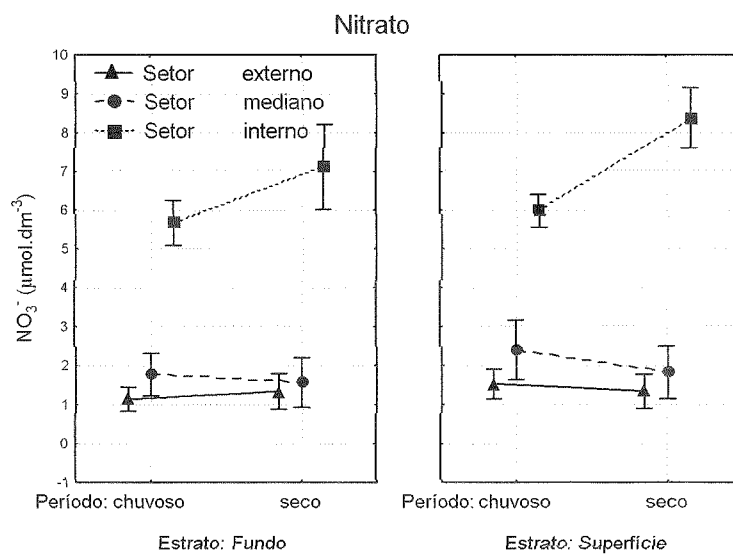


Figura 12. Valores médios e erro-padrão de nitrato (NO_3^-) de superfície e fundo ($\mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Nitrito

As concentrações médias de nitrito (NO_2^-) no período chuvoso foram de $0,09 \pm 0,09 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no fundo e $0,08 \pm 0,08 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ na superfície no setor externo, de $0,12 \pm 0,12 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $0,12 \pm 0,11 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor mediano, e de $0,18 \pm 0,07 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $0,19 \pm 0,04 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, respectivamente (fig. 13). Nesse período, as concentrações de nitrito foram diferentes quando comparados os setores externo e interno ($p < 0,001$), e os setores mediano e interno ($p < 0,05$) para ambos estratos. Os valores encontrados no período seco foram de $0,10 \pm 0,08 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ para ambos estratos do setor externo, de $0,15 \pm 0,16 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no estrato de fundo e $0,13 \pm 0,13 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no de superfície do setor mediano, e de $0,14 \pm 0,07 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $0,16 \pm 0,05 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor interno, respectivamente. Nesse período, somente os valores superficiais foram diferentes entre os setores externo e interno ($p < 0,001$). A maior concentração de nitrito ocorreu tanto na água de fundo quanto na de superfície da estação 9 do setor mediano em 15/08/02 ($0,53 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). O valor mínimo de nitrito foi detectado no estrato de fundo das estações 3 e 6 do setor interno em 29/05/02 ($0,011 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$).

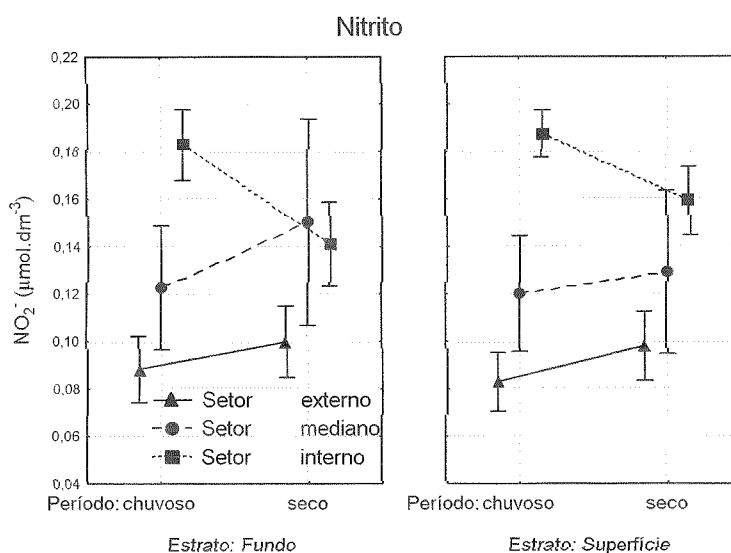


Figura 13. Valores médios e erro-padrão de nitrito (NO_2^-) de superfície e fundo ($\mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Nitrogênio amoniacal (amônio)

Durante o período chuvoso, as concentrações médias de amônio (NH_4^+) foram de $1,06 \pm 1,19 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no estrato de fundo e $1,01 \pm 0,98 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no estrato

de superfície no setor interno, de $1,39 \pm 1,24 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $0,82 \pm 0,63 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor mediano, e de $1,05 \pm 0,41 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $0,94 \pm 0,32 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor interno, nos respectivos estratos (fig. 14). Já no período seco, os valores médios foram de $1,63 \pm 1,49 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no fundo e $1,70 \pm 1,63 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ na superfície no setor externo, de $2,03 \pm 1,82 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $1,96 \pm 1,52 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor mediano e de $2,67 \pm 3,05 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $1,64 \pm 0,92 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor interno, respectivamente. Em nenhum dos períodos foi verificada diferença significativa entre os setores para as concentrações de amônio. O valor mais elevado de amônio foi registrado no estrato de fundo em 15/08/02 na estação 11 do setor interno ($12,6 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Já o valor mínimo ocorreu em 06/06/02 no estrato de fundo da estação 7 do setor mediano ($0,08 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Os valores superficiais de amônio foram significativamente diferentes entre os períodos para todos os setores ($p < 0,01$), enquanto os valores de fundo desse nutriente foram significativamente diferentes entre os períodos somente no setor interno ($p < 0,05$).

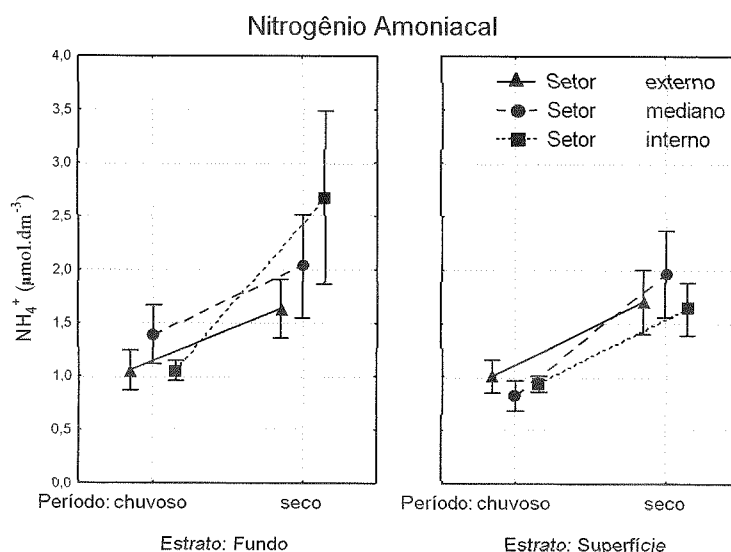


Figura 14. Valores médios e erro-padrão de nitrogênio amoniacoal (NH_4^+) de superfície e fundo ($\mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Nitrogênio inorgânico dissolvido (NID)

As concentrações médias de fundo de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), no período chuvoso, foram de $2,29 \pm 3,09 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor externo, $3,28 \pm 3,66 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor mediano e $6,86 \pm 2,82 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor interno, enquanto as concentrações médias superficiais foram de $2,62 \pm 3,29 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $3,35 \pm 4,01$

$\mu\text{mol.dm}^{-3}$ e $7,07\pm 2,03 \mu\text{mol.dm}^{-3}$, nos respectivos setores (fig. 15). No período seco, as concentrações médias de fundo de NID foram de $3,07\pm 3,34 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no setor externo, $3,75\pm 3,7 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no setor mediano e $9,93\pm 5,4 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no setor interno, e as concentrações médias de superfície foram de $3,14\pm 3,23 \mu\text{mol.dm}^{-3}$, $3,92\pm 3,54 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e $10,17\pm 3,01 \mu\text{mol.dm}^{-3}$, nos respectivos estratos. Em ambos períodos, o setor interno foi significativamente superior aos demais quando comparados os valores de NID de ambos estratos ($p<0,001$). O maior valor de NID foi detectado em 15/08/02 na água de fundo da estação 11 do setor interno ($20,5 \mu\text{mol.dm}^{-3}$). Em contrapartida, o valor mínimo de NID foi detectado em 06/06/02, no estrato superficial da estação 6 do setor externo ($0,21 \mu\text{mol.dm}^{-3}$). Os valores de NID do setor interno foram significativamente diferentes entre os períodos, tanto para o estrato de fundo ($p<0,05$) quanto para o superficial ($p<0,001$). Durante o período chuvoso, as concentrações de amônio perfizeram 44% do NID no setor externo, 33,4% no setor mediano e 14,1% no setor interno, enquanto no período seco esses valores foram de 53,8%, 52,1% e 21,4%, respectivamente.

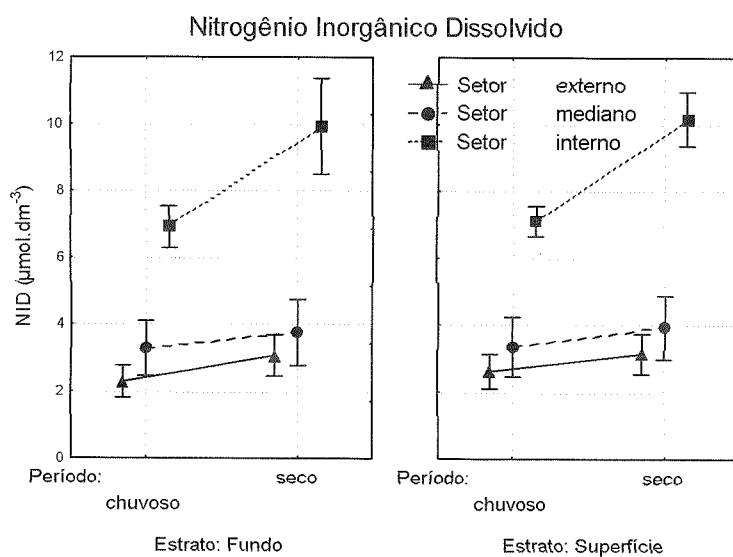


Figura 15. Valores médios e erro-padrão de nitrogênio inorgânico dissolvido de superfície e fundo ($\mu\text{mol.dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Fósforo inorgânico dissolvido (PID – fosfato)

No período chuvoso, as concentrações médias de fósforo inorgânico dissolvido (PO_4^{3-}) no setor externo foram de $0,26\pm 0,1 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no estrato de fundo e $0,23\pm 0,09 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no de superfície, no setor mediano de $0,28\pm 0,19 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e

$0,27 \pm 0,17 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e no setor interno de $0,29 \pm 0,13 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $0,31 \pm 0,14 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, respectivamente (fig. 16). Foi verificada diferença significativa para as concentrações de PID entre os setores externo e interno para as águas superficiais ($p < 0,01$) nesse período. Durante o período seco, as concentrações médias foram de $0,41 \pm 0,14 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no fundo e de $0,35 \pm 0,19 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ na superfície no setor externo, de $0,3 \pm 0,17 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $0,22 \pm 0,15 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor mediano e de $0,31 \pm 0,24 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $0,25 \pm 0,14 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor interno, nos respectivos estratos. Nesse período, foi verificada diferença quando comparados os setores externo e mediano para ambos estratos ($p < 0,05$). A concentração máxima de PID foi determinada na coleta de 22/08/02 na água de fundo da estação 12 do setor interno ($1,06 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Por outro lado, a menor concentração foi registrada em ambos estratos da estação 9 do setor mediano ($0,04 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) em 06/06/02. Foi verificada diferenciação significativa para os valores de PID do setor externo quando comparados os períodos, considerando-se os valores de fundo e os de superfície ($p < 0,001$).

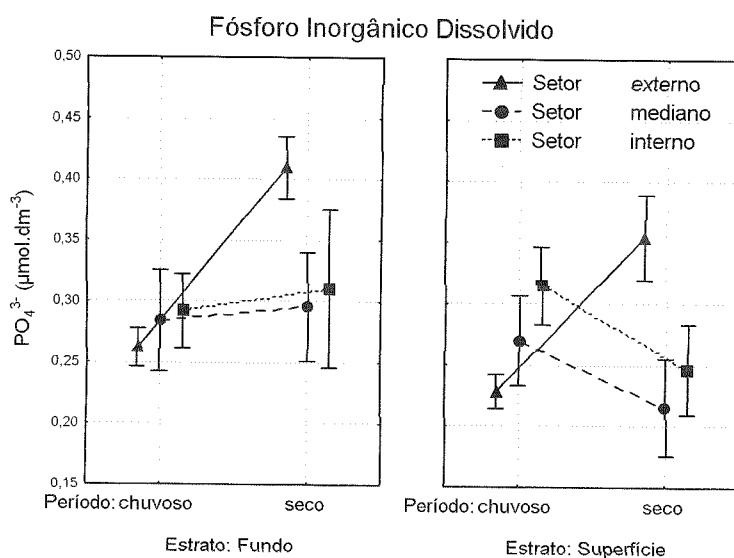


Figura 16. Valores médios e erro-padrão de fósforo inorgânico dissolvido (PO_4^{3-}) de superfície e fundo ($\mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Razão N:P

A razão N:P de Redfield (molar) apresentou os valores médios de $10,0 \pm 13,4$ no fundo e $12,5 \pm 15,9$ na superfície do setor externo, de $11,0 \pm 12$ e $14,3 \pm 18,4$ no setor mediano e $25,4 \pm 1,3$ e $25,9 \pm 2,3$ no setor interno, nos respectivos estratos no

período chuvoso (fig. 17). Durante esse período, os valores de N:P do setor interno foram diferentes dos valores dos setores mediano (estrato de fundo - $p < 0,001$; estrato superficial - $p < 0,05$) e externo ($p < 0,001$). Durante o período seco, os valores médios de N:P foram de $7,3 \pm 7,4$ na água de fundo e $8,9 \pm 8,9$ na de superfície no setor externo, de $12,4 \pm 10,2$ e $19,5 \pm 13,2$ no setor mediano e de $34,5 \pm 17,5$ e $51,5 \pm 31,4$ no setor interno, respectivamente. Já nesse período, foram diferentes os valores superficiais dos setores externo e mediano ($p < 0,01$), e de ambos estratos entre os setores externo e interno ($p < 0,001$) e entre os setores mediano e interno ($p < 0,001$). O valor máximo de N:P (130) foi determinado na água superficial na estação 11 do setor interno em 06/06/02. Por outro lado, o menor valor ocorreu na água de superfície da estação 2 do setor externo em 27/03/02 (0,81). Houve diferença significativa entre os períodos para os valores de N:P da água de superfície do setor interno ($p < 0,001$).

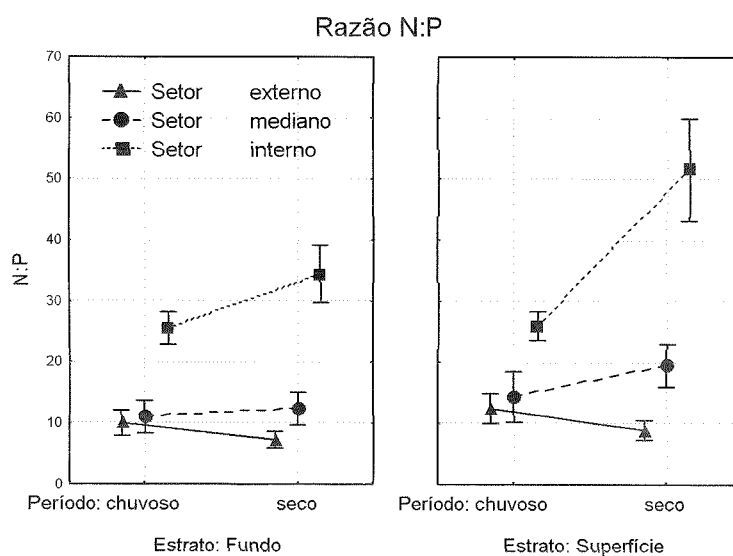


Figura 17. Valores médios e erro-padrão da Razão N:P de superfície e fundo ($\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Silicato

As concentrações médias de silicato ($\text{Si}(\text{OH})_4$) no período chuvoso foram de $27,99 \pm 18,37 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ no estrato de fundo e $37,38 \pm 18,43 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ no de superfície no setor externo, de $58,16 \pm 17,11 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ e $60,56 \pm 20,44 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ no setor mediano e de $42,11 \pm 33,42 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ e $44,48 \pm 37,22 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ no setor interno, nos respectivos estratos (fig. 18). Nesse período, as concentrações de silicato do setor externo foram significativamente diferentes quando comparadas às do setor mediano

em ambos estratos ($p < 0,001$) e às do estrato de fundo setor interno ($p < 0,05$). Já no período seco, os valores médios foram de $27,67 \pm 18,42 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no fundo e $32,49 \pm 18,98 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ na superfície no setor externo, de $46,18 \pm 28,43 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e $60,61 \pm 33,23 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no setor mediano e de $37,21 \pm 24,82 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e $43,48 \pm 28,98 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no setor interno, respectivamente. Nesse período, a diferenciação ocorreu quando comparados os valores dos setores externo e mediano (estrato de fundo – $p < 0,01$; estrato superficial – $p < 0,001$). O valor máximo de silicato foi registrado na água de superfície da estação 10 do setor interno em 20/12/01 ($131,35 \mu\text{mol.dm}^{-3}$). O valor mínimo ocorreu no estrato de fundo da estação 12 do setor interno em 22/08/02 ($0,94 \mu\text{mol.dm}^{-3}$).

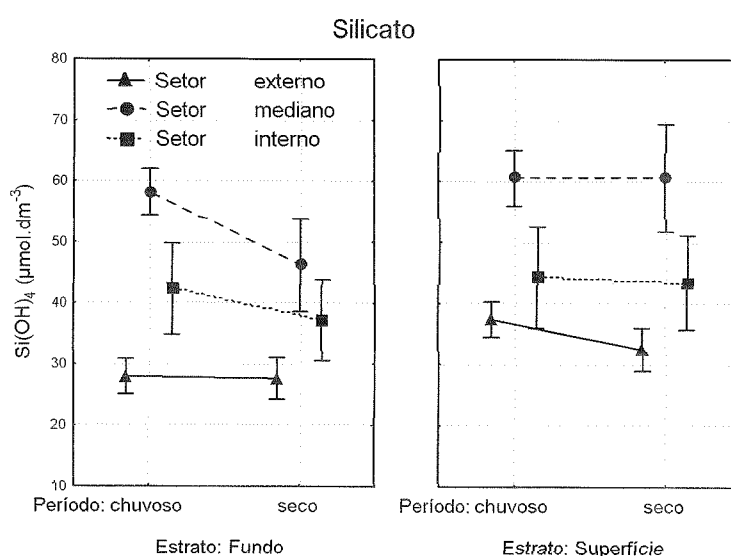


Figura 18. Valores médios e erro-padrão de silicato (Si(OH)_4) de superfície e fundo ($\mu\text{mol.dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

4.1.3. Fósforo e Nitrogênio Orgânicos Totais

Fósforo orgânico total

As concentrações médias de fósforo orgânico total (POT), durante o período chuvoso, foram de $1,92 \pm 1,38 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no estrato de fundo e $1,66 \pm 1,21 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no estrato de superfície do setor externo, enquanto no setor mediano os valores foram de $1,96 \pm 1,42 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e $1,85 \pm 1,44 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e, no setor interno, de $1,99 \pm 3,07 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e $1,28 \pm 1,44 \mu\text{mol.dm}^{-3}$, nos respectivos estratos (fig. 19). Durante o período seco, os valores médios foram de $0,82 \pm 0,33 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no estrato

do fundo e $0,75 \pm 0,34 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no de superfície no setor externo, $1,09 \pm 0,35 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e $0,97 \pm 0,37 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no setor mediano, e $0,79 \pm 0,61 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e $0,63 \pm 0,47 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no setor interno, respectivamente. Os valores superficiais de POT do setor interno foram significativamente diferentes dos valores superficiais do setor mediano ($p < 0,05$), e os valores de fundo do setor externo também foram diferentes dos valores de fundo do setor mediano ($p < 0,05$), durante o período seco. O valor mais elevado de POT foi detectado na amostragem de 06/02/02, no estrato de fundo da estação 12 do setor interno ($11,1 \mu\text{mol.dm}^{-3}$). Em contrapartida, a concentração mínima foi registrada em 29/05/02 no estrato de fundo da estação 10 do setor interno ($0,08 \mu\text{mol.dm}^{-3}$). Os valores de POT de ambos os estratos foram significativamente diferentes entre os períodos nos setores externo ($p < 0,001$) e mediano ($p < 0,05$).

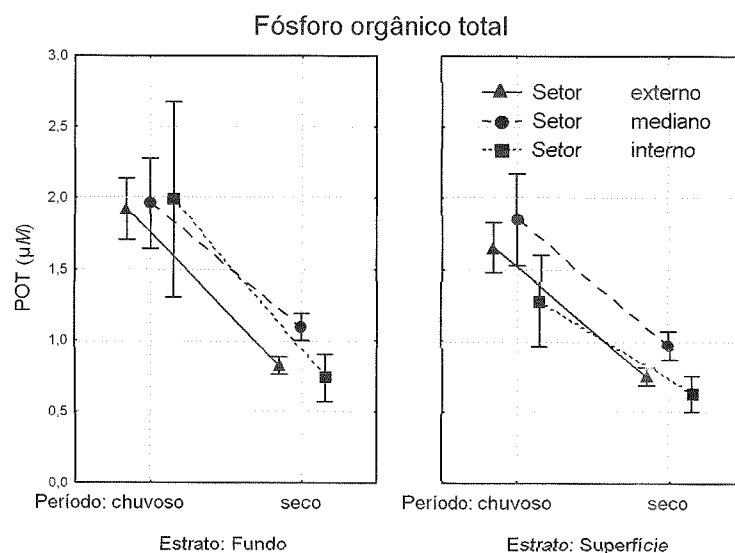


Figura 19. Valores médios e erro-padrão de fósforo orgânico total de superfície e fundo ($\mu\text{mol.dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Nitrogênio orgânico total

Durante o período chuvoso, as concentrações médias de nitrogênio orgânico particulado (NOT) foram de $37,64 \pm 43,47 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ na água de fundo e $35,12 \pm 37,01 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ na de superfície no setor externo (fig. 20). No setor mediano, os valores foram de $39,04 \pm 35,91 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e $39,91 \pm 38 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e, no setor interno, de $31,4 \pm 36,14 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ e $31,94 \pm 33,12 \mu\text{mol.dm}^{-3}$, respectivamente. Já no período seco, os valores foram de $12,19 \pm 5,98 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ no fundo e $11,21 \pm 5,25 \mu\text{mol.dm}^{-3}$ na

superfície no setor externo, de $13,5 \pm 7,54 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $13,29 \pm 6,64 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor mediano, e de $11,01 \pm 7,3 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $9,18 \pm 4,58 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor interno, nos respectivos estratos. Os valores superficiais de NOT foram significativamente diferentes entre os setores mediano e interno nesse período ($p < 0,05$). O valor máximo de NOT foi registrado em 06/02/02 na água de fundo da estação 3 do setor externo ($207,62 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Já o valor mínimo foi encontrado em 15/08/02 no estrato superficial da estação 3 do setor externo ($0,25 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). As concentrações de NOT foram significativamente diferentes entre os períodos para os valores de fundo e superfície de todos os setores ($p < 0,05$).

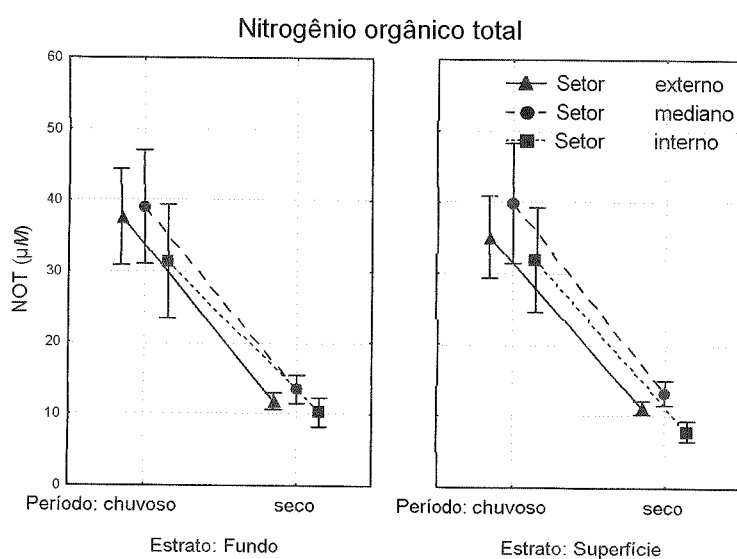


Figura 20. Valores médios e erro-padrão de nitrogênio orgânico total de superfície e fundo ($\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

4.1.4. Constituintes Particulados

Material particulado em suspensão

No período chuvoso, os valores médios de material particulado em suspensão (seston) foram de $77,62 \pm 46,06 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ na água de fundo e $58,50 \pm 35,28 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ na superficial no setor externo, de $76,77 \pm 62,79 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $59,26 \pm 56 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor mediano e de $46,89 \pm 62,49 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ e $42,23 \pm 60,34 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor interno, respectivamente (fig. 21). Nesse período, os valores de seston no setor interno foram significativamente diferentes daqueles dos setores externo ($p < 0,001$) e mediano ($p < 0,05$). Já no período seco, os valores de seston de fundo foram de $56,1 \pm 75,26 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ no setor externo, de $46,23 \pm 20,64 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ no mediano e de

20,29±20,11 mg.dm⁻³ no interno, enquanto os valores de superfície foram de 32,40±8,56 mg.dm⁻³, 26,52±11,04 mg.dm⁻³ e 8,77±6,75 mg.dm⁻³, nos respectivos setores. Nesse período, foi verificada diferença significativa entre os valores superficiais de seston entre os setores externo e interno ($p < 0,001$), e entre as concentrações de ambos estratos entre os setores mediano e interno ($p < 0,001$). O valor mais elevado de seston foi determinado na água de fundo na estação 6 do setor externo em 06/06/02 (447,5 mg.dm⁻³). Em contrapartida, o menor valor foi determinado para o estrato superficial da estação 12 do setor interno (1,85 mg.dm⁻³) na mesma data. Não foi encontrada nenhuma diferença significativa para os valores de seston entre os períodos.

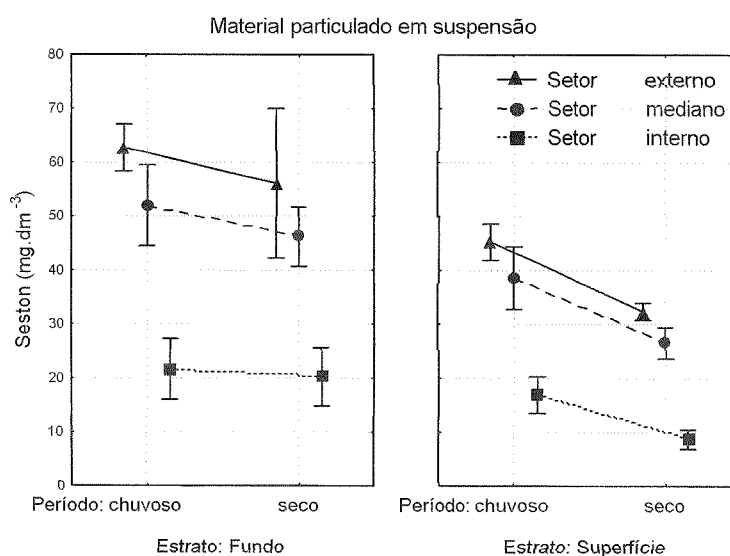


Figura 21. Valores médios e erro-padrão de material particulado em suspensão de superfície e fundo (mg.dm⁻³), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

Clorofila-a

Durante o período chuvoso, as concentrações médias de clorofila-a foram de 9,13±4,43 µg.dm⁻³ na água de fundo e 8,39±4,46 µg.dm⁻³ na de superfície no setor externo, enquanto no setor mediano os valores foram de 15,26±10,46 µg.dm⁻³ e 13,49±7,11 µg.dm⁻³ e, no setor interno, de 3,46±1,23 µg.dm⁻³ e 3,46±1,23 µg.dm⁻³, respectivamente (fig. 22). No período seco, as concentrações médias de clorofila-a foram de 1,45±3,01 µg.dm⁻³ no estrato de fundo e 1,59±3,24 µg.dm⁻³ no superficial no setor externo, de 2,73±5,84 µg.dm⁻³ e 2,89±6,18 µg.dm⁻³ no setor mediano, e de 0,64±2,12 µg.dm⁻³ e 0,22±0,054 µg.dm⁻³ no setor interno, nos respectivos estratos.

As concentrações de clorofila-a foram significativamente diferente entre todos os setores nos períodos para ambos estratos, com exceção dos valores de fundo dos setores externo e interno no período seco. O máximo de clorofila-a ocorreu no estrato de fundo da estação 8 do setor mediano ($35,90 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$) em 12/12/01. Em contrapartida, o valor mínimo ocorreu no estrato superficial da estação 11 do setor interno em 03/10/01 ($0,14 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$). Nos setores externo e mediano, as concentrações de clorofila-a foram significativamente diferentes entre os períodos para as amostras de fundo e superfície ($p < 0,001$), enquanto no setor interno, foi verificada diferença significativa somente para os valores superficiais dessa variável entre os períodos ($p < 0,05$).

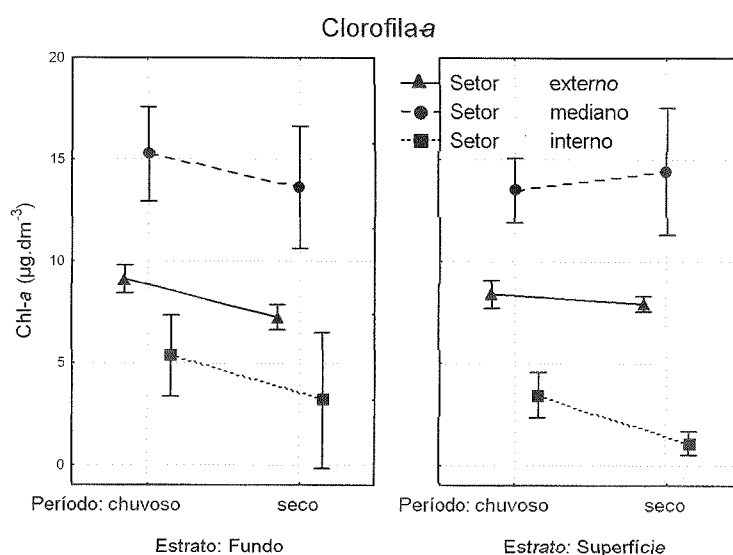


Figura 22. Valores médios e erro-padrão de clorofila-a de superfície e fundo ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), nos setores (externo, mediano e interno) durante os períodos chuvoso e seco.

5. DISCUSSÃO

5.1. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BAÍA DE GUARATUBA

Para a avaliação da qualidade da água, confrontou-se os valores obtidos para as variáveis consideradas como descritoras da qualidade da água, em cada um dos três setores da Baía de Guaratuba, com os limites críticos estabelecidos na literatura, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3. Valores médios e desvio-padrão de seis variáveis descritoras da qualidade da água, máximos e mínimos entre parênteses, confrontados com valores críticos estabelecidos na literatura (*Bricker *et al.*, 2003 e **Carmouze, 1994).

Variáveis Ambientais	Período Chuvoso			Período Seco			Limites Críticos
	Setor Externo	Setor Mediano	Setor Interno	Setor Externo	Setor Mediano	Setor Interno	
Clorofila- <i>a</i> * Conc. superficiais ($\mu\text{g}.\text{dm}^{-3}$)	9,1 \pm 5,1 (3,07-20,9) Médio	14,4 \pm 8,9 (0,22-35,9) Médio	4,2 \pm 7,1 (0,14-30,4) Baixo	7,9 \pm 0,8 (6,00-9,18) Médio	14,4 \pm 4,13 (9,89-19) Médio	1,11 \pm 0,76 (0,60-8,26) Baixo	Hipereutrófico: >60 $\mu\text{g}.\text{dm}^{-3}$; Alto: >20, \leq 60 $\mu\text{g}.\text{dm}^{-3}$; Médio: >5, \leq 20 $\mu\text{g}.\text{dm}^{-3}$ Baixo: >0 e \leq 5 $\mu\text{g}.\text{dm}^{-3}$
Turbidez* Prof. de Secchi (m)	1,22 \pm 0,30 (0,6-2) Médio	0,88 \pm 0,29 (0,2-1,4) Alto	1,27 \pm 0,30 (0,8-2) Médio	1,75 \pm 0,50 (0,5-2,7) Médio	1,33 \pm 0,34 (0,9-2,0) Médio	1,46 \pm 0,30 (1,0-2,2) Médio	Alto: < 1 m; Médio: \geq 1, \leq 3 m; Baixo: > 3 m Águas Escuras
CO ₂ (% sat.)**	277,9 \pm 333 (54-1790) Alto	517,1 \pm 410 (89-1707) Alto	1742 \pm 746 (623-3614) Alto	262,2 \pm 292 (42-1699) Alto	480,8 \pm 446 (61-1470) Alto	941 \pm 566 (169-2848) Alto	\leq 100 %
Fósforo Inorgânico Dissolvido* ($\text{mg}.\text{dm}^{-3}$)	0,008 \pm 0,0 02 (0,002-0,014) Baixo	0,009 \pm 0,0 05 (0,001-0,028) Baixo	0,009 \pm 0,0 04 (0,003-0,019) Baixo	0,012 \pm 0,0 05 (0,003-0,024) Médio	0,008 \pm 0,0 05 (0,001-0,020) Baixo	0,009 \pm 0,0 06 (0,006-0,022) Baixo	Alto: \geq 1 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$; Médio: \geq 0,01, <0,1 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$; Baixo: \geq 0 e <0,1 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$
Nitrogênio Inorgânico Dissolvido* ($\text{mg}.\text{dm}^{-3}$)	0,03 \pm 0,05 (0,003-0,18) Baixo	0,050,05 (0,004-0,15) Baixo	0,10,03 (0,008-0,16) Médio	0,05 \pm 0,05 (0,003-0,16) Baixo	0,05 \pm 0,05 (0,003-0,16) Baixo	0,14 \pm 0,06 (0,008-0,3) Médio	Alto: \geq 1 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$; Médio: \geq 0,1, <1 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ Baixo: \geq 0 e <0,1 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$
Oxigênio Dissolvido* ($\text{mg}.\text{dm}^{-3}$)	6,34 \pm 0,77 (3,82-7,55)	6,14 \pm 0,91 (4,15-7,61)	5,92 \pm 0,71 (4,87-7,61)	7,06 \pm 1,36 (3,7-10,73)	6,79 \pm 1,41 (3,91-9,31)	6,91 \pm 1,01 (3,82-9,89)	stress biológico: >2, \leq 5 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$

A clorofila-a é o índice da biomassa fitoplanctônica que, em quantidades excessivas pode constituir um sinal do processo de eutrofização (Bricker *et al.*, 2003; White *et al.*, 2004). Esta variável apresentou valores em torno do nível médio nos setores mediano e externo durante ambos períodos. Já no setor interno, os valores de clorofila-a foram apontados como baixos. A turbidez, considerada como a profundidade de Secchi, esteve em torno do limite da classe intermediária, com exceção dos valores encontrados no setor mediano durante o período chuvoso que indicaram uma menor penetração de luz nessa condição, de acordo com os maiores valores de clorofila-a. De forma geral, toda a baía apresentou valores de saturação de CO₂ superiores ao limite de 100%, assim como teores de oxigênio dissolvido superiores ao nível de stress biológico. Pode-se observar que as concentrações de fósforo inorgânico dissolvido foram baixas em todas as situações, exceto no setor externo durante o período seco. Entretanto, todos os valores são próximos do limite médio. Os teores de nitrogênio inorgânico dissolvido também foram baixos, com exceção dos valores mais elevados no setor interno. O enriquecimento dos nutrientes nitrogenados, especialmente na forma de nitrato, associado à drenagem continental, se refletiu em um gradiente crescente das razões N:P da desembocadura para a região interna da baía, com valores médios de 7,3-12,5, 11-19,5, e 25,4-51,5 para os setores externo, mediano e interno, respectivamente. Este padrão também foi verificado para as Baías de Paranaguá e Laranjeiras (Machado *et al.* 1997, Brandini, 2000).

Com base nessas informações pode-se considerar que a água da Baía de Guaratuba apresenta qualidade inferior apenas quando são considerados os níveis de CO₂ (%). Não é possível a distinção de sinais primários e secundários de eutrofização, uma vez que tanto os valores de clorofila-a e nutrientes (primários) quanto o oxigênio dissolvido (secundário) estiveram dentro dos limites considerados sintomas desse processo. Contudo, estes resultados devem ser considerados com cautela, pois altas concentrações de nutrientes não são um sintoma obrigatório de eutrofização, principalmente em sistemas estuarinos altamente dinâmicos. Da mesma forma, baixa biomassa fitoplanctônica não indica necessariamente a ausência de eutrofização. Outros fatores, como a rápida renovação da água do sistema, podem estar atuando como amortecedores desse processo. Em um estudo similar realizado na Carolina do Sul (EUA), White *et al.*, (2004) encontrou valores

similares de clorofila-a entre dois estuários (estuário urbanizado e estuário relativamente preservado), também indicando que outros fatores além das concentrações de nutrientes podem ser importantes como influência sobre os padrões espaciais de crescimento do fitoplâncton.

Com base nestes dados pode-se inferir que o sistema apresentou um metabolismo predominantemente heterotrófico durante o período estudado. Além disso, a grande faixa de variação dos valores dos parâmetros considerados demonstra que a qualidade da água da Baía de Guaratuba apresenta oscilações substanciais em curta escala de tempo e de espaço.

De forma geral, para a classificação CONAMA 357/05, as variáveis pH, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal total estiveram abaixo dos limites máximos da Classe 1 das águas salobras. Esses valores garantem a utilização das águas da Classe 1 para recreação de contato primário, proteção das comunidades aquáticas, aqüicultura e atividade de pesca, abastecimento humano após tratamento e irrigação. Entretanto, para tal classificação, é necessário que os demais parâmetros da qualidade de água, como metais e compostos orgânicos repostados na Resolução 357/05 sejam analisados.

5.2. VARIAÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BAÍA DE GUARATUBA

As concentrações dos nutrientes, que se elevam com o aporte antrópico proveniente de áreas subjacentes ao sistema aquático, podem ser a principal causa da eutrofização (Bricker et al. 1999). Porém, há diversos outros fatores que determinam a magnitude e os tipos de expressão dos sintomas desse processo num estuário, incluindo a variação da maré, fluxo de água doce, etc (Bricker et al., 2003). O teste-t para a verificação das diferenças entre os setores foi feito em pares: setor interno versus setor mediano, setor mediano versus setor externo e setor interno versus externo (tab. 4). A discussão tem início a partir das diferenciações encontradas no teste setor interno versus setor mediano. Em seguida, o sistema passa a ser visualizado no eixo leste-oeste, com a discussão a partir das diferenças encontradas no teste setor externo versus setor mediano.

Tabela 4. Variáveis ambientais e diferença significativa entre os setores (teste-*t*), nos períodos chuvoso e seco e para os estratos de fundo e de superfície (E: setor externo; M: setor mediano e I: setor interno).

Variáveis Ambientais	Externo X Mediano				Externo X Interno				Mediano X Interno			
	Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco		Chuvoso		Seco	
	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S
Secchi	E>M***		E>M**		ns		E>I		M<I		ns	
Temp.	ns	ns	ns	ns	E>I	E>I	ns	ns	ns	M>I	ns	ns
Salinidade	E>M***	E>M***	E>M***	E>M***	E>I	E>I	E>I	E>I	M>I	M>I	M>I	M>I
pH	E>M***	E>M***	E>M**	E>M*	E>I	E>I	E>I	E>I	M>I	M>I	M>I	M>I
%CO ₂	E<M*	E<M*	ns	E<M***	E<I	E<I	E<I	E<I	M<I	M<I	ns	M<I
%OD	ns	E>M**	ns	E>M	E>I	E>I	E>I	E>I	ns	M>I	ns	ns
NO ₃ ⁻	ns	ns	ns	ns	E<I	E<I	E<I	E<I	M<I	M<I	M<I	M>I
NO ₂ ⁻	ns	ns	ns	ns	E<I	E<I	ns	E<I	M<I	M<I	ns	ns
NH ₄ ⁺	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NID	ns	ns	ns	ns	E<I	E<I	E<I	E<I	M<I	M<I	M<I	M<I
PID	ns	ns	E>M*	E>M	ns	E>I	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N:P	ns	ns	E<M*	E<M	E<I	E<I	E<I	E<I	M<I	M<I	M<I	M<I
Si(OH) ₄	E<M***	E<M***	E<M*	E<M	E<I	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
POT	ns	ns	E<M*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	M>I
NOT	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	M>I
Seston	ns	ns	ns	ns	E>I	E>I	ns	E>I	M>I	M>I	M>I	M>I
Clorofila-a	E<M***	E<M***	E<M**	E<M	E>I	E>I	ns	E>I	M>I	M>I	M>I	M>I

Para se compreender melhor a variação da qualidade da água no sistema estuarino da Baía de Guaratuba, principalmente as oscilações espaciais nos períodos seco e chuvoso, a discussão parte da região à montante do estuário, correspondente ao setor mais interno nesse trabalho (estações 10, 11 e 12). Com a visualização do eixo oeste-leste, torna-se mais clara a distinção entre a zona de influência fluvial (setor interno) e a zona marinha na desembocadura do sistema (setor externo). O setor mediano parece ser realmente a zona de mistura entre essas duas massas d'água, apresentando características de produção primária alta. Essa região pode estar associada às chamadas "zonas de máxima turbidez". A Baía de Guaratuba apresenta estratificação salina pronunciada que favorece a formação de uma zona de máxima turbidez (Noernberg *et al.*, 2004; Marone *et al.*, 2005). Zem *et al.* (2005) verificaram a existência de uma região de maior sedimentação,

decorrente de áreas de turbidez elevada, no setor mediano da Baía de Guaratuba, além de determinar a distinção de três zonas hidrodinâmicas. Foi verificado que o setor interno corresponde a uma região de domínio fluvial, enquanto o setor mediano corresponde a uma zona de amortecimento e o setor externo está sob o domínio da desembocadura ou numa região de alta energia.

O balanço relativo entre as espécies do sistema do dióxido de carbono é controlado pelo pH, geralmente de comportamento conservativo de acordo com a salinidade, sendo possível a identificação de condições de autotrofia e heterotrofia (Whitfield & Turner, 1986; Day, 1989; Carmouze, 1994). O excesso de CO₂ em rios é resultado da interação entre as fontes continentais (solos, rochas, processos fluviais e trocas gasosas), principalmente onde ocorre a drenagem superficial dos solos (Abril *et al.*, 2000). Ainda, a nitrificação transforma grande quantidade de bicarbonato em CO₂ equivalente à quantidade de oxigênio que consome. De forma geral, os valores de saturação de CO₂ na baía são resultado da interação entre pH, salinidade, produção primária e processos de mineralização. Dessa forma, os valores de CO₂ mais elevados no setor interno devem ser decorrentes de um maior consumo de oxigênio e produção de CO₂ nessa região, considerando-se os processos aeróbicos e anaeróbicos. A essa situação soma-se a condição de menores profundidades, em comparação ao restante do sistema, que favorece o enriquecimento de matéria orgânica proveniente da drenagem continental. A atividade heterotrófica, que mineraliza uma grande fração do carbono orgânico carregado pelos rios, e a acidificação, devido a nitrificação, são os principais fatores responsáveis pela produção de CO₂. Já as oscilações sazonais devem ser resultado das variações nas taxas de fotossíntese (Abril *et al.*, 2000; Neal & Robson, 2000). A Baía de Guaratuba apresentou grandes quantidades de CO₂ durante todo o período, indicando uma possível condição de heterotrofia líquida, como também verificado para o sistema da Baía de Paranaguá (Machado, com pess). Esse padrão difere daquele documentado para a Lagoa de Saquarema, na qual foi verificado um padrão de autotrofia (subsaturação de CO₂) durante o verão e de heterotrofia (supersaturação de CO₂) somente no inverno (Carmouze, 1994).

É evidente a formação de gradientes que refletem os aportes da drenagem continental para o sistema. Ao inverso do que ocorre com a saturação por CO₂ (%),

o pH e a salinidade apresentam menor valor na região à montante. Esses gradientes são permanentemente significantes na baía.

No período chuvoso, o setor mediano apresentou valores superficiais de saturação de oxigênio dissolvido (%) mais elevados que o setor interno. Esse comportamento pode ser reflexo do aumento da produção fotossintética nas águas superficiais durante o período, mais quente e com maior incidência luminosa, de verão. As regiões mais externas dos estuários são influenciadas por ondas, ventos e turbulência, resultando em maiores taxas de oxigenação, da mesma forma que as atividades de decomposição e a ausência de intenso movimento nas águas mais internas são responsáveis por níveis menos elevados de oxigênio nessa região, como também verificado no sistema estuarino da Baixada Santista (Braga *et al.*, 2000). Entretanto, as diferenças nas concentrações de oxigênio dissolvido entre os setores, podem ser decorrentes da defasagem no ciclo de maré ao longo de cada campanha amostral realizada e/ou devido a flutuações diárias no metabolismo do oxigênio. Essa característica é comum de estuários de regiões subtropicais, nos quais a ocorrência de algas efêmeras e outros produtores primários pode levar a um desequilíbrio no metabolismo, com períodos de alta atividade fotoautotrófica associada ao acúmulo de matéria orgânica, seguidos por fases predominantemente heterotróficas (Viaroli & Christian, 2003).

De forma geral, o setor interno apresentou maiores concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido, que variou principalmente em função das oscilações de nitrato e nitrito nessa região. As regiões mediana e externa apresentaram concentrações semelhantes de NID. Dessa forma, pôde-se observar uma variação marcada entre o NID na região mais interna em comparação com o restante do sistema, provavelmente decorrente dos aportes fluviais de nitrogênio inorgânico. Os incrementos de nutrientes nitrogenados no setor interno, com exceção do amônio, parecem ser removidos rapidamente nessa curta distância até o setor mediano. Os resultados indicam que, nessa área, há a ocorrência de maior assimilação de nutrientes, o que é corroborado pelos maiores níveis de clorofila-a.

As concentrações de clorofila-a foram significativamente diferentes entre os setores da baía, para ambos estratos, predominantemente mais elevadas no setor mediano. Esse fator pode refletir o comportamento observado para os nutrientes nitrogenados, indicando uma área de maior produtividade primária na baía. Fatores

como profundidade, salinidade e disponibilidade de nutrientes podem estar ocorrendo de forma mais adequada para o desenvolvimento do fitoplâncton nessa região. Esse padrão foi verificado para os setores intermediários da Baía de Paranaguá, nos quais o fitoplâncton é favorecido pelo efeito combinado de condições suficientemente adequadas de salinidade, espessura da zona eufótica e concentração de nutrientes (Brandini & Thamm, 1994). Lopes (1997) observou que a produção primária seria limitada pela luz nas regiões internas do complexo estuarino da Baía de Paranaguá e pelo nitrogênio nas regiões mais externas, como também pode ocorrer na Baía de Guaratuba. Deve-se considerar que o ponto de coleta representado pela estação 8 foi posicionado próximo a desembocadura de um canal que recebe os esgotos do Município de Guaratuba, além de periódicas dragagens devido a presença de marinas em seu entorno. Esses fatores podem ser responsáveis, pelo menos em parte, pela água mais turva observada no setor mediano. Dessa forma, pode-se dizer que a amostragem pode ter sido influenciada por esses fatores.

Braga *et al.*, (2000) verificou que, no sistema estuarino da Baixada Santista, a temporada de férias e a sucessão dos períodos chuvoso e seco são as principais causas das variações nas concentrações de nutrientes, e que as concentrações de nutrientes, de forma geral, apresentaram um aumento a medida que se adentra o sistema. Na Baía de Guaratuba, as concentrações de nitrogênio amoniacal e de PID foram relativamente baixas em todo o sistema nos dois períodos investigados, como também observado no estuário do Rio Senegal por Troussellier *et al.*, (2004). Esses valores mostram-se baixos quando comparados com outros sistemas costeiros (Ferreira, 2000; Cloern, 2001).

O gradiente crescente da razão NID:PID, parte de valores entre 7 e 12 na região externa, passando de 11 a 19 na região mediana, até os valores entre 25 e 51 na região interna. É importante a diferenciação exibida por essa variável, uma vez que esta exprime a maior limitação por nitrogênio na região externa do estuário, como também verificado para outros sistemas estuarinos (Lopes, 1997; Machado *et al.*, 1997). Os valores elevados encontrados na região interna são resultado do maior incremento de nitrogênio, já que as concentrações de PID foram semelhantes entre os setores durante o período chuvoso. No período seco, houve um aumento de PID no setor externo, o que causou o decréscimo na razão N:P no setor externo, da

mesma forma que o aumento nos valores de NID no setor interno foi responsável pela elevada razão N:P.

À medida que se adentra no sistema a partir da desembocadura, a produção primária aumenta, como observado pelos níveis de clorofila-*a*. Após o setor mediano parece haver um freio brusco para a produtividade. A partir dessa região, e já no setor interno, as taxas de clorofila-*a* são mais baixas e os produtos do metabolismo (CO₂) estão em níveis mais elevados. A questão está em torno dos motivos dessa limitação para o desenvolvimento fitoplanctônico na região interna. A luz pode ser um dos fatores limitantes, mas, nesse caso, não há a indicação de menor disponibilidade de luz, já que os valores de Secchi foram em média menores no setor mediano. Os processos biológicos não estudados, como altas taxas de herbivoria podem estar diminuindo os índices de biomassa fitoplanctônica. Entretanto, Lopes (1997) observou que a alimentação de copépodes herbívoros tem correlação linear com clorofila-*a*, mas que o impacto desses animais sobre o fitoplâncton é relativamente pequeno ao longo do ciclo anual na Baía de Paranaguá, sendo necessário considerar outros processos como os fluxos verticais e/ou a advecção horizontal como responsáveis pelas taxas de perda de fitoplâncton. Assim, fatores como o pH e a salinidade podem estar atuando como controles da produção primária. No setor interno, os valores de pH estiveram, em média, dentro dos limites considerados para as águas salobras na Resolução CONAMA 357/05, mas em algumas ocasiões estiveram abaixo do limite mínimo.

Na Baía de Guaratuba, ocorrem valores de Secchi significativamente menores no setor mediano no período chuvoso. No período seco, a profundidade da zona eufótica foi semelhante entre os setores interno e mediano. Provavelmente, o setor mediano apresenta a coluna d'água com menor profundidade de Secchi, em razão, pelo menos em parte, do aporte lateral incrementado de material proveniente da margem norte da baía. Essa margem é circundada por ampla área de manguezais, que pode chegar a até algumas vezes a extensão de vegetação marginal encontrada na borda sul (fig. 23).

O sistema de circulação da água na baía pode ser responsável por essa configuração geomorfológica. A intrusão da maré ocorre pela margem norte, enquanto as correntes de vazante são mais acentuadas na margem sul, somadas à corrente fluvial (Noerberg *et al.*, 2004; Marone *et al.*, 2005). Esse padrão é

corroborado pela forma de distribuição dos sedimentos de fundo do sistema estuarino de Guaratuba. A taxa de sedimentação de sedimentos finos na margem norte ocorre na mesma magnitude que a de sedimentos grosseiros na margem sul (ZEM *et al.*, 2005). Dessa forma, o aporte lateral pode ser indicado como um fator de grande influência sobre a profundidade de Secchi. Ainda, é possível que esse fator também exerça influência nas demais variáveis físico-químicas no setor mediano, assim como no setor interno da Baía de Guaratuba.

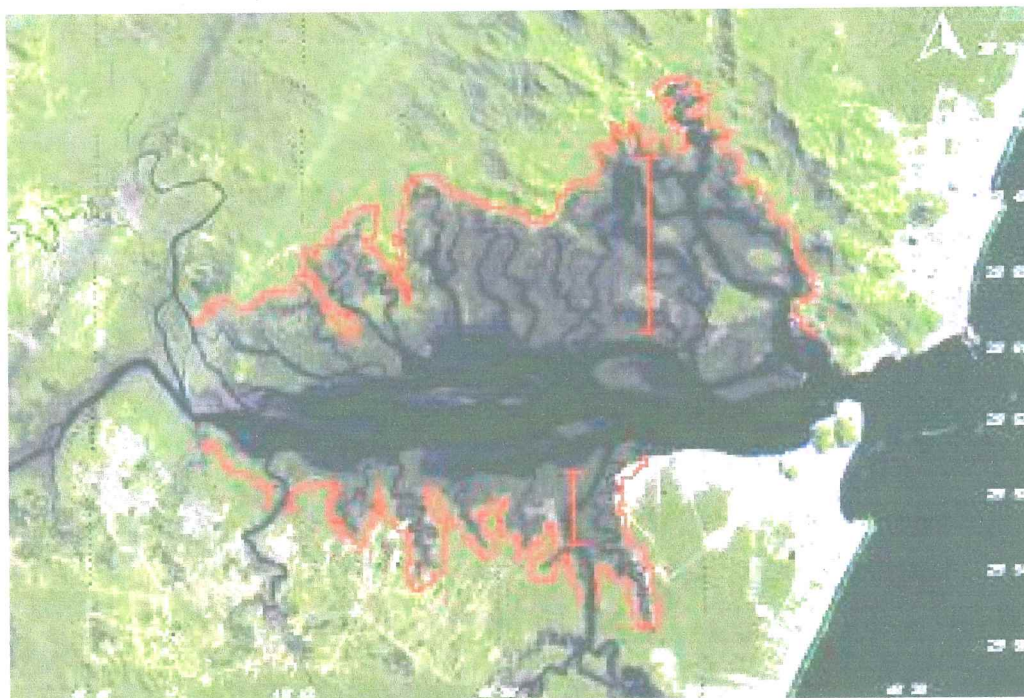


Figura 23. Imagem da Baía de Guaratuba realçando a diferença de extensão das áreas de manguezais nas duas margens da Baía de Guaratuba.

Além do aporte fluvial, as altas taxas de saturação de CO_2 e das concentrações de NID no setor interno devem também ser resultado do aporte lateral de matéria orgânica particulada e dissolvida, carreada pela maré enchente, da drenagem das extensas áreas de mangues na margem norte. Na região mediana, esses valores são menores devido ao melhor desenvolvimento fitoplanctônico, que consome CO_2 e nutrientes e libera oxigênio e matéria orgânica. Além disso, o material particulado pode estar sendo drenado das áreas marginais, e à medida que o aporte lateral alcança o setor interno, uma fração pode estar sofrendo processos de fragmentação e dissolução. Neste cenário, o enriquecimento por matéria orgânica dissolvida estaria associado ao setor interno, enquanto o

material particulado estaria em maior concentração no setor mediano. Essa situação é corroborada pelas menores concentrações de material particulado em suspensão e elevados teores de dióxido de carbono no setor interno, assim como maiores concentrações de fósforo e nitrogênio orgânicos totais e material particulado em suspensão no setor mediano. Além disso, foram verificados padrões de distribuição do bacteriobentos que corroboram tais observações (Santos, 2003).

Não foi possível, a partir dos resultados encontrados, avaliar se está em curso um processo de eutrofização cultural. O nitrogênio amoniacal, característico da poluição por esgotos, foi a única variável que não apresentou diferença significativa entre os setores da Baía de Guaratuba. Esse nutriente mostrou concentrações diferentes entre os períodos sazonais, como ocorreu para o nitrato e o nitrito. De forma geral, os teores de N-amoniacal foram menores que os valores determinados para a Baía de Paranaguá nas regiões associadas à poluição antrópica, como nos arredores do Porto e da Cidade de Paranaguá (Mizerkowski & Machado, 2005).

A Baía de Guaratuba apresentou concentrações de silicato semelhantes aos valores máximos encontrados em outros estuários (White *et al.*, 2004). A região mediana da baía apresentou os maiores teores de silicato, concomitante com uma maior biomassa fitoplanctônica. Esta discrepância pode ser explicada por dominância de microalgas não silicosas, tais como flagelados e/ou incrementos no aporte deste nutriente neste setor. A variabilidade desse nutriente pode ser considerada como função da incorporação biológica e dos processos físico-químicos de regeneração na coluna d'água e sedimentos, enquanto os aportes de água doce parecem ser mínimos como evidenciado por valores semelhantes durante o período de maior precipitação (White *et al.*, 2004).

5.2.2. Análise de Componentes Principais (PCA)

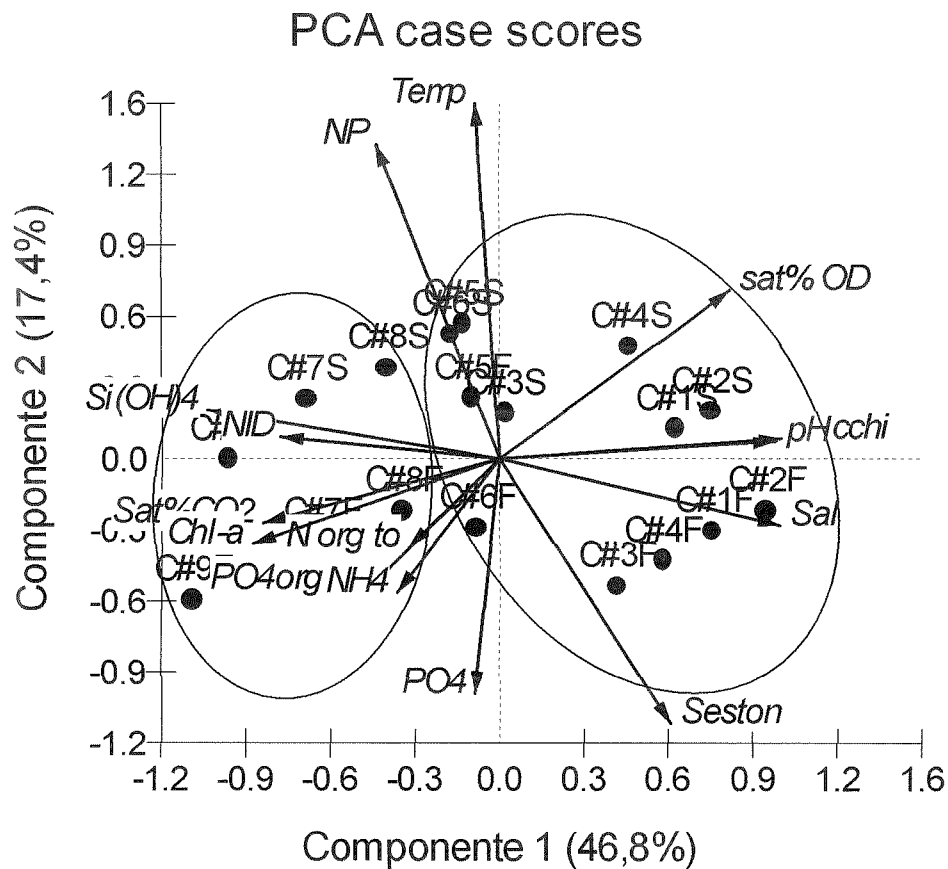
A figura a seguir (fig 24) mostra a Análise de Componentes Principais realizada a partir das médias de 16 variáveis ambientais (profundidade de Secchi, salinidade, temperatura, pH, saturação de CO₂, saturação de oxigênio dissolvido, fósforo e nitrogênio orgânicos totais, nitrato, nitrito, nitrogênio e fósforo inorgânicos dissolvidos, razão N:P, silicato, clorofila-a e material particulado em suspensão), avaliadas nas águas de superfície e fundo das estações de coleta da Baía de Guaratuba, nos períodos chuvoso e seco.

gráficos. A partir disso, efetuou-se uma análise de correlação linear para verificar a significância entre os nutrientes nitrogenados, possibilitando a retirada de duas variáveis: nitrato e nitrito (tab. 5). Mostrou-se pertinente representá-las apenas pelas concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido.

Tabela 5. Tabela contendo os resultados da análise de correlação entre as variáveis nitrogenadas inorgânicas, apresentado o valor de r^2 e de p .

	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NID
NO ₂ ⁻	-	0,6468 $p=000$	0,4744 $p=000$	0,7172 $p=000$
NO ₃ ⁻	0,6468 $p=000$	-	0,3089 $p=000$	0,9435 $p=000$
NH ₄ ⁺	0,4744 $p=000$	0,3089 $p=000$	-	0,6062 $p=000$
NID	0,7172 $p=000$	0,9435 $p=000$	0,6062 $p=000$	-

A figura a seguir (fig. 25) apresenta a PCA realizada a partir das médias das variáveis, com exceção do nitrato e nitrito, somente no período chuvoso. Há uma melhor distinção entre os grupos de estações da Baía de Guaratuba no período chuvoso, como observado no gráfico de PCA (fig. 25). Quando analisadas todas as estações conjuntamente, são observados dois agregados. O primeiro (círculo à esquerda), que corresponde ao setor interno composto pelas estações 10, 11 e 12 (estrato de fundo e de superfície), representa a fonte fluvial do material que constitui o sistema. Esse grupo está relacionado negativamente com a componente principal, constituída, principalmente pelas médias do NID (-0,358), da razão N:P (-0,349) e saturação de CO₂ (-0,309). O grupo seguinte (círculo à direita) engloba as demais estações, reunindo os setores mediano e externo. Esse grupo pode estar mais representado pelas variáveis pH (0,355), temperatura (0,329), salinidade (0,323) e seston (0,323). Dessa forma, para verificar se as estações do setor interno estavam mascarando algum agregado entre as demais estações, foi realizada novamente a análise de PCA, desta vez excluindo as estações 10, 11 e 12.



Vector scaling: 2.91

Figura 26. Análise de componentes principais (PCA) das 14 variáveis no período chuvoso (C) nos estratos de fundo (F) e superfícies (S) das 9 estações investigadas (#) nos setores mediano e externo da Baía de Guaratuba

No período seco (fig. 27), o grupo do setor interno ainda se forma (círculo à direita). Contudo a distinção entre os dois agregados não é tão clara como ocorrido no período chuvoso, com a proximidade entre o setor mediano e interno (estações 9 e 10, respectivamente).

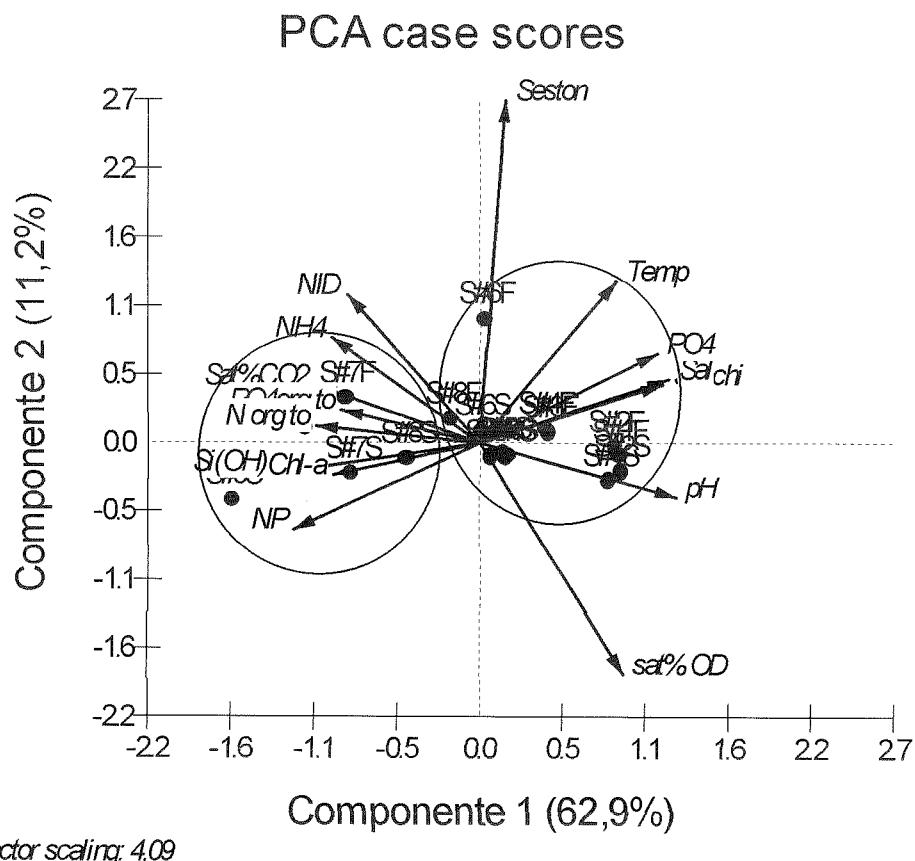


Figura 28. Análise de componentes principais (PCA) das 14 variáveis no período seco (S) nos estratos de fundo (F) e superfícies (S) das 9 estações investigadas (#) nos setores mediano e externo da Baía de Guaratuba.

Dessa forma, verificou-se uma diferenciação entre os setores da Baía de Guaratuba, apenas para o período chuvoso. É possível que durante este período, haja uma maior estratificação horizontal provocada pelo maior aporte de água doce, resultando numa condição de domínio fluvial na região interna. Os demais setores parecem estar mais relacionados com a forçante da maré. Ainda que sofram também um incremento no aporte fluvial durante a época chuvosa, é possível que o aporte marinho seja capaz de balancear esses dois fluxos. O setor mediano é diferenciado do externo talvez por estar mais exposto ao material proveniente da drenagem continental, apresentando melhores condições para o crescimento fitoplanctônico. Já no período seco, a distinção entre os setores não é tão clara. Esse padrão pode ser atribuído à dominância da forçante da maré sobre todos os setores. Por mais que o setor interno se destaque dos demais durante o período seco, a

diferenciação não é tão evidente. Além disso, os setores mediano e externo apresentam grande semelhança nesse período, já que não foi possível a visualização gráfica dessa diferença.

5.3. VARIAÇÃO TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BAÍA DE GUARATUBA

5.3.1. *Maré de Sizígia X Maré de Quadratura*

A influência da maré astronômica se dá num nível mais acentuado no setor externo do sistema estuarino, como exemplificado pela tabela abaixo (tab. 6).

Tabela 6. Variação dos descritores ambientais entre as marés de sizígia (S) e quadratura (Q), no setor externo nos períodos chuvoso e seco.

Variável Ambiental	SETOR EXTERNO			
	Período Chuvoso		Período Seco	
	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície
Secchi	ns		ns	
Temperatura	ns	ns	ns	ns
Salinidade	ns	ns	ns	ns
pH	S<Q*	S<Q*	S>Q*	S>Q*
%CO ₂	S>Q*	S>Q*	S<Q*	S<Q*
%OD	S<Q**	S<Q**	S>Q**	S>Q**
NO ₃ ⁻	ns	ns	ns	S<Q*
NO ₂ ⁻	ns	ns	S<Q*	S<Q*
NH ₄ ⁺	ns	ns	S<Q*	S<Q*
NID	ns	ns	S<Q*	S<Q**
PID	S>Q**	ns	ns	ns
N:P	ns	ns	S<Q**	S<Q**
Si(OH) ₄	ns	ns	ns	ns
POT	ns	ns	ns	ns
NOT	ns	ns	S>Q*	S>Q*
Seston	ns	S<Q*	ns	ns
Clorofila-a	ns	S>Q***	ns	ns

O pH e o oxigênio dissolvido apresentaram valores mais elevados na quadratura durante o período chuvoso, enquanto no período seco, foi observado o inverso. O mesmo ocorreu com a saturação de CO₂, que durante o período chuvoso foi superior durante marés de sizígia. Nesse período, o PID do estrato de fundo também esteve em teores mais elevados durante a sizígia, o que pode indicar que o aporte marinho seja, em maior parte, responsável pelas concentrações observadas. Além disso, durante as sizíguas, as quais apresentam maior amplitude da maré, ocorreram em maiores concentrações superficiais de clorofila-a e menores de material particulado em suspensão. No período seco, as flutuações da maré no setor

externo parecem ter exercido uma maior influência sobre a variabilidade dos descritores ambientais. Nesse período, além do comportamento inverso observado para o pH, oxigênio dissolvido e saturação de CO₂, as diferenças significativas entre as marés de sizígia e quadratura são observadas para os elementos nitrogenados. Os nutrientes nitrogenados inorgânicos foram mais elevados durante a maré de quadratura, com conseqüente aumento da razão N:P, enquanto o nitrogênio orgânico particulado foi superior na maré de sizígia.

No setor mediano (tab. 7), as flutuações da maré astronômica proporcionaram menor influência sobre as variáveis ambientais em comparação com o setor externo. No período chuvoso, o pH de fundo foi mais elevado durante a sizígia, enquanto o oxigênio dissolvido apresentou o comportamento inverso. Já na época seca, foram verificados incrementos durante as marés de quadratura da saturação de CO₂, nitrogênio inorgânico dissolvido e razão N:P.

Tabela 7. Variação dos descritores ambientais entre as marés de sizígia (S) e quadratura (Q), no setor mediano nos períodos chuvoso e seco.

Variável Ambiental	SETOR MEDIANO			
	Período Chuvoso		Período Seco	
	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície
Secchi	ns		ns	
Temperatura	ns	ns	ns	ns
Salinidade	ns	ns	ns	ns
pH	S>Q *	ns	ns	ns
%CO ₂	ns	ns	S<Q *	S<Q *
%OD	S<Q ***	S<Q *	ns	ns
NO ₃ ⁻	ns	ns	ns	ns
NO ₂ ⁻	ns	ns	ns	ns
NH ₄ ⁺	ns	ns	ns	ns
NID	ns	ns	S<Q *	S<Q *
PID	ns	ns	ns	ns
N:P	ns	ns	S<Q *	S<Q *
Si(OH) ₄	ns	ns	ns	ns
POT	ns	ns	ns	ns
NOT	ns	ns	ns	ns
Seston	ns	ns	ns	ns
Clorofila-a	ns	ns	ns	ns

No setor interno também foram observadas poucas diferenças entre as marés (tab. 8). Durante o período chuvoso, foi observado um aumento dos teores de nitrogênio amoniacal durante as sizíguas, enquanto os valores de oxigênio dissolvido

de superfície e de seston foram mais elevados nas quadraturas. No período seco, apenas o silicato foi superior durante as marés de quadratura.

Tabela 8. Variação dos descritores ambientais entre as marés de sizígia (S) e quadratura (Q), no setor interno nos períodos chuvoso e seco.

Variável Ambiental	SETOR INTERNO			
	Período Chuvoso		Período Seco	
	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície
Secchi	ns		ns	
Temperatura	ns	ns	ns	ns
Salinidade	ns	ns	ns	ns
pH	ns	ns	ns	ns
%CO ₂	ns	ns	ns	ns
%OD	ns	S<Q *	ns	ns
NO ₃ ⁻	ns	ns	ns	ns
NO ₂	ns	ns	ns	ns
NH ₄ ⁺	S>Q *	S>Q *	ns	ns
NID	ns	ns	ns	ns
PID	ns	ns	ns	ns
N:P	ns	ns	ns	ns
Si(OH) ₄	ns	ns	S<Q *	S<Q **
POT	ns	ns	ns	ns
NOT	ns	ns	ns	ns
Seston	S<Q *	S<Q ***	ns	ns
Clorofila-a	ns	ns	ns	ns

De forma geral, a estratificação salina na Baía de Guaratuba se intensifica em situações de maré de quadratura e de baixa descarga de água doce no sistema, intensificando a componente baroclínica da força do gradiente de pressão. Já nas situações de maré de sizígia e/ou elevada descarga de água doce os processos de difusão turbulenta se intensificam, resultando em uma coluna d'água menos estratificada (Noernberg *et al.*, 2004). Entretanto, não foi verificado nenhum padrão claro de distinção entre as marés de sizígia e quadratura. A falta de coerência pode estar relacionada à defasagem das coletas em relação à fase da maré. Os resultados talvez seriam mais consistentes se fossem monitoradas as variáveis físico-químicas indicadoras da qualidade da água em apenas um ponto de amostragem ao longo de ambas as fases, enchente e vazante, da maré de sizígia e da maré de quadratura. Dessa forma, não haveria a interferência causada pela oscilação diária da maré entre as estações de amostragens. Além disso, as oscilações das variáveis entre as marés podem ter sido influenciadas pela ação de forçantes meteorológicos, uma vez que foram verificados maiores índices

pluviométricos antes das coletas em marés de Sizígia (com exceção das coletas de 27/03 e 04/04 de 2002).

5.3.2. Período Seco X Período Chuvoso

O período chuvoso corresponde à estação mais quente, como descrito pelas maiores temperaturas em todos os setores (tab. 9). A intensificação do fluxo fluvial acarreta um incremento na atenuação da penetração da radiação incidente na coluna d'água nas regiões externa e mediana (como também verificado na porção norte da Baía de Marajó, Estado do Pará por Dias *et al.*, 2005). Os menores valores de salinidade nesse período, nos setores mediano e interno, indicam a menor intrusão da maré devido ao maior fluxo fluvial. Esse padrão não foi verificado para o setor externo devido, provavelmente, às trocas freqüentes com o sistema costeiro adjacente ao longo do ano.

Tabela 9. Variáveis ambientais e diferença significativa (teste-*t*) entre os períodos (C: período chuvoso, S: período seco), para os setores nos estratos de fundo e de superfície.

Variáveis	Externo		Mediano		Interno	
	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície
Secchi	C<S***		C<S***		ns	
Temperatura	C>S***	C>S***	C>S**	C>S***	C>S**	C>S***
Salinidade	ns	ns	C<S*	C<S*	C<S*	ns
pH	ns	ns	ns	ns	C<S***	C<S***
%CO ₂	ns	ns	ns	ns	C>S**	C>S***
%OD	C<S*	C<S*	ns	ns	C<S**	C<S**
NO ₃ ⁻	ns	ns	ns	ns	ns	C<S**
NO ₂ ⁻	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NH ₄ ⁺	ns	C<S*	ns	C<S**	C<S*	C<S**
NID	ns	ns	ns	ns	C<S*	C<S***
PID	C<S***	C<S***	ns	ns	ns	ns
N:P	ns	ns	ns	ns	ns	C<S**
Si(OH) ₄	ns	ns	ns	ns	ns	ns
POT	C>S***	C>S***	C>S*	C>S*	ns	ns
NOT	C>S**	C>S***	C>S*	C>S*	C>S*	C>S**
Seston	ns	C>S**	ns	ns	ns	ns
Clorofila-a	ns	ns	ns	ns	ns	ns

A saturação de oxigênio dissolvido foi inferior no período chuvoso nos setores externo e interno. Uma possível situação de dominância de processos heterotróficos, associada ao maior fluxo de água doce rica em matéria orgânica pode ser evocada como causa da diminuição dos teores de oxigênio no período chuvoso. Além disso, no setor interno observou-se maiores teores de matéria orgânica, como indicado pelos níveis mais elevados de CO_2 e conseqüentes menores valores de pH. Esses fatores podem indicar uma situação de maior degradação de matéria orgânica e conseqüentemente, maior consumo de oxigênio.

No período chuvoso, os teores mais elevados de POT e NOT nos setores externo e mediano são, provavelmente, decorrentes do incremento relacionado à drenagem mais intensa e/ou à época de maior atividade biológica. No setor interno, esse padrão não foi verificado para o POT. Não foi verificada diferença significativa nas concentrações de clorofila-*a* entre os períodos, mesmo que as médias apresentadas na tabela indiquem esta tendência. É possível que haja o aumento da biomassa fitoplanctônica durante o verão. Entretanto esse padrão não foi verificado nesse trabalho, como descrito também por White *et al.*, (2004). Esse autor sugere que uma maior frequência de amostragens pode ser necessária para detectar rápidas transformações biogeoquímicas ocorridas devido a aportes de nutrientes em situações de eventos estocásticos. Além disso, os dados de clorofila-*a* do período seco correspondem apenas à coleta de abril/02, já que não foi possível realizar essa análise para as coletas seguintes devido a problemas no equipamento utilizado. Dessa forma, a comparação entre os períodos considerando-se o indicativo de biomassa fitoplanctônica pode não ser determinante para os padrões aqui descritos.

Em períodos de chuva, os estuários tendem a receber grandes quantidades de nutrientes inorgânicos (Machado *et al.*, 1997; White *et al.*, 2004). Entretanto, os nutrientes inorgânicos que apresentaram diferença significativa entre os períodos tiveram concentrações mais elevadas no período seco. A maior disponibilidade de nitrogênio amoniacal foi verificada para as águas superficiais de todos os setores, e também para a água de fundo do setor interno. No setor externo, observou-se maiores concentrações de PID no período seco, em contraste com outros estudos reportados por diversos autores (Bordalo *et al.*, 2005; Fontes, 1997; Lopes, 1997; Rebello & Brandini, 1990; White *et al.*, 2004). Essa situação pode indicar que as concentrações de PID na Baía de Guaratuba são, provavelmente, associadas à

intrusão salina e subsequente liberação dos sedimentos ressuspensos e/ou da água intersticial advectada dos sedimentos superficiais. Da mesma forma, foi verificado um incremento de nitrato no período mais seco no setor interno, o qual pode ser atribuído a três fatores não excludentes: a) menores taxas de assimilação fitoplanctônica, corroborado por teores relativamente menores de clorofila-a, b) uma menor diluição pela drenagem fluvial e, c) um incremento no processo de nitrificação favorecido pela maior oxigenação da água com temperaturas mais baixas. Ainda, a diferença entre as razões N:P do período chuvoso e do seco foram observadas apenas na água superficial do setor interno, com os valores mais elevados no período de menor pluviosidade decorrentes do incremento de nitrogênio inorgânico dissolvido. Outros estudos mostram que o principal fator que atua na disponibilização de nutrientes para a coluna d'água da Baía de Paranaguá é o aumento do índice pluviométrico diretamente associado à passagem de sistemas frontais na região (Marone & Camargo, 1994; Abrahão, 2000). Embora os nutrientes inorgânicos tenham apresentado um padrão sazonal diferente daquele verificado para a Baía de Paranaguá, as concentrações de fósforo e nitrogênio orgânicos totais apresentaram maiores concentrações no período mais quente, como esperado na época de maior atividade biológica. Na Baía de Paranaguá, ainda não há informações sobre essas duas variáveis. É possível que na Baía de Guaratuba haja a predominância de formas orgânicas durante o período chuvoso, considerando-se biomassa morta e viva, e de compostos inorgânicos durante a estação mais seca.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, a partir das informações físico-químicas levantadas nesse trabalho, pode-se efetuar uma síntese das principais características dos três setores da Baía de Guaratuba:

- a) Setor interno: maior influência fluvial; menor profundidade, baixos valores de salinidade e pH; altas concentrações de dióxido de carbono e nitrogênio inorgânico dissolvido; baixas concentrações de clorofila-a e oxigênio dissolvido;
- b) Setor Mediano: zona de mistura; turbidez mais elevada; altas concentrações de clorofila-a, teores intermediários de NID e oxigênio dissolvido;
- c) Setor Externo: influência marinha; maior profundidade; menor concentração de dióxido de carbono e de nitrogênio inorgânico dissolvido.

Em escala temporal, a Baía de Guaratuba apresentou no período chuvoso uma estratificação horizontal mais definida devido ao fluxo fluvial mais intenso, e uma melhor distinção da zona de domínio fluvial e dos demais setores. No período seco, a estratificação horizontal não é tão pronunciada como no período anterior. Essa condição indica que a maré, como forçante dominante, estaria promovendo uma maior homogeneização no corpo d'água. Dessa forma, é possível dizer que durante o período chuvoso na Baía de Guaratuba, há uma dominância dos processos controlados pela drenagem continental. Por outro lado, durante a época mais seca as flutuações da maré podem constituir o processo hidrodinâmico que, em grande parte, regula a dinâmica da qualidade da água no sistema.

Considerando as seis variáveis descritoras da qualidade de água (clorofila-a, profundidade de Secchi, saturação de CO₂, fósforo e nitrogênio inorgânicos dissolvidos e oxigênio dissolvido), pode-se dizer que a Baía apresentou uma qualidade de água intermediária e que o seu metabolismo é predominantemente heterotrófico, ou seja, os processos de respiração superam os de produção. A dinâmica espacial da qualidade da água na baía de Guaratuba parece ser controlada mais pelos aportes de material inorgânico e/ou orgânico associados a pluviosidade e/ou por variações com as fases da maré (vazante e enchente), mais do que com as variações da maré astronômica. Além disso, o aporte lateral do

material proveniente das áreas marginais tem grande importância para a dinâmica do sistema, sobretudo quando se consideram as formas de intrusão (margem norte) e vazão (margem sul) da maré, e suas conseqüências sobre a geomorfologia do ecossistema de manguezais e as variáveis descritoras da qualidade de água.

Considerando que o sistema abriga diversos cultivos de ostras, as quais são organismos filtradores (se alimentam de fitoplâncton) recomendamos que estudos futuros efetuem estimativas das taxas de produção primária fitoplanctônica, as quais servirão, em conjunto com os resultados deste estudo, para avaliar a capacidade suporte da baía para tal atividade.

É importante ressaltar que o delineamento de um estudo sobre o processo de enriquecimento por nutrientes em ecossistemas costeiros é dificultado pela presença de fontes de origens difusas, tais como a deposição atmosférica. As fontes do material que compõe o ecossistema podem estar a uma distância muito grande do estuário, no limite superior da bacia de drenagem que compõe esse sistema. Ainda, os níveis médios de biomassa fitoplanctônica verificados com concentrações de nutrientes relativamente baixos podem sugerir que a avaliação do processo de eutrofização deve partir de um estudo mais elaborado. Para tanto, a avaliação do estado trófico do sistema pode ser considerada uma importante ferramenta para tal investigação, incluindo variáveis como o tempo de residência da água e critérios quantitativos baseados em diferentes sintomas do processo de eutrofização, como proposto por Bricker *et al.*, (1999, 2003).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, R. L. de B. E. **Variabilidade diária do zooplâncton e de descritores ambientais no setor euhalino da Baía de Paranaguá no verão e inverno de 1996**. Curitiba, 2000. 65p. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- ABREU, P. C.; HARTMANN, C.; ODEBRECHT, C. (1995). Nutrient-rich Saltwater and its Influence on the Phytoplankton of the Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Sciences**, v. 40: 219-229.
- ABRIL, G.; ETCHEBER, h.; BORGES, A. V.; FRANKIGNOULLE, M. (2000) Excess atmospheric carbon dioxide transported by river into the Scheldt estuary. **Sciences de la Terre et des planets/Earth and Planetary Sciences**, Paris, v. 300: 761-768.
- BORDALO, A. O.; OLIVEIRA, E. C.; MONTEIRO, S. M.; MAIA, B. P. S.; BARBOSA, L. P. F. Avaliação preliminar de parâmetros físico-químicos nas águas superficiais da Baía de Guajará, Belém-PA. In: II Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2005, Vitória (ES). **Resumos**. Vitória.
- BRAGA, E. S.; BONETTI, C. V. D. H.; BURONE, L.; BONETTI FILHO, J. (2000) Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wates at the Baixada Santista estuarine system – Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, Grã-Bretanha , v. 40, n. 2: 165-173.
- BRANDINI, F. P.; THAMM, C. A. C. (1994) Variações diárias e sazonais do fitoplâncton e parâmetros ambientais na Baía de Paranaguá. **Nerítica**, Curitiba, v. 8, n. 1-2: 55-72.
- BRANDINI, F.P., THAMM, C.A.; VENTURA, I. (1988) Ecological studies in the Bay of Paranaguá. III. Seasonal and spatial variation of nutrients and chlorophyll-a. **Nerítica**, Curitiba, v: 3, n.1:1-30.
- BRANDINI N. **Variação espacial e sazonal da produção primária do fitoplâncton em relação às propriedades físicas e químicas na Baía das Laranjeiras e áreas adjacentes do complexo estuarino da Baía de Paranaguá (Paraná - Brasil)**. Curitiba, 2000, 85 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas - Universidade Federal do Paraná.
- BRICKER, S.B.; CLEMENT, C.G.; PIRHALLA, D.E.; ORLANDO, S.P.; FARROW, D.R.G. (1999). National Estuarine Eutrophication Assessment: Effects of Nutrient Enrichment in the Nation's Estuaries. **NOAA, National Ocean Service, Special Projects Office and the National Centers for Coastal Ocean Science**, Silver Spring, MD, 71 p.
- BRICKER, S. B.; FERREIRA, J. G.; SIMAS, T. (2003) An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. **Ecological Modelling**, V. 169: 36-60.

- BURTON, J. D.; LISS, P.S. (1976). **Estuarine chemistry**. Academic press. 229 p.
- CARMOUZE, J-P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. 1² ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher: FAPESP, 1994.
- CARVER, C. E. A.; MALLET, A L. (1990). Estimating carrying capacity of a coastal inlet for mussel culture. **Aquaculture**, v. 88:39-53.
- CLOERN, J. E. (2001) Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. **Marine Ecology Progress Series**. V. 210: 223-253. Revisão.
- DAY JR, J. W.; HALL, C. A.; KEMP, W. M.; YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. (1989). **Estuarine Ecology**. John Wiley & Sons, 558 p.
- DYER, K. R. (1973) **Estuaries: A physical introduction**. Wiley-Interscience, New York, 140p.
- DIAS, J. C.; SÁ, F.; LIMA, W. N. Clorofila-a e nutrientes selecionados em águas estuarinas (porção norte da Baía de Marajó). In: II Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2005, Vitória (ES). **Resumos**. Vitória.
- GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. (eds) (1983). **Methods of Seawater Analysis**. 2nd, Verlag Chemie, Weinheim, 419 p.
- FERREIRA, J. G. (2000) Development of an estuarine quality index based on key physical and biogeochemical features. **Ocean & Coastal Management**. v. 43: 99-122.
- FONSECA, A. **Considerações hidroquímicas, fluxos de nutrientes e avaliação do grau do metabolismo e do balanço de massa da Lagoa da Conceição (SC)**. São Paulo, 2004. 182p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto Oceanográfico/ Universidade de São Paulo.
- FONTES, M. L. S. **Breve estudo espaço-temporal e de impacto do feriado de Carnaval e de Corpus Christi sobre variáveis ambientais nas águas da Lagoa da Conceição – Florianópolis**. Florianópolis, 2004. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico/Universidade Federal de Santa Catarina.
- IAP, 2003. **Instituto Ambiental do Paraná**. Disponível em: <www.pr.gov.br/iap> Acesso em: 15 fevereiro 2005.
- IBGE, 2000. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 15 fevereiro 2005.
- IPARDES. **Macrozoneamento da APA de Guaraqueçaba**. Curitiba, 2 v, 1990.

- JENG, H. A.; ENGLANDE, A. J.; BAKEER, R. M.; BRADFORD, H. B. (2005) Impact of urban stormwater runoff on estuarine environmental quality. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 63: 513-526.
- LOPES, R. M.. **Distribuição espacial, variação temporal e atividade alimentar do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá**. Curitiba, 1997, 140p. Tese (Doutorado em Zoologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- LIKENS, G.E. (1975). Primary production of inland aquatic systems. In: H. Lieth & R. H. Whittaker (eds). **Primary Productivity of the Biosphere**. Springer Verlag, Berlin, p.185-202.
- MAACK, R. (1981) **Geografia física do Estado do Paraná**. Olympio, Rio de Janeiro, e Secretaria de Estado da Cultura e Esportes, Curitiba. 450p.
- MACHADO, E.C.; DANIEL, C.B.; BRANDINI, N.; QUEIROZ, R.L.V. (1997). Temporal and spatial dynamics of nutrients and particulate suspended matter in Paranaguá Bay, Pr, Brazil. **Nerítica**, Curitiba, v. 11, p. 15-34.
- MACHADO, E. C.; et al. Land-ocean fluxes in the Guaratuba Bay, southern Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM; ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY IN TROPICAL COUNTRIES, 4., 2004, Búzios, R.J. **Anais...Búzios**, RJ, 2004. p. 112.
- MARONE, E.; NOERNBERG, M. A.; DOS SANTOS, I. et al. (2004) Hydrodynamic of Guaratuba Bay - PR, Brazil. **Journal of Coastal Research**, n. 39. Special Issue.
- MARONE, E.; NOERNBERG, M.; LAUTERT, L.; SANTOS, I. dos; ANDREOLI, O; BUBA, H.; FILL, H. (2005) Hidrodinâmica da la bahia de Guaratuba-PR, Brasil. In: XI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, 2005, Viña del Mar, Chile. **Resúmenes de Exposiciones Orales**. Disponível em <www.colacmar.cl> Acesso em: 20 setembro 2005.
- MARONE, E.; CAMARGO, R.de. (1994) Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná: o evento de 18 de agosto de 1993. **Nerítica**, v. 8 (1-2):73-86.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**. Resoluções CONAMA. Disponível em <www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 01 outubro 05.
- MIZERKOWSKI, B. D.; MACHADO, E. da C. (2005) Análise comparativa da qualidade de água em dois gradientes com diferentes níveis de impactos antrópicos no complexo estuarino da baía de Paranaguá, sudeste do Brasil. In: XI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, 2005, Viña del Mar, Chile. **Resúmenes de Exposiciones Orales**. Disponível em <www.colacmar.cl> Acesso em: 20 setembro 2005.

- MOSER, G. A. **Aspectos da eutrofização no Sistema Estuarino de Santos: distribuição espaço-temporal da biomassa e produtividade primária fitoplanctônica e transporte instantâneo de sal, clorofila-a, material em suspensão e nutrientes.** São Paulo, 2002, 410p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- NEAL, C.; ROBSON, A. J. (2000) A summary of river water quality data collected within the Land-Ocean Interaction Study: core data for eastern UK rivers draining to the North Sea. **The Science of the Total Environment**, v. 251-252: 585-665.
- NIXON, S. W. (1982) Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. **Coastal Lagoons**, Oceanologica Acta, v. 5. n. 4: 357-372.
- NOERNBERG, M. A.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. de C., BRANDINI, N., ANGELOTTI, R. (2004) Caracterização da estratificação salina na Baía de Guaratuba-PR. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2004, Itajaí, Santa Catarina. **Livro de resumos.** Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí. 224.
- OGILVIE, B.; NEDWELL, D. B.; HARRISON, R. M.; ROBINSON, A.; SAGE, A. (1997). High nitrate, muddy estuaries as nitrogen sinks: the nitrogen budget of the River Colne estuary (United Kingdom). **Marine Ecology Progress Series**, v. 150:217-228.
- PELLENS, I. C. **Dinâmica de nutrientes inorgânicos no estuário do Rio Itajaí-Açu/SC.** Itajaí, 1997. 90 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Faculdade de Ciências do Mar – Universidade do Vale do Itajaí.
- PENNEY, R. W.; MACKENZIE, C. H.; MILLS, T. J. (2001). Assessment of the particulate food supply available for mussel (*Mytilus* spp.) farming in a semi-enclosed northern Inlet. **Estuarine, Coastal and Shelf Sciences**, v. 53: 107-121.
- PRITCHARD, D. W. (1954) A study of salt balance in a coastal plain estuary. **Journal of Marine Research**, v. 13: 133.
- PRITCHARD, D. (1967). Observations of circulation in coastal plains estuaries, **Estuaries**, American association for the Advancement of Science, Washington, D.C., n. 83: 37-44.
- REBELLO, J.; BRANDINI, F. P. (1990) Variação temporal de parâmetros hidrográficos e material particulado em suspensão em dois pontos fixos da Baía de Paranaguá. Paraná (Junho/87-Fevereiro/88). **Nerítica**, v. 5, n. 1: 95-112.
- SANTOS, P. R. N. de M. **Variação espaço-temporal do bacterioplâncton e espacial do bacteriobentos da baía de Guaratuba, Paraná, Brasil.** Curitiba, 2003. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná.

- RAST, W.; LEE, F. (1978). **Summary analysis of the North American OCED Eutrophication Project: Nutrients, loading-lake response relationships and trophic site indices.** Report EPA-600/3-78-008, U.S. Environmental Protection Agency, Duluth, MN.
- SEWEL, G. H. (1978) **Adminitração e controle da qualidade ambiental.** Trad.: Gildo Magalhães dos Santos Filho. São Paulo: EPU: EDUSP.
- SMITH, S.M.; HITCHCOCK, G.L. (1994). Nutrient enrichments and phytoplankton growth in the surface waters of the Louisiana Bight. **Estuaries**, v. 17, n. 4: 740-753.
- SOARES, R. C.; ANGULO, R. J.; LESSA, G. C. (1997) Roteiro da Excursão ao Litoral do Estado do Paraná: Morfodinâmica de Ambientes Atuais, Evolução da Planície durante o Quaternário e Problemas de Erosão Costeira. Curitiba: **VI Congresso da Associação Brasileira do Quaternário e Reunião sobre o Quaternário da América do Sul.**, pp. 127, (Publicação especial n. 02).
- STRICKLAND, J. L. H. ; PARSONS, T. R. (1968). **A Practical Handbook of Seawater Analysis.** Bull. Fish Res. Board Can., 167, 341 p.
- TROUSSELLIER, M.; GOT, P.; BOUVY, M.; M'BOUP, M.; ARFI, R.; LEBIHAN, F.; MONFORT, P.; CORBIN, D.; BERNARD, C. (2004). Water quality and health of the Senegal River estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48: 852-862.
- VIAROLI, P.; CHRISTIAN, R.R. (2003) Description of trophic status, hyperautotrophy and dystrophy of a coastal lagoon through a potential oxygen production and consumption index – TOSI: Trophic Oxygen Status Index. **Ecological Indicators**, v. 3: 237-250.
- WHITE, D. L.; PORTER, D. E.; LEWITUS, A. J. (2004) Spatial and temporal analyses of water quality and phytoplankton biomass in a urbanized versus a relative pristine salt marsh estuary. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.298: 255-273.
- WHITFIELD, M.; TURNER, D. R. (1986) The carbon dioxide system in estuaries – An inorganic perspective. **The Science of the Total Environment**, v. 49: 235-255.
- ZEM, R. C.; PATCHINEELAM, S. M.; MARONE, E. (2005) Morfologia e dinâmica de sedimentos da Baía de Guaratuba-PR. Resumo expandido. **X Congresso da ABEQUA (Associação Brasileira de Estudos do Quaternário)**. Guarapari, ES. Disponível em: <www.abequa2005.geologia.ufrj.br>. Acesso em 18 outubro 2005.