

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDEZIANA CRISTINA ÁVILA

CENTRO DE ESTUDOS DO MAR
BIBLIOTECA

**VARIAÇÃO TEMPORAL DA BIODIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DO
FITOPLÂNCTON EM PONTAL DO SUL – PR**

PONTAL DO PARANÁ – PR

2011

M2011.09

EDEZIANA CRISTINA ÁVILA

**VARIAÇÃO TEMPORAL DA BIODIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DO
FITOPLÂNCTON EM PONTAL DO SUL – PR**

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

Orientador: Prof. Dr. Luiz Laureno Mafra Júnior

M 589.4
A958v
2011
ex. 01

PONTAL DO PARANÁ – PR

2011

PV000593292

TERMO DE APROVAÇÃO

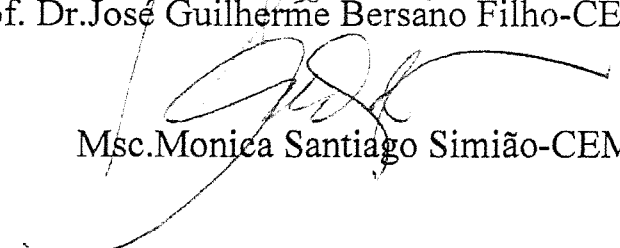
Edeziana Cristina Ávila

“Variação temporal da composição e abundância do fitoplâncton em Pontal do Sul /Pr, com ênfase em espécies potencialmente nocivas”

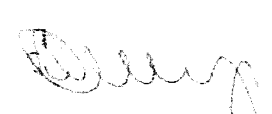
Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Prof. Dr. José Guilherme Bersano Filho-CEM/UFPR



Msc. Monica Santiago Simião-CEM



Prof. Dr. Luiz Laurenô Mafra Júnior-CEM/UFPR
Presidente

Pontal do Paraná, 01 de dezembro de 2011.

"Quando todos disseram que era impossível voar, você estava lá para me dar impulso!"

Obrigada, mãe!

"Que Deus nos dê coragem para aceitar as coisas que não podemos mudar; coragem para mudar o que pudermos e sabedoria para distinguir uma coisa da outra."

(Anônimo)

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço a Deus por tudo, principalmente a família a qual Ele me enviou.

À minha mãe, que sempre apostou nas minhas escolhas, quando todos duvidaram; confiou nos meus sonhos, mesmo sendo os mais excêntricos; e me ensinou que tudo é possível quando se tem coragem, humildade e obstinação. Agradeço também por ter me ensinado a aprender, sempre, por mais adversa que seja a situação.

À minha avó Laura, que também sempre apoiou minhas decisões, mesmo lhe enchendo de preocupações a cada nova aventura. Além de sempre estar patrocinando minhas idas e vindas.

Não há como agradecer vocês, então lhes dedico este trabalho.

À minha família, que sempre acreditou em mim, nunca me desamparou, me acompanharam em todos os momentos. Especialmente à Jeni, sem nossas conversas nada teria o mesmo sentindo; aos tios, especialmente, Tio José e a Tia Jaci, vocês não sabem como foram importantes nesses anos.

À todos os meus amigos de Pontal, principalmente as meninas da sala, Van, Elaine, Josinha, Lia, Carol, Manu Z., Lari, Tai, Mayu, Ana e Fabi, sem dúvida esses cinco anos com vocês fizeram valer a pena. A todos da turma, GRR2007, a pior turma do CEM, que deixará saudades.

Agradeço à todos que moraram comigo nestes cinco anos, Josi e Raíssa que dividiram as pendengas da "Casinha", as meninas que dividiram a "Mansão", Elaine e Tayane e aos meninos do "Castelo de Caras", Giba, Cássiow e Lucas, obrigado pelos momentos de descontração. E à Thais, companheira de todos esses anos, obrigada por todas as conversas, a parceria, a divisão dos sonhos, as viagens, as aventuras, hoje eu não saberia como viver sem nossas risadas e trapalhadas.

À Renata, um agradecimento especial, por ter sido um anjo da guarda ao longo desses anos, perdendo meus esquecimentos, me ajudando sempre nas coletas, ou em qualquer ocasião. E às meninas da primeira formação do LabTrance, Fer e Manu S.

Às minhas queridas amigas de ensino médio, Maria Helena, Vanessa, Giuliane, Maria Emília, Karla e Luana, obrigada a todos os momentos passados, principalmente à Ani, minha "consciência" e amiga desde infância, são muitos anos!

Às meninas do Lab, Camila, Vivi, Daia e Tay, com a companhia de vocês foram fáceis as horas passadas no microscópio.

À todos os amigos que conquistei nesses 5 anos!

Aos técnicos Paulo e Fernando, que ajudaram nas coletas, e suportaram sem (muitas) reclamações os dias de água fria e a técnica Vanessa, pela ajuda e companhia no laboratório.

Ao Prof. Luiz Mafra, meu querido orientador, que aceitou esta (des)orientada. Agradeço pela confiança, pelas conversas e, principalmente, pela paciência em me ensinar a contagem e identificação, pelas valiosas dicas profissionais, pelas coletas (com ou sem emoção) e pela amizade.

À Universidade Federal do Paraná, pela qualidade da educação; a todos os professores que fizeram parte deste processo de crescimento; aos funcionários do CEM.

À Fundação Araucária, pela concessão da bolsa.

RESUMO

O presente trabalho buscou caracterizar a variação sazonal na estrutura da comunidade de microalgas da zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul, PR, especialmente a ocorrência e abundância de espécies potencialmente nocivas, por meio de coletas aproximadamente quinzenais ao longo de 16 meses, entre março de 2010 e junho de 2011. Setenta e nove táxons foram identificados, tendo sido as diatomáceas *Coscinodiscus* spp., *Cyclotella* spp. e *Asterionellopsis glacialis* as mais freqüentes (96% de ocorrência nas amostras), e *Thalassionema nitzschioides*, *A. glacialis*, *Chaetoceros* spp. e *Coscinodiscus* spp. as mais abundantes, totalizando juntas até 68% da abundância total em uma única coleta. Dentre as espécies de microalgas potencialmente nocivas, destacou-se a ocorrência da diatomácea *Pseudo-nitzschia* spp. (máx. $0,25 \times 10^6$ cél. L^{-1}) e dos dinoflagelados *Dinophysis acuminata*, *Alexandrium* spp. e *Gymnodinium* cf. *catenatum*, todos com capacidade de produzir potentes toxinas. O período de maior abundância total no microfitoplâncton (microalgas planctônicas $>20 \mu m$) ocorreu entre março e junho/2010 com variação entre $0,56$ e $1,23 \times 10^6$ cél. L^{-1} . Ainda que o período de máxima densidade celular tenha coincidido com o pico máximo de biovolume (maio/2010), quando as principais espécies totalizaram $299 mm^3.L^{-1}$, houve períodos como o inverno de 2010 em que a baixa abundância celular não refletiu o elevado biovolume associado ao domínio de espécies de microalgas com células de grande porte. A zona de arrebentação da Praia de Pontal do Sul se mostrou favorável ao crescimento destas grandes espécies de microalgas, que contribuíram com um grande aporte de biomassa, principalmente durante os meses de outono e inverno de 2010 (máx. $266 \mu g C L^{-1}$ em junho/2010). Assim como a abundância, a composição da comunidade fitoplanctônica na zona de arrebentação também variou ao longo do ano, mas não foi registrada uma relação clara com a temperatura da água, salinidade ou altura de maré. Apesar de terem sido identificadas duas estações pluviométricas bem demarcadas – seca, nos meses de inverno, e chuvosa, no fim do verão e início de outono – tais variações quali-quantitativas na comunidade fitoplanctônica estiveram provavelmente mais intimamente associadas a mudanças na dinâmica de correntes marinhas e na turbulência gerada pelos ventos ao longo das estações. Embora tenha havido uma dominância de diatomáceas não-nocivas, a presença de microalgas potencialmente tóxicas na zona de arrebentação de Pontal do Sul representa um risco potencial para a sobrevivência e o acúmulo de toxinas na biota local, especialmente em organismos de meio-fauna, caso grandes abundâncias celulares destas espécies sejam registradas. Monitoramentos contínuos do fitoplâncton são, portanto, fortemente recomendados, tanto nos estuários paranaenses como nas praias adjacentes.

Palavras-chave: fitoplâncton; zona de arrebentação; biovolume; microalgas nocivas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do ponto de coleta na praia de Pontal do Sul, Pontal do Paraná, PR.	16
Figura 2 - Formas geométricas, dimensões medidas e fórmulas utilizadas para obtenção dos biovolumes	21
Figura 3 - Espécies escolhidas para análise de biovolume	26
Figura 4 - Precipitação acumulada mensal (mm) em Pontal do Sul, Pr, entre março e outubro de 2010	30
Figura 5 - Velocidade média do vento a cada 6h em Pontal do Sul, PR, nos três dias que antecederam a coleta (em azul) e no dia da coleta (cinza), entre março e outubro de 2010.....	31
Figura 6 - Abundância absoluta (cél.L ⁻¹) dos principais grupos morfo-taxonômicos de microalgas ao longo do ano e abundância relativa	36
Figura 7 - Abundância absoluta (células L ⁻¹) e relativa (% da abundância total) dos principais táxons de microalgas na Praia de Pontal do Sul entre 2010 e 2011	39
Figura 8 - Abundância absoluta (cel.L ⁻¹) e relativa (em % de representatividade da abundância total) das principais espécies de dinoflagelados potencialmente nocivos em Pontal do Sul/PR, entre março/2010 e junho/2011	41
Figura 9 - Abundância absoluta (cel.L ⁻¹) e relativa (em % de representatividade da abundância total) das principais espécies de diatomáceas potencialmente nocivas em Pontal do Sul, entre março/2010 e junho/2011.	43
Figura 10 - Variação da salinidade e temperatura da água, e abundância absoluta (cél.L ⁻¹) dos principais grupos (dinoflagelados, diatomáceas cêntricas e penadas) de microalgas na Praia de Pontal do Sul, PR, entre 2010 e 2011.	47
Figura 11 - Razões entre as abundâncias absolutas de dinoflagelado/diatomáceas (colunas claras) em relação aos fatores abióticos (salinidade e temperatura da água) observados em Pontal do Sul, PR, entre 2010 e 2011.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela com as espécies de microalgas e suas respectivas fórmulas para obtenção do biovolume	23
Tabela 2 - Equações para obtenção da biomassa de carbono (pg C cél. ⁻¹), a partir do biovolume médio da microalga (µm ³ cél. ⁻¹)	24
Tabela 3 - Dados ambientais (salinidade, temperatura e maré) medidos durante o período de estudo na Praia de Pontal do Sul, PR.....	29
Tabela 4 - Índice de diversidade segundo Shannon-Weaver (1949) e riqueza de espécies (número de táxons) por coleta	34
Tabela 5 - Frequência de ocorrência (%) das microalgas na zona de arrebentação da Praia de Pontal do Sul, PR, com base em sua presença ou ausência	37
Tabela 6 - Principais espécies caracterizadas pela frequência e abundância celular (abundância relativa ao número total de células).	39
Tabela 7 - Valores calculados de biovolume e biomassa fitoplanctônica entre março/2010 e junho/2011 na Praia de Pontal do Sul, PR.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Produtores Primários em Praias Arenosas	10
1.2. Medidas de Biomassa	11
1.3. Florações e Microalgas Nocivas	12
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
3. ÁREA DE ESTUDO	16
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4.1. Variáveis Físicas e Dados Meteorológicos	18
4.2. Coleta e Processamento das Amostras	18
4.3. Estimativas de Abundância	19
4.3.1. <i>Densidade celular</i>	19
4.3.2. <i>Biovolume e biomassa de carbono</i>	19
4.4. Índice de Diversidade Específica.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. Variáveis Físicas e Dados Meteorológicos	28
5.2. Composição e abundância das microalgas	33
5.3. Microalgas Potencialmente Nocivas	39
5.4. Biovolume e Biomassa de Carbono	44
5.5. Relação entre os dados abióticos e a composição e abundância das microalgas	47
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
7. REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

1.1. Produtores Primários em Praias Arenosas

Os ambientes costeiros são regiões influenciadas por sua localização entre o mar aberto e a massa terrestre, seja continental ou insular. Recebem influência a partir das correntes marinhas e de ressurgência, da ação dos ventos e dos aportes continentais de água e de nutrientes, sendo consideradas regiões de alta diversidade biológica, onde a variedade de vida supera inclusive a das florestas úmidas tropicais (ODUM, 1988).

No Brasil, as praias arenosas distribuem-se ao longo de quase toda a costa, a qual se estende por uma faixa de 9.200 km (HOEFEL, 1998). Nestas praias, formam-se as zonas de arrebentação, um sistema único com propriedades ecológicas características, podendo ser considerado como um ecossistema semifechado. Esse ambiente é formado pela faixa da praia compreendida entre a porção externa das células de circulação (zona de arrebentação externa) e o limite superior da zona de varrido das ondas (MCLACHLAN, 1980; LEWIN & SCHAEFER, 1983).

Apesar da ampla distribuição das praias arenosas na costa brasileira, o conhecimento sobre os processos ecológicos dominantes nas zonas de arrebentação destes ambientes, tais como a produção primária, ainda é rudimentar (ALVES, 2004). Nestes locais de elevada dinâmica, formas macrófitas de vida são pouco abundantes. A base das cadeias tróficas é principalmente constituída pelas microalgas unicelulares, que podem viver em suspensão (fitoplâncton) ou aderidas ao substrato consolidado ou arenoso (microfitobentos) (MACEDO, 2007).

Ao passo que as microalgas bênticas tendem a ser mais abundantes em praias abrigadas (BROWN & MCLACHLAN, 1990), o fitoplâncton, principalmente aquele oriundo da importação de ecossistemas adjacentes, pode assumir uma maior importância (BROWN, 1964) e atingir elevadas biomassas em praias arenosas mais expostas, contrariando a ideia freqüentemente aceita de que estas regiões são dominadas por populações de organismos heterotróficos (TEDESCO, 2006). Em ambos os casos, tanto o fitoplâncton quanto o microfitobentos são, freqüentemente, dominados por diatomáceas (Bacillariophyceae). As diatomáceas bênticas são, na maioria, formas penadas (células alongadas com simetria bilateral), enquanto que na zona de surf as espécies mais freqüentes são cêntricas (células ou cadeias de células com simetria radial).

A comunidade fitoplanctônica da plataforma continental do Estado do Paraná pode ser classificada em duas categorias: as associações costeiras, sujeitas ao aporte de nutrientes pela drenagem continental e ressuspensão do sedimento, e a comunidade da plataforma afastada da costa, mais afetada pela sazonalidade do regime hidrográfico. No verão, quando águas quentes oligotróficas predominam na superfície, o fitoplâncton nestes

ambientes é numericamente dominado por nanoflagelados, dinoflagelados, cocolitoforídeos e cianobactérias filamentosas. No inverno, as diatomáceas do microplâncton são em geral mais abundantes devido ao domínio de águas frias ricas em nutrientes (BRANDINI & FERNANDES, 1996). Apesar disso, segundo Brandini & Fernandes (1996), poucos trabalhos contribuíram decisivamente para o estudo da dinâmica espaço-temporal do fitoplâncton em áreas costeiras e de plataforma no litoral paranaense. Além disto, a maioria dos trabalhos pretéritos sobre o microfitobentos tem caráter puramente taxonômico e, basicamente, referem-se a diatomáceas bênticas vivendo sobre macroalgas ou fundos lodosos e consolidados; poucos se referem à plataforma continental e menos ainda à zona de arrebentação das praias arenosas paranaenses.

Dentre todos os estudos pretéritos realizados na região, o trabalho de Rezende & Brandini (1997) merece destaque especial por ter sido realizado no mesmo local da presente investigação, a zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul, em Pontal do Paraná, PR. Na ocasião, foram observados 37 gêneros (65 espécies) de diatomáceas, 12 gêneros (20 espécies) de dinoflagelados, três gêneros de cianofíceas e um silicoflagelado. As espécies com maiores abundâncias foram *Asterionellopsis glacialis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Nitzschia* spp. (seção *Pseudonitzschia*) e *Skeletonema costatum*. Destaca-se o fato de que as diatomáceas encontradas não eram exclusivas da zona de arrebentação, pois ocorrem também nos ambientes adjacentes, o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e/ou na plataforma continental.

1.2. Medidas de Biomassa

Conceitualmente, nos ecossistemas de transição, medidas de morfometria das microalgas parecem ter uma maior vantagem como descritores ecológicos comparadas a classificações taxonômicas. Além disso, expressar a abundância total de microalgas em um determinado ambiente em termos de indivíduos por litro pode ser, em algumas situações, bastante questionável. As dimensões das células podem variar em até três ordens de magnitude, quando comparadas microalgas de grupos bastante distintos como grandes diatomáceas e nanoflagelados autotróficos, por exemplo. Considerar tais diferenças passa a ser especialmente importante em ambientes aquáticos com elevada turbulência e profundidade reduzida, como as zonas de arrebentação, já que o crescimento populacional de microalgas com grandes dimensões é favorecido sob tais condições (MARGALEF *et al.*, 1979; CULLEN *et al.*, 2002).

O biovolume é um dos mais estudados descritores morfométricos do fitoplâncton. Pode ser estimado por comparação das células de microalgas a formas geométricas semelhantes às mesmas, determinando-se assim o volume por meio da medida das suas

dimensões lineares. Contudo, a falta de padronização dos grupos fitoplanctônicos em relação às formas geométricas e às equações utilizadas para o cálculo do biovolume frequentemente produz dados que não são comparáveis (VADRUCCI *et al.*, 2007). Ademais, a microscopia óptica – o método mais comumente usado para se determinar biovolume algal – pode levar a resultados tendenciosos. “Halos” de luz ao redor da célula podem mascarar as dimensões reais, especialmente em casos de células pequenas. Contudo, esses erros são frequentemente menores do que 1µm e geralmente pouco significativos (MONTAGNES *et al.*, 1994).

O biovolume pode ser utilizado como uma medida direta da abundância de microalgas ou, alternativamente, ser convertido em medidas de biomassa tais como peso úmido ou unidades de carbono, o que se torna bastante relevante em estudos de fluxo de matéria orgânica em comunidades aquáticas (MONTAGNES *et al.*, 1994). A biomassa de carbono de organismos planctônicos é um parâmetro fundamental em modelos de balanço de carbono nos ecossistemas, constituindo uma unidade padronizada de biomassa entre grupos taxonômicos e ecológicos distintos, já que o carbono é o principal componente estrutural dos organismos, tanto heterotróficos como foto-autotróficos (MENDEN-DEUER & LESSARD, 2000). A variabilidade espacial e temporal de carbono no total e a exportação pela produção primária podem ser quantificadas e preditas apenas se o conteúdo de carbono da maioria dos organismos planctônicos for conhecido.

Biovolume e biomassa são importantes parâmetros em estudos de fisiologia do fitoplâncton, dinâmica de população, ciclos de vida (PAPATOVA & SNOEIJIS, 1997), fluxo de energia de ecossistemas (MENDER-DEUER & LESSARD, 2000) e até mesmo na distribuição da abundância da comunidade fitoplanctônica por classe de tamanho (VADRUCCI *et al.*, 2007), o que ultimamente tem íntima relação com a estrutura trófica local, regulando a composição dos consumidores e a eficiência com que a produção primária é transferida para os níveis superiores da cadeia trófica.

1.3. Florações e Microalgas Nocivas

Microalgas podem atingir grandes abundâncias celulares na água durante eventos conhecidos como “blooms” ou florações. Uma floração é um fenômeno natural, comumente caracterizado pelo elevado crescimento de determinadas microalgas em um curto espaço de tempo, motivado por um conjunto de condições ambientais e bióticas favoráveis (MAFRA, 2005). Apesar do importante papel ecológico atribuído às microalgas, florações de algumas espécies, conhecidas como algas nocivas, podem se tornar deletérias aos organismos marinhos e seus consumidores. Danos causados por florações de algas nocivas (FANs) vão desde simples alterações estéticas como a descoloração da água e

formação de espumas, até a depleção de oxigênio pela degradação da matéria orgânica em excesso no final do evento, morte de organismos por danos mecânicos às brânquias, ou produção de potentes toxinas, as ficotoxinas (HALLEGRAEFF, 2003).

Os efeitos nocivos são mais facilmente percebidos quando as microalgas formam florações intensas, que culminam em mortalidades da biota ou mesmo em intoxicações humanas, especialmente quando espécies que produzem compostos neurotóxicos estão envolvidas. Ficotoxinas (i.e. toxinas de algas) são transmitidas ao homem através do consumo de organismos-vetores contaminados, principalmente de moluscos bivalves filtradores e peixes suspensívoros. Assim, elevadas densidades celulares destas microalgas podem levar a uma bioacumulação de toxinas em organismos de níveis superiores da cadeia trófica. Esse processo natural de crescimento excessivo de microalgas no ambiente também pode ter conseqüências econômicas, uma vez que pode afetar atividades desenvolvidas pelo homem, como a pesca, a aquicultura e o lazer (LOURENÇO, 2006). Conforme Hallegraeff (2003), muitas florações de algas parecem ser estimuladas pela eutrofização doméstica, industrial ou resíduos agrícolas.

Nas últimas décadas, as florações de algas nocivas vêm aumentando tanto em frequência quanto em área geográfica de abrangência, exercendo efeitos prejudiciais sobre os ecossistemas aquáticos, os organismos que nele habitam ou ainda ao homem (HALLEGRAEFF, 2003). Quatro explicações para este aumento aparente têm sido propostas: aumento no conhecimento científico sobre espécies tóxicas; aumento da utilização de águas costeiras para a aquicultura; favorecimento de florações devido à eutrofização e/ou condições climatológicas incomuns; e transporte de microalgas em estágio vegetativo ou de repouso, como cistos de dinoflagelados, em água de lastro de navios ou associados com transporte de estoques de bivalves para outras áreas (HALLEGRAEFF, 2003).

A introdução da aquicultura nas comunidades de pescadores artesanais representa um potencial para a promoção do desenvolvimento econômico (CHAVES *et al.*, 2002). Assim, há uma interação entre os costumes locais dos pescadores artesanais e as atividades econômicas. Áreas do litoral paranaense, como o Complexo Estuarino de Paranaguá e a Baía de Guaratuba, podem e vêm sendo utilizadas para o cultivo de espécies aquáticas de forma a compatibilizar a renda dos pescadores com o equilíbrio ambiental (BALDAN & BENDHACK, 2009). Entretanto, a exemplo do que tem ocorrido em várias porções do litoral brasileiro (PROENÇA & MAFRA, 2005), diversas espécies potencialmente tóxicas de microalgas marinhas já foram detectadas na costa paranaense (MAFRA *et al.*, 2006), por vezes ocorrendo em elevadas concentrações.

A avaliação da ocorrência de florações de algas nocivas – tóxicas ou não – depende de um monitoramento contínuo, uma vez que a frequência esporádica, por vezes

imprevisível, de tais eventos não permite o planejamento de campanhas amostrais. Dessa forma, torna-se necessário a observação ininterrupta das condições ambientais e das comunidades fitoplanctônicas, o que normalmente ocorre somente quando situações de florações já apresentam maior frequência e representam um problema sócio-ambiental mais severo (MIZERKOWSKI, 2007). Estudos dedicados à identificação e quantificação da comunidade microfitoplanctônica no litoral paranaense são escassos (e.g. VALENTE-MOREIRA & MOREIRA FILHO, 1981; 1982; BRANDINI & FERNANDES 1996; FERNANDES & BRANDINI 2004; PROCOPIAK *et al.*, 2006). A maioria dos trabalhos trata apenas de diatomáceas e se baseia em amostragens com frequência mensal a sazonal. Além disto, o enfoque em microalgas potencialmente nocivas é recente (e.g. MAFRA *et al.*, 2005) e ainda pouco explorado.

O presente estudo busca caracterizar a variação sazonal na estrutura da comunidade de microalgas da zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul, (Pontal do Paraná, PR), com base em amostragens quinzenais realizadas ao longo de 16 meses, entre março de 2010 e junho de 2011. Serve, ainda, como uma caracterização inicial da ocorrência e abundância de microalgas potencialmente nocivas em um ambiente do litoral paranaense onde esta informação ainda é escassa, contribuindo para a futura implantação de um programa de monitoramento contínuo, conforme recomendado por Mafra *et al.* (2006) e Mizerkowski (2007). Medidas de abundância baseadas nas densidades celulares (células por litro) são aqui apresentadas e confrontadas com estimativas de biovolume e biomassa para as principais espécies.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Caracterizar a composição e abundância das principais espécies de fitoplâncton, com ênfase nas espécies potencialmente nocivas, na zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul (Pontal do Paraná, PR), e investigar a influência de fatores abióticos sobre estas.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar ao menor nível taxonômico possível as microalgas ocorrentes na zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul, caracterizando-as quanto ao seu potencial em causar efeitos nocivos;
- Determinar a variação sazonal na abundância total e das principais espécies de microalgas (i.e. espécies mais freqüentes, mais abundantes e potencialmente nocivas), bem como sua relação com fatores abióticos;
- Avaliar entre duas diferentes formas, densidade celular ou biovolume, de se expressar a abundância das principais espécies de microalgas neste local.

3. ÁREA DE ESTUDO

O Paraná possui aproximadamente 107 km lineares de litoral, com limite ao norte no canal do Varadouro ($25^{\circ} 12' S$) e ao sul na foz do rio Saí-Guaçu ($25^{\circ} 58' S$). A costa paranaense esta incluída na região marítima sudeste do Brasil (de Cabo Frio, RJ, até o Cabo de Santa Marta, SC), caracterizada principalmente por substratos de areias, lamas e argilas (MATSUURA, 1986).

O local de coleta ($25^{\circ}34'21''S$; $48^{\circ}20'51''W$) está localizado na praia de Pontal do Sul, Pontal do Paraná, PR (Fig. 1), na margem sul do Canal da Galheta. Esta área situa-se na desembocadura da Baía de Paranaguá, próxima à Ilha do Mel, sendo então abrigada da ação mais intensa de ondas devido à zona de sombra formada pela ilha e recebendo influência das águas do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). Segundo estudos pretéritos (SOARES *et al.*, 1997), a praia de Pontal do Sul é classificada como do tipo refletiva, conforme esquema de classificação proposto por Short & Wright (1982). Segundo Nemes (2011), a zona de surfe da Praia de Pontal do Sul, se estende entre as isóbatas de 0 a 5 m.



Figura 1 - Localização do ponto de coleta na praia de Pontal do Sul, Pontal do Paraná, PR. Fonte: Grupo de Física Marinha- CEM/UFPR.

As marés da região são semidiurnas desiguais, em regime de micromarés, com amplitude máximas e mínimas ao redor de 2 a 0,5 metros, respectivamente (KNOPPERS *et al.*, 1987). Além disto, Angulo (1992) comprovou a existência de marés meteorológicas, comparando as diferenças entre a maré prevista e a de fato medida, esta última sujeita a influência de condições meteorológicas.

Na costa sul do Brasil, o regime de ondas é dado pelo padrão de ventos no Atlântico Sul (ARAÚJO *et al.*, 2003). As perturbações meteorológicas em escala sinótica mais importantes sobre a plataforma continental sudeste são os sistemas frontais (OLIVEIRA, 1986). Há uma variação na frequência de ocorrências de sistemas frontais ao longo do ano, resultando em escalas de tempo entre 5 e 10 dias (OLIVEIRA, 1986) entre sistemas sucessivos.

As correntes de maré vazante são predominantes no local de estudo e, em média, 10 a 15% superiores às de maré enchente. As ondas de quadrante S-SE são mais frequentes, apresentando intensidades inferiores a 25 cm.s^{-1} em casos de baixa energia e podendo atingir até 75 cm.s^{-1} em condições de maior energia. Elas geram uma deriva litorânea orientada para o norte (ANGULO *et al.* 2006). Associadas a esta corrente longitudinal predominante foram observadas ondulações de direção ESE, SE e SSE, desde que ventos fortes das direções SW, S e SSE não estivessem presentes. Porém, com a ação de ventos moderados ou fortes de direção SW, SSW, S e/ou SSE próximo à costa (dentro da plataforma interna rasa do Paraná), a corrente longitudinal resultante tinha sentido de Sul para o Norte, com intensidade proporcional à velocidade do vento atuante. Tal corrente longitudinal (S para N) sempre foi observada durante a passagem de frentes frias, mais comuns durante o outono e inverno nesta região.

Os ventos são predominantes de sul e principalmente regidos pela influência de dois sistemas de anticiclones – centros de alta pressão que em geral caracterizam clima de bom tempo. Porém uma zona de depressão entre essas duas zonas de alta pressão pode causar tempo instável e geralmente chuvoso (BIGARELA *et al.* 1978, *apud* ANGULO *et al.* 2006).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Variáveis Físicas e Dados Meteorológicos

Os dados abióticos (temperatura e salinidade) foram aferidos *in situ* com um termômetro de mercúrio e um refratômetro (Biobrix®, modelo 211), respectivamente. Os dados de maré foram retirados do site do Departamento Nacional de Hidrografia (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/TabuasMare.htm>).

Os dados meteorológicos foram fornecidos pelo Laboratório de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar (CEM) da UFPR. Para inferências sobre a origem dos padrões de variação nos dados biológicos foram considerados os parâmetros meteorológicos precipitação pluviométrica (mm) e intensidade dos ventos (m.s^{-1}), referentes aos três dias que precederam cada uma das coletas e o dia da coleta. Foram consideradas também as médias mensais de precipitação pluviométrica durante o período estudado, visando determinar a existência de períodos com maiores ou menores pluviosidade (épocas seca e chuvosa) ao longo do ano.

4.2. Coleta e Processamento das Amostras

As coletas foram realizadas quinzenalmente entre 17/03/2010 e 13/06/2011, com exceção de apenas duas ocasiões (maio e novembro/2010) quando as coletas não puderam ser realizadas devido a condições climáticas desfavoráveis. Em cada amostragem, amostras de 5 L de água do mar foram coletadas numa profundidade média de 1,30m, diretamente da zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul, acondicionadas em galões plásticos e levadas imediatamente ao laboratório.

As amostras foram divididas em duas frações de igual volume, uma destinada à identificação e determinação da abundância do fitoplâncton e outra ao estabelecimento de cultivos em laboratório, com especial atenção para as espécies nocivas de microalgas e aquelas com potencial aplicação como alimento na aquicultura.

Da primeira fração, uma alíquota de 70 ml (i.e. fitoplâncton total) foi fixada com solução de lugol neutro 0,8%, acondicionada em frasco de vidro âmbar e mantida em refrigerador. Em seguida, 2 L de amostra foram submetidos a um procedimento de filtração reversa com rede de fitoplâncton (abertura de malha = 20 μm) para concentração dos organismos >20 μm . Desta forma, obtiveram-se duas alíquotas adicionais de 70 ml, uma contendo o material concentrado e outra o material filtrado (i.e., organismos <20 μm), que foram preservadas e acondicionadas conforme descrito anteriormente. O fator de concentração das amostras (geralmente 10x) foi ajustado de acordo com a turbidez da água observada durante uma análise preliminar do material. As microalgas >20 μm – fração de

tamanho na qual a maioria das espécies nocivas está contida – foram então identificadas ao menor nível taxonômico possível e contadas para estimativa de abundância.

A segunda fração da amostra foi destinada a análise do material vivo. Para tanto, o material não-fixado (bruto ou concentrado, conforme descrito anteriormente) foi imediatamente observado em microscópio invertido.

4.3. Estimativas de Abundância

4.3.1. Densidade celular

As alíquotas preservadas foram contadas seguindo a técnica de Ütermohl (1958), conforme descrito a seguir. Inicialmente, um volume conhecido da amostra foi sedimentado em câmaras de contagem, concentrando e distribuindo de modo aleatório as células. O volume sedimentado dependeu da densidade celular da amostra, bem como da quantidade de material particulado de origem orgânica (detritos) e/ou inorgânica (sedimentos). A análise foi feita em microscópio invertido (Zeiss®, modelo ID-03), por meio de contagem de transectos e campos visuais aleatórios, ambos com área conhecida. Para cada amostra, foi contado um transecto transversal e um longitudinal e tantos campos visuais quanto necessários, até que a segunda espécie mais abundante de microalgas atingisse um número superior a 300 organismos. Assim, segundo Venrick (1978), este procedimento consegue reduzir o erro estatístico do método de contagem para cerca de 10%. A abundância total das microalgas $<20\ \mu\text{m}$, bem como de cada um dos táxons identificados, foi expressa em número de células por litro (cél. L^{-1}).

4.3.2. Biovolume e biomassa de carbono

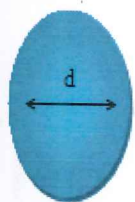
Para o cálculo dos valores de biovolume das microalgas, foram estimados os seus volumes celulares através do método de aproximação da forma da célula (Figura 2) a uma figura geométrica semelhante (HILLEBRAND *et al.*, 1999). Segundo experimentos descritos por HILLEBRAND & SOMMER (1997), em três de cada quatro espécies, o erro padrão na estimativa do biovolume é $<5\%$ depois de medidas 20 células. No presente estudo, as medidas basearam-se em micro-fotografias de 20 a 30 células distintas para cada táxon analisado. As células fotografadas foram escolhidas aleatoriamente em diferentes amostras ao longo do estudo.

Para obtenção das imagens, foi utilizada uma câmera fotográfica (Olympus CS20) acoplada a um microscópio Olympus® BX41 e o software de aquisição de imagens (AnalySIS getIT®), previamente calibrado às diferentes objetivas do microscópio usando-se uma régua micrométrica. Para medir as dimensões necessárias à obtenção do biovolume,

as fotografias, com suas respectivas escalas de tamanho, foram processadas no software de edição de imagens Adobe Photoshop® 5.5. Cada espécie analisada foi comparada a uma ou mais figuras geométricas (Tabela 1) segundo Hillebrand *et al.* (1999) e Lundholm *et al.* (2004) (somente para *Pseudo-nitzschia* spp.). O biovolume foi então calculado para cada célula fotografada através de fórmulas específicas para cada caso (Fig. 2), sendo expresso como uma média entre todas as células medidas para cada espécie escolhida. Tal escolha levou em consideração a representatividade (frequência de ocorrência e abundância) dos táxons no local de estudo (e.g. *Asterionellopsis glacialis*, *Thalassionema nitzschioides*), além de gêneros potencialmente nocivos (e.g. *Dinophysis* spp., *Pseudo-nitzschia* spp.) e microalgas que podem causar alterações tróficas durante florações devido às suas dimensões celulares bastante elevadas (Fig. 3).

O táxon *Ceratium* spp. foi dividido em dois morfotipos para a análise de biovolume: o morfotipo 1 correspondeu às espécies do tipo *C. furca* e *C. pentagonum* e o morfotipo 2, corresponde às espécies do tipo *C. tripos* e *C. horridum*. Já *Coscinodiscus* spp. foram divididos em diferentes classes de tamanho: morfotipo 1, com células <100µm, e morfotipo 2, com células >100µm. *Coscinodiscus wailesii* foi considerada a parte por possuir maior tamanho celular e ser de fácil identificação nas amostras.

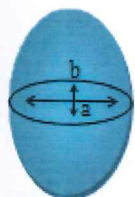
a) Esferóide prolato



$$V = \frac{\pi}{6} \cdot d^2 \cdot h$$

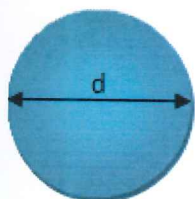
$$A = \frac{\pi \cdot d}{2} \cdot \left(d + \frac{h^2}{\sqrt{h^2 - d^2}} \sin^{-1} \frac{\sqrt{h^2 - d^2}}{h} \right)$$

b) Elipsóide



$$V = \frac{\pi}{6} \cdot a \cdot b \cdot h$$

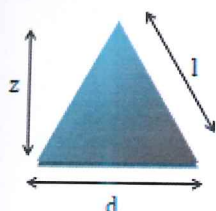
c) Esfera



$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{\pi}{6} \cdot d^3$$

$$A = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = \pi \cdot d^2$$

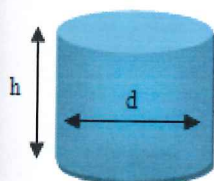
d) Cone



$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot z = \frac{\pi}{12} \cdot d^2 \cdot z$$

$$A = \pi \cdot r^2 + \pi \cdot r \cdot l = \frac{\pi}{2} \cdot d \cdot \left(\frac{d}{2} + l \right)$$

e) Cilindro

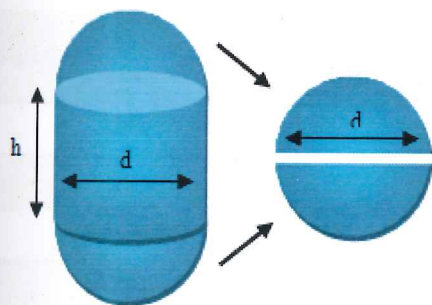


$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h = \pi \cdot d \cdot \left(\frac{d}{2} + h \right)$$

Figura 2 - Formas geométricas, dimensões medidas e fórmulas utilizadas para obtenção dos biovolumes. A relação de espécies de microalgas analisadas se encontra na Tabela 1. Fontes: Hillebrand et al. (1999); Lundholm et al. (2004).

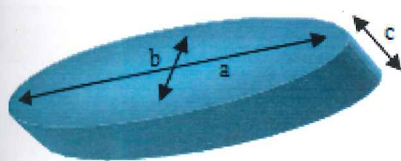
f) Cilindro + 1 esfera (2 metades)



$$\begin{aligned}
 V &= \pi \cdot r^2 \cdot h + \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \\
 &= \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot h + \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3 \\
 &= \pi \cdot d^2 \cdot \left(\frac{h}{4} + \frac{d}{6} \right)
 \end{aligned}$$

$$A = 4 \cdot \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h = \pi \cdot d \cdot (d + h)$$

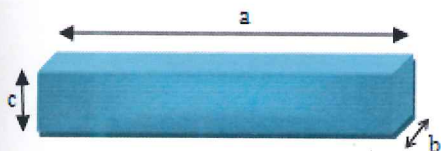
g) Prisma elíptico



$$V = \frac{\pi}{4} \cdot a \cdot b \cdot c$$

$$\begin{aligned}
 A &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot a \cdot b + \\
 &\quad \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot (a + b) \cdot c \\
 &= \frac{\pi}{2} \cdot (a \cdot b + [a + b] \cdot c)
 \end{aligned}$$

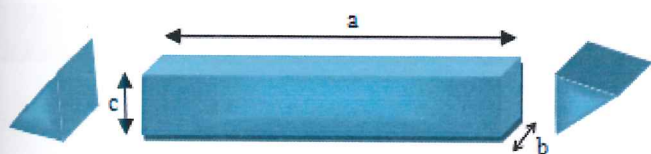
h) Retângulo



$$V = a \cdot b \cdot c$$

$$A = 2 \cdot a \cdot b + 2 \cdot b \cdot c + 2 \cdot a \cdot c$$

i) Caixa retangular pontiaguda



$$V = 0,8 \cdot a \cdot b \cdot c$$

$$A = 4 \cdot a \cdot b + 2 b^2$$

Figura 2 (cont.) - Formas geométricas, dimensões medidas e fórmulas utilizadas para obtenção dos biovolumes. A relação de espécies de microalgas analisadas se encontra na Tabela 1. Fontes: Hillebrand et al. (1999); Lundholm et al. (2004).

Tabela 1 - Tabela com as espécies de microalgas e suas respectivas fórmulas para obtenção do biovolume. As fórmulas são representadas na Fig. 2.

Espécie	Fórmula
Dinoflagelados	
<i>Alexandrium sp.</i>	Esferóide prolato (a)
<i>Ceratium furca</i>	Elipsóide (b) + 2 cones (d) + cilindro (e)
<i>Ceratium fusus</i>	2 cones (d)
<i>Dinophysis acuminata</i>	Elipsóide (b)
<i>Dinophysis caudata</i>	Elipsóide (b) + 2 cones (d)
<i>Gymnodinium cf. catenatum</i>	Elipsóide (b)
<i>Prorocentrum micans</i>	Cone (d) + $\frac{1}{2}$ esfera (c)
<i>Prorocentrum scutellum</i>	Elipsóide (b)
<i>Prorocentrum minimus</i>	Elipsóide (b)
Diatomáceas	
Cêntricas	
<i>Coscinodiscus grande</i>	Cilindro (e)
<i>Coscinodiscus pequeno</i>	Cilindro (e)
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	Cilindro (e)
<i>Odontella sp.</i>	Prisma elíptico (f)
<i>Skeletonema sp.</i>	Cilindro + 2 metades de esfera (g)
Penadas	
<i>Asterionellops glacialis</i>	Cone (d)
<i>Pseudo-nitzschia sp. 1</i>	Caixa retangular pontiaguda (h)
<i>Pseudo-nitzschia sp. 2</i>	Caixa retangular pontiaguda (h)
<i>Pseudo-nitzschia sp. 3</i>	Caixa retangular pontiaguda (h)
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Caixa retangular (i)

O biovolume médio (μm^3) para cada espécie foi então convertido em uma estimativa de biomassa de carbono (pg C cél.^{-1}), aplicando-se as fórmulas descritas em Menden-Deuer & Lesser (2000), que levam em conta as diferenças entre a composição bioquímica das células de grupos de microalgas distintos (Tabela 2).

Tabela 2- Equações para obtenção da biomassa de carbono (pg C cél.^{-1}), a partir do biovolume médio da microalga ($\mu\text{m}^3 \text{ cél.}^{-1}$). Fonte: Menden-Deuer & Lesser (2000).

Biomassa de carbono (pg C/cél)			
Grupo	Log a	B	Fórmula
Diatomáceas (célula grande > 2000 μm^3)	-0,933	0,881	Log a+(b * biovolume da cél.)
Diatomáceas (célula pequena < 2000 μm^3)	-0,541	0,811	
Dinoflagelados	-0,353	0,864	

4.4. Índice de Diversidade Específica

A partir dos valores de densidade celular das microalgas encontradas em cada coleta, foi calculado o Índice de Diversidade Específica, utilizando-se o índice de diversidade de Shannon-Weaver (1963), através da seguinte fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

sendo:

H' = Diversidade específica da amostra (bits/indivíduos)

S = número total de espécies

$p_i = n/N$

n = densidade da espécie i

N = densidade total da amostra

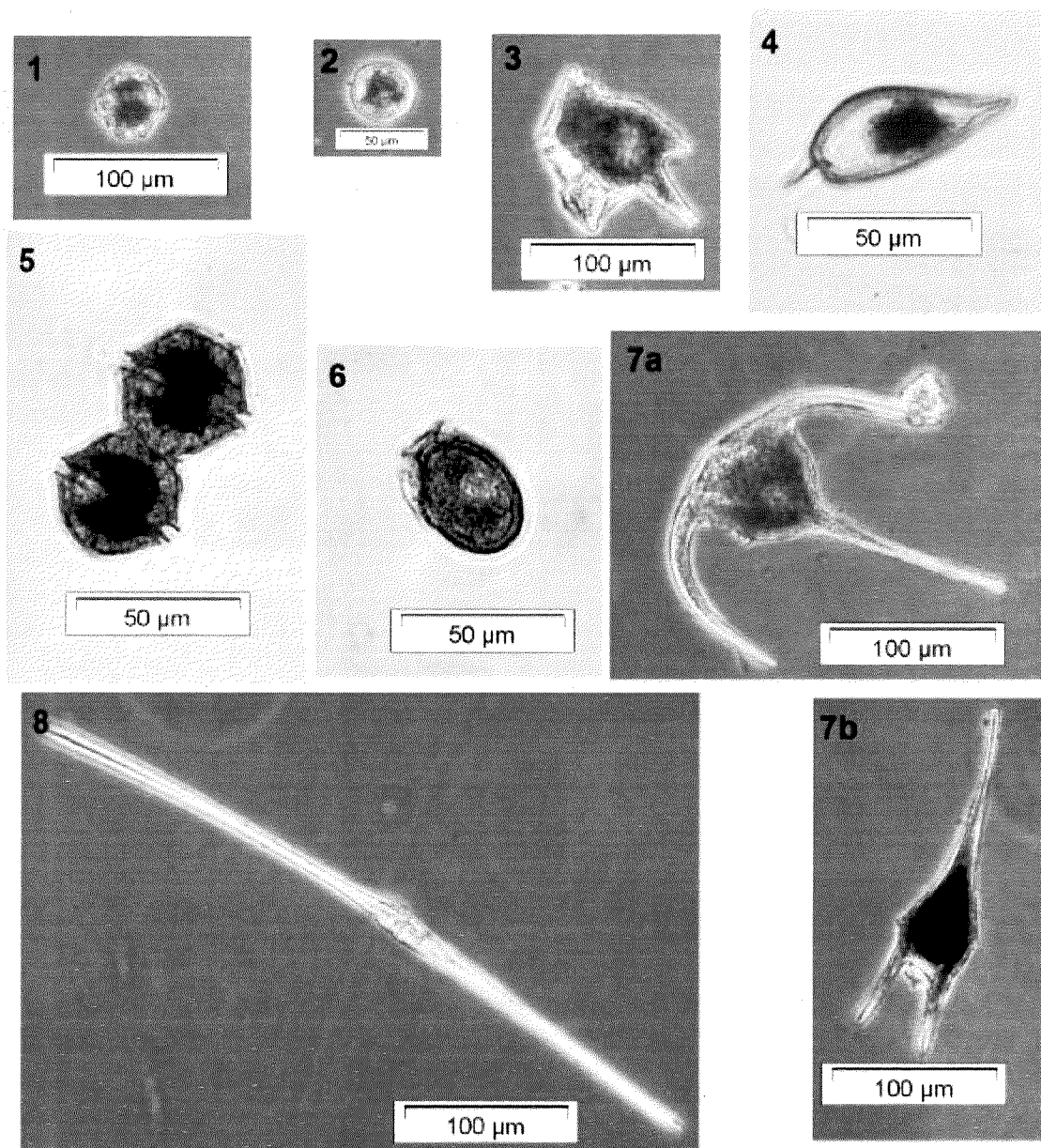


Figura 3 - Espécies escolhidas para análise de biovolume. Dinoflagelados: 1. *Gymnodinium* cf. *catenatum*; 2. *Prorocentrum* *scutellum*; 3. *Dinophysis* *tripos*; 4. *Prorocentrum* *micans*; 5. *Alexandrium* sp.; 6. *Dinophysis* *acuminata*; 7. *Ceratium* spp. (a. morfotipo 1; b. morfotipo 2); 8. *Ceratium* *fusum*.

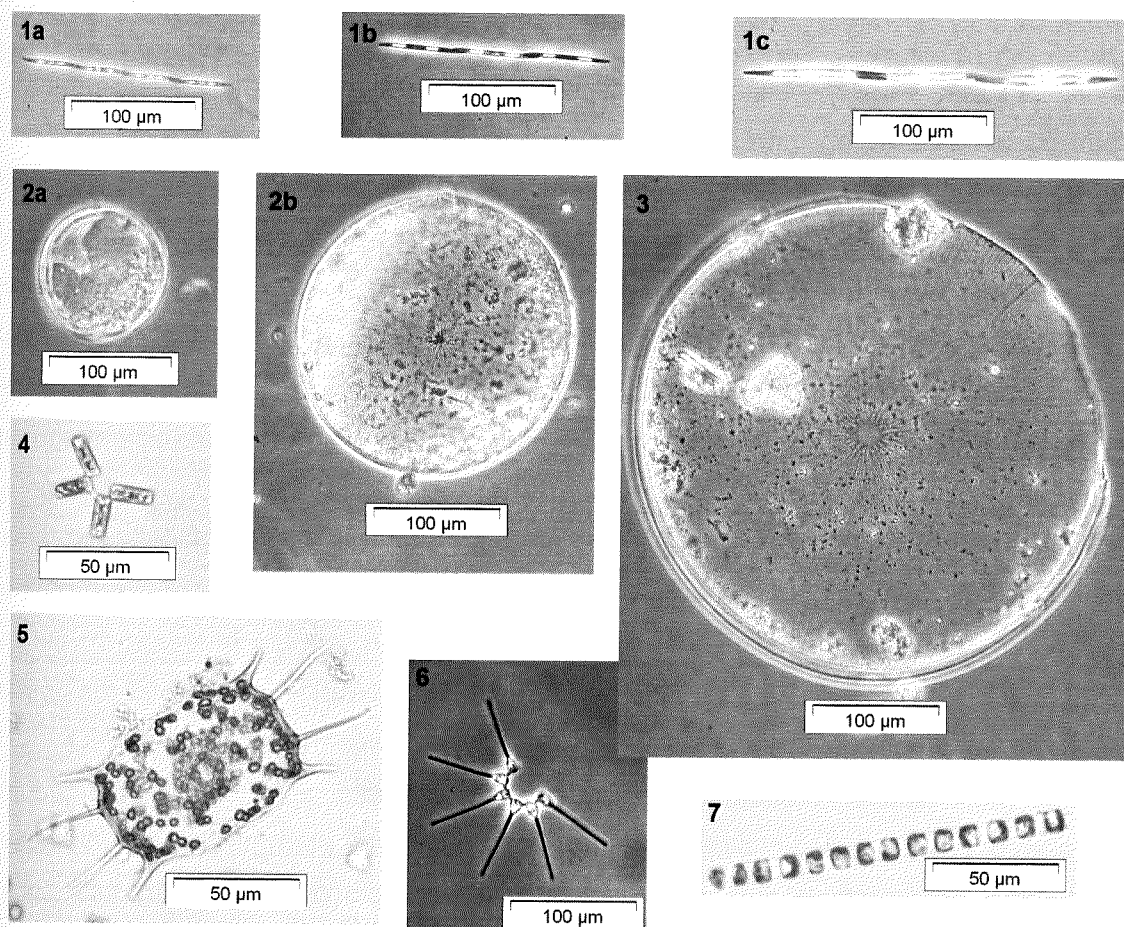


Figura 3 (cont.) - Espécies escolhidas para análise de biovolume. Diatomáceas: 1. *Pseudo-nitzschia* spp. (a. morfotipo 1; b. morfotipo 2; c. morfotipo 3); 2. *Coscinodiscus* spp. (a. morfotipo 1; b. morfotipo 2); 3. *Coscinodiscus wailesii*; 4. *Thalassionema nitzschioides*; 5. *Odontella* spp.; 6. *Asterionellopsis glacialis*; 7. *Skeletonema costatum*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variáveis Físicas e Dados Meteorológicos

Durante o período de estudo, que se estendeu do fim do verão/2010 ao início do inverno/2011, a temperatura da água variou entre 16°C em agosto/2010 e 29°C em dezembro/2010, janeiro/2011 e abril/2011, com média de 23°C. A salinidade variou entre 28 em janeiro/2011 e 37 em maio/2010, com média de 32 (Tab. 3). A temperatura do ar oscilou da mesma forma que a temperatura da água, com máximo no verão (dezembro/2010 e janeiro/2011) e mínimo no inverno (agosto/2010). A temperatura do ar esteve diretamente relacionada ao aumento na velocidade dos ventos, por sua vez associado à passagem de sistemas frontais. Na região de estudo, a mudança de temperatura da água dependente ainda da variabilidade sazonal no regime de correntes, que trazem águas mais geladas no período do inverno e águas mais quentes durante o verão (ALBERTINI, 2010). Durante as coletas no presente estudo, a altura de maré oscilou entre 0 m e 1,6 m com máximo e mínimo em 04/03/2011 e 15/04/2011, respectivamente.

Os dados meteorológicos incluídos neste trabalho vão somente de março a outubro/2010, pois após este período houve um problema técnico com a estação meteorológica do Centro de Estudos do Mar, que impossibilitou a aquisição e o repasse dos dados. Durante o período disponível, os meses de março a maio/2010 (verão-outono) corresponderam à estação chuvosa, sendo que a precipitação acumulada neste período foi de 593,8 mm (Fig. 4). Já as menores precipitações acumuladas mensais ocorreram em agosto e setembro/2010, com 89,4 e 89,2 mm, respectivamente, caracterizando a estação seca (inverno) (Fig. 4).

Tabela 3 - Dados ambientais (salinidade, temperatura e maré) medidos durante o período de estudo na Praia de Pontal do Sul, PR *Vaz= vazante; Enc= enchente. Os valores máximos para cada parâmetro estão destacados em vermelho e os mínimos em azul.

Coleta	Data	Estação	Temperatura (°C)	Salinidade	Maré*	Alt. de Maré (m)
1	17/03/2010	verão	25	31	Vaz	0,2
2	31/03/2010	outono	25	33	Enc	0,2
3	16/04/2010	outono	24	31	Vaz	0,1
4	03/05/2010	outono	24	33	Enc	0,3
5	13/05/2010	outono	22	35	Enc	1,5
6	10/06/2010	outono	19,5	33	Alta	1,4
7	25/06/2010	inverno	23	34	Alta	1,4
8	09/07/2010	inverno	22	29	Alta	1,3
9	22/07/2010	inverno	22	35	Vaz	1,2
10	06/08/2010	inverno	16	35	Alta	1,3
11	20/08/2010	inverno	20	34	Vaz	1,1
12	03/09/2010	inverno	22	35	Vaz	1,0
13	18/09/2010	primavera	21	33	Vaz	1,1
14	30/09/2010	primavera	24	32	Alta	0,9
15	14/10/2010	primavera	22	30	Enc	1,2
16	29/10/2010	primavera	23	29	Vaz	0,5
17	25/11/2010	primavera	25	34	Enc	0,6
18	08/12/2010	primavera	28	31	Enc	0,8
19	24/12/2010	verão	26	33	Enc	0,5
20	07/01/2011	verão	28	28	Enc	0,8
21	21/01/2011	verão	29	32	Vaz	0,6
22	04/02/2011	verão	26	32	Enc	0,9
23	18/02/2011	verão	25	33	Enc	0,5
24	04/03/2011	verão	24	35	Enc	0
25	21/03/2011	outono	26	32	Enc	0,6
26	01/04/2011	outono	24	30	Enc	0,6
27	15/04/2011	outono	28	37	Alta	1,6
28	29/04/2011	outono	24	34	Enc	1,5
29	13/05/2011	outono	25	35	Alta	1,2
30	26/05/2011	outono	23	36	Vaz	1,5
31	13/06/2011	inverno	21	37	Enc	1,6

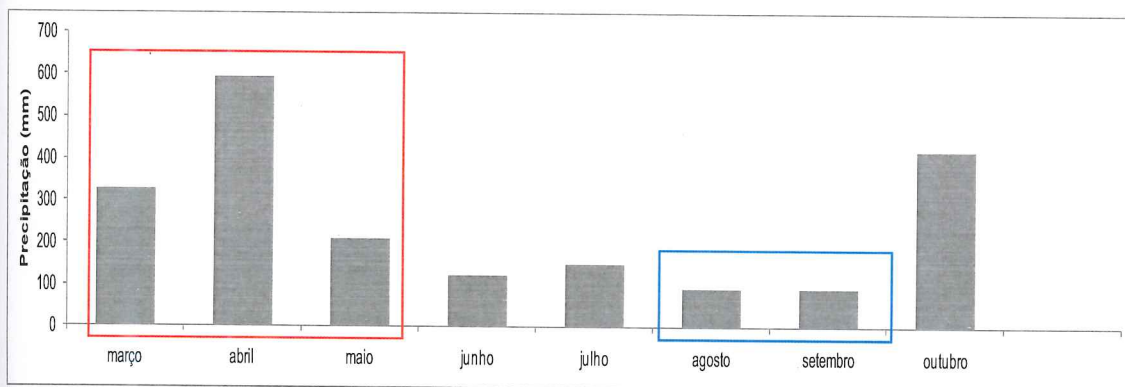


Figura 4 - Precipitação acumulada mensal (mm) em Pontal do Sul, Pr, entre março e outubro de 2010. Destaque para a estação chuvosa (verão-outono), em vermelho, e estação seca (inverno), em azul.

Nos três dias que antecederam as coletas, e nos dias de coleta durante o presente estudo, a maior intensidade de vento ocorreu na coleta de agosto, com velocidade de $8,48 \text{ m.s}^{-1}$ associada a uma temperatura média do ar de 12°C . No mês de março, entre os dias 16 e 17/03/2010, com $7,66 \text{ m.s}^{-1}$ e $7,86 \text{ m.s}^{-1}$, ocorreram os outros dois maiores valores de intensidade de vento. Durante o período correspondente ao inverno (junho a setembro/2010) as menores velocidades de vento foram registradas, sendo que o maior valor neste período foi de $1,08 \text{ m.s}^{-1}$ (21/07/2010) e o menor $0,69 \text{ m.s}^{-1}$ (02/09/2010) (Fig. 5).

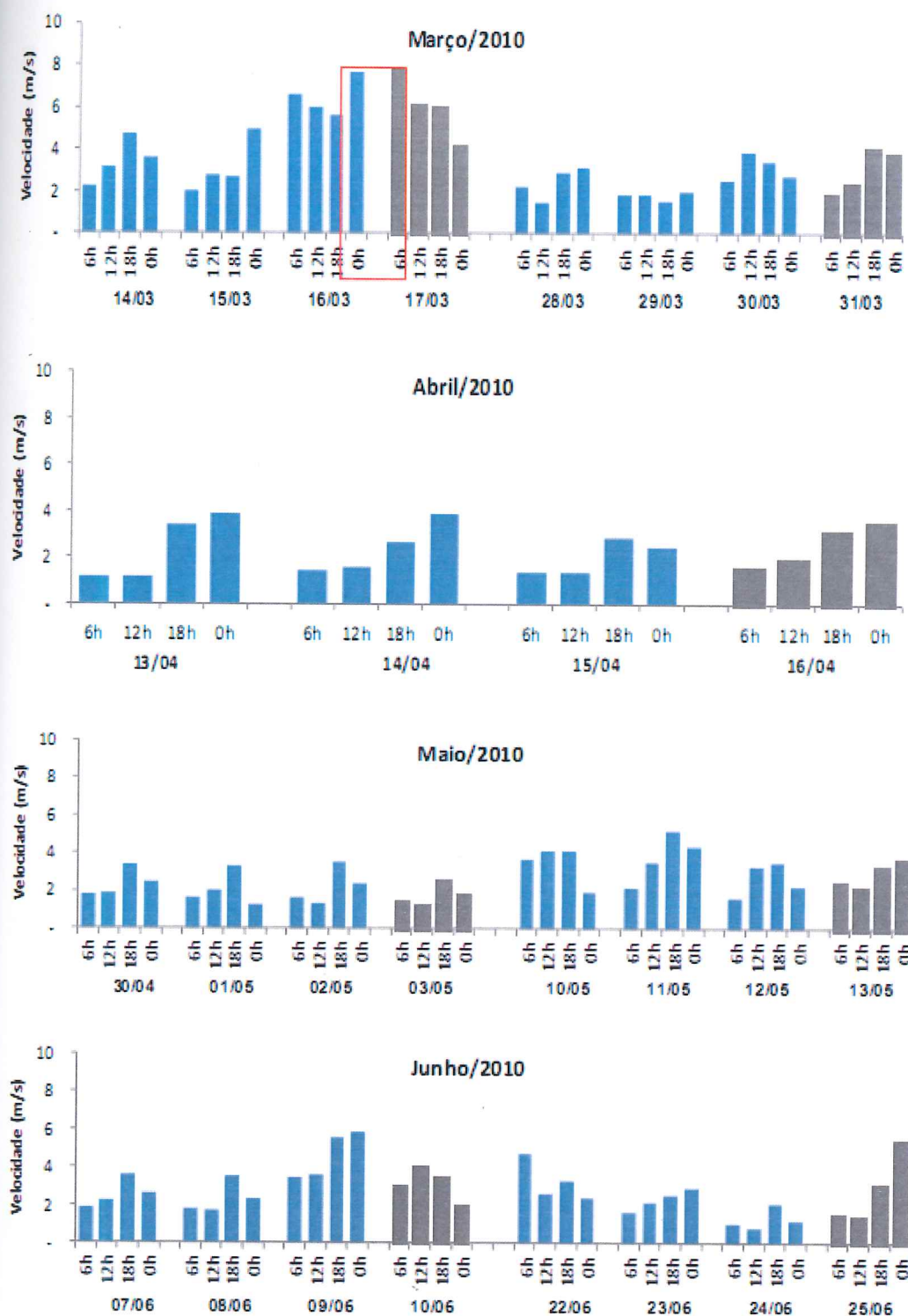


Figura 5 - Velocidade média do vento a cada 6h em Pontal do Sul, PR, nos três dias que antecederam a coleta (em azul) e no dia da coleta (cinza), entre março e outubro de 2010, com destaque para as máximas intensidades em março e agosto (vermelho) e para as mínimas em setembro (verde). Fonte: Grupo de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar, UFPR.

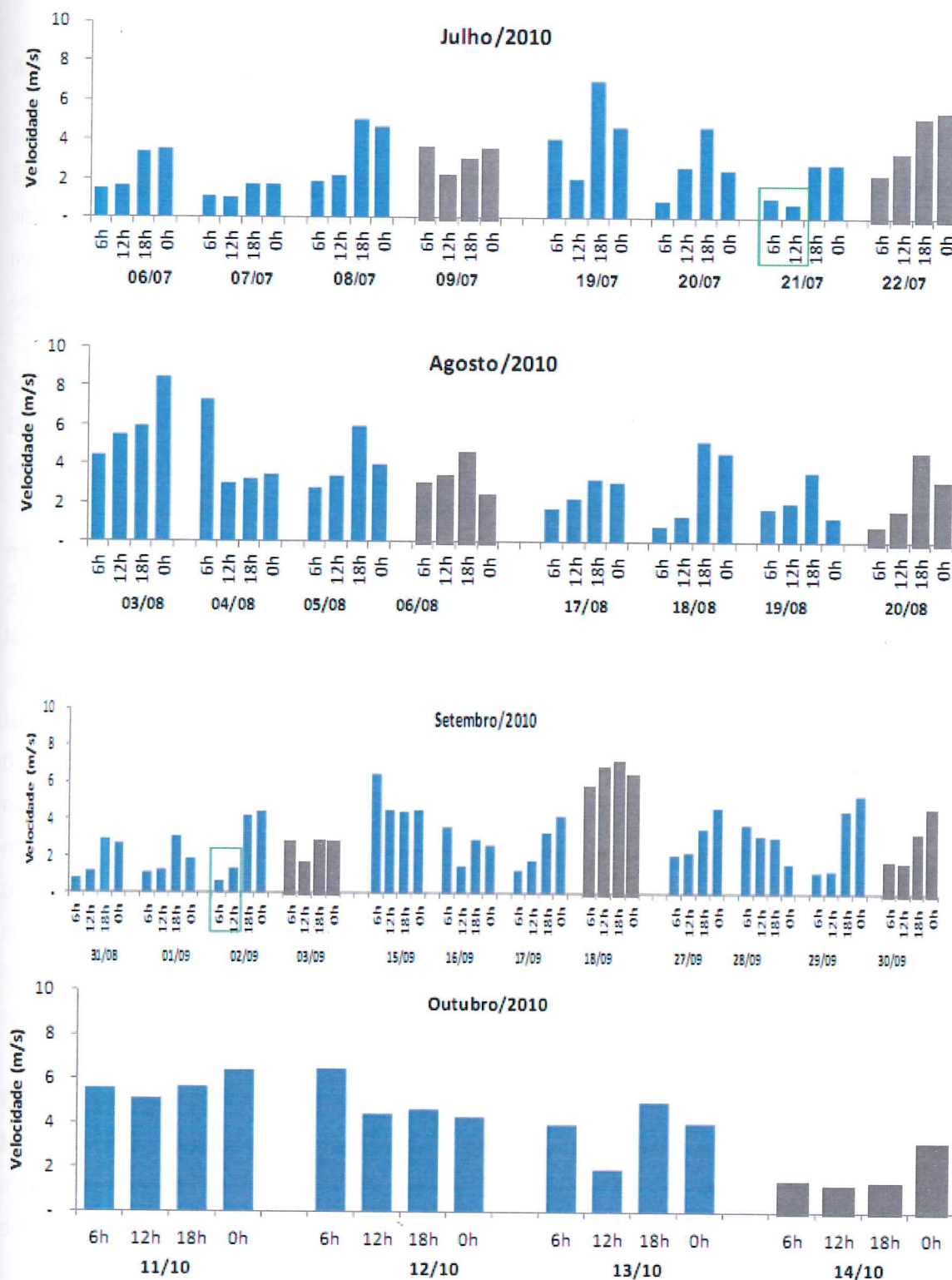


Figura 5 (cont.) - Velocidade média do vento a cada 6h em Pontal do Sul, PR, nos três dias que antecederam a coleta (em azul) e no dia da coleta (cinza), entre março e outubro de 2010, com destaque para as máximas intensidades em março e agosto (vermelho) e para as mínimas em setembro (verde). Fonte: Grupo de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar, UFPR.

5.2. Composição e abundância das microalgas

As microalgas encontradas foram classificadas em 78 táxons distintos, abrangendo 52 táxons de diatomáceas (34 de cêntricas e 18 de penadas), 20 de dinoflagelados, dois de silicoflagelados, além de um táxon não identificado de fitoflagelado e um de cianofíceas. A maior riqueza de espécies ocorreu no mês de maio/2010 com 40 táxons, e a menor em setembro/2010, com apenas 18 táxons (Tab. 4).

Procopiak et al. (2006), em seu trabalho de revisão sobre as diatomáceas marinhas e estuarinas ocorrentes no litoral paranaense, especialmente no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), indicaram que um total de 575 espécies de diatomáceas marinhas e estuarinas, distribuídas em 152 gêneros, já foi registrado por diversos autores nesta região.

A diversidade específica, segundo o Índice de Shannon-Weaver (1949), teve seu máximo (3,0 bits) em fevereiro/2011 (Tab. 4), com riqueza de 36 táxons (abundância total = $2,46 \times 10^5$ cél. L^{-1}), e o mínimo (1,4 bits) em 06 de agosto/2010 (Tab. 4), com riqueza de 19 táxons ($4,3 \times 10^{-5}$ cél. L^{-1}). No mês de maio, quando foram concomitantemente registradas as maiores abundâncias celulares (máx. $1,27 \times 10^6$ cél. L^{-1}) e riquezas de espécies (máx. 40 táxons) durante o presente estudo, o índice de diversidade oscilou entre 2,7 e 2,6 bits (em 03/5/2010 e 13/5/2010, respectivamente). De acordo com Margalef (1976), em comunidades naturais, os valores numéricos do índice de diversidade de Shannon-Weaver raramente excedem 5 bits (unidade de medida adimensional) por indivíduo. Ainda, segundo o autor, em comunidades fitoplanctônicas, a diversidade, em bits por célula, está normalmente entre 1 e 2,5 em águas costeiras e entre 3,5 e 4,5 em águas oceânicas. Com oscilação entre 1,4 e 3,0 bits, a comunidade da área de estudo é claramente caracterizada como costeira.

Estudos pioneiros no litoral paranaense registraram 33 táxons distintos em Pontal do Sul; 21 na Baía de Guaratuba; 10 na Baía de Paranaguá e 32 em Caiobá (Moreira & Moreira Filho, 1982), levando os autores a concluir que a comunidade fitoplanctônica era mais diversa nos ambientes adjacentes à entrada de grandes baías, que recebem diretamente a influência do regime de marés e o aporte de águas continentais, como é o caso do presente estudo.

Tabela 4 - Índice de diversidade segundo Shannon-Weaver (1949) e riqueza de espécies (número de táxons) por coleta. As máximas e mínimas estão em destaque (vermelho e azul, respectivamente).

Data das Coletas	Riqueza (nº de espécies)	Índice de Diversidade
17/03/2010	25	2,387
31/03/2010	27	2,414
16/04/2010	30	2,568
03/05/2010	40	2,676
13/05/2010	31	2,556
10/06/2010	34	2,69
25/06/2010	26	2,326
09/07/2010	22	1,978
22/07/2010	21	2,536
06/08/2010	19	1,392
20/08/2010	24	2,305
03/09/2010	18	2,471
18/09/2010	21	1,957
30/09/2010	27	2,355
14/10/2010	25	2,39
29/10/2010	26	2,213
25/11/2010	20	1,557
08/12/2010	29	2,335
24/12/2010	25	2,677
07/01/2011	37	2,897
21/01/2011	33	2,532
04/02/2011	36	2,957
18/02/2011	27	2,522
04/03/2011	26	1,667
21/03/2011	28	1,947
01/04/2011	23	2,064
15/04/2011	38	2,228
29/04/2011	29	2,649
13/05/2011	24	2,124
26/05/2011	30	2,212
13/06/2011	23	2,105

Em estudo realizado entre janeiro e dezembro de 1980 por Moreira & Moreira Filho (1982) no Balneário de Caiobá, Paraná, foram determinados 289 táxons dentre espécies, variedades e formas, distribuídos em 86 gêneros. Na análise quantitativa dos táxons específicos destacaram-se: *Thalassionema nitzschioides*, abundante em 11 dos 12 meses (23 estações de coleta); *Skeletonema costatum*, abundante em 10 meses (17 estações); *Thalassiothrix frauenfeldii*, abundante em 8 meses (10 estações) e *Asterionellopsis glacialis*,

abundante em 6 meses (11 estações). Quanto aos valores quantitativos, o maior número de indivíduos foi registrado no período entre novembro e março, onde a temperatura da água apresentou variação entre 25°C e 28°C. A menor concentração de indivíduos foi observada no período de junho a setembro, quando a temperatura da água esteve entre 19°C e 20°C. O maior número de indivíduos foi constatado no mês de março e o menor no mês de junho. O autor comparou os resultados desta pesquisa com trabalhos anteriores realizados em Pontal do Sul, Baía de Guaratuba e Baía de Paranaguá, afirmando que *Asterionellops glacialis* e *Thalassionema nitzschioides* são abundantes nos quatro locais.

No presente estudo, o período de maior abundância total no microfitoplâncton ocorreu no final de verão – início do outono/2010, entre março e início de junho, com máximo de $1,27 \times 10^6$ cél.L⁻¹ em 03/05/2010 (Fig. 6). Isto se deveu principalmente à elevada abundância das diatomáceas, que representaram até 99,3% da abundância total em 13/05/2010 (Fig. 5). Segundo Grassi (não publicado), em estudo realizado simultaneamente com este, as maiores abundâncias de copépodes (1874 ind. m⁻³) se deram no mês de abril/2010, justamente no período de maior densidade celular de microalgas. Entretanto, o período de menor abundância celular do fitoplâncton, que ocorreu no dia 14/10/2010, foi diferente daquele em que se registrou a menor abundância total do zooplâncton, que ocorreu no mês de julho/2010, com 188 ind.m⁻³ (GRASSI, não publicado), quando a abundância celular das microalgas foi de $1,7 \times 10^4$ cél.L⁻¹. Relações entre as abundâncias de fito- e zooplâncton, portanto, parecem ser um pouco mais complexas principalmente em função da composição de espécies em ambos os compartimentos ecológicos. O estudo de grupos funcionais, incluindo de diferentes classes de tamanho e biovolume, conforme abordado mais adiante na Seção 5.4, podem ser mais relevantes ecologicamente.

A menor densidade celular das diatomáceas também ocorreu na primavera/2010, com $1,6 \times 10^5$ cél.L⁻¹ em 14/10/2010, ainda assim representando 95,4% da abundância total. Já a menor abundância relativa das diatomáceas ocorreu no fim do verão/2011, quando este grupo contribuiu com apenas 25,4% da abundância total (Fig. 5). Neste mesmo período, foi registrada a maior abundância relativa de dinoflagelados do estudo, com uma representatividade de 73,1% em 04/03/2011 (Fig. 6), quando *Ceratium fusus* formou uma floração e representou sozinho 61% da abundância total. Segundo Brandini e Fernandes (1996) esta espécie é tipicamente carregada pela Corrente do Brasil, que em seu trajeto para o sul, mistura-se com águas de origem costeira mais frias e de baixa salinidade. O resultado é a ATA caracterizada por temperaturas maiores que 20°C e salinidades acima de 36, ao largo do Sudeste brasileiro (SILVEIRA *et al.*, 2000). A Corrente do Brasil contribui para a ressurgência que ocorre no sudeste brasileiro, devido a sua circulação no sentido horário que “empurra” a água fria ressurgida para as regiões rasas. Assim, há penetração

de massas da ACAS (Água Central do Atlântico Sul), comum nos meses de verão (SILVEIRA *et al.*, 2000).

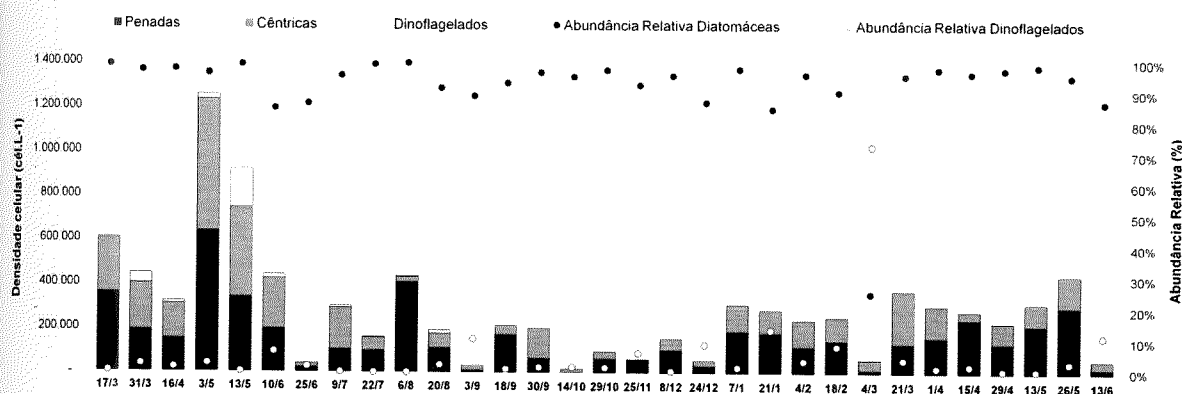


Figura 6 - Abundância absoluta (cél.L-1) dos principais grupos morfo-taxonômicos de microalgas ao longo do ano e abundância relativa (% da abundância total) dos dois principais grupos: • diatomáceas e ○ dinoflagelados.

Dentre os táxons mais freqüentes, as diatomáceas *Coscinodiscus* spp., *Cyclotella* spp. e *Thalassionema nitzschioides* ocorreram em 90% das amostras, ou seja, estiveram presentes em 28 das 31 coletas. *Asterionellopsis glacialis* esteve presente em 87% das amostras, seguida por *Chaetoceros* spp., com freqüência de 77%. Todos os outros táxons tiveram freqüência inferior a 75% (Tab. 5). O domínio de algumas espécies de diatomáceas é esperado na zona de arrebenção de praias arenosas, já que estas microalgas apresentam comportamento e adaptações fisiológicas que lhes conferem vantagens sobre as demais frente às condições de elevada instabilidade ambiental características destes ambientes. Assim, a turbulência na coluna de água parece constituir um dos principais fatores determinantes do sucesso das diatomáceas na zona de arrebenção (RIBEIRO, 1996).

Devido às suas elevadas abundâncias e freqüências de ocorrência, as diatomáceas *Asterionellopsis glacialis* (máx. $1,7 \times 10^6$ cel. L⁻¹), *Chaetoceros* spp. (máx. $3,7 \times 10^6$ cel. L⁻¹), *Coscinodiscus* spp. (máx. $0,6 \times 10^6$ cel. L⁻¹) e *Thalassionema nitzschioides* (máx. $1,3 \times 10^6$ cel. L⁻¹) foram consideradas como as espécies dominantes no presente estudo (Tab. 6). Juntas, estas diatomáceas foram responsáveis por 5,7 a 70,5% da abundância total, dependendo da época de coleta (Fig. 7). Dentre estas, *A. glacialis* e *T. nitzschioides* já haviam sido reportadas como as espécies mais abundantes no mesmo local. A dominância de *T. nitzschioides* foi, inclusive, relacionada ao período chuvoso na baía de Paranaguá. (BRANDINI & THAMM, 1994; REZENDE & BRANDINI, 1997).

		17/3	31/3	16/4	3/5	13/5	10/6	25/6	9/7	22/7	6/8	20/8	3/9	18/9	30/9	14/10	29/10	25/11	8/12	24/12	7/1	21/1	4/2	18/2	4/3	21/3	1/4	15/4	29/4	13/5	26/5	13/6			
		mar/10	outono	abr/10	outono	mai/10	jun/10	inverno	inverno	jul/10	ago/10	inverno	inverno	primavera	primavera	primavera	out/10	primavera	primavera	nov/10	dez/10	jan/11	verão	verão	fev/11	verão	mar/11	outono	outono	outono	outono	mai/11	26/5	jun/11	Total
Espécie		verão	outono	outono	outono	outono	inverno	inverno	inverno	inverno	inverno	inverno	inverno	primavera	primavera	primavera	out/10	primavera	primavera	nov/10	dez/10	jan/11	verão	verão	fev/11	verão	mar/11	outono	outono	outono	outono	mai/11	26/5	jun/11	Total
20																																			
Dinoflagelados																																			
Alexandrium sp.																																			
Ceratium furca																																			
Ceratium fusus																																			
Ceratium horridum																																			
Ceratium pentagonum																																			
Ceratium sp. 1																																			
Ceratium spp.																																			
Ceratium lipos																																			
Ceratium trichoceros																																			
Cochlodinium cf. polykrikoides																																			
Dinophysis acuminata																																			
Dinophysis caudata																																			
Gymnodinoide spp.																																			
Gymnodinium cf. catenatum																																			
Gymnodinium sp.																																			
Prorocentrum micans																																			
Prorocentrum minimum																																			
Prorocentrum scutellum																																			
Protoperidinium spp.																																			
Diatomaceas																																			
Penada																																			
Anaulus sp.																																			
Asterionellopsis glacialis																																			
Asterionella notata																																			
Asterionella sp.																																			
Diploneis sp.																																			
Eucampia sp.																																			
Lioloma pacificum																																			
Nevicula spp.																																			
Nitzschia sp.																																			
Penada n.i																																			
Pleurosigma spp.																																			
Pseudo-nitzschia sp. morfotipo 1																																			
Pseudo-nitzschia sp. morfotipo 3																																			
Pseudo-nitzschia sp. morfotipo 2																																			
Surirela sp.																																			
Thalassiosira nitzschoides																																			
Thalassiosira spp.																																			
Theraculum levis																																			

Tabela 5 (cont.).— Frequência de ocorrência (%) das microalgas na zona de arrebentação da Praia de Pontal do Sul, PR, com base em sua presença (■) / ausência(□) nas 31 amostras analisadas. (*) Não identificada na amostra; (1) Táxon não identificado (n.i.) neste estudo. As espécies em destaque (vermelho) foram classificadas como espécies de interesse.

[illegible]

Tabela 6 - Principais espécies caracterizadas pela frequência e abundância celular (abundância relativa ao número total de células).

Espécie	Máxima Densidade Celular (cél.L ⁻¹)	Abundância Relativa	Frequência
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	171.003	93,16%	87%
<i>Chaetoceros spp.</i>	367.500	57,98%	77%
<i>Coscinodiscus spp.</i>	63.538	10,02%	90%
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	127.468	52,33%	90%

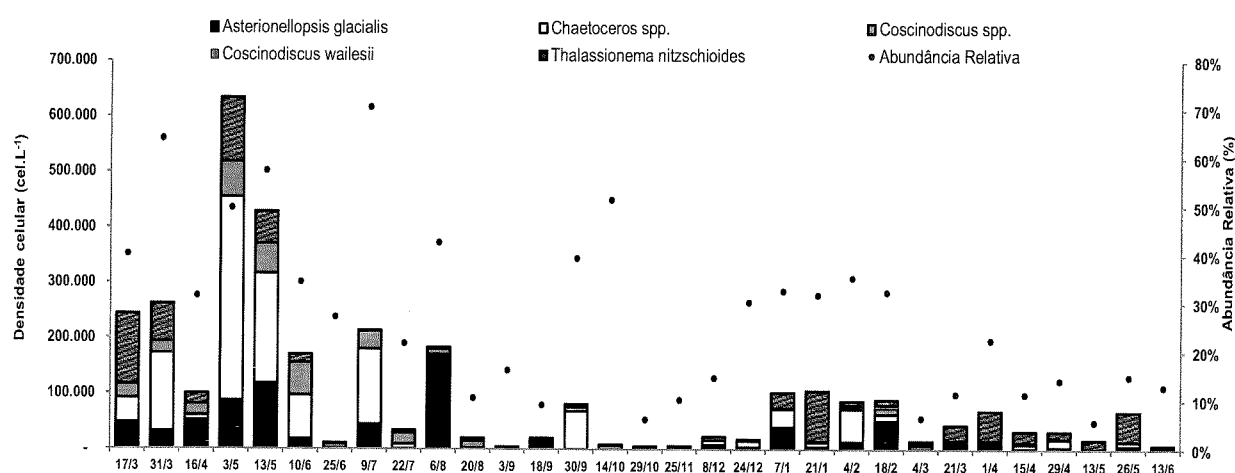


Figura 7 - Abundância absoluta (células L⁻¹) e relativa (% da abundância total) dos principais táxons de microalgas na Praia de Pontal do Sul entre 2010 e 2011.

5.3. Microalgas Potencialmente Nocivas

Mafra et al. (2006), seguindo a lista de espécies de microalgas nocivas da Intergovernmental Oceanographic Commission da UNESCO (IOC, 2003), classificou como principais espécies produtoras de toxinas na região do CEP, a diatomácea *Pseudo-nitzschia* spp., os dinoflagelados *Gymnodinium catenatum*, e *Dinophysis acuminata*. Além destes, o dinoflagelado *Prorocentrum minimum* foi destacado pela capacidade de causar danos a organismos marinhos. Diversas florações desta espécie foram documentadas em áreas afetadas por descargas de água doce e/o nutrientes de origem antropogênicas (SMAYDA, 1990; BURNS et al., 2000). Segundo Glibert et al. (2001) a eutrofização nas áreas costeiras, podem estar contribuindo para o aumento na ocorrência de florações desse dinoflagelado, devido as alterações nas quantidades e na composição dos nutrientes. Alterações na composição e morte das células especializadas do sistema imunológico de moluscos foram provocadas por *P. minimum* (HÉGARET; WIKFORS, 2005), confirmando a nocividade para

organismos filtradores. Segundo IOC (2003), algumas cepas cultivadas excretaram substâncias tóxicas para náuplios de *Artemia*.

Outros táxons citados pelo autor dentre as espécies listadas pela IOC-UNESCO, foram *Chattonella* spp., *Phaeocystis* spp., *Heterosigma akashiwo*, assim como *Trichodesmium erythraeum* e *Coscinodiscus wailesii*, todos com elevada importância ecológica local e/ou potencial para formar florações nocivas (MAFRA *et al.*, 2006). Devido à influência das correntes de maré que ocorrem entre o estuário e a praia, muitos desses organismos podem ser carregados para a zona de arrebenção adjacente, objeto do presente estudo.

Dentre as microalgas consideradas como potencialmente nocivas no presente estudo, ocorreram em baixas densidades celulares (Fig. 8) os dinoflagelados *Gymnodinium* cf. *catenatum* (máx. $2,3 \times 10^3$ cel. L^{-1}), *Dinophysis acuminata* (máx. $1,5 \times 10^3$ cel. L^{-1}), *D. caudata* (máx. $0,3 \times 10^3$ cel. L^{-1}), *Alexandrium* spp. (máx. $24,8 \times 10^3$ cel. L^{-1}), *Prorocentrum minimum* (máx. $2,3 \times 10^3$ cel. L^{-1}), *P. micans* (máx. $15,2 \times 10^3$ cel. L^{-1}) e *Cochlodinium* cf. *polykrikoides* (máx. $6,2 \times 10^3$ cel. L^{-1}) e, geralmente, por períodos restritos (Tab. 5). Os dinoflagelados compõem o grupo com maior variedade de espécies tóxicas, com destaque para os produtores de toxinas diarreicas (DSP – Diarrhetic Shellfish Poisoning), como *D. acuminata*, e de toxinas paralisantes (PSP – Paralytic Shellfish Poisoning), como *G. catenatum* e *Alexandrium* spp. O dinoflagelado *Gymnodinium* cf. *catenatum* não teve sua identificação confirmada, pois não foram encontradas células formando cadeias típicas da espécie. Apesar disto, a semelhança morfológica e de tamanho entre as poucas células encontradas no presente estudo e aquelas tipicamente descritas para a espécie não permite descartar a ocorrência deste dinoflagelado, já registrado anteriormente no CEP (MAFRA *et al.*, 2006), na Praia de Pontal do Sul. A frequência de células solitárias é rara em ambiente natural, mas quando isso ocorre pode dificultar a identificação da espécie. Quando solitárias, células de *G. catenatum* podem ser confundidas com outros táxons, tais como a espécie não tóxica *Gyrodinium impudicum* Fraga et Bravo (FRAGA *et al.*, 1995), o que não pareceu ser o caso no presente estudo. Com exceção de *P. micans* e *Cochlodinium* cf. *polykrikoides*, o potencial nocivo das demais espécies já havia sido considerado na região do CEP (MAFRA *et al.*, 2006). *Cochlodinium polykrikoides* é uma espécie conhecida pela formação de maré vermelha, associada a extensas mortandade de peixes e grandes perdas econômicas em águas japonesas e coreanas (IOC-UNESCO). *Prorocentrum micans*, apesar de ser usualmente classificado como não-nocivo, provavelmente tenha a capacidade de excretar substâncias que inibem o crescimento de diatomáceas, e tenha ainda causado mortandades de mexilhões em Portugal e na África do Sul por depleção de oxigênio durante florações (FAUST & GULLEDGE, 2002).

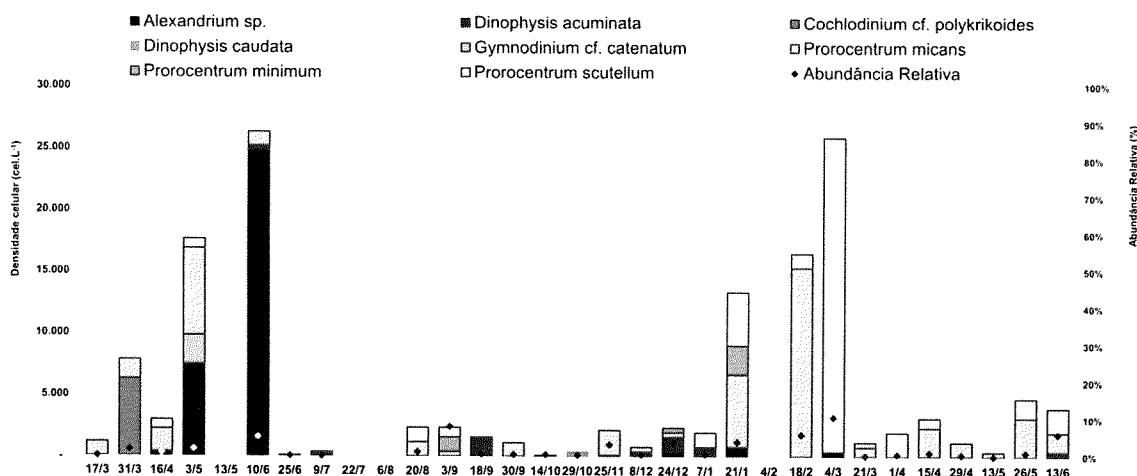


Figura 8 - Abundância absoluta (cel.L^{-1}) e relativa (em % de representatividade da abundância total) das principais espécies de dinoflagelados potencialmente nocivos em Pontal do Sul/PR, entre março/2010 e junho/2011: *Dinophysis acuminata*, *D. caudata*, *Alexandrium sp.*, *Gymnodinium cf. catenatum*, *Prorocentrum scutellum*, *P. minimum*, *P. micans* e *Cochlodinium cf. polykrikoides*.

Apesar da abundância de dinoflagelados potencialmente nocivos ter sido maior no final do verão / início do outono (Fig. 8), este grupo de microalgas teve uma elevada contribuição para a abundância total somente em uma única oportunidade, em 04/03/2011, quando 73% das células contadas eram de dinoflagelados, na maior parte *Ceratium fusus* (61% da abundância total). Esta espécie, apesar de não produzir toxinas, quando em grandes quantidades está associada à depleção de oxigênio (VERITY, 2010), além de causar danos a outros organismos especialmente devido ao seu grande biovolume ($6,4 \times 10^4 \mu\text{m}^3 \text{ cel.}^{-1}$), conforme discutido mais adiante na Seção 5.4.

Em outras ocasiões, a contribuição dos dinoflagelados para o número total de células não ultrapassou 13% (Fig. 8). As densidades celulares registradas foram, na maioria dos casos, insuficientes para causarem danos a outros organismos (NATIONAL MARINE BIOTOXIN MANAGEMENT PLAN, 1996). Entretanto, além da floração de *C. fusus* em 04/03/2011, o dinoflagelado tóxico *D. acuminata* apresentou densidades superiores a $1.000 \text{ cél. L}^{-1}$ em amostras dos meses de setembro e dezembro/2010 (1.569 e $1.177 \text{ cél. L}^{-1}$, respectivamente), abundâncias estas possivelmente suficientes para o acúmulo de concentrações alarmantes de toxinas diarreicas em mexilhões (M.D.Guiry, com. pess. em GUIRY & GUIRY, 2011). Assim, mesmo em densidades celulares aparentemente baixas, é extremamente importante um monitoramento contínuo das espécies nocivas de dinoflagelados indicadas no presente estudo.

Conforme relatado acima, o grupo de dinoflagelados potencialmente nocivos apresentou uma sazonalidade bem demarcada, tendo sido mais abundantes entre o fim do verão e início do outono em ambos os anos estudados. Já nos meses de inverno, foram reportadas as menores densidades celulares (Fig. 8), responsáveis por $\leq 2,5\%$ da

abundância total do microfitoplâncton. Ainda neste mesmo período, em duas ocasiões (22/07/2010 e 06/08/2010) não foi encontrado nenhum organismo pertencente a este grupo nas amostras analisadas. Nos meses de inverno, como já visto, houve maior incidência de ventos fortes, provavelmente explicando a virtual ausência destes organismos na zona de arrebenção. Os dinoflagelados, que se sobressaem em situações de estabilidade (estratificação) na coluna d'água, tendem a apresentar menores densidades celulares em situações de turbulência mais intensa.

Outro grupo de microalgas com espécies potencialmente nocivas que esteve presente na zona de arrebenção da praia de Pontal do Sul durante este estudo foi o das diatomáceas. As espécies *Asterionellopsis glacialis*, *Coscinodiscus wailesii*, *Cerataulina pelágica*, *Cylindrotheca closterium* e *Skeletonema costatum*, além de possivelmente algumas espécies não-identificadas dos gêneros *Coscinodiscus*, *Chaetoceros* e *Leptocylindrus*, ocorreram no presente estudo e foram apontadas por Procopiak *et al.* (2006) como potencialmente nocivas para a região do CEP. Os possíveis efeitos prejudiciais destas diatomáceas vão desde injúrias mecânicas a organismos filtradores, alteração da cor da água, até depleção de oxigênio e anoxia. Importante ressaltar que tais efeitos devem se manifestar somente durante eventos de florações intensas, o que não foi verificado no presente estudo. Algumas espécies de diatomáceas listadas no estudo de Procopiak *et al.* (2006) foram novos registros para a costa do Paraná, como *Belleriochea horologicales*, *Biremis circumtexta*, *Gyrosigma macrum*, *Licmophora remulus*, *Nitzschia behrei*, *Pseudo-nitzschia calliantha*, *Pseudo-nitzschia multiseriata* e *Thalassiosira subtilis* var. *maxima*, sendo que algumas, apesar de não serem identificadas, podem estar presente no local de estudo (e.g. *P. calliantha*).

Além destas, a diatomácea *Pseudo-nitzschia* spp., que já teve as espécies *P. australis*, *P. calliantha*, *P. lineata*, *P. multiseriata*, *P. pungens* e *P. complexa delicatissima* relatada por outros estudos no litoral do Paraná (MOREIRA FILHO *et al.*, 1990; FERNANDES, 1992; FERNANDES; BRANDINI, 2004; MAFRA; FERNANDES; PROENÇA, 2006; FERNANDES; BRANDINI, 2010 *apud* CAVALCANTE, 2011), esteve presente em 71% das amostras na presente investigação, por vezes em densidades celulares relativamente elevadas, principalmente nos meses de outono (máx. $0,25 \times 10^6$ cel.L⁻¹ em 03/05/2010) (Fig. 9). Este gênero é considerado potencialmente tóxico pela capacidade de algumas espécies em produzir o ácido domóico, toxina causadora do envenenamento amnésico (ASP—Amnesic Shellfish Poisoning) em humanos e na fauna marinha. A identificação em nível de espécie utilizando somente microscopia óptica é extremamente complicada. Desta forma, as células de *Pseudo-nitzschia* encontradas foram agrupadas em morfotipos, a exemplo do que é usualmente realizado em programas de monitoramento e estudos de dinâmica populacional deste gênero (ANDERSON *et al.*, 2001).

O monitoramento de microalgas nocivas e ficotoxinas realizado na região costeira do litoral de Santa Catarina (vide descrição do programa mais abaixo) é pioneiro no Brasil. Ele é baseado no plano de monitoramento da Nova Zelândia, no qual um estado de alerta é dado com a presença *Pseudo-nitzschia* compondo mais de 50% do fitoplâncton total ou acima de 50.000 céls.L⁻¹. Mas é a detecção do ácido domóico no tecido dos moluscos cultivados, cujo limite máximo é de 20 mg AD/kg de carne do molusco, que dispara um outro nível de segurança, com a proibição do consumo e da comercialização dos bivalves (EPAGRI, 2010). No Paraná, Mafra, Fernandes e Proença (2006) apresentaram bases para o monitoramento de ficotoxinas na Baía de Paranaguá, baseando-se em estudos do fitoplâncton, de toxicidade e dados da literatura. Para *Pseudo-nitzschia*, os autores supracitados definiram nível de alerta para densidades celulares acima de 50.000 céls.L⁻¹, nível de risco para 100.000 céls.L⁻¹. Em relação á toxina, foi proposto o limite regulatório de 20 µg de AD por grama de carne de molusco para interrupção das atividades comerciais de moluscos até a completa depuração da toxina, seguindo as regulamentações de outros países (ANDERSON *et al.*, 2001).

No presente estudo, as células foram separadas visualmente em três morfotipos – dois concordantes com os complexos *P. pungens*/*P. multiseriata* e *P. delicatissima*/*calliantha*, descritos em CAVALCANTE *et al.* (2011), e um morfotipo de dimensões celulares intermediárias. No estudo Resende e Brandini (1997), para o mesmo local, a concentração das espécies da seção *Pseudo-nitzschia* foi maior no período de outono/inverno de 1988. Pela abundância, frequência de ocorrência e potencial tóxico, este deve ser um dos principais gêneros a serem considerados em monitoramentos de fitoplâncton na região.

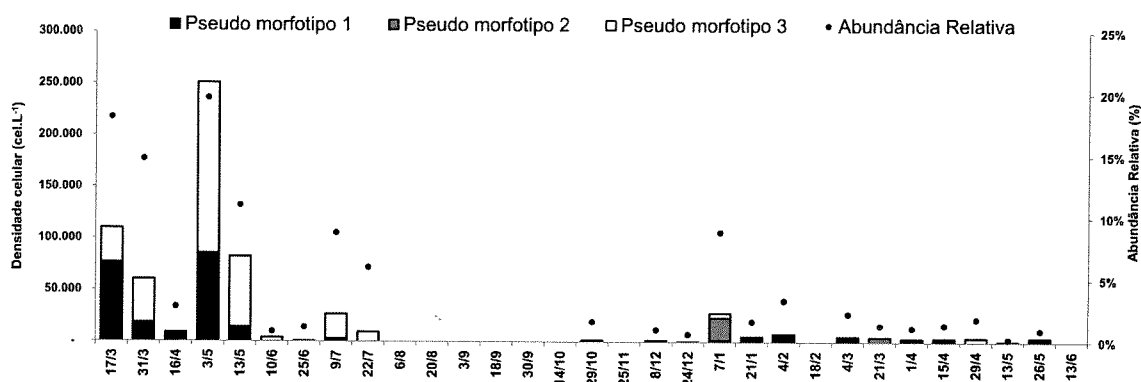


Figura 9 - Abundância absoluta (cel.L⁻¹) e relativa (em % de representatividade da abundância total) das principais espécies de diatomáceas potencialmente nocivas em Pontal do Sul, entre março/2010 e junho/2011.

5.4. Biovolume e Biomassa de Carbono

O número de indivíduos (densidade celular) é uma medida satisfatória da abundância da comunidade fitoplanctônica, porém valoriza demasiadamente a importância de organismos pequenos e não potencializa a grande importância ecológica dos organismos maiores como principais contribuintes para composição da biomassa fitoplanctônica (LUCAS, 2002).

Desta forma, em conjunto com a densidade celular, o método do volume celular (biovolume), bem como sua conversão em biomassa, foram escolhidos para expressar alternativamente a abundância do fitoplâncton no presente estudo. Estas medidas de abundância são especialmente relevantes em ambientes onde há uma grande diversidade de microalgas com tamanhos celulares contrastantes, como é o caso de ambientes que sofrem a ação de correntes e ondas, tais como as praias/zonas de arrebentação (LYAHK, 2007). No entanto, existe uma grande dificuldade para comparação dessas medidas com outros estudos. Isso ocorre porque muitos autores preferem expressar a biomassa fitoplanctônica com base em concentrações de clorofila-a, que é um método mais simples, porém menos confiável, já que existe na água, principalmente em áreas adjacentes a estuários e manguezais, uma variedade de outros resíduos vegetais além das células fitoplanctônicas.

Os valores máximos de biovolume chegaram a $299 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ em 03/05/2010, com um segundo pico de $118 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ registrado em 18/02/2011. Todos os outros valores foram menores do que $100 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$, ou um terço do maior valor registrado (Tab. 7). Os maiores valores foram geralmente registrados no fim do verão e início do outono de 2010, principalmente associado à presença de grandes diatomáceas, que neste período representaram entre 96% a 99% da abundância total. Apesar da maior abundância, (em número de células) de diatomáceas penadas nesse período, as cêntricas foram responsáveis pelos elevados valores de biovolume total devido aos seus maiores tamanhos celulares, principalmente as células de *Coscinodiscus* spp. Esse período é comumente associado à passagem pelo local de frentes frias vindas do sul, gerando turbulência pela incidência de ondas de elevada energia associadas a ventos fortes (REZENDE & BRANDINI, 1997), o que ultimamente favorece o acúmulo e a produtividade de grandes diatomáceas junto à costa (BROWN & MCLACHLAN, 1990), conforme discutido a seguir.

Uma grande proporção da comunidade de diatomáceas vive em contato com o sedimento. Como o incremento de ondas durante tempestades causa um grande distúrbio no sedimento e expande a zona de surf em direção ao mar, uma grande proporção da população de diatomáceas bênticas entra na coluna d'água (TALBOT & BATE, 1990). Conseqüentemente, um enriquecimento e o subsequente acúmulo de diatomáceas ocorrem

durante e imediatamente depois de condições de alta energia de ondas. Durante tempo calmo, em épocas de baixa ação de ventos e ondas, grande parte da população de diatomáceas pode até ser removida da zona de surf e acumulada em áreas mais distantes da costa (TALBOT & BATE, 1990).

No período de março a junho/2010, o biovolume e a abundância celular tiveram valores bastante altos, contrastando com o período entre os meses de agosto e outubro/2010, onde ocorreu os maiores valores de biovolume médio ($3,46 \text{ mm}^3 \text{ cél.L}^{-1}$ em 20/08/2010), porém a abundância foi baixa (com no máximo $2,7 \times 10^3 \text{ cél.L}^{-1}$ na mesma data). A provável causa deste contraste é a presença de células com alto biovolume, como o caso de *Coscinodiscus wailesii*, *Coscinodiscus* spp. e *Ceratium fusus*, presentes nesse período. Já as altas abundâncias do primeiro semestre de 2010 se deu pela presença de *Asterionellopsis glacialis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudo-nitzschia* morfotipo 1 e outras diatomáceas pequenas.

O valor mínimo de biovolume total, $0,21 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$, foi calculado em 13 de maio de 2011, curiosamente na mesma época em que o pico máximo de biovolume do ano anterior foi registrado. Outros valores reduzidos de biovolume total foram registrados ao longo do outono de 2011 e durante o período de final de primavera de 2010 e início do verão de 2011. Esses baixos valores foram ocasionados provavelmente por uma maior abundância de células pequenas, pois os valores mínimos de densidade celular não correspondem a esta data, porém o biovolume médio, neste mesmo período tem o seu menor índice. Sabe-se que grandes diatomáceas atingem menores produtividades em ambientes com pouca turbulência (RÖRIG *et al.*, 1997), geralmente presentes durante a primavera e verão na região de estudo (PROCOPIAK, 2006). Entretanto, devido à falta de dados meteorológicos nos períodos em que os menores valores de biovolume total foram estimados, não se pode afirmar ao certo quais foram as condições meteorológicas associadas a estes eventos.

Em estudo realizado no Canal da Passagem – Vitória (ES), Figueiredo (2000) verificou valores oscilando entre $0,02$ e $30,9 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$. Já em sistemas estuarinos, como na Lagoa dos Patos (RS), Bergesch & Odebrecht (1997) obtiveram valores entre $0,79$ e $82,6 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$. Assim, os valores encontrados na praia de Pontal do Sul (PR), podem ser considerados altos quando comparados aos valores máximos observados nos estuários acima citados. Isto provavelmente se deve à melhor adaptação de células maiores, principalmente diatomáceas, na zona de arrebentação de praias arenosas.

Já em relação ao conteúdo de carbono, o maior valor foi registrado em 10/06/2010, com $266 \mu\text{g L}^{-1}$. Os principais picos de conteúdo de carbono estão nos meses referentes ao outono de 2010. A relação entre a biomassa e o biovolume foi bastante oscilante, isso se deve aos diferentes tamanhos de células, como nem todas as classes de tamanho foram abrangidas no estudo, essa oscilação é explicada pela presença de determinadas espécies.

Por exemplo, no mês de setembro/2010 (03/09) ocorreu a menor relação biomassa/biovolume, provavelmente, graças a grande quantidade de espécies de pequenas diatomáceas, como *Asterionellopsis glacialis* e *Thalassionema nitzschioides*.

Tabela 7- Valores calculados de biovolume e biomassa fitoplanctônica entre março/2010 e junho/2011 na Praia de Pontal do Sul, PR.

Data	Densidade Celular (cél.L ⁻¹)	Conteúdo de Carbono (mg)	Biovolume (mm ³)	Biovolume Médio (mm ³)
17/03/2010	429.861	71.692	85	0,0198
31/03/2010	201.988	71.867	58	0,0285
16/04/2010	127.109	94.728	31	0,0242
03/05/2010	604.002	116.466	299	0,0494
13/05/2010	381.620	236.919	90	0,0235
10/06/2010	125.627	266.129	94	0,0751
25/06/2010	11.760	44.394	10	0,0809
09/07/2010	105.245	149.951	43	0,0406
22/07/2010	38.829	71.089	53	0,1364
06/08/2010	186.692	25.329	38	0,0204
20/08/2010	27.062	58.127	94	0,3462
03/09/2010	7.844	2.129	14	0,1722
18/09/2010	24.317	42.861	56	0,2305
30/09/2010	17.370	24.123	43	0,2488
14/10/2010	3.571	9.869	12	0,3406
29/10/2010	8.585	19.684	20	0,2388
25/11/2010	8.648	727	0,83	0,0096
08/12/2010	18.826	29.981	8,16	0,0433
24/12/2010	10.697	12.417	6,7	0,0627
07/01/2011	107.858	7.470	2,95	0,0027
21/01/2011	161.982	24.321	24	0,0150
04/02/2011	54.125	26.852	47	0,0871
18/02/2011	110.603	93.933	118	0,1064
04/03/2011	212.577	57.223	87	0,0411
21/03/2011	260.035	37.672	39	0,0150
01/04/2011	187.476	234	0,28	0,0002
15/04/2011	38.437	7.553	12	0,0319
29/04/2011	65.499	2.314	0,78	0,0012
13/05/2011	70.990	182	0,21	0,0003
26/05/2011	76.481	2.108	0,55	0,0007
13/06/2011	13.727	15.116	15	0,1116

5.5. Relação entre os dados abióticos e a composição e abundância das microalgas

Foi observada, durante o presente estudo, uma relação inversa entre salinidade e temperatura da água (Fig. 10), visto que os meses mais quentes do ano são também aqueles em que ocorrem os maiores índices de precipitação pluviométrica, conseqüentemente diminuindo a salinidade nas águas costeiras. Não houve, entretanto, uma correlação significativa dos fatores abióticos medidos (salinidade, temperatura da água e altura de maré, com a abundância total ou de algum grupo específico de microalgas ($r^2 = 0,0005-0,094$). Em zonas de arrebentação, o regime de ventos tem sido apontado como um dos principais agentes mediadores das mudanças estruturais na comunidade fitoplanctônica (LEWIN & SCHAEFFER, 1983 *apud* REZENDE & BRANDINI, 1997), possivelmente explicando a ausência de correlação com os dados abióticos medidos no presente estudo.

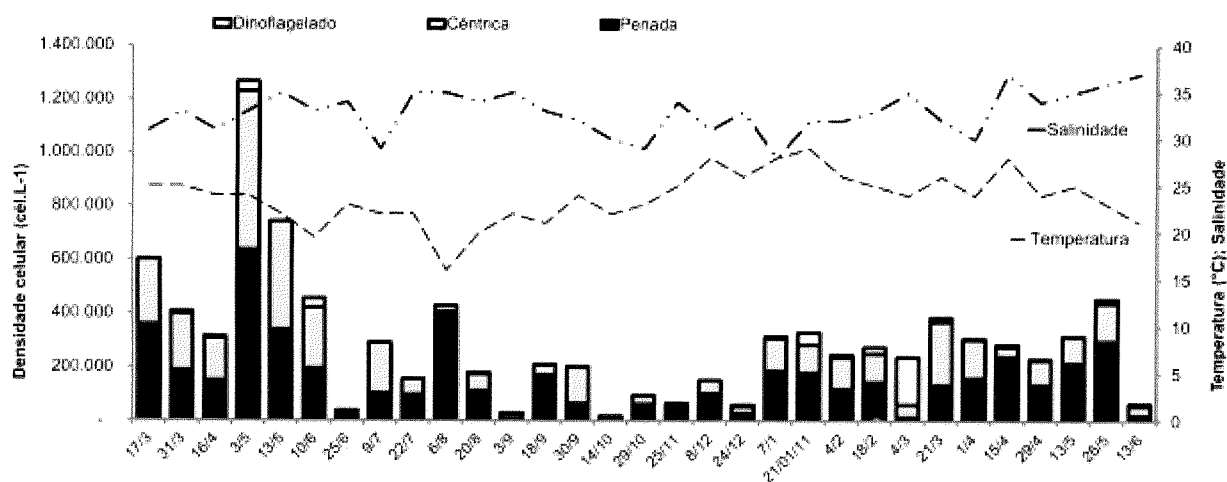


Figura 10 - Variação da salinidade e temperatura da água, e abundância absoluta (cél.L-1) dos principais grupos (dinoflagelados, diatomáceas cêntricas e penadas) de microalgas na Praia de Pontal do Sul, PR, entre 2010 e 2011.

Também não foi encontrada na zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul nenhuma correlação entre a dominância de determinados grupos morfo taxonômicos de microalgas e os fatores abióticos medidos, tais como salinidade e temperatura da água. A dominância de diatomáceas cêntricas sobre as penadas, revelada por um aumento na relação cêntricas/penadas (Fig. 11), foi mais evidente nos períodos de primavera (setembro e outubro/2010) e verão (março/2011), principalmente na coleta do dia 14/10/2010. Nesta ocasião foi a ausência de diatomáceas penadas, e não a abundância de cêntricas, que fez com que o índice tivesse seu pico máximo. Por outro lado, as diatomáceas penadas, grupo com diversas espécies bênticas, foram mais representativas no inverno e outono, quando condições de maior turbulência da água favorecem a ocorrência esporádica destas microalgas no plâncton.

Uma maior adaptabilidade dos dinoflagelados às condições ambientais vigentes durante a primavera e verão foi evidenciada pelo aumento na razão dinoflagelados/diatomáceas neste período, principalmente no dia 21/03/2011, onde ocorreu uma floração de *Ceratium fusus* (Fig. 11). De acordo com Margalef (1978), os dinoflagelados são capazes de controlar a sua flutuabilidade através dos flagelos diminuindo assim a sua taxa de sedimentação, apresentando um melhor desempenho competitivo quando a coluna d'água está estratificada (HARRIS, 1986).

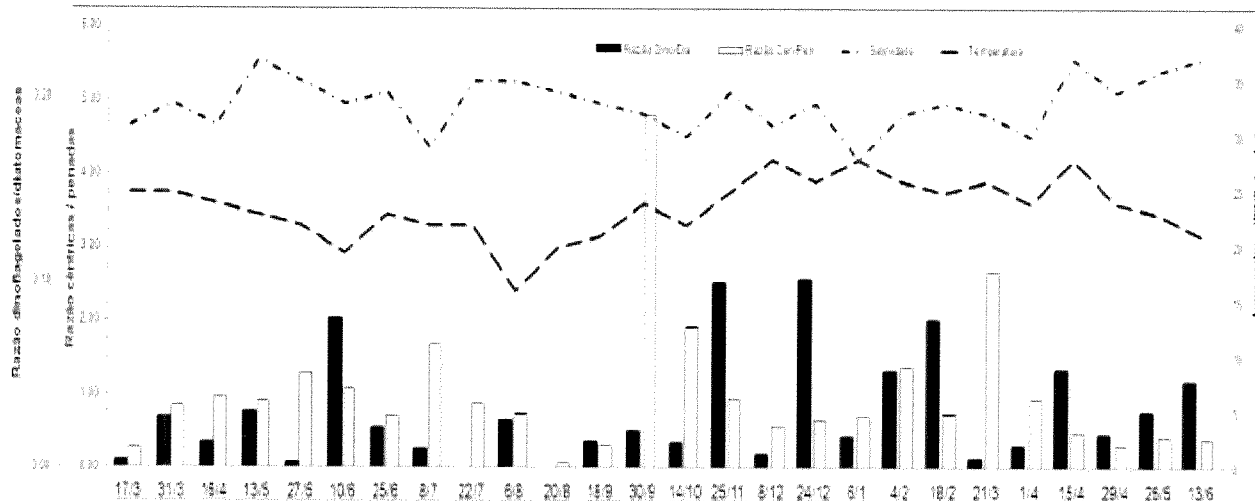


Figura 11 - Razões entre as abundâncias absolutas de dinoflagelado/diatomáceas (colunas claras) em relação aos fatores abióticos (salinidade e temperatura da água) observados em Pontal do Sul, PR, entre 2010 e 2011.

Durante o inverno, espécies de microalgas bênticas, tais como *Actynophycus* sp., *Coscinodiscus centralis*, *Diploneis* sp., *Navicula* spp., *Odontella* sp. e *Pleurosigma* sp., ocorreram esporadicamente no local de estudo. Além destas, *Paralia sulcata* e *Cyclotella* spp. estiveram presentes em todas as amostras durante este período (Tab. 4).

Segundo Fernandes (1992, apud BRANDINI & FERNANDES, 1996), além de ressuspender nutrientes do fundo, a turbulência gerada por ventos fortes durante o inverno pode também aumentar a densidade de diatomáceas em áreas da costa adjacente a Baía de Paranaguá, com uma significativa contribuição de espécies bênticas, o que foi verificado no presente estudo. Segundo estudo de Moura et al, (2007), realizado em Pernambuco, estas espécies também estiveram presentes com maior frequência no inverno. A ocorrência de microalgas bênticas no plâncton da zona de arrebentação de praias costeiras é, portanto, esperada, e serve como um bioindicador de períodos ou locais de maior energia de ondas incidentes, comuns neste período.

Brandini & Fernandes (1996), num estudo realizado na Baía de Paranaguá, PR, notaram a dominância das diatomáceas *Navicula* sp. *Melosira* sp., *Coscinodiscus* sp, *Thalassiosira* sp., *Cylindrotheca closterium*, *Licmophora* sp., *Nitzschia* aff. *longissima* e

Pleurosigma sp. durante períodos chuvosos do verão, sugerindo que a produção da comunidade é controlada principalmente pela temperatura. No presente estudo, as diatomáceas *Coscinodiscus* spp. e *Pleurosigma* sp. (100% de ocorrência durante os meses de verão), *Navicula* sp. (90%) e *C. closterium* (80% de ocorrência), apesar de não serem as mais abundantes, foram as de maior frequência nos meses de verão. Além disto, a diatomácea *Melosira* sp. foi registrada somente nesse período durante o presente estudo. A presença desta associação de diatomáceas pode, portanto, ser utilizada como indicadora de condições típicas de verão no local de estudo.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A comunidade fitoplanctônica no local de estudo tende a ser mais abundante e diversa nos meses de verão e outono. O biovolume total também acompanhou este padrão, sugerindo que a produção da comunidade é estimulada em períodos de temperaturas mais altas, maiores pluviosidade (outono) e maior turbulência causada pela entrada mais freqüente de sistemas frontais (frentes frias);
- A turbulência na coluna d'água, gerada pelos ventos mais intensos durante a passagem de frentes frias, tem influência direta, principalmente sobre as diatomáceas, que se mostraram bem adaptadas a zona de arrebentação da Praia de Pontal do Sul;
- A densidade celular de dinoflagelados tende a ser maior na estação chuvosa e de maior estabilidade na coluna d'água (verão), do que na estação seca e de maior turbulência na água (inverno);
- Medidas de biovolume e biomassa devem ser preferencialmente utilizadas para se expressar a abundância do fitoplâncton na zona de arrebentação de praias arenosas, já que densidades celulares nem sempre refletem a grande contribuição de biomassa das diatomáceas de grande porte;
- Algumas espécies podem ser indicadoras de condições típicas das estações do ano, como *Melosira* sp., típica de verão, e *Paralia sulcata* e *Pleurosigma* spp., indicadoras de condições normais de inverno na região;
- Apesar de não apresentarem uma grande densidade celular, as microalgas potencialmente nocivas estão presentes na Praia de Pontal do Sul/PR, logo, um monitoramento contínuo deve ser realizado, dado que toxinas produzidas por estas microalgas podem se acumular ao longo da cadeia trófica, principalmente em organismos da meio-fauna, como moluscos bivalves;
- Monitoramentos contínuos do fitoplâncton devem ser aplicados, não somente nas baías paranaenses, mas também nas praias adjacente, já que o consumo de organismos contaminados representa também um risco à saúde pública.

7. REFERÊNCIAS

- ALBERTINI, A. L. (2008) **Caracterização das correntes da plataforma rasa no Balneário de Shangrilá, PR, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná
- ALVES, F. (2004) Política Ambiental: A mineração está tentando fazer o seu dever de casa. In: **Revista Brazil Mineral**. Edição Especial Mineração e Meio Ambientes. n. 228, p.6-13.
- ANDERSON, D. M.; ANDERSEN, P.; BRICELJ, V. M.; CULLEN, J. J.; RENSEL, J. E. J. (2001) Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters. **Asia Pacific Economic Program, Singapura, e Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series N° 59**, Paris.
- ANGULO, R. J. (1992). **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. Unpublished PhD's Thesis. Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ANGULO, R. J. (1993) Morfologia e gênese das dunas frontais do litoral do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 23(1). p. 68-80 Curitiba, Paraná.
- ANGULO, R. J. (1993) Morfologia e gênese das dunas frontais do litoral do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 23(1). p. 68-80 Curitiba, Paraná.
- ANGULO, R. J. et. al.(2006) Paraná. In: MUEHE, D. Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: MMA. p. 347-399
- ARAÚJO, C. E. S.; FRANCO, D.; MELO, E.; PIMENTA, F. (2003) Wave Regime Characteristics of The Southern Brazilian Coast. Proceedings of the sixth International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, COPEDEC VI, Colombo, Sri Lanka, Paper n° 097; pp 15
- BALDAN, A. P.; BENDHACK F. (2009). Maricultura Sustentável No Litoral Do Paraná, Brasil: atualidades e perspectivas. Sustainable Mariculture In Paraná Coast, Brazil: Updates And Perspectives. **Rev. Acad. Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 7, n. 4.
- BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C. (1997) Análise do fitoplâncton, protozooplâncton e de alguns fatores abióticos no estuário da Lagoa dos Patos. **Atlântica**, v.19, p.31-50.
- BIGARELLA, J. J. et al. (1978): **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional)**. Curitiba, Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado e Planejamento – Associação de Defesa e Educação Ambiental (ADEA). 284f.
- BRANDINI, F. P.; FERNANDES, L. F. (1996) Microalgae of the continental shelf off Paraná State, southeastern Brazil: a review of studies. **Rev. Bras. Oceanogra.**, 44(1):69-80
- BRANDINI, FP, CAC THAMM. 1994. Variação diárias e sazonais do fitoplâncton e parâmetros ambientais na baía de Paranaguá. **Nerítica**, 8 (1-2): 55-72.

- BROWN, A. C. 1964. Food relationships on the intertidal sandy beaches of the Cape Peninsula. **South African Journal of Sciences**. n. 60, 35-41pp.
- BROWN, A. C.; McLACHLAN, A. 1990. **Ecology of Sandy Shores**. Elsevier, Amsterdam. 328pp.
- BURNS, C. L. et al. (2000) The effect of nitrogen source on the growth and toxicity of three potentially harmful dinoflagellates. **Journal of Phycology**, v.36(3), p. 97-105.
- CAVALCANTE, K. P. (2011). **Taxonomia da diatomácea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia Peragallo* (Bacillariophyceae) em áreas de maricultura de Santa Catarina**. 71 f. Dissertação (Pós-Graduação em Botânica). Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CHAVES, P. et al. (2002). Biological, technical and socioeconomic aspects of the fishing activity in a Brazilian estuary. **Journal of Fish Biology**, London, v. 61, Supplement A, p. 52-59.
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2009) Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2008-2009. v. 30. Florianópolis
- FAUST, M. A.; GULLEDGE R. (2002) **Identifying Harmful marine dinoflagellates**. Contributions from the United States national herbarium. 42:1-144.
- FERNANDES, L. F. (1992) **Variação sazonal do fitoplâncton e parâmetros hidrográficos em uma estação costeira de Paranaguá - Paraná**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- FERNANDES, L.F. & BRANDINI, F.P. 2004. Diatom associations in shelf waters off Parana State, Southern Brazil: annual variation in relation to environmental factors. **Braz. J. Oceanogr.** 52(1):19-34
- GRASSI, R. M. (não publicado). **Copépodes da zona de arrebentação de Pontal do Sul – PR**.
- HALLEGRAEFF, G. M.; ANDERSON, D. M.; CEMBELLA, A. D. (2003). **Manual on Harmful Marine Algae**. França: UNESCO Publishing.
- HARRIS, G. P. (1986) **Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation**. London, New York, Chapman and Hall.
- HEGARET, H.; WIKFORS, G.H. (2005) Time-dependent changes in hemocytes of eastern oysters, *Crassostrea virginica*, and northern bay scallops, *Argopecten irradians irradians*, exposed to a cultured strain of *Prorocentrum minimum* **Harmful Algae**, v. 4(2), p. 187-199.
- HILLEBRAND, H. & SOMMER, U. 1997. Response of epilithic microphytobenthos of the Western Baltic Sea to in situ experiments with nutrient enrichment. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 160:35-46.
- HILLEBRAND, H., DÜRSELEN, C. D., KIRSCHTEL, D., POLLINGHER, D. AND ZOHARY, T. (1999) Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **J. Phycol.**, 35, 403-424

HOEFEL, F. G. (1998) **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Editora da Universidade do Vale do Itajaí, p. 92.

<http://www.algaebase.org>; searched on 9 August 2011.

<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/TabuasMare.htm> último acesso 15/09/2011.

IOC – UNESCO. Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. <http://www.marinespecies.org/hab/> último acesso em 01/11/2011.

KNOPPERS, B. A.; BRANDINI, F. P.; THAMM, C. A. (1987). Ecological studies in the Bay of Paranaguá. II – Some physical and chemical characteristics. **Nerítica**, v:2. 1-36pp.

LEWIN, J.; SCHAEFER, C. T. (1983). The Role of Phytoplankton in Surf Ecosystems. In: MCLACHLAN, A. & ERASMUS, T. **Sandy Beaches as Ecosystems**. Amsterdam: Junk. 413-419 pp.

LOURENÇO, S. O. (2006). **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos: RiMa.

LUCAS, P. S. (2002) **Influência de uma estação de tratamento de esgoto sobre um sub-sistema estuarino (Canal da Passagem, Vitória, ES): comunidade fitoplanctônica e nutrientes**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 120f.

LUNDHOLM N, HANSEN PJ, KOTAKI Y (2004) Effect of pH on growth and domoic acid production by potentially toxic diatoms of the genera *Pseudo-nitzschia* and *Nitzschia*. **Mar Ecol. Prog Ser** 273:1–15

M.D.GUIRY IN GUIRY, M.D. & GUIRY, G.M. (2011). *Algae Base*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.

MACEDO, C. X. (2007). **Dinâmica temporal de microalgas de zona de arrebentação na Praia de Navegantes – SC**. 93 f. Dissertação (Mestre em Sistemas Costeiros e Oceânicos) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná.

MAFRA Jr., L. L. (2005) **Microalgas nocivas e ficotoxinas no complexo estuarino de Paranaguá: subsídios para o monitoramento**. Dissertação (Mestrado), Departamento de Botânica, Universidade Federal do Paraná, 156p.

MAFRA Jr., L. L. Jr.; FERNANDES, L. F.; PROENÇA, L. A. O. 2006. Harmful algae and toxins in Paranaguá Bay, Brazil: Bases for monitoring. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 54. 2-3pp.).

MARGALEF, R. (1976) Diversity. In: SOURNIA, A. (Ed.). **Phytoplankton manual**. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle. UNESCO.

MARGALEF, R. (1978) Diversity. In: SOURNIA, A. **Phytoplankton manual**. United Kingdom. UNESCO, p. 251-60.

MARGALEF, R., ESTRADA, M. & BLASCO, D., (1979) Functional morphology of organisms involved in red tides, as adapted to decaying turbulence. In: Taylor, D.L., Seliger, H.H. (Eds.), Toxic Dinoflagellate Blooms. Elsevier, New York, pp. 89–94.

MATSUURA, Y. (1986) Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). **Ciênc. Cult.**, São Paulo, 38:1439-1450.

MCLACHLAN, A. (1980) Exposed sandy beaches as semi-closed ecosystems. **Marine Environmental Research**, v. 4. p. 59-63.

MENDEN-DEUER S.; LESSARD E. J. (2000) Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. **Limnol Oceanogr.** 45: 569–579

MIZERKOWSKI, B. D. (2007). **Modelo comparativo do estado trófico estuarino: Babitonga, Guaratuba, Laranjeiras e Cananéia**. 134 f. Dissertação (Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos). Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MOREIRA, I. M.; MOREIRA FILHO, H. (1982) Contribuição ao estudo de Bacillariophyceae (Diatomáceas) de Caiobá, Estado do Paraná. **Acta. Biol. Paranaense**, Curitiba, 11(4):157-197

MOURA, A.N; BITTERN COURT-OLIVEIRA, M. C; NASCIMENTO, E. C. (2007) Benthic Bacillariophyta of the Papire River estuary in Pernambuco State, Brazil. **Braz. J. Biol.**, 67(3): 393-401

NATIONAL MARINE BIOTOXIN MANAGEMENT PLAN. (1996) Wellington: **New Zealand Marine Biotoxin Management Board**.

ODUM, E. (1988). **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara.

OLIVEIRA, A. S. (1986) **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e convecção da Amazônia**. Dissertação (Mestrado) - São José dos Campos, Instituto de Pesquisas Espaciais. São Paulo, São Paulo.

POTAPOVA, M. & SNOEIJIS, P. (1997) The natural life cycle in wild populations of *Diatoma moniliformis* (Bacillariophyceae) and its disruption in an aberrant environment. **J. Phycol.** 33:924–37.

PROCOPIAK, L. K.; FERNANDES, L. F.; MOREIRA-FILHO, H. (2006) Diatomáceas (Bacillariophyta) marinhas e estuarinas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase em espécies nocivas. **Biota Neotropica**. v.6, n.3, 28p.

PROENÇA, L. A. O.; MAFRA, L. L., JR. (2005) Ficotoxinas na costa brasileira. **Série Livros do Museu Nacional**, Rio de Janeiro.

REZENDE, K. R. V.; BRANDINI F. P. (1997). Variação do fitoplâncton na zona de arrebenção da praia de Pontal do Sul (Paranaguá – Paraná). **Nerítica**, v. 11. 49-62pp.

REZENDE, KRV & FP BRANDINI. (1997). Variação do fitoplâncton na zona de arrebenção da praia de Pontal do Sul (Paranaguá – Paraná). **Nerítica**. 11: 49-62.

RIBEIRO, S. M. M. S. (1996) **Caracterização taxonômica e ecológica das comunidades pico-, nano- e microplancônicas, superficial e profunda, da zona eufótica do Atlântico Sul**. São Paulo: USP, 1996. 132 p. Tese (Doutorado). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

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

SHORT, A. D.; WRIGHT, L. D. 1983. Physical variability of sandy beaches. In: MCLACHLAN, A. & ERASMUS, T. **Sandy Beaches as Ecosystems**. Amsterdam: Junk. 133-144pp.

SILVEIRA, I. C. A. et al. (2000) A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira **Rev. bras. oceanogr.** 48(2):171-183.

SOARES, A. G.; BORZONE, C. A.; SOUZA, J. R. B. 1996. Variações morfológicas e sedimentológicas ao longo de um ciclo anual numa praia arenosa do sul do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, 3: 245-258pp.

TALBOT, M. M. B.; BATE, G. C. & CAMPBELL, E.E. (1990) A review of the ecology of surf zone diatoms, with special reference to *Anaulus australis*. **Oceanography and Marine Biology**. An Annual Review 28: 155-175.

TEDESCO, E. C. 2006. **Estudo das diatomáceas da zona de arrebentação da Praia do Cururupe, Ilhéus – BA**. 82 f. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

UNESCO (IOC, 2003) **Manual on Harmful Marine Microalgae**. UNESCO

UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton: **Methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, v. 9.

VADRUCI, M.R., CABRINI, M., BASSET, A., (2007) Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystems of Mediterranean Ecoregion. **Transit. Waters Bull.** 2, 83-102.

VALENTE-MOREIRA, I.M. & MOREIRA FILHO, H. (1981) Diatomáceas de Pontal do Sul, Município de Paranaguá, Estado do Paraná, Brasil. (Chrysophyta, Bacillariophyceae). **Phycol. Lat. Amer. Vaduz.** 52:156-185.

VALENTE-MOREIRA, I.M. & MOREIRA FILHO, H. (1982) Contribuição ao estudo das Bacillariophyceae (Diatomáceas) de Caiobá, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Biol. Parana.** 110(11):157-197.

VENRICK, E.L. (1978) How many cells to count? In: SOURNIA, A. (Ed.)