



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

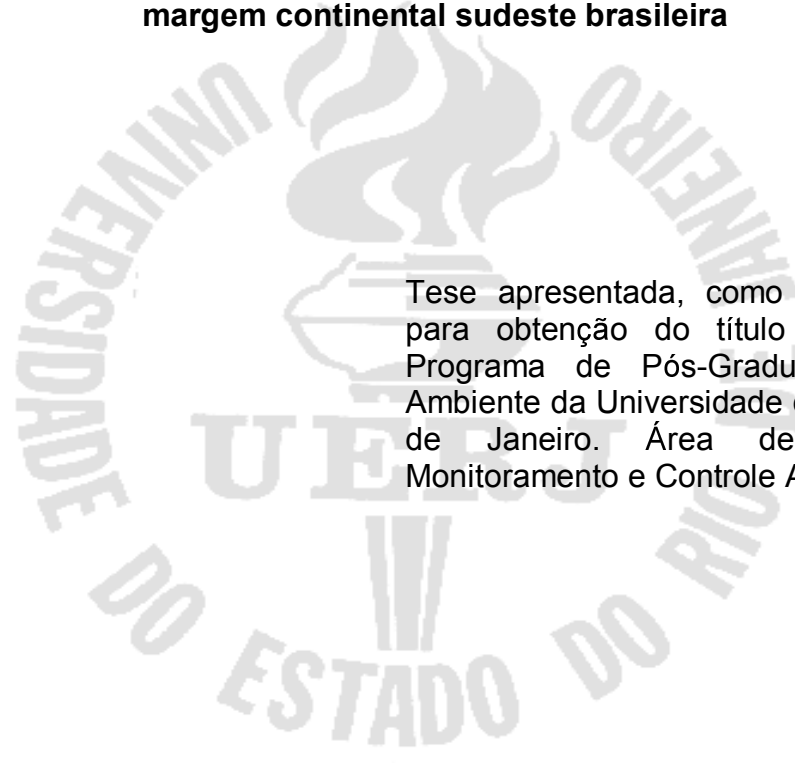
Nathália Oliveira de Castro

**O efeito das plumas estuarinas de sistemas tropicais eutróficos
sobre a comunidade fitoplanctônica, incluindo espécies
potencialmente nocivas, na margem continental sudeste brasileira**

Rio de Janeiro
2016

Nathália Oliveira de Castro

O efeito das plumas estuarinas de sistemas tropicais eutróficos sobre a comunidade fitoplanctônica, incluindo espécies potencialmente nocivas, na margem continental sudeste brasileira



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Monitoramento e Controle Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dra. Gleyci Aparecida de Oliveira Moser

Rio de Janeiro

2016

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

C355 Castro, Nathália Oliveira de.
O efeito das plumas estuarinas de sistemas tropicais eutróficos sobre a comunidade fitoplanctônica, incluindo espécies potencialmente nocivas, na margem continental sudeste brasileira / Nathália Oliveira de Castro. – 2016.
229 f. : il.

Orientadora: Gleyci Aparecida de Oliveira Moser.
Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

1. Ecologia aquática – Brasil - Teses. 2. Ecologia dos estuários – Santos, Bacia de (RJ) – Teses. 3. Fitoplâncton – Teses. I. Moser, Gleyci Aparecida de Oliveira. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 574.5(81)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Nathália Oliveira de Castro

O efeito das plumas estuarinas de sistemas tropicais eutróficos sobre a comunidade fitoplanctônica, incluindo espécies potencialmente nocivas, na margem continental sudeste brasileira

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Monitoramento e Controle Ambiental.

Aprovada em 07 de novembro de 2016.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Gleyci A. de Oliveira Moser (Orientadora)
Faculdade de Oceanografia - UERJ

Prof^a. Dra. Josefa Varela Guerra
Faculdade de Oceanografia - UERJ

Prof^a. Dra. Mariângela Menezes
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof^a. Dra. Patrícia Domingos
Instituto de Biologia - UERJ

Prof^a. Dra. Sílvia Mattos Nascimento
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Marinha do Brasil pelo apoio logístico durante a realização das coletas.

À professora Dra. Áurea Ciotti pelo convite à participação da Comissão Oceano-Rio I (MCT- I).

Ao Dr. Alexandre Fernandes pela humildade em compartilhar seus conhecimentos.

Ao Dr. Alexandre Azevedo pela generosidade e confiança que abriram as portas dessa etapa.

À Dra. Josefa Guerra por acompanhar minha trajetória com carinho.

À Domênica e Michelle pelo apoio essencial nos momentos difíceis.

À Gleyci por me acolher e estimular sempre. Por chegarmos até aqui.

À minha irmã pela fé inabalável. Por ser, eternamente, meu maior exemplo e melhor companhia.

Aos meus pais pelo amor que não cabe em palavras.

RESUMO

CASTRO, N. O. de. *O efeito das plumas estuarinas de sistemas tropicais eutróficos sobre a comunidade fitoplanctônica, incluindo espécies potencialmente nocivas, na margem continental sudeste brasileira*. 2016. 229f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

Diferenças na disponibilidade de nutrientes e luz associadas aos diferentes regimes hidrográficos selecionam organismos fitoplanctônicos com distintas adaptações. No Brasil, enquanto a maior parte dos estudos relaciona a Corrente do Brasil (CB), e sua atividade de mesoescala, às alterações na densidade do fitoplâncton, poucos de fato são os que investigam as modificações na abundância e estrutura da comunidade fitoplanctônica devido à influência continental, especialmente na margem sudeste. Sobretudo, torna-se primordial conhecer a influência das baías costeiras altamente degradadas, tais como as baías de Guanabara e Sepetiba (RJ), sobre a plataforma adjacente a fim de compreender quais as principais causas de florações de algas nocivas (FANs). Com o objetivo de avaliar a distribuição espacial da comunidade fitoplanctônica na porção da margem continental brasileira situada entre 22°S e 26°S (Bacia de Santos) foram realizadas 29 estações oceanográficas em Junho de 2010 (inverno austral). A classificação funcional baseada na morfologia refletiu distintas estratégias de sobrevivência. Espécies de coccolitoforídeos e dinoflagelados, estresse-tolerantes e colonizadores, dominaram as águas oligotróficas da plataforma externa e talude superior, características da Água Tropical (AT), onde a densidade total foi da ordem de 10^4 cél.L⁻¹. Flagelados nanoplânctônicos (estresse-tolerantes), diatomáceas e cianobactérias filamentosas (ruderais) foram os principais representantes na plataforma interna e média, onde a ação de massas com maior concentração de nutrientes, como a Água Costeira (AC) nas porções mais rasas e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) em subsuperfície, elevou as densidades totais para 10^4 e 10^5 cél.L⁻¹. Espécies potencialmente nocivas foram identificadas ao longo de toda a área com densidades de até 10^5 cél.L⁻¹. Como as diatomáceas *Ceratoneis closterium*, *Thalassionema nitzschioides* e *Thalassiosira* cf. *delicatula*, os dinoflagelados *Prorocentrum* cf. *balticum*, *P.* cf. *mexicanum*, *P. micans* e *Tripos fusus*, além do ciliado fototrófico *Mesodinium rubrum*, foram as que melhor responderam à presença das plumas das baías de Guanabara e Sepetiba, sugere-se que as mesmas sejam monitoradas a fim de evitar ou controlar os efeitos negativos de eventuais florações no litoral do Estado do Rio de Janeiro. Espécies produtoras de ácido ocadáico, como *Dinophysis acuminata*, merecem também atenção por serem registradas na entrada da baía de Guanabara com densidades (10^3 cél.L⁻¹) consideradas suficientes para o desencadeamento de efeitos nocivos.

Palavras-chave: Fitoplâncton. Baías costeiras. Plumais estuarinas. Água Central do Atlântico Sul. Florações de algas nocivas. Grupos Funcionais. Bacia de Santos.

ABSTRACT

CASTRO, N. O. de. *The effect of estuarine plumes of eutrophic tropical systems over the phytoplankton community, including harmful species, in the southeastern Brazilian continental margin*. 2016. 229f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

Differences in the availability of nutrients and light associated with different hydrographic regimes select phytoplanktonic organisms with distinct adaptations. In Brazil, while most of the studies relate the Brazil Current (BC), and its mesoscale activity, to shifts in phytoplankton density, only few actually investigate changes in the abundance and structure of the phytoplanktonic community due to continental influence, especially on the southeastern margin. Above all, it's essential to know the influence of coastal bays undergoing an advanced process of degradation, such as the Guanabara and Sepetiba bays (RJ) on the adjacent shelf in order to understand the main causes of harmful algae blooms (HABs). With the aim to evaluate the spatial distribution of the phytoplankton community in the portion of the Brazilian continental margin between 22°S and 26°S (Santos Basin) were performed 29 oceanographic stations in June 2010 (austral winter). The functional classification based on morphology reflected distinct survival strategies. Coccolithophorids and dinoflagellates, stress-tolerant and colonizing species, dominated oligotrophic waters of the outer continental shelf, characteristics of Tropical Water (TW), where total density was of the order of 10^4 cells.L⁻¹. Nanoplanktonic flagellates (stress-tolerant), diatoms and filamentous cyanobacteria (ruderals) were the major representatives in the internal and middle shelf, where the action of water masses with higher nutrient concentration, such as the Coastal Water (CW) in the shallower portions and the South Atlantic Central Water (SACW) at subsurface, raised total densities to 10^4 and 10^5 cells.L⁻¹. Potentially harmful species were identified throughout the entire area with densities of up to 10^5 cells.L⁻¹. As the diatoms *Ceratoneis closterium*, *Thalassionema nitzschioides* and *Thalassiosira* cf. *delicatula*, the dinoflagellates *Prorocentrum* cf. *balticum*, *P.* cf. *mexicanum*, *P. micans* and *Tripos fusus*, besides the phototrophic ciliate *Mesodinium rubrum*, were the ones that responded better to the presence of the plumes of Guanabara and Sepetiba bays, it is suggested that they must be monitored in order to prevent or control negative effects of any blooms on the coast of the State of Rio de Janeiro. Okadaic acid producing species, such as *Dinophysis acuminata*, also deserve attention once they are registered at the entrance of the Guanabara bay with densities (10^3 cells.L⁻¹) considered to be sufficient to trigger harmful effects.

Keywords: Phytoplankton. Coastal bays. Estuarine plumes. South Atlantic Central Water. Harmful algae blooms. Functional groups. Santos Basin.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 1 - | A margem continental sudeste brasileira (19°S a 34°S)..... | 22 |
| Figura 2 - | Principais processos hidrodinâmicos que alteram a distribuição de massas de água na margem continental brasileira..... | 24 |
| Figura 3 - | Área de estudo com as 29 estações realizadas durante a Comissão MCT-I..... | 53 |
| Figura 4 - | Massas de água presentes na superfície e na PMC..... | 61 |
| Figura 5 - | Imagens de clorofila-a dos sensores Aqua e Terra, entre 25/06/2010 e 30/06/2010, indicando a formação da feição vortical nas imediações da Ilha de São Sebastião..... | 65 |
| Figura 6 - | Distribuição das densidades totais, do nanoplâncton e microfitoplâncton (cél.L ⁻¹) na superfície..... | 68 |
| Figura 7 - | Distribuição das densidades totais, do nanoplâncton e microfitoplâncton (cél.L ⁻¹) na PMC..... | 69 |
| Figura 8 - | Distribuição espacial geral e densidades (cél.L ⁻¹) dos grupos taxonômicos identificados em superfície..... | 70 |
| Figura 9 - | Distribuição espacial geral e densidades (cél.L ⁻¹) dos grupos taxonômicos identificados na PMC..... | 71 |
| Figura 10 - | Contribuições (%) dos grupos taxonômicos para o nanoplâncton e microfitoplâncton em superfície..... | 73 |
| Figura 11 - | Contribuições (%) dos grupos taxonômicos para o nanoplâncton e microfitoplâncton na PMC..... | 75 |
| Figura 12 - | Distribuição das densidades totais das cianobactérias filamentosas (filamentos.L ⁻¹) na superfície e na PMC..... | 76 |
| Figura 13 - | Distribuição espacial geral e densidades (cél.L ⁻¹) dos taxa classificados como abundantes em superfície..... | 79 |
| Figura 14 - | Distribuição espacial geral e densidades (cél.L ⁻¹) dos taxa classificados como abundantes na PMC..... | 80 |
| Figura 15 - | Distribuição espacial geral e densidades (filamentos.L ⁻¹) dos taxa de cianobactérias filamentosas classificados como abundantes em superfície..... | 82 |

| | |
|--|-----|
| Figura 16 - Distribuição espacial geral e densidades (filamentos.L ⁻¹) dos taxa de cianobactérias filamentosas classificados como abundantes na PMC..... | 83 |
| Figura 17 - Taxa frequentes e constantes e classificações nas estratégias C-S-R..... | 85 |
| Figura 18 - Distribuição espacial e densidades (cél.L ⁻¹) dos taxa classificados como frequentes em superfície..... | 87 |
| Figura 19 - Distribuição espacial e densidades (cél.L ⁻¹) dos taxa classificados como frequentes na PMC..... | 88 |
| Figura 20 - Distribuição espacial e densidades (cél.L ⁻¹) dos taxa classificados como constantes em superfície..... | 89 |
| Figura 21 - Distribuição espacial e densidades (cél.L ⁻¹) dos taxa classificados como constantes na PMC..... | 90 |
| Figura 22 - Distribuição espacial dos grupos descritos pela análise de cluster dos taxa frequentes e constantes na superfície e na PMC..... | 92 |
| Figura 23 - Análise de correlação canônica aplicada às densidades dos taxa frequentes e constantes e aos fatores ambientais (temperatura, salinidade, nutrientes)..... | 94 |
| Figura 24 - Diagrama esquemático das características gerais da área de estudo..... | 95 |
| Figura 25 - Número de espécies potencialmente nocivas na superfície e na PMC..... | 100 |
| Figura 26 - Contribuições (%) dos grupos taxonômicos para o nanoplâncton e microfitoplâncton potencialmente nocivos na superfície..... | 102 |
| Figura 27 - Contribuições (%) dos grupos taxonômicos para o nanoplâncton e microfitoplâncton potencialmente nocivos na PMC..... | 103 |
| Figura 28 - Espécies potencialmente nocivas e classificações nas estratégias C-S-R..... | 105 |
| Figura 29 - Distribuição espacial e densidades (cél.L ⁻¹) das espécies potencialmente nocivas de diatomáceas em superfície..... | 109 |

| | |
|---|-----|
| Figura 30 - Distribuição espacial e densidades (cél.L ⁻¹) das espécies potencialmente nocivas de diatomáceas na PMC..... | 110 |
| Figura 31 - Distribuição espacial e densidades (cél.L ⁻¹) das espécies potencialmente nocivas de dinoflagelados em superfície..... | 113 |
| Figura 32 - Distribuição espacial e densidades (cél.L ⁻¹) das espécies potencialmente nocivas de dinoflagelados na PMC..... | 114 |
| Figura 33 - Distribuição espacial e densidades (cél.L ⁻¹) de <i>Dictyocha fibula</i> em superfície e na PMC..... | 115 |
| Figura 34 - Distribuição espacial e densidades (cél.L ⁻¹) de <i>Mesodinium rubrum</i> em superfície e na PMC..... | 116 |
| Figura 35 - Distribuição espacial e densidades (filamentos.L ⁻¹) de <i>Trichodesmium erythraeum</i> em superfície e na PMC..... | 117 |
| Figura 36 - Distribuição espacial dos grupos descritos pela análise de cluster das espécies potencialmente nocivas na superfície e na PMC..... | 119 |
| Figura 37 - Análise de correlação canônica aplicada às densidades das espécies potencialmente nocivas e aos fatores ambientais (temperatura, salinidade, nutrientes)..... | 120 |
| Figura 38 - Diagrama esquemático para as espécies nocivas..... | 121 |
| Figura 39 - Locais dos eventos de FANs que ocorreram ao longo da última década na zona costeira brasileira..... | 172 |
| Figura 40 - Pontos ao longo do litoral do Estado do Rio de Janeiro que podem ser afetados por FANs em virtude da ação das plumas estuarinas oriundas das baías de Guanabara e Sepetiba..... | 173 |
| Figura 41 - Sugestão de protocolo para políticas de monitoramento e controle das FANs na margem continental sudeste brasileira..... | 175 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------|---|-----|
| Tabela 1 - | Espécies associadas às massas de água características da CB..... | 33 |
| Tabela 2 - | Principais síndromes associadas às toxinas sintetizadas por algas marinhas e seus impactos nas zonas costeiras ao redor do mundo..... | 49 |
| Tabela 3 - | Recomendações para o cálculo do biovolume sobre a quantidade de células medidas, a magnificação do microscópio para diminuir erros e o número de modelos geométricos adotados..... | 58 |
| Tabela 4 - | Concentrações de nutrientes inorgânicos (μM) na superfície e PMC de cada estação..... | 62 |
| Tabela 5 - | Média e desvio-padrão das concentrações de nutrientes inorgânicos (μM) e dos valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e salinidade registrados nas massas de água identificadas durante a Comissão MCT-I..... | 64 |
| Tabela 6 - | Quantidade de taxa reconhecidos por grupos taxonômicos..... | 66 |
| Tabela 7 - | Principais características dos taxa classificados como frequentes e constantes durante a Comissão MCT-I..... | 84 |
| Tabela 8 - | Espécies formadoras de florações algais nocivas (FANs) identificadas durante a Comissão MCT-I..... | 97 |
| Tabela 9 - | Principais características das espécies potencialmente nocivas identificadas durante a Comissão MCT-I..... | 106 |
| Tabela 10 - | Características gerais dos setores individualizados durante a Comissão MCT-I..... | 128 |
| Tabela 11 - | Setores descritos na literatura para a margem continental brasileira e os apresentados no presente trabalho..... | 132 |
| Tabela 12 - | Resumo dos registros, obtidos em jornais eletrônicos, de modificações nos ambientes costeiros dos principais centros urbanos do Brasil, ao longo da última década, em virtude da ocorrência de FANs..... | 153 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 13 - Limites aceitos no Brasil das biotoxinas sintetizadas por algas que suspendem a retirada de moluscos bivalves segundo o PNCMB..... | 159 |
| Tabela 14 - Limites aceitos das biotoxinas sintetizadas por algas marinhas para o consumo de moluscos bivalves na União Europeia..... | 162 |
| Tabela 15 - Limites das toxinas sintetizadas por algas marinhas para o consumo de moluscos bivalves em países fora da União Europeia..... | 163 |
| Tabela 16 - Instituições que oferecem canais de registro e informação sobre as FANs no ambiente costeiro..... | 167 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|---|
| abr | Abril |
| AC | Água Costeira |
| ACAS | Água Central do Atlântico Sul |
| ACC | Análise de Correlação Canônica |
| AD | Ácido domóico |
| AESA | Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos |
| ago | Agosto |
| AL | Alagoas |
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| ANP | Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis |
| ANZFA | Autoridade Alimentar da Austrália e Nova Zelândia |
| AO | Ácido ocadáico |
| AP | Água de Plataforma |
| ASP | <i>Amnesic Shellfish Poisoning</i> |
| AT | Água Tropical |
| AZAs | Azaspirácidos |
| BA | Bahia |
| BG | Baía de Guanabara |
| BS | Baía de Sepetiba |
| BTXs | Brevetoxinas |
| BU | Baía de Ubatuba |
| CB | Corrente do Brasil |
| CE | Ceará |
| CEBIMAR | Centro de Biologia Marinha |
| CENR | <i>Committee on Environment and Natural Resources</i> |
| CF | Cabo Frio |
| cf. | <i>Conferatum</i> |
| CIRM | Comissão Interministerial para os Recursos do Mar |
| CLD | Camadas limites de difusão |
| CM | Corrente das Malvinas |

| | |
|-------------|---|
| CNUDM | Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar |
| COI | Comissão Oceanográfica Intergovernamental |
| CTD | Condutividade, temperatura e pressão (<i>conductivity, temperature and depth</i>) |
| CTXs | Ciguatoxinas |
| dez | Dezembro |
| DSP | <i>Diarrhetic Shellfish Poisoning</i> |
| DTXs | Dinophysistoxinas |
| ECOHAB | <i>Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms</i> |
| EPA | <i>Environmental Protection Agency</i> |
| ES | Espírito Santo |
| EUA | Estados Unidos da América |
| FANs | Florações de algas (ou algais) potencialmente nocivas |
| FAO | <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> |
| FAOC | Faculdade de Oceanografia |
| FDA | <i>Food and Drug Administration</i> |
| fev | Fevereiro |
| GERCO | Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro |
| HAB | <i>Harmful Algal Bloom</i> |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| INEA | Instituto Estadual do Ambiente |
| ISS | Ilha de São Sebastião |
| jan | Janeiro |
| JICA | <i>Japan International Cooperation Agency</i> |
| jul | Julho |
| jun | Junho |
| LABCULT | Laboratório de Cultivo e Ecologia de Microalgas Marinhas |
| <i>LMEs</i> | <i>Large Marine Ecosystems</i> |
| mai | Maio |
| mar | Março |
| Máx. | Densidade máxima |
| MDL | Máxima dimensão linear |
| Méd. | Densidade média |

| | |
|-------------|--|
| MERHAB | <i>Monitoring and Event Response for Harmful Algal Blooms</i> |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| n.a. | Amostra não-analisada |
| N.d. | Não detectado |
| NCCOS | <i>National Centers for Coastal Ocean Science</i> |
| NIMH | <i>National Institute of Mental Health</i> |
| NOAA | <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> |
| nov | Novembro |
| NSP | <i>Neurotoxic Shellfish Poisoning</i> |
| OF | Estação offshore |
| OMI | Organização Marítima Internacional |
| OMS | Organização Mundial de Saúde |
| out | Outubro |
| PAST | <i>PAleontological STatistics</i> |
| PE | Pernambuco |
| pH | Potencial hidrogeniônico |
| PHYTO'PEDIA | <i>Phytoplankton Encyclopaedia Project</i> |
| PMC | Profundidade do máximo de clorofila |
| PNCMB | Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves |
| PNGC | Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro |
| PNMA | Política Nacional do Meio Ambiente |
| PNRH | Política Nacional de Recursos Hídricos |
| PNRM | Política Nacional para os Recursos do Mar |
| PR | Paraná |
| PSP | <i>Paralytic Shellfish Poisoning</i> |
| PTXs | Pectenotoxinas |
| RJ | Rio de Janeiro |
| RN | Rio Grande do Norte |
| RQA | Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira |
| RS | Rio Grande do Sul |
| SC | Santa Catarina |
| set | Setembro |

| | |
|--------|--|
| SMA-ZC | Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira |
| SOA | <i>State Oceanic Administration</i> |
| SP | São Paulo |
| STXs | Saxitoxinas |
| T1 | Transecto 1 |
| T2 | Transecto 2 |
| T3 | Transecto 3 |
| T4 | Transecto 4 |
| UERJ | Universidade do Estado do Rio de Janeiro |
| UFRJ | Universidade Federal do Rio de Janeiro |
| UNESCO | Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura |
| USP | Universidade de São Paulo |
| WoRMS | <i>World Register of Marine Species</i> |
| YTXs | Yessotoxinas |
| ZCS | Zona de Convergência Subtropical |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| % | Porcentagem |
| km | Quilômetro |
| km ² | Quilômetro ao quadrado |
| m | Metros |
| T | Temperatura |
| > | Maior |
| °C | Grau Celsius |
| S | Salinidade, superfície ou sul |
| < | Menor |
| ≈ | Aproximadamente |
| m ³ .s ⁻¹ | Metros cúbicos por segundo |
| µm | Micrometros |
| = | Igual à |
| x | Vezes (multiplicação) |
| cél.L ⁻¹ | Células por litro |
| L | Litros |
| filamentos.L ⁻¹ | Filamentos por litro |
| V | Volume |
| S/V | Razão superfície-volume |
| λ | Comprimento de onda |
| P _m ^B | Capacidade fotossintética |
| α | Eficiência fotossintética |
| K _s | Constante de meia-saturação |
| ≥ | Maior ou igual |
| mg.L ⁻¹ | Miligrama por litro |
| ≤ | Menor ou igual |
| µg.L ⁻¹ | Micrograma por litro |
| mg.kg ⁻¹ | Miligrama por quilo |
| unidades rato.kg ⁻¹ | Unidades rato por quilo |
| ppb | Partes por bilhão |

| | |
|----------------------|------------------------------------|
| hab.km ⁻² | Habitantes por quilômetro quadrado |
| mL | Mililitro |
| + | Mais ou soma |
| µm ³ | Micrometros cúbicos |
| h | Hora |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|-----|
| | INTRODUÇÃO | 19 |
| 1 | REFERENCIAL TEÓRICO | 22 |
| 1.1 | A margem continental sudeste brasileira | 22 |
| 1.2 | Comunidade fitoplanctônica na margem continental leste brasileira | 26 |
| 1.3 | Traços funcionais e a estrutura das comunidades fitoplanctônicas | 39 |
| 1.4 | Florações de algas potencialmente nocivas: aspectos gerais | 46 |
| 2 | OBJETIVOS | 51 |
| 2.1 | Objetivo geral | 51 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 51 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 53 |
| 3.1 | Área de estudo | 53 |
| 3.2 | Procedimentos de coleta | 54 |
| 3.3 | Análise e processamento dos dados | 55 |
| 3.3.1 | <u>Dados químicos e físicos</u> | 55 |
| 3.3.2 | <u>Fitoplâncton</u> | 56 |
| 3.3.3 | <u>Biovolume</u> | 57 |
| 3.3.4 | <u>Grupos funcionais</u> | 58 |
| 3.3.5 | <u>Análise estatística</u> | 59 |
| 4 | RESULTADOS | 60 |
| 4.1 | Caracterização geral da área | 60 |
| 4.1.1 | <u>Hidrografia e nutrientes</u> | 60 |
| 4.1.2 | <u>Composição da comunidade fitoplanctônica</u> | 66 |
| 4.1.3 | <u>Distribuição espacial dos taxa abundantes</u> | 78 |
| 4.2 | Classificação funcional da comunidade fitoplanctônica | 83 |
| 4.2.1 | <u>Classificação em grupos funcionais dos taxa frequentes e constantes</u> | 83 |
| 4.2.2 | <u>Distribuição espacial dos taxa frequentes e constantes</u> | 86 |
| 4.2.3 | <u>Análise estatística</u> | 91 |
| 4.3 | Espécies potencialmente nocivas | 96 |
| 4.3.1 | <u>Composição e riqueza</u> | 96 |
| 4.3.2 | <u>Classificação em grupos funcionais</u> | 104 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.3.3 | <u>Distribuição espacial</u> | 108 |
| 4.3.4 | <u>Análise estatística</u> | 117 |
| 5 | DISCUSSÃO | 122 |
| 5.1 | Setorização da plataforma e talude continental entre Cabo Frio e Ubatuba | 122 |
| 5.2 | Espécies potencialmente nocivas: presença e estratégias | 142 |
| 5.3 | Tratamento legal das FANs: comparar para melhorar | 150 |
| 5.3.1 | <u>FANs na zona costeira brasileira e a questão da eutrofização</u> | 151 |
| 5.3.2 | <u>Tratamento legal internacional das FANs</u> | 159 |
| 5.3.3 | <u>Monitoramento, economia e saúde</u> | 163 |
| 5.4 | Perspectivas para o futuro: onde e o que monitorar | 170 |
| | CONCLUSÕES | 176 |
| | REFERÊNCIAS | 179 |
| | APÊNDICE A - Estações e profundidades de coleta para a análise do fitoplâncton | 213 |
| | APÊNDICE B - Listagem taxonômica | 215 |
| | APÊNDICE C - Relação dos formatos geométricos associados aos taxa frequentes e constantes com a bibliografia consultada sobre o tema | 224 |
| | APÊNDICE D - Relação dos formatos geométricos associados às espécies potencialmente nocivas com a bibliografia consultada sobre o tema | 226 |

INTRODUÇÃO

Responsável por cerca de 50% da produção primária global, o fitoplâncton é essencial para as teias tróficas marinhas e para a vida na Terra. Seja controlando os ciclos biogeoquímicos, alterando a concentração de oxigênio disponível na atmosfera, o pH dos oceanos ou afetando a qualidade da água costeira, esse grupo de organismos exerce uma ampla gama de papéis no meio ambiente (BOYD et al., 2010; BREWIN et al., 2010; GARMENDIA et al., 2013; SUSINI-RIBEIRO et al., 2013).

Tendo como fatores limitantes ao seu desenvolvimento variáveis como luz, temperatura e nutrientes, que são influenciadas por forçantes climatológicas e meteo-oceanográficas, é possível estabelecer que a distribuição e a estrutura do fitoplâncton são dependentes das condições hidrodinâmicas de uma região (CHEN et al., 2015; GOWEN; TETT; SMAYDA, 2012; ZHANG et al., 2013). Nas porções mais oceânicas o movimento vertical gerado pela dinâmica de Ekman, ondas, correntes e massas de água pode aumentar a disponibilidade de nutrientes nos primeiros metros da coluna de água e controlar o tempo e a intensidade a que cada fração de tamanho do fitoplâncton permanece exposta na zona eufótica (e.g. RIVIÈRE; PONDAVEN, 2006; WYATT, 2014). Já nas zonas costeiras, o aporte fluvial e a consequente formação de plumas estuarinas são os principais responsáveis pela alteração das propriedades físicas e químicas da coluna de água e pela geração de importantes gradientes de luz, temperatura, salinidade e nutrientes (CORCORAN et al., 2010; JAKOBSEN et al., 2015; JIANG et al., 2015; LÓPEZ ABBATE et al., 2015; MOSER et al., 2016).

É justamente nas zonas costeiras que o impacto da ação antrópica ao longo das últimas décadas, principalmente através do despejo de grandes quantidades de efluentes sem tratamento, aumentou as concentrações de nutrientes nitrogenados e fosfatados na coluna de água, promovendo de forma intensa e frequente a eutrofização no ambiente litorâneo (ANDERSON; GLIBERT; BURKHOLDER, 2002). Esse fenômeno é responsável por levar a efeitos adversos e mudanças na estrutura da comunidade fitoplanctônica, sendo o desenvolvimento de florações de algas potencialmente nocivas (FANs) um dos mais preocupantes (CASTRO; MOSER, 2012; DAVIDSON et al., 2012; FROLOV; KUDELA; BELLINGHAM, 2013).

O entendimento de como as mudanças das condições ambientais podem selecionar os grupos e espécies do fitoplâncton é fundamental não só para a compreensão da biodiversidade marinha, mas também para a elaboração de políticas públicas e programas de monitoramento que tenham como intuito controlar os efeitos da urbanização na região litorânea. No caso específico do Brasil, embora a zona costeira compreenda uma faixa de mais de 8.500 km e abrigue quase um quarto da população nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011), o conhecimento da influência das plumas estuarinas sobre a plataforma adjacente é ainda incipiente e a abordagem legal de questões relacionadas às florações de algas pouco desenvolvida para o ambiente marinho.

Observa-se que a maior parte dos trabalhos realizados ao longo da margem continental brasileira buscou, por décadas, relacionar as alterações na densidade do fitoplâncton à dinâmica da Corrente do Brasil (CB) e à atividade de vórtices e ressurgências (e.g. CARBONEL; VALENTIN, 1999; GARCIA et al., 2004; MOSER et al., 2014; MOSER; GIANESELLA-GALVÃO, 1997). Poucos, de fato, foram aqueles que investigaram as modificações na estrutura da comunidade fitoplanctônica em função da influência continental na plataforma. Nesse último caso, destacam-se os estudos conduzidos na margem sul do país, onde a presença do rio da Prata direcionou os esforços mais substanciais. Relacionada a segunda maior bacia de drenagem da América do Sul, a pluma do rio da Prata é conhecida por elevar os teores de nitrato na Água Costeira (AC) e apresentar máxima influência sobre a plataforma continental adjacente durante a estação chuvosa (verão), época em que pode ser registrada além do Cabo de Santa Marta (Santa Catarina, SC) e chegar até o litoral do Rio de Janeiro (BRAGA et al., 2008; CIOTTI et al., 1995; SCHETTINI et al., 2005).

Especial atenção deve ser dada para os sistemas estuarinos das baías costeiras altamente impactadas pelas atividades antrópicas associadas ao crescimento populacional das regiões metropolitanas na porção sudeste do Brasil. Nessas regiões, embora haja estudos que relacionem a presença de determinadas espécies (principalmente de dinoflagelados e cianobactérias) às massas de água locais (e.g. BASSANI et al., 1999; LINS DA SILVA; VALENTIN; BASTOS, 1988; MAGALHÃES et al., 2003; MOSER et al., 2012; VALENTIN et al., 1999), pouco se sabe sobre o transporte e efeitos das águas oriundas do interior de cada uma das baías eutrofizadas para a plataforma adjacente.

O objetivo do presente trabalho é avaliar a distribuição espacial da comunidade fitoplanctônica, com destaque para as espécies potencialmente nocivas, ao longo da plataforma continental e talude superior localizados entre Cabo Frio (Rio de Janeiro, RJ) e Ubatuba (São Paulo, SP) - 22°S a 26°S - mediante a influência de plumas costeiras, em especial das baías de Guanabara e Sepetiba (RJ), bem como de outras feições de mesoescala geradas pela circulação de correntes na plataforma brasileira. Busca-se ainda discutir, através do conceito das estratégias C-S-R, a relação entre a presença dos organismos mais frequentes e as condições hidrodinâmicas verificadas durante o esforço amostral.

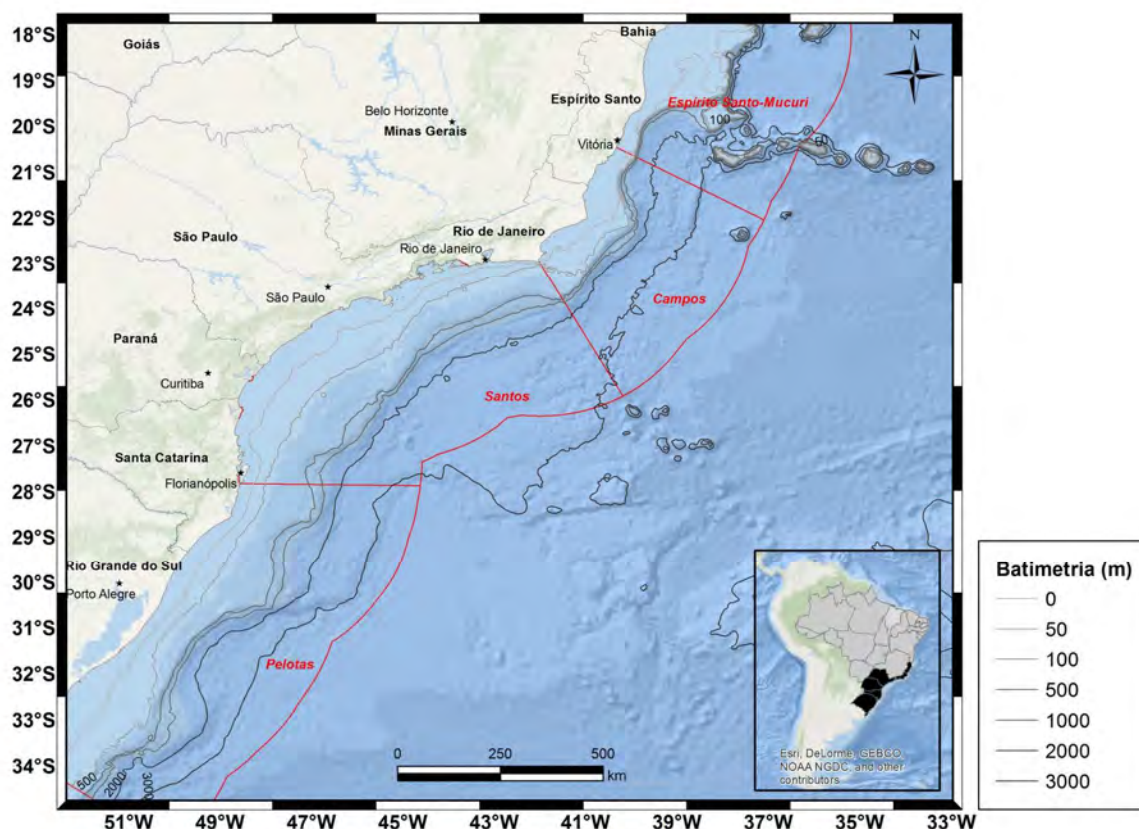
Salienta-se que esta tese representa um dos poucos esforços de investigação sobre a distribuição da comunidade fitoplanctônica a partir da descrição da densidade, composição e estratégias do fitoplâncton ao longo da margem continental sudeste brasileira. Além disso, destaca-se pela obtenção de dados em um curto espaço de tempo, fato esse fundamental para o julgamento de quais feições podem estar relacionadas à dispersão de células do fitoplâncton para a plataforma e para tentativas de previsão da ocorrência de FANs e seus efeitos na comunidade marinha. Cabe mencionar ainda que o presente trabalho é um dos únicos documentos no Brasil que empreende uma discussão sobre a gestão das FANs nas zonas costeiras e marinhas do país e que, através de uma avaliação comparativa com a abordagem do problema em termos internacionais, demonstra quais questões devem ser consideradas na busca de solução ou controle do fenômeno durante a formulação de uma efetiva política pública nacional.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 A margem continental sudeste brasileira

A margem continental sudeste brasileira estende-se por uma área total de 150.000 km² entre as latitudes de 19°S e 34°S (SILVA; MIRANDA; CASTRO, 2004) (Figura 1). A orientação da linha de costa predominantemente se faz na direção NE-SW, excetuando-se as porções de Cabo Frio (23°00'S - 42°00'W) e do Cabo de Santa Marta Grande (28°30'S - 49°00'W) onde a orientação muda para E-W e N-S, respectivamente (DE LÉO; PIRES-VANIN, 2006; RODRIGUES; LORENZZETTI, 2001).

Figura 1 - A margem continental sudeste brasileira (19°S a 34°S)



Legenda: Bacias sedimentares na região representadas pelos limites em vermelho. Estados compreendidos destacadas em preto no mapa menor.

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (ANP), 2016; ESRI, 2016.

É justamente nas imediações de Cabo Frio (RJ) e do Cabo de Santa Marta (SC) que a plataforma continental apresenta sua menor extensão (com 50 km e 70 km, respectivamente), ao passo que nas proximidades de Santos (SP) sua largura é máxima (230 km) (MAHIQUES et al., 2004; SILVA; MIRANDA; CASTRO, 2004). Entre as isóbatas de 120 m e 180 m é possível encontrar a quebra da plataforma e, estendendo-se até os 2000 m de profundidade, pode-se observar o talude continental (ASSIREU; STEVENSON; STECH, 2003; ITO; SCHNEIDER; THOMAS, 2005).

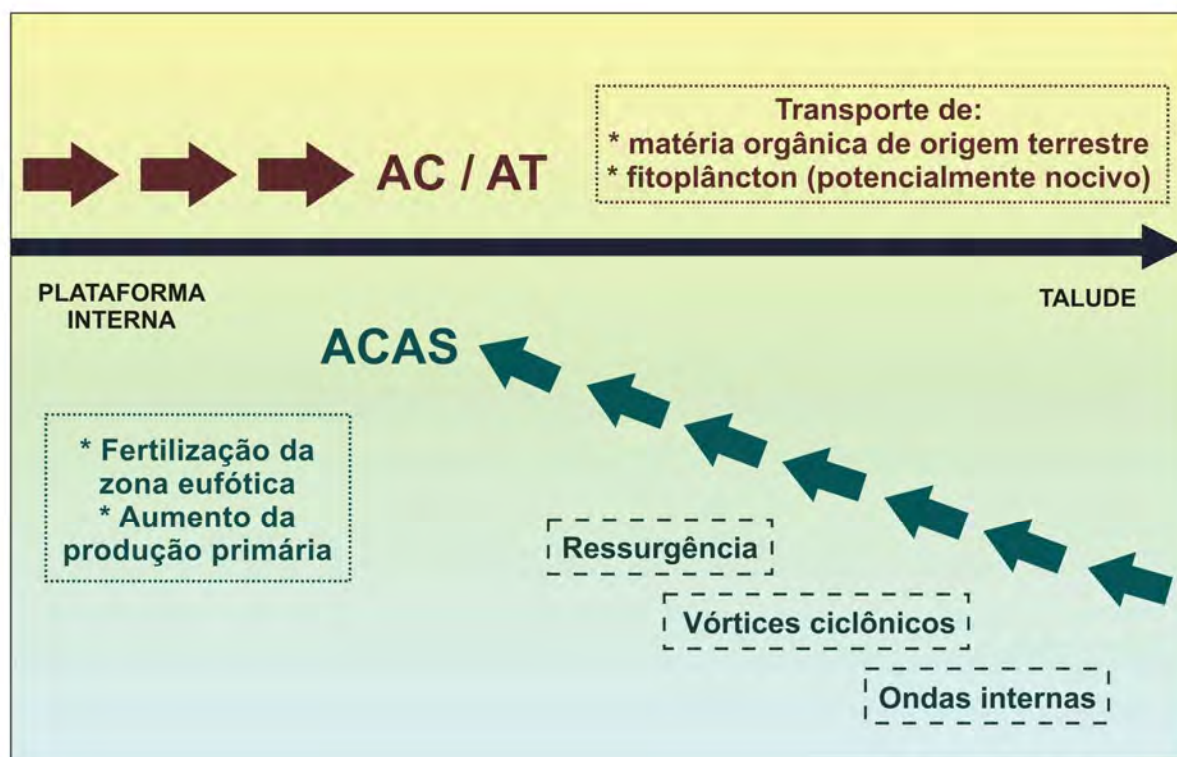
Na plataforma continental interna, a massa de água encontrada em superfície é a Água Costeira (AC, $T > 15^{\circ}\text{C}$ e $S < 35,0$) (BRAGA; NIENCHESKI, 2006). Resultado da mistura do escoamento continental com as águas que fluem sobre a plataforma, a AC possui um elevado teor de macronutrientes, em especial silicato e fosfato, que atinge seus máximos na estação chuvosa (BRAGA; NIENCHESKI, 2006; CASTRO et al., 2006; CONTI; ARAÚJO, 2009).

Sobre a plataforma continental externa e o talude, a circulação de mesoescala é dominada pela Corrente do Brasil (CB), corrente de contorno oeste que compõe o giro Subtropical do Atlântico Sul e que carrega duas massas de água principais: a Água Tropical (AT, $T > 20^{\circ}\text{C}$ e $S > 36,4$) nos primeiros 200 m e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS, $6^{\circ}\text{C} < T < 18^{\circ}\text{C}$ e $34,6 < S < 36,2$) entre 200 m e 500 m, aproximadamente. Enquanto a AT é uma massa mais oligotrófica, a ACAS é caracteristicamente mais eutrofizada (CALADO; GANGOPADHYAY; SILVEIRA, 2008; CASTRO et al., 2006; SILVEIRA et al., 2000; SOUZA; ROBINSON, 2004).

Mudanças na distribuição dessas massas de água são comumente observadas através da ação de diferentes processos hidrodinâmicos e de interação oceano-atmosfera (Figura 2). O caso mais conhecido é o da injeção da ACAS na zona eufótica da plataforma interna, seja em função da formação de estruturas vorticiais ciclônicas da CB, associadas ao gradiente batimétrico e à mudança de orientação da linha de costa local (ressurgência de quebra de plataforma), seja devido à ação de ventos favoráveis do quadrante norte (ressurgência costeira) (ACHA et al., 2004; BRAGA et al., 2008; CALADO; GANGOPADHYAY; SILVEIRA, 2008; PEREIRA; EBECKEN, 2009). Paralelamente a injeção da ACAS, ocorre o deslocamento em superfície da AC ou AT em direção *offshore*, o que acaba transportando matéria orgânica de origem terrestre para as porções mais profundas da plataforma (BRAGA; MÜLLER, 1998; MAHIQUES et al., 2004). O Cabo de São

Tomé (22°S), Cabo Frio (23°S) e o Cabo de Santa Marta (28°S) são pontos onde a ressurgência é mais intensa (CASTRO et al., 2006).

Figura 2 - Principais processos hidrodinâmicos que alteram a distribuição de massas de água na margem continental brasileira



Legenda: AC = Água Costeira; ACAS = Água Central do Atlântico Sul; AT = Água Tropical.
Fonte: A autora, 2016.

Outro processo cada vez mais descrito entre a plataforma interna e média da margem continental sudeste é a intrusão (especialmente no inverno) de uma massa de salinidade mais baixa (< 35,5), oriunda da região estuarina do rio da Prata e que recebe fluxos de outros sistemas fluviais e estuarinos da costa sul-sudeste conforme flui para norte (BISBAL, 1995; CAMPOS et al., 1999; CERDA; CASTRO, 2014; SOUZA; ROBINSON, 2004). Nessa que é a porção do litoral brasileiro de maior concentração populacional e industrial do país, a ação de plumas estuarinas que carregam as águas oriundas do interior de baías costeiras altamente eutrofizadas, como as baías de Guanabara (22°41'S - 22°58'S; 43°02'W - 43°16'W) e Sepetiba (22°54'S - 23°04'S; 43°33'W - 44°02'W), tem grande potencial para alterar a distribuição do fitoplâncton sobre a plataforma adjacente e gerar florações algais

nocivas (AMADO-FILHO et al., 2003; ANDRADE et al., 2003; CUNHA et al., 2006; GOMES et al., 2007; GONZALEZ et al., 2000; GUENTHER; VALENTIN, 2008; VILLAC; TENENBAUM, 2010).

A baía de Guanabara (BG) é considerada a segunda maior baía em extensão no litoral brasileiro ($\approx 380 \text{ km}^2$), possuindo uma bacia de drenagem de 4.080 km^2 . Com uma área (305 km^2) e bacia de drenagem (2.617 km^2) menores, a baía de Sepetiba (BS) está situada a cerca de 50 km a oeste. Embora formadas por sub-bacias que abrangem vários rios e canais de pequeno porte, a BG e BS possuem regimes distintos da descarga de água para seus interiores. Enquanto a primeira tem uma descarga de água doce anual de, aproximadamente, $350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ que varia de forma significativa entre as estações (mínimo no inverno e máximo no verão), a segunda não registra uma variação sazonal substancial, tendo um volume médio de aporte inferior ($242,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) (ARAÚJO et al., 1998; CUNHA et al., 2006; KJERFVE et al., 1997; RODRIGUES, 1990; SOARES-GOMES et al., 2016).

Tanto a BG quanto a BS têm sua circulação afetada pelas interações entre a descarga fluvial, a energia das marés e dos ventos, sendo classificadas como sistemas estuarinos parcialmente misturados (BÉRGAMO, 2006; COPELAND et al., 2003; PARAQUETTI et al., 2004). Uma vez que a drenagem continental age como principal fonte de água doce e poluentes para ambas as baías, é comum encontrar as salinidades mais baixas e as piores condições de qualidade da água nas porções mais internas das baías, próximo ao continente, onde os tempos de residência da água são mais elevados (principalmente durante marés de quadratura e períodos secos) (FISTAROL et al., 2015; INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA, 2015).

As melhores qualidades da água são, por sua vez, encontradas onde os tempos de residência da água são mais rápidos (em média 11,4 dias para a BG e 4,16 dias para a BS) (KJERFVE; LACERDA; DIAS, 2001; PARAQUETTI et al., 2004). Especialmente nas camadas mais próximas à ligação com o Oceano Atlântico, onde a influência das águas da plataforma é maior, são registrados os valores de salinidade mais elevados (INEA, 2015; VALENTIN et al., 1999). Cabe citar que na BG há relatos de águas típicas da ACAS até 15 km no interior da baía, próximo ao fundo, durante eventos de intrusão que ocorrem no verão e no inverno (BÉRGAMO, 2006). Já na BS, a influência de águas subantárticas costuma ocorrer durante o inverno (KJERFVE et al., 1997; STEVENSON et al., 1998).

Circundadas pela região metropolitana do Rio de Janeiro, a BG e BS partilham situações semelhantes de eutrofização e redução da qualidade da água causadas pelo impacto da ação antrópica em seu entorno (INEA, 2015; VILLAC; TENENBAUM, 2010). Ao longo das últimas duas décadas, apesar de programas de recuperação terem sido criados, nenhum alcançou com sucesso seus principais objetivos e as condições ambientais dessas baías continuam dentre as piores do país (JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY - JICA, 1994; SOARES-GOMES et al. 2016).

1.2 Comunidade fitoplanctônica na margem continental leste brasileira

Apesar do conhecimento sobre o nanoplâncton e microfitoplâncton na margem continental brasileira estar aquém do ideal, sabe-se que a distribuição das principais espécies tem profunda relação com a dinâmica de correntes e massas de água que atuam na região (GONÇALVES-ARAÚJO et al., 2012; TIBURCIO et al., 2011). Das 1.364 espécies identificadas ao longo dessa porção do Oceano Atlântico Sul, a maior parte corresponde às diatomáceas (783), dinoflagelados (364) e cocolitoforídeos (96) (VILLAC; TENENBAUM, 2010).

Especificamente na região sudeste, no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro entre a desembocadura do rio Itabapoana e Barra de Maricá (21°00'S - 23°30'S), Bassani et al. (1999) demonstraram a existência de 391 unidades taxonômicas pertencentes à diatomáceas (269), dinoflagelados (114), silicoflagelados (4), cocolitoforídeos (2), cianobactérias (1) e xantofíceas (1).

Moser et al. (2014), por sua vez, observaram durante o verão de 2011, entre a desembocadura do rio Paraíba do Sul (21°27'S, 40°38'W) e Cabo Frio (23°00'S, 41°00'W), 209 taxa distribuídos entre dinoflagelados (93), diatomáceas (71), cocolitoforídeos (30), clorofíceas (3), cianobactérias (3), euglenofíceas (3), prasinofíceas (3) e silicoflagelados (2).

Mais ao sul, nas águas próximas à costa entre Cabo Frio e a baía de Guanabara, Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) registraram, durante a época de ressurgência dos anos de 1984 (Outubro) e 1985 (Janeiro e Março), 103 taxa sendo

78 de diatomáceas, 21 de dinoflagelados e 2 de silicoflagelados, além de alguns coccolitoforídeos e euglenofíceas contabilizados, porém não identificados.

Na baía de Guanabara, através de coletas mensais em 15 pontos durante o ano de 1985 e quatro coletas nictemerais nos dois anos subsequentes, Valentin et al. (1999) foram capazes de inventariar 159 taxa. Desse total, 102 taxa correspondiam a diatomáceas e 42 aos dinoflagelados. Clorofíceas, cianobactérias e euglenofíceas foram responsáveis por 5, 4 e 3 taxa respectivamente. Já os silicoflagelados, prasinofíceas e criptofíceas registraram apenas um táxon cada.

A pesquisa em 57 publicações, relativas a coletas empreendidas entre 1913 e 2004, feita por Villac e Tenenbaum (2010) demonstrou que, na baía de Guanabara, já foram contabilizados 308 taxa sendo 199 de diatomáceas, 90 de dinoflagelados, 9 de cianobactérias, 5 de euglenofíceas, 2 de ebrídeos, 1 de clorofíceas, 1 de prasinofíceas e de 1 silicoflagelado.

Ainda na baía de Guanabara, por meio de uma coleta realizada durante 23 horas no verão de 2009, Azevedo (2011) identificou 68 taxa, sendo 48 de diatomáceas, 16 de dinoflagelados, 3 de fitoflagelados microplanctônicos e uma clorofíceas. Já Gomes (2016), através de amostragens mensais realizadas entre abril de 2011 e maio de 2014, registrou 117 taxa dentre diatomáceas (63), dinoflagelados (39), euglenofíceas (5), clorodendrofíceas (2), silicoflagelados (2), prasinofíceas, rafidofíceas, clorofíceas, criptofíceas, ciliados e cianobactérias (1 táxon cada), destacando que 21 desses foram pela primeira vez descritos no local.

Na região da baía de Ilha Grande, o estudo de Leles (2013) realizado no verão de 2012, por meio de uma estação fixa situada no estuário do rio Barra Grande ao longo de 13 horas, permitiu o reconhecimento de 116 taxa do microfitoplâncton, distribuídos entre diatomáceas (78), dinoflagelados (25), cianobactérias (5), clorofíceas (3), euglenofíceas (2), silicoflagelados (1) e fitoflagelados cuja classificação mais detalhada não foi possível (2).

No litoral do Estado de São Paulo, o inventário fitoplanctônico feito por Villac, Cabral-Noronha e Pinto (2008), que abrangeu a análise de registros de publicações datadas de 1913 a 2002 e os dados de coleta realizadas entre agosto de 2004 e julho de 2006, mostrou a existência de 572 taxa sendo, novamente, a maioria de representantes de diatomáceas (469) seguidas por dinoflagelados (90). Tal qual as regiões ao norte a menor contribuição de taxa de coccolitoforídeos (5), cianobactérias (3), silicoflagelados (3) e ebrídeos (2) pode ser verificada.

Particularmente na baía de Santos (SP), as amostragens realizadas no verão e inverno por Moser et al. (2012) permitiram a identificação de 159 taxa. Diatomáceas (94) e dinoflagelados (46) foram mais uma vez os dois grupos com o maior número de representantes, enquanto silicoflagelados, ciliados, outros flagelados microplanctônicos e cianobactérias foram responsáveis pelos 19 taxa restantes.

Villac e Tenenbaum (2010) destacam que a predominância do número de taxa de diatomáceas e dinoflagelados está de acordo com o padrão encontrado nos demais oceanos, uma vez que ambos os grupos são os detentores do maior número de espécies fitoplanctônicas registradas: diatomáceas com 1.365 a 1.783 espécies e dinoflagelados com 1.424 a 1.772 espécies. Vale ressaltar que a diversidade dos flagelados foi, durante anos, subestimada em virtude do uso de fixadores que distorcem ou destroem os caracteres diagnósticos (flagelos) desses grupos.

Uma vez que as diatomáceas (classes Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae e Fragilariophyceae) necessitam de concentrações mais elevadas de nutrientes (principalmente sílica) para atingir seu ótimo de desenvolvimento, é comum verificar sua menor presença e abundância, além de taxas metabólicas mais elevadas e tamanho reduzido, nas águas quentes e oligotróficas típicas da AT (AIDAR et al., 1993; CARRETO et al., 2008). Por outro lado, quando a plataforma continental brasileira é enriquecida com nutrientes oriundos da influência da ACAS ou do aporte continental, as diatomáceas apresentam tamanhos maiores e estão entre os principais grupos dominantes (BASSANI et al., 1999; CIOTTI et al., 1995; MOSER et al., 2012; RODRIGUES et al., 2014).

Em termos de espécies, Gayoso e Podestá (1996) associam a presença de *Thalassiosira delicatula* Ostenfeld¹ e *Lauderia annulata* Cleve às águas da CB encontradas na Zona de Convergência Subtropical (ZCS), região essa formada pelo encontro da CB com a CM e marcada pela formação de vórtices ciclônicos responsáveis por intensos processos de redistribuição de nutrientes e consequentes alterações na estrutura da comunidade fitoplanctônica (GIGLIOTTI et al., 2008).

¹ Os gêneros e espécies citados ao longo de todo o trabalho estão de acordo com Guiry e Guiry (2016) até a data de 07/11/2016. Apenas *Mesodinium rubrum* (Lohmann, 1908) seguiu o *World Register of Marine Species Editorial Board (WoRMS, 2016)*, pois sua informação em Guiry e Guiry (2016) estava incompleta (o sinônimo *Myrionecta rubra* (Lohmann, 1908) não é aceito em nenhuma das bases).

A presença de diatomáceas do gênero *Thalassiosira* Cleve foi particularmente destacada nos trabalhos de Garcia e Odebrecht (2009a,b), na região localizada no extremo sul do Brasil e próxima ao estuário da Lagoa dos Patos e da Praia do Cassino. Bastante comum em florações de primavera em sistemas temperados e em ambientes afetados pelo fenômeno da ressurgência, esse gênero teve 41 espécies reconhecidas nas águas costeiras do Brasil até a realização do estudo de Garcia e Odebrecht (2009b).

Dentre as espécies identificadas por Garcia e Odebrecht (2009a,b) entre 2000 e 2006 - *T. angulata* (W.Gregory) Hasle; *T. decipiens* (Grunow) Jørgensen; *T. eccentrica* (Ehrenberg) Cleve; *T. gravida* Cleve; *T. hendeyi* Hasle & Fryxell; *T. lundiana* Fryxell; *T. minuscula* Krasske; *T. nodulolineata* (Hendey) Hasle & Fryxell; *T. oceanica* Hasle; *T. oestrupii* var. *oestrupii* (Ostenfeld) Hasle; *T. oestrupii* var. *venrickae* Fryxell & Hasle; *T. pseudonana* Hasle & Heimdal; *T. punctigera* (Castr.) Hasle; *T. simonsenii* Hasle & Fryxell e *T. wongii* Mahood - apenas *T. eccentrica*, *T. punctigera* e *T. angulata* estiveram presentes em 50% das amostras, compartilhando tamanhos relativamente grandes (> 30 µm).

Na plataforma continental da região de Ubatuba (SP), Aidar et al. (1993) encontraram, entre o verão e o inverno, densidades de diatomáceas responsáveis por 8 a 12% da densidade total do microfitoplâncton (máximo = $4,17 \times 10^6$ cél.L⁻¹), sendo os maiores valores registrados próximos à costa e em períodos de intrusão da ACAS. Espécies dos gêneros *Pseudo-nitzschia* H.Peragallo (*P. delicatissima* (Cleve) Heiden, *P. pungens* (Grunow ex Cleve) G.R.Hasle e *P. seriata* (Cleve) H.Peragallo), *Ceratoneis* Ehrenberg (*C. closterium* Ehrenberg) e *Nitzschiella* L.Rabenhorst (*N. longissima* (Brébisson) Ralfs) foram consideradas as mais frequentes. O gênero *Nitzschia* Hassall foi classificado ainda como um dos mais abundantes (máximo = $2,69 \times 10^5$ cél.L⁻¹) junto com *Leptocylindrus danicus* Cleve (máximo = $3,43 \times 10^5$ cél.L⁻¹) e *Dactyliosolen fragilissimus* (Bergon) Hasle (máximo = $2,73 \times 10^5$ cél.L⁻¹).

No mesmo estudo de Aidar et al. (1993) foram identificadas as diatomáceas: *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round, *Bacteriastrum delicatulum* Cleve, *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey, *Chaetoceros* Ehrenberg, *Corethron pennatum* (Grunow) Ostenfeld, *Coscinodiscus concinnus* W. Smith, *Cyclotella stylorum* Brightwell, *Dactyliosolen mediterraneus* (H.Peragallo) H.Peragallo, *Diploneis* Ehrenberg ex Cleve, *Ditylum brightwellii* (T.West) Grunow, *Guinardia delicatula* (Cleve) Hasle, *Guinardia flaccida* (Castracane) H.Peragallo, *Guinardia striata*

(Stolterfoth) Hasle, *Hemiaulus sinensis* Greville, *Leptocylindrus minimus* Gran, *Proboscia alata* (Brightwell) Sundström, *Rhizosolenia imbricata* Brightwell, *Rhizosolenia setigera* Brightwell, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Synedra* Ehrenberg, *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky, *Thalassiosira decipiens*, *Thalassiosira subtilis* (Ostenfeld) Gran, *Thalassiothrix mediterranea* Pavillard e *Trieres chinensis* (Greville) M.P.Ashworth & E.C.Theriot.

No litoral do Estado de São Paulo, Villac, Cabral-Noronha e Pinto (2008) destacam a presença de algumas espécies de diatomáceas relatadas como potencialmente nocivas por Hallegraeff, Anderson e Cembella (2003) e Moestrup et al. (2009): *Asterionellopsis glacialis*, *Cerataulina pelagica*, *Ceratoneis closterium* Ehrenberg, *Coscinodiscus wailesii* Gran & Angst, *Guinardia delicatula*, *Leptocylindrus minimus*, *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup & Hasle, *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Pseudo-nitzschia fraudulenta* (Cleve) Hasle, *Pseudo-nitzschia multistriata* (Takano) Takano e *Pseudo-nitzschia pungens*.

As espécies potencialmente nocivas *A. glacialis*, *G. flaccida*, *G. striata*, *L. minimus*, *P. seriata* e *S. costatum* foram também relatadas por Moser et al. (2012) nas águas da baía de Santos, tendo densidades entre $3,80 \times 10^2$ cél.L⁻¹ e $2,00 \times 10^6$ cél.L⁻¹. Encontradas tanto no verão quanto no inverno, essas espécies foram identificadas junto com *Chaetoceros* sp., *Hemiaulus hauckii* Grunow ex Van Heurck, *Navicula* Bory de Saint-Vincent e *Thalassiosira* sp., cuja variação de valores foi de $1,70 \times 10^3$ cél.L⁻¹ a $1,10 \times 10^6$ cél.L⁻¹.

Nas águas costeiras entre a BG e Cabo Frio, Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) apontaram os gêneros *Rhizosolenia* Brightwell, *Chaetoceros* e *Nitzschia* como os mais representativos do total de 78 taxa de diatomáceas identificados.

Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) salientam que durante o período de ressurgência (Outubro, Janeiro e Março) a subida da termoclina para a zona eufótica provoca uma modificação significativa da estrutura da comunidade fitoplanctônica. Se antes dominam espécies de menor tamanho, como *Pseudo-nitzschia delicatissima* e *Skeletonema costatum*, durante o período de ressurgência máxima passam a dominar organismos de maior tamanho, principalmente do gênero *Thalassiosira*, reconhecidamente adaptado aos domínios bentônico e pelágico.

Com o aquecimento em superfície ou a inversão dos ventos, a estratificação da coluna de água retorna e facilita uma eutrofização de dupla origem: da ressurgência e do interior da BG. Se nos primeiros metros da plataforma continental

entre a BG e Cabo Frio a maior influência das águas oriundas do interior da baía facilita o desenvolvimento da diatomácea *S. costatum*, de cianobactérias (*Oscillatoria* Vaucher ex Gomont), clorofíceas e organismos nanoplanctônicos, na camada de mistura também é observado um aumento de representantes dos gêneros *Chaetoceros*, *Dactyliosolen* Castracane, *Guinardia* H.Peragallo e *Thalassiothrix* Cleve & Grunow (LINS DA SILVA; VALENTIN; BASTOS, 1988).

A extensão e a magnitude da influência das águas da BG sobre a plataforma continental sudeste estão intrinsecamente relacionadas às variações sazonais da temperatura e da precipitação local, bem como a ação da maré (VALENTIN et al., 1999; VILLAC; TENENBAUM, 2010). Assim, é possível observar que no verão (estação chuvosa), a proliferação de espécies consideradas oportunistas, como *S. costatum*, se faz mais marcante não só nas porções internas da BG como também nas porções sobre a plataforma que são alcançadas pelas águas menos salinas e mais ricas em amônia, fósforo e matéria orgânica provenientes das regiões mais impactadas da baía (*op. cit.*).

Nos estudos de Valentin et al. (1999) e Villac e Tenenbaum (2010) chama a atenção o número de registros de diatomáceas classificadas como potencialmente nocivas por outros autores (e.g. GUIRY; GUIRY, 2016; HALLEGRAEFF; ANDERSON; CEMBELLA, 2003; VILA; MASÓ, 2005; MOESTRUP et al., 2009; ÖZMAN-SAY; BALKIS, 2012; PHYTO'PEDIA, 2012): *Asterionellopsis glacialis*, *Cerataulina pelagica*, *Ceratoneis closterium*, *Chaetoceros affinis* Lauder, *C. coarctatus* Lauder, *C. contortus* F.Schütt, *C. curvisetus* Cleve, *C. danicus* Cleve, *C. decipiens* Cleve, *C. laciniosus* F.Schütt, *C. laevis* Leuduger & Fortmorel, *C. lorenzianus* Grunow, *C. peruvianus* Brightwell, *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Eucampia zodiacus* Ehrenberg, *Guinardia delicatula*, *G. flaccida*, *G. striata*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia longissima*, *Odontella aurita* (Lyngbye) C.Agardh, *Proboscia alata*, *Pseudo-nitzschia cuspidata* (Hasle) Hasle, *P. delicatissima*, *P. fraudulenta*, *P. multistriata*, *P. pungens*, *Rhizosolenia setigera*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides* e *Thalassiosira subtilis*.

Os levantamentos feitos por Bassani et al. (1999) na região entre a desembocadura do rio Itabapoana e Barra de Maricá também demonstraram a dominância numérica das diatomáceas nas águas mais próximas a costa - como *Ceratoneis closterium*, *Cyclotella* (Kützing) Brébisson, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Leptocylindrus danicus*, *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Skeletonema costatum* e

Thalassiosira spp. - e permitiram o estabelecimento das espécies associadas à CB e ao fenômeno da ressurgência (Tabela 1).

Diferente das diatomáceas, os fitoflagelados - formados por classes como Dinophyceae (dinoflagelados), Coccolithophyceae (cocolitoforídeos), Dictyochophyceae (silicoflagelados), Chlorodendrophyceae (clorodendrofíceas) e Prasinophyceae (prasinofíceas) - acabam sendo representados por organismos cosmopolitas relacionados a regiões de baixa disponibilidade nutricional (BURKILL et al., 2002; LITCHMAN et al., 2007).

Dinoflagelados e cocolitoforídeos são comumente considerados indicadores das águas quentes e salinas da CB (Tabela 1) (AIDAR et al., 1993; CIOTTI et al., 1995; HARAGUCHI; ODEBRECHT, 2010). A maior capacidade de locomoção, em virtude do uso de flagelos, e a presença de espécies com inúmeras formas de nutrição, que vão da autotrofia a mixotrofia, são as principais razões apontadas para esses grupos apresentarem melhor desenvolvimento em águas oligotróficas estratificadas (CARRETO et al., 2008; MARGALEF, 1997; TIBURCIO et al., 2011).

As cianobactérias (classe Cyanophyceae), por sua vez, são conhecidas por ocupar variados ambientes (dulcícola, marinho, terrestre, glacial), podendo ser encontradas tanto nos primeiros metros da coluna de água, em condições oligotróficas, quanto a maiores profundidades e em águas eutrofizadas (CARRETO et al., 2008; MOSER et al., 2016; RODRIGUES et al., 2014). A habilidade de utilizar eficientemente baixas intensidades luminosas, a presença de organismos nas mais variadas faixas de tamanho (do picoplâncton ao microplâncton) e a capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico por alguns gêneros (principalmente cianobactérias filamentosas de regiões oceânicas oligotróficas) podem ser apontados como as principais causas para o sucesso desse grupo no ambiente marinho (BOYD et al., 2010; HENSE; BECKMANN, 2006).

Tabela 1 - Espécies associadas às massas de água características da CB (continua)

| Espécie | Grupo | Massa de água | Referência | FANs |
|--|-----------------|---------------|--|------|
| <i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg | Diatomácea | AT | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) J.R.Young | Cocolitoforídeo | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Calciosolenia murrayi</i> Gran | Cocolitoforídeo | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Ceratium longirostrum</i> Gourret | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Cyclotella stylorum</i> Brightwell | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle | Diatomácea | AT | Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) | x |
| <i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) G.W.Andrews | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Dinophysis dubia</i> Balech | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Dinophysis exigua</i> Kofoid & Skogsberg | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | x |
| <i>Dinophysis fortii</i> Pavillard | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | x |
| <i>Dinophysis schroederi</i> Pavillard | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | x |
| <i>Dinophysis schuettii</i> Murray & Whitting | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Dinophysis similis</i> Kofoid & Skogsberg | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Diploneis didyma</i> (Ehrenberg) Ehrenberg | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld | Cocolitoforídeo | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo | Cocolitoforídeo | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Gladiolithus flabellatus</i> (Halldal & Markali) Jordan & Chamberlain | Cocolitoforídeo | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle | Diatomácea | AT | Bassani et al. (1999); Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) | x |
| <i>Hayaster perplexus</i> (Bramlette & Riedel) Bukry | Cocolitoforídeo | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Hemiaulus sinensis</i> Greville | Diatomácea | AT | Bassani et al. (1999) | |

Tabela 1 - Espécies associadas às massas de água características da CB (continuação)

| Espécie | Grupo | Massa de água | Referência | FANs |
|---|---------------|----------------------|---|-------------|
| <i>Histioneis cymbalaria</i> Stein | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Histioneis megalocopa</i> Stein | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Histioneis milneri</i> Murray & Whitting | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Histioneis para</i> Murray & Whitting | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve | Diatomácea | AT | Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) | x |
| <i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Melosira nummuloides</i> C.Agardh | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Navicula pennata</i> A.Schmidt | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Ornithocercus splendidus</i> Schütt | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Ornithocercus thurnii</i> (Schmidt) Kofoid & Skogsberg | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Oxytoxum sceptrum</i> (F.Stein) Schröder | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Oxytoxum scolopax</i> Stein | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Oxytoxum variabile</i> Schiller | Dinoflagelado | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Phalacroma rapa</i> Jorgensen | Dinoflagelado | AT | Haraguchi e Odebrecht (2010) | |
| <i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Pleurosigma inflatum</i> Shadbolt | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström | Diatomácea | AT | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | x |
| <i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D.Dodge | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | x |
| <i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F.Stein | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | x |
| <i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | x |

Tabela 1 - Espécies associadas às massas de água características da CB (conclusão)

| Espécie | Grupo | Massa de água | Referência | FANs |
|--|-----------------|---------------|---|------|
| <i>Protoperidinium biconicum</i> (P.-A.Dangeard) Balech | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Protoperidinium longicollum</i> Pavillard | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Protoperidinium orientale</i> (Matzenauer) Balech | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | x |
| <i>Protoperidinium pyrum</i> (Balech) Balech | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Protoperidinium tristylum</i> (Stein) Balech | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Psammodictyon panduriforme</i> (W.Gregory) D.G.Mann | Diatomácea | ACAS | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström | Diatomácea | AT | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Rhabdolithes claviger</i> (G.Murray & Blackman) Voeltzkow | Cocolitofórideo | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell | Diatomácea | AT | Bassani et al. (1999) | x |
| <i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann | Cocolitofórideo | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky | Diatomácea | ACAS | Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) | x |
| <i>Trieres chinensis</i> (Greville) M.P.Ashworth & E.C.Theriot | Diatomácea | AT | Bassani et al. (1999) | |
| <i>Tripes brevis</i> (Ostenfeld & Johannes Schmidt) F.Gómez | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Tripes candelabrus</i> (Ehrenberg) F.Gómez | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Tripes furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez | Dinoflagelado | AT | Masuda (2009) | x |
| <i>Tripes fusus</i> (Ehrenberg) F.Gómez | Dinoflagelado | AT | Masuda (2009) | x |
| <i>Tripes lineatus</i> (Ehrenberg) F.Gómez | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | |
| <i>Tripes massiliensis</i> (Gourret) F.Gómez | Dinoflagelado | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Tripes muelleri</i> Bory | Dinoflagelado | AT | Silva (2012) | x |
| <i>Tripes trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez | Dinoflagelado | AT | Masuda (2009) | |
| <i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder | Cocolitofórideo | AT | Masuda (2009) | |

Legenda: ACAS = Água Central do Atlântico Sul; AT = Água Tropical; FANs = espécie formadora de florações potencialmente nocivas.
 Fonte: A autora, 2016.

A presença de espécies de dinoflagelados dos gêneros *Dinophysis* Ehrenberg e *Phalacroma* Stein associadas à CB chama a atenção por serem esses capazes de produzir ácido ocadáico (AO), toxina causadora de envenenamento diarreico (*Diarrhetic Shellfish Poisoning* – DSP) (CASTRO; MOSER, 2012). Nesse sentido, Haraguchi e Odebrecht (2010) chegaram a identificar, na área situada entre Cabo de Santa Marta Grande (SC) e Albardão-Chuí (RS), 6 espécies potencialmente nocivas (*Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann, *D. caudata* Saville-Kent, *D. fortii* Pavillard, *D. tripos* Gourret, *Phalacroma mitra* F.Schütt e *P. rotundatum* (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener), sendo algumas características de águas eutrofizadas (*D. acuminata*, *D. tripos* e *P. rotundatum*).

Na plataforma continental de Ubatuba, Aidar et al. (1993) observam que apesar do grupo de fitoflagelados com dimensões inferiores a 20 µm - constituído por classes como Chlorophyceae, Chlorodendrophyceae e Cryptophyceae - reduzir seus valores com o afastamento da costa (tendo máximo de $3,50 \times 10^6$ cél.L⁻¹ na estação mais próxima ao continente), registrou densidades suficientemente elevadas (cerca de 82 a 87% do total) para dominar a comunidade fitoplanctônica da região de estudo.

Embora adaptados às condições oligotróficas da AT, os dinoflagelados identificados por Aidar et al. (1993) também demonstraram valores mais elevados nas estações mais costeiras (máximo = $7,10 \times 10^4$ cél.L⁻¹), além de um aumento de sua abundância com a injeção da ACAS na plataforma continental. Dinoflagelados atecados pertencentes a ordem *Gymnodiniales* e tecados dos gêneros *Dinophysis* (*D. caudata*), *Gonyaulax* Diesing, *Oxytoxum* Stein, *Prorocentrum* Ehrenberg (*P. micans*), *Protoperdinium* R.S.Bergh e *Tripos* Bory (*T. furca*, *T. fusus*, *T. tripos*) foram os mais frequentes.

Os cocolitoforídeos apresentaram um padrão de distribuição inverso ao dos fitoflagelados supracitados, tendo valores mais abundantes nas águas oligotróficas afastadas da costa (máximo = $1,38 \times 10^5$ cél.L⁻¹). *Calciopappus caudatus* Gaarder & Ramsfjell, *Calciosolenia murray*, *Discosphaera* Haeckel, *Emiliana huxleyi* (Lohmann) W.W.Hay & H.P.Mohler, *Ophiaster hydroideus* (Lohmann) Lohmann, *Rhabdolithes* O.Schmidt, *Syracosphaera* Lohmann, *Umbilicosphaera sibogae* foram os gêneros e espécies de cocolitoforídeos mais comuns na plataforma de Ubatuba. No caso do trabalho de Moser et al. (2014), no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro, cocolitoforídeos como *Rhabdolithes claviger*, *Calciosolenia brasiliensis* e

Calciosolenia murrayi foram encontrados tanto em águas oceânicas oligotróficas quanto nas porções costeiras diretamente influenciadas pelas águas de baixa salinidade relacionadas à pluma do rio Paraíba do Sul, em superfície, ou pela presença da ACAS na profundidade do máximo de clorofila.

Silicoflagelados, cianobactérias filamentosas e euglenofíceas (classe Euglenophyceae) foram, da mesma forma, detectados por Aidar et al. (1993) em Ubatuba, porém em quantidades muito pequenas. Em termos de espécie, os silicoflagelados foram representados apenas por *Dictyocha fibula* Ehrenberg, enquanto as cianobactérias filamentosas contaram com a presença de *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg ex Gomont.

O efeito da eutrofização, porém de origem antrópica, sobre os dinoflagelados foi igualmente destacado por Moser et al. (2012) para a baía de Santos. A presença de dinoflagelados como *Dinophysis acuminata*, *Prorocentrum cordatum*, *P. gracile* Schütt, *Scrippsiella acuminata* (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S.Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling e *Gymnodinium* F.Stein com densidades ($1,90 \times 10^2$ cél.L⁻¹ a $1,80 \times 10^5$ cél.L⁻¹) suficientes para serem classificados como abundantes, é apontada pelos referidos autores como um possível efeito do aumento do despejo de efluentes domésticos e industriais, bem como da atividade de dragagem capaz de ressuspender cistos de dinoflagelados, no canal estuarino de Santos.

Dentre as espécies potencialmente nocivas registradas sobre a plataforma do Estado de São Paulo, Villac, Cabral-Noronha e Pinto (2008) evidenciam os dinoflagelados *Dinophysis acuminata*, *D. caudata*, *D. tripos*, *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy, *Phalacroma rotundatum*, *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium quinquecorne* (Abé) Balech, *Tripos fusus*, *T. hircus* (Schröder) F.Gómez; o silicoflagelado *Dictyocha fibula* e as cianobactérias *Trichodesmium erythraeum* e *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont.

Para a baía de Guanabara, as maiores densidades de dinoflagelados, euglenofíceas, clorofíceas e cianobactérias foram verificadas nas porções mais internas, impactadas e eutrofizadas da baía. Todavia, na maré vazante e, em especial, durante períodos de maior precipitação, esses grupos podem aumentar sua presença sobre a plataforma continental adjacente, o que demonstra o efeito fertilizador da BG sobre a estrutura do sistema planctônico das águas do litoral

fluminense (LINS DA SILVA; VALENTIN; BASTOS, 1988; TENENBAUM et al., 2001; VALENTIN et al., 1999).

No caso dos dinoflagelados, as espécies descritas nos trabalhos de Valentin et al. (1999) e Villac e Tenenbaum (2010) pertencem aos gêneros *Archaeoperidinium* Jørgensen (1 espécie), *Akashiwo* G.Hansen & Moestrup (1 espécie), *Alexandrium* Halim (2 espécies), *Amphidinium* Claperède & Lachmann (1 espécie), *Ceratocorys* Stein (1 espécie), *Corythodinium* Loeblich Jr. & Loeblich III (1 espécie), *Dinophysis* (5 espécies), *Diplopsalis* R.S.Bergh (1 espécie), *Gonyaulax* (4 espécies), *Heterocapsa* F.Stein (1 espécie), *Histioneis* Stein (1 espécie), *Noctiluca* Suriray (1 espécie), *Ornithocercus* Stein (2 espécies), *Oxytoxum* (6 espécies), *Peridiniella* C.A.Kofoid & J.R.Michener (1 espécie), *Phalacroma* Stein (2 espécies), *Podolampas* F.Stein (2 espécies), *Prorocentrum* (8 espécies), *Protoperidinium* (20 espécies), *Pyrocystis* Wyville-Thompson (3 espécies), *Pyrophacus* F.Stein (1 espécie), *Schuetziella* Balech (1 espécie), *Scrippsiella* Balech ex A.R.Loeblich III (1 espécie), *Triadinium* J.D.Dodge (1 espécie) e *Tripos* (21 espécies).

Valentin et al. (1999) e Villac e Tenenbaum (2010) apontam do mesmo modo as clorofíceas *Chlamydomonas reinhardtii* P.A.Dangeard, *Closteriopsis* Lemmermann, *Scenedesmus* Meyen e *Tetraselmis gracilis* (Kyllin) Butcher; as euglenofíceas *Eutreptia lanowii* Steuer, *Eutreptiella cornubiense* Butcher, *Eutreptiella gymnastica* Thronsen, *Eutreptiella marina* da Cunha; a rafidofícea *Chattonella* B.Biecheler e o silicoflagelado *D. fibula*.

No caso das cianobactérias filamentosas, Villac e Tenenbaum (2010) destacam a existência de densidades da ordem de 10^8 filamentos.L⁻¹, consideradas uma resposta direta aos crescentes níveis de eutrofização da BG. *Geitlerinema amphibium* (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis, *Kamptonema chlorinum* (Kützing ex Gomont) Strunický, Komárek & J.Smarda, *Oscillatoria putrida* Schmidle, *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek, *Richelia intracellularis* J.Schmidt, *Trichodesmium erythraeum* e *T. thiebautii* estão entre as espécies de cianobactérias já registradas na BG.

Com relação aos taxa potencialmente nocivos, os referidos autores destacam os dinoflagelados *Akashiwo sanguinea* (K.Hirasaka) G.Hansen & Ø.Moestrup, *Dinophysis acuminata*, *D. caudata*, *Noctiluca scintillans*, *Phalacroma oxytoxoides* (Kofoid) F.Gomez, P.Lopez-Garcia & D.Moreira, *Prorocentrum micans*, *P. triestinum* J.Schiller e *P. balticum*, *Scrippsiella acuminata*, *Tripos fusus*, *T. hircus*; a rafidofícea

Chattonella sp.; a euglenofíceia *Eutreptia lanowii*; a clorofíceia *Chlamydomonas reinhardtii*; o silicoflagelado *Dictyocha fibula* e as cianobactérias *Trichodesmium erythraeum* e *T. thiebautii* como os mais frequentemente encontrados na área de influência da BG.

Ao longo do litoral fluminense, entre a BG e Cabo Frio, Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) foram capazes de registrar apenas uma espécie de silicoflagelado (*Mesocena polymorpha* Lemmerman) e 15 taxa de dinoflagelados: *Dinophysis tripos*, *Oxytoxum* sp., *Podolampas* sp., *Prorocentrum gracile*, *P. micans*, *P. rostratum* Stein, *P. triestinum*, *Protoperidinium depressum* (Bailey) Balech, *P. trochoideum* (Stein) Lemmermann, *Pyrocystis robusta* Kofoid, *Tripos fusus*, *T. macroceros* (Ehrenberg) F.Gómez, *T. massiliensis*, *T. muelleri* e *T. trichoceros*.

Desses, somente *Prorocentrum micans*, *P. triestinum* e *Protoperidinium trochoideum* foram reconhecidos com densidades elevadas o bastante (de 11% a 18% da abundância total) para serem, em alguns pontos da plataforma, classificados como dominantes segundo o critério adotado por Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) (mínimo de 10% do total calculado por estação).

1.3 Traços funcionais e a estrutura das comunidades fitoplanctônicas

Compreender a estrutura das comunidades fitoplanctônicas e prever o seu comportamento mediante eventuais mudanças ambientais é um dos principais interesses da ecologia do fitoplâncton marinho. Villac e Tenenbaum (2010) destacam que embora alguns estudos tenham tentado relacionar a estrutura da comunidade fitoplanctônica e a presença de espécies à qualidade da água na margem continental sudeste (e.g. BASSANI et al., 1999; LINS DA SILVA, VALENTIN; BASTOS, 1988; MAGALHÃES et al., 2003; MOSER et al., 2012, 2014; VALENTIN et al., 1999), poucas foram as publicações que classificaram biogeograficamente a área (e.g. GONZALEZ-SILVERA et al., 2004). Nenhuma dessas, porém, estabeleceu as relações entre a organização do fitoplâncton e a presença de plumas costeiras oriundas de áreas eutrofizadas, comparando, especialmente, a composição taxonômica com a estrutura da comunidade em termos de tamanho e biovolume dos taxa mais frequentes.

Medidas de abundância, riqueza e diversidade do fitoplâncton são historicamente empregadas para registrar os efeitos das mudanças ambientais (LUGOLI et al., 2012; VADRUCCI et al., 2013), entretanto, o emprego desses índices pode não refletir mudanças estruturais nas comunidades. Nos últimos anos, contudo, a adoção dos traços funcionais tem se mostrado uma alternativa com grande capacidade para dirimir dúvidas sobre os efeitos do estresse ambiental.

Dentre esses traços, a morfologia e o tamanho das células, denominados traços morfológicos, refletem as adaptações fisiológicas dos organismos fitoplanctônicos ao ambiente, e, portanto, são os que respondem às diferentes condições do meio de forma mais consistente mesmo sob distintas escalas espaciais e temporais (LITCHMAN et al., 2010), o que torna o emprego desta abordagem essencial para a setorização das províncias biogeográficas marinhas (LONGHURST, 1998), reconhecida por diversos autores (e.g. HOOKER; REES; AIKEN, 2000; OLIVER; IRWIN, 2008; SPALDING et al., 2007) e empregada na análise de questões múltiplas: da distribuição global da produtividade primária até as avaliações sobre a biodiversidade marinha e estoque pesqueiro (GIBBONS, 1997).

Em tempos que o ambiente marinho conta com menos de 1% de sua área total protegida por dispositivos legais e programas específicos, a classificação biogeográfica acabam exercendo papel decisivo para a definição das áreas que devem ser preservadas (MARINESQUE; KAPLAN; RODWELL, 2012; SPALDING et al., 2007).

Embora o emprego dos traços funcionais não seja novidade, sua aplicação não é trivial para a ecologia marinha (BRASIL; HUSZAR, 2011). O conceito e a medição dos traços já estavam enraizados na mandala resultante do trabalho de Margalef (1978), que procurava representar as respostas de diferentes grupos do fitoplâncton às variações de turbulência e disponibilidade de nutrientes no meio (LITCHMAN; KLAUSMEIER, 2008). Posteriormente, com os trabalhos de Reynolds (1984a,b; 1988; 2006; REYNOLDS et al., 2002), sobre o sistema de classificação dos grupos fitoplanctônicos de águas doces, foi introduzido o conceito C-S-R (espécies colonizadoras, estresse-tolerantes e ruderais).

Embora o termo “grupo funcional” não possua uma interpretação única, Reynolds et al. (2002) salientam que o mesmo busca diferenciar aqueles organismos que têm adaptações mais vantajosas para tolerar determinada condição ambiental. Os grupos funcionais do fitoplâncton seriam, então, compostos por

espécies com traços morfológicos e fisiológicos similares que permitiriam a ocupação do mesmo nicho ecológico. Paredes e Montecino (2011), por sua vez, definem os grupos funcionais como conjuntos de organismos fitoplanctônicos que se relacionam através de processos biogeoquímicos, mas que não necessariamente possuem relações filogenéticas, e que podem exercer o mesmo papel no ecossistema em função de seus traços. Já Alves-de-Sousa, González e Iriarte (2008) e Reynolds e Padisák (2013) retomam o sentido de que em um mesmo grupo funcional as espécies devem manter uma coerência entre sua forma e função no ambiente.

No modelo *bottom-up* concebido por Margalef (1978), uma vez que as espécies estão posicionadas na mandala, aquelas que permanecem juntas podem ser examinadas à luz dos traços em comum (BOYD et al., 2010; GLIBERT, 2016; WYATT, 2014). A comparação da variabilidade morfológica nesse esquema mostra, por exemplo, que as diatomáceas (células “nuas”) dominariam em ambientes turbulentos com elevada disponibilidade de nutrientes, sendo assim representantes dos r-estrategistas, ao passo que os dinoflagelados prevaleceriam em condições oligotróficas e de maior estabilidade da coluna de água, representando os k-estrategistas (NASELLI-FLORES; PADISAK; ALBAY, 2007).

Boyd et al. (2010) apontam, todavia, que existem problemas com a aplicação da mandala de Margalef para as águas oceânicas, uma vez que nesse ambiente as variações sazonais dos fatores limitantes não são tão bem marcadas para permitir uma completa distinção entre os controles de cada grupo. Wyatt (2014), por sua vez, cita que a referida mandala considera em sua concepção somente a maior classe de tamanho do fitoplâncton (microplâncton), excluindo as respostas do picoplâncton - questão essa solucionada por Cullen et al. (2002, 2007). Wyatt (2014) chama a atenção também para o fato de somente duas variáveis (turbulência e nutrientes) serem levadas em consideração na mandala em detrimento de outro fator tão importante, para o desenvolvimento dos organismos autotróficos, como a luz. Glibert (2016), em uma releitura da Mandala de Margalef (1978), aprofunda a questão da forma disponível de nutrientes, sobretudo nitrogênio e fósforo para estabelecer uma mandala com 12 dimensões.

Os estudos subsequentes procuraram superar as restrições do trabalho de Margalef (1978). Reynolds (1980, 1984a,b, 1988) e Reynolds et al. (2002) propuseram um sistema de classificação mais complexo baseado também na

tolerância das espécies aos níveis diferentes de distúrbio e estresse, porém tendo como base o trabalho de Grime (1977) para a ecologia terrestre (DAVID et al., 2012). Segundo Wyatt (2014), no sistema de Reynolds, as características morfológicas (tamanho, máxima dimensão linear, razão superfície/volume) são relacionadas aos traços fisiológicos (taxas de crescimento, eficiência fotossintética, taxas de absorção de nutrientes, coeficientes de meia-saturação) e aos parâmetros do ciclo de vida de cada grupo. As considerações sobre os efeitos da extensão vertical da mistura e da diminuição da intensidade luminosa com o aumento da profundidade, particularmente indicam uma maior atenção para o fator luz no modelo de Reynolds do que a dispensada no esquema de Margalef (1978) e subsequentes.

Em virtude da tomada de parâmetros diferentes, como a razão superfície/volume (S/V) e a máxima dimensão linear, o esquema de Reynolds (1980, 1984a,b, 2006) passou a permitir a classificação das espécies do fitoplâncton em três estratégias (C-S-R) e não mais duas (r e K) como o exposto por Margalef (BRASIL; HUSZAR, 2011; DAVID et al., 2012).

O conceito C-S-R estabelece que em situações de baixo distúrbio e estresse, as espécies colonizadoras (C-estrategistas) dominariam. Espécies C-estrategistas seriam aquelas com tamanho pequeno e elevadas taxas de crescimento e razões S/V, que se desenvolveriam em maior número em águas estratificadas com elevada disponibilidade de nutrientes e luz. Em condições de baixo estresse e alto distúrbio, a dominância seria exercida pelas chamadas espécies ruderais. Com tamanhos intermediários, formatos alongados e razão S/V alta, as espécies R-estrategistas ocupariam com maior sucesso ambientes com mistura relativamente elevada, altas concentrações de nutrientes e baixas intensidades luminosas. Já em situações de baixo distúrbio e alto estresse, as espécies que melhor se desenvolveriam seriam as estresse-tolerantes (S-estrategistas), conhecidas pelo maior tamanho, baixa razão S/V e crescimento lento. Dominantes em águas oligotróficas sob condições de luz forte, por exemplo, as S-estrategistas possuem estratégias como mixotrofia e migração vertical para obtenção de nutrientes (ALVES-DE-SOUSA; GONZÁLEZ; IRIARTE, 2008; DAVID et al., 2012; WEITHOFF, 2003; WYATT, 2014).

Voltada inicialmente para o fitoplâncton de água doce, a classificação funcional de Reynolds (1988) e Reynolds et al. (2002) tem sido aplicada também para as espécies marinhas, em sua maior parte para os dinoflagelados potencialmente nocivos. Segundo Smayda e Reynolds (2003), a diversidade

morfológica, nutricional e a variedade de ambientes ocupados pelos dinoflagelados marinhos indicam o desenvolvimento de múltiplas estratégias adaptativas. Embora o caso mais conhecido, não só os dinoflagelados podem ser C-, S- ou R-estrategistas e possuir características intermediárias entre essas categorias: as diatomáceas, por exemplo, apesar de frequentemente identificadas como R-estrategistas (excetuando-se *Coscinodiscus* Ehrenberg), podem também ocupar grupos funcionais distintos (ALVES-DE-SOUSA; GONZÁLEZ; IRIARTE, 2008; DAVID et al., 2012).

Por possuírem abordagens complementares, os modelos de Margalef (1978) e Reynolds et al. (2002) são considerados válidos (ALVES-DE-SOUSA; GONZÁLEZ; IRIARTE, 2008). Contudo, a ausência de uniformidade das respostas ecológicas de alguns grupos, exige a utilização de uma abordagem ampla, que inclua a maior quantidade possível de considerações sobre as diferentes necessidades eco-fisiológicas de cada um dos grupos fitoplanctônicos.

Nesse sentido, a proposta de adoção dos traços feita por Litchman e Klausmeier (2008) segue os conceitos encontrados em Margalef (1978), porém expande o número de traços a serem considerados - não mais somente morfológicos, mas também fisiológicos, ecológicos e evolutivos - e os relaciona com suas funções ecológicas (reprodução, assimilação de recursos e fuga de predadores).

Se por um lado o uso dos traços tem como vantagem a relativa facilidade de medição ou estimativa (por modelos matemáticos) dos parâmetros (baseados no tamanho e forma) e processos (como deslocamento, nutrição e reprodução) considerados, por outro, tem-se como dificuldade o reconhecimento de quais traços são efetivamente importantes para a definição do nicho ocupado (LITCHMAN et al., 2007).

Dentre os aspectos mais interessantes da abordagem dos traços está a constatação da possibilidade de alternância entre as habilidades das espécies para a aquisição ou utilização de recursos, que ajudam a explicar a presença de múltiplas espécies em um mesmo ambiente. Litchman et al. (2007) e Litchman e Klausmeier (2008) citam como exemplo o fato do aumento do tamanho celular elevar a resistência do fitoplâncton aos predadores, porém diminuir a habilidade competitiva dos organismos por nutrientes.

Um dos recursos mais amplamente discutidos e importantes para a definição do nicho ecológico ocupado por determinada espécie é a intensidade luminosa, que

no ambiente marinho apresenta-se de forma heterogênea não só no tempo - em virtude do ângulo com que os raios solares chegam na superfície do mar, afetado diretamente pela posição da Terra em relação ao Sol, a ocorrência de nuvens e incidência de ventos - como também no espaço - devido à atenuação que as moléculas de água, substâncias dissolvidas e particuladas provocam, resultando em um gradiente vertical da intensidade e da qualidade do espectro, que faz com que os maiores comprimentos de onda (λ) fiquem restritos às menores profundidades e os menores comprimentos cheguem às regiões mais profundas (LALLI; PARSONS, 1995).

À fim de explorar o máximo da intensidade luminosa no ambiente marinho, o fitoplâncton desenvolveu, ao longo de sua história evolutiva, uma série de traços que aumentam a capacidade de utilização das diferentes intensidades e comprimentos de onda presentes na coluna de água (LITCHMAN; KLAUSMEIER, 2008; PLATT; SUBBA RAO; IRWIN, 1983). A presença de diferentes pigmentos acessórios e as mudanças no número e posição dos cloroplastos, no conteúdo de clorofila e na sensibilidade à fotoinibição são comuns, sendo possível notar um aumento dos dois últimos fatores com a redução da intensidade luminosa (BRASIL; HUSZAR, 2011; FALKOWSKI, 1980).

Segundo Naselli-Flores, Padisák e Albay (2007), a disponibilidade da luz seria mais importante para ambientes eutróficos e hipereutróficos, enquanto que a assimilação de nutrientes assumiria o papel de recurso mais relevante nos ambientes meso e oligotróficos. Cabe citar que, da mesma forma que no caso da intensidade luminosa, diversos traços podem ser associados à busca pela melhor forma de assimilação e utilização dos nutrientes disponíveis na coluna de água.

A flexibilidade fisiológica de algumas espécies é outra adaptação que contribui para a superação do estresse relacionado à disponibilidade e aquisição de nutrientes. A capacidade mixotrófica de flagelados como crisofíceas, haptófitas e dinoflagelados é reconhecidamente uma das maiores vantagens para o fitoplâncton submetido à baixas concentrações de nutrientes (GLIBERT, 2016; LITCHMAN et al. 2007; LITCHMAN; KLAUSMEIER, 2008). De maneira similar, a fixação biológica do nitrogênio atmosférico por alguns gêneros de cianobactérias unicelulares

(*Crocospaera* Zehr et al.) e filamentosas, que formam (*Calothrix*² C.Agardh ex Bornet & Flahault e *Richelia* J.Schmidt in Ostenfeld et J. Schmidt) ou não heterocistos (*Trichodesmium* Ehrenberg ex Gomont), é uma característica extremamente valiosa em regiões limitadas pela disponibilidade do nitrogênio (WEITHOFF, 2003).

Uma vez que a vida no ambiente marinho obriga o fitoplâncton a arranjar maneiras de superar a limitação da luz com o aumento da profundidade e dos nutrientes pela difusão do meio, uma série de traços relaciona-se à morfologia e/ou à capacidade de movimentação. Variações de tamanho, presença ou ausência de ornamentações, flagelos e revestimentos celulares não só estão relacionadas a busca pelo melhor controle da flutuabilidade - e, assim, ao aumento do tempo de exposição a luz solar e aos nutrientes - como também atuam contra potenciais predadores e a favor da captura de presas (BRASIL; HUSZAR, 2011; KIØRBOE, 1993; SOURNIA, 1982; WEITHOFF, 2003).

Dentro da diversidade morfológica apresentada pelas espécies do fitoplâncton, o tamanho das células é considerado um dos mais importantes traços por influenciar a reprodução, crescimento, metabolismo, capacidade de aquisição de recursos e fuga de predadores (LITCHMAN et al., 2007; LITCHMAN; KLAUSMEIER, 2008; PAREDES; MONTECINO, 2011; SABETTA et al., 2005). Medidas como a área da superfície celular (S), volume (V) e máxima dimensão linear (MDL) chegam a ser adotadas como descritores da relação forma-função das espécies do fitoplâncton (NASELLI-FLORES; PADISAK; ALBAY, 2007; REYNOLDS et al., 2002).

Embora mais susceptíveis aos predadores, as células de menor tamanho e maior razão S/V possuem, especialmente sob condições oligotróficas, vantagens como menores taxas de afundamento (proporcional ao raio da célula ao quadrado), máximas capacidades (P_m^B) e eficiências fotossintéticas (α), menores constantes de meia-saturação (K_s) e camadas limites de difusão (CLD, proporcional ao raio da célula³), além de taxas máximas de crescimento (KIØRBOE, 1993; NASELLI-FLORES; PADISAK; ALBAY, 2007; RIEGMAN et al., 1993; WYATT, 2014).

Diversos estudos já associaram a forma (e.g. ALVES-DE-SOUSA; GONZÁLEZ; IRIARTE, 2008; MOSER et al., 2012; REYNOLDS; PADISÁK, 2013;

² *Calothrix* e *Richelia* são simbioses de células eucariotas, preferencialmente as diatomáceas *Chaetoceros*, *Hemiaulus* e *Rhizosolenia*, localizando-se fora da frústula do primeiro gênero, porém dentro das frústulas e fora das paredes celulares das segundas (GUIRY; GUIRY, 2016).

³ No caso de células esféricas.

WYATT, 2014) e tamanho (e.g. BREWIN et al., 2010; HUETE-ORTEGA et al., 2011; LOHRENZ et al., 2003; VADRUCCI et al., 2013) das espécies do fitoplâncton às diferentes condições hidrodinâmicas da coluna de água, tornando possível a indicação das principais estratégias adotadas.

Reynolds e Padisák (2013) citam, por exemplo, que nas águas de médias latitudes, onde a atividade frontal e a injeção de nutrientes para a zona eufótica podem ser sentidas, ocorre a seleção das espécies com as estratégias C e R, como *Gyrodinium* Kofoid & Swezy, *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech e *Thalassiosira leptopus* (Grunow ex Van Heurck) Hasle & G.Fryxell. Por outro lado, quando a turbulência é reduzida e as concentrações de nutrientes na zona eufótica continuam elevadas, há o predomínio de organismos detentores das estratégias R e S, como *Dinophysis* sp., *Gonyaulax* sp. e *Gymnodinium catenatum*. Já em períodos de maior estabilidade e queda dos teores de nutrientes (verão nas médias latitudes), há o domínio de espécies S-estrategistas com capacidade de deslocamento, como *Scrippsiella acuminata* e *Tripos muelleri*.

Sabendo que os parâmetros tradicionalmente empregados (diversidade, riqueza e equitatividade) para a análise das mudanças na estrutura da comunidade não estabelecem relações precisas entre os componentes abióticos e as características dos organismos, é razoável empregar as informações sobre a morfologia do fitoplâncton não só para a classificação taxonômica mas também como indicadora da estrutura ecológica do ambiente (principalmente através do biovolume celular) (HILLEBRAND et al., 1999; NASELLI-FLORES; PADISAK; ALBAY, 2007; OLENINA et al., 2006; VADRUCCI; CABRINI; BASSET, 2007).

1.4 **Florações de algas potencialmente nocivas: aspectos gerais**

O fitoplâncton possui uma capacidade única de responder rapidamente às variações físicas e químicas da coluna de água, que acaba tornando-o um dos melhores indicadores ambientais (CERMEÑO et al., 2006; SUSINI-RIBEIRO et al., 2013). É justamente através da floração de algumas espécies (aumento no número de organismos em um curto espaço de tempo), e a consequente redução da

qualidade da água, que podem ser observados importantes níveis de perturbação antrópica no ambiente marinho (HEISLER et al., 2008; LI et al., 2014).

É importante citar que nem todas as florações de algas são potencialmente nocivas. Picocianobactérias, por exemplo, ocorrem nas águas oceânicas com densidades maiores do que 10^6 cél.L⁻¹ e não provocam efeitos deletérios em outros componentes da teia trófica marinha (FENCHEL, 2008). Da mesma forma, nem toda síntese de compostos tóxicos está ligada à ocorrência de elevadas concentrações celulares (e.g. espécies de *Dinophysis* podem levar a sintomas diarreicos com, pelo menos, 10^2 cél.L⁻¹) (SELLNER; DOUCETTE; KIRKPATRICK, 2003). Aumentos na densidade do fitoplâncton podem ser diretamente relacionados à disponibilidade de luz e nutrientes na coluna de água. Já a síntese de toxinas é motivo de discussão, sendo relacionada à variadas causas, tais como as condições hidrodinâmicas, disponibilidade de nutrientes inorgânicos, necessidade de compostos orgânicos, competição alelopática e mecanismo de defesa contra predadores (FLYNN, 2008; GRANÉLI; WEBERG; SALOMON, 2008; SOLÉ et al. 2005).

A despeito de poderem ocorrer naturalmente nos oceanos, as principais causas do aumento recente dos casos de florações algais nocivas (FANs) são o aumento da disponibilidade de nutrientes nos primeiros metros da coluna de água (eutrofização) - ocasionado pelo lançamento de efluentes na zona costeira - e a introdução de espécies exóticas e nocivas junto com a água de lastro dos navios (ANDERSON, 2009; LEWITUS et al., 2012; MASÓ; GARCÉS, 2006).

As FANs são classificadas em duas categorias conforme os principais impactos negativos associados. O primeiro tipo é relacionado à perda da qualidade da água provocada pelos aumentos excessivos de turbidez e do consumo de oxigênio dissolvido, mas sem a produção de substâncias tóxicas, enquanto que o segundo tipo de floração nociva ocorre quando algumas espécies de algas sintetizam toxinas e outros metabólitos secundários.

No primeiro caso, os eventos de floração geram maus odores, colorações atípicas da água (as conhecidas “marés marrons” e “marés vermelhas”) e morte de organismos por anoxia, ocasionando perdas econômicas nas atividades pesqueiras e turísticas (GRANÉLI; WEBERG; SALOMON, 2008).

Dentre os gêneros e espécies mais relacionados a esse tipo de floração estão a cianobactéria *Trichodesmium erythraeum*; as diatomáceas *Ceratoneis closterium*, *Coscinodiscus wailesii*, *Guinardia flaccida*, *G. delicatula*, *Skeletonema costatum* e

Thalassiosira sp.; os dinoflagelados *Akashiwo sanguinea*, *Cochlodinium polykrikoides* Margalef, *Heterocapsa triquetra* (Ehrenberg) F.Stein, *Karenia* G.Hansen & Moestrup, *Gonyaulax* sp., *Gymnodinium* sp., *Noctiluca scintillans*, *Pfiesteria piscicida* K.A.Steidinger & J.M.Burkholder, *Tripos fusus* e *T. muelleri*; a pelagófita *Aureococcus anophagefferens* Hargraves & Sieburth; as haptofíceas *Chrysochromulina* Lackey, *Prymnesium* Massart e *Phaeocystis globosa* Scherffel; e as rafidofíceas *Chattonella antiqua* (Hada) Ono, *C. marina* (Subrahmanyam) Hara & Chihara, *Fibrocapsa japonica* S.Toriumi & H.Takano e *Heterosigma akashiwo* (Y.Hada) Y.Hada ex Y.Hara & M.Chihara (CASTRO; MOSER, 2012).

No segundo caso, toxinas podem ser bioacumuladas e causar efeitos deletérios em diversos organismos da teia trófica marinha (SOLÉ et al., 2005). As intoxicações mais conhecidas são nomeadas de acordo com os sintomas experimentados pelos seres humanos (Tabela 2). Preocupa o fato de anualmente serem registrados cerca de 2.000 casos de intoxicações por biotoxinas marinhas no mundo, com aproximadamente 15% de mortalidade em seres humanos através da ingestão de peixes, moluscos e água contaminados, além da exposição via contato dermal e inalação (HALLEGRAEFF, 2010).

No Brasil, a questão da proliferação de algas marinhas potencialmente nocivas ainda não se tornou um foco de atenção para os gestores públicos. Apesar da presença dessas algas provocar alterações na qualidade da água do mar, gastos significativos nos serviços de saúde e perdas nas atividades de pesca, aquicultura e turismo, é possível notar que os instrumentos legais que abordam o fenômeno no país estão voltados para águas continentais e, principalmente, para mananciais de abastecimento (BRASIL, 2000a; 2011b).

Uma recente legislação voltada ao controle do impacto de ficotoxinas sobre a maricultura (Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves - PNCMB) pode ser considerada um avanço, apesar de, na prática, só ter sido implantada como rotina até o momento no Estado de Santa Catarina (BRASIL, 2012; SOUZA; PETCOV, 2013).

Os impactos negativos causados por florações nas zonas costeiras do Brasil, bem como quais questões devem ser consideradas na busca de solução ou controle do fenômeno ainda não foram contemplados como ponto de atenção para a formulação de uma efetiva política pública.

Tabela 2 - Principais síndromes associadas às toxinas sintetizadas por algas marinhas e seus impactos nas zonas costeiras ao redor do mundo (continua)

| Síndromes | Toxina | Efeitos | Problemas relatados |
|---|--|---|--|
| Ciguatera | Ciguatoxinas (CTXs) e maitotoxinas | Despolarização das membranas celulares causa parada das células nervosas ou danos no tecido nervoso. Leva a náuseas, vômitos, formigamentos nos dedos e alucinações (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2004; SALZMAN; MADSEN; GREENBERG, 2006) | Transferências através de relações sexuais e da placenta, acelerando o desenvolvimento fetal (FAO, 2004; PUMARIEGA; MULLINGS, 2008), bem como pelo leite materno, provocando diarreia nos bebês (BUTERA et al., 2008) |
| Envenenamento por cianotoxinas | Anatoxina, anatoxina-a(s) e saxitoxina | Bloqueadores neuromusculares que levam a paralisia e morte por parada respiratória ou cardíaca (BRASIL, 2003; SOTERO-SANTOS et al., 2008) | Holanda: mortes de cachorros e pássaros (FAASSEN et al., 2012). Presença detectada em suplementos alimentares (RELLÁN et al., 2009) |
| Envenenamento por cianotoxinas | Microcistina e nodularina | Hepatotoxinas que levam a destruição do fígado e podem provocar morte (AZEVEDO et al., 2002) | China: aumento da incidência de câncer hepático (ZHANG et al., 2009) |
| Síndrome da amnésia ou envenenamento amnésico por moluscos (<i>Amnesic Shellfish Poisoning - ASP</i>) | Ácido domóico (AD) | Estimulação dos neurônios até a sua morte ou lesões no cérebro, afetando as regiões de aprendizado e memória. Causa cólicas abdominais, vômitos e desorientação (FAO, 2004; VAN DOLAH, 2000) | Canadá: intoxicações (107) e mortes de humanos (3) (CARON et al., 2010) Costa leste dos Estados Unidos da América (EUA): mortes de <i>Kogia breviceps</i> (cachalote pigmeu) e <i>K. sima</i> (cachalote-anão) (FIRE et al., 2009) Costa oeste dos EUA: mortes de leões marinhos (<i>Zalophus californianus</i>) e pelicanos (<i>Pelecanus occidentalis</i>) (JESTER et al., 2009; LEANDRO et al., 2010) |

Tabela 2 - Principais síndromes associadas às toxinas sintetizadas por algas marinhas e seus impactos nas zonas costeiras ao redor do mundo (conclusão)

| Síndromes | Toxina | Efeitos | Problemas relatados |
|--|---------------------|--|---|
| Síndrome da diarreia ou envenenamento diarreico por moluscos (<i>Diarrhetic Shellfish Poisoning - DSP</i>) | Ácido ocadáico (AO) | Hiperfosforilação das proteínas e canais iônicos no epitélio intestinal, causando dores abdominais, diarreia, náuseas e vômitos. A exposição crônica pode gerar tumores gástricos (SUGUNAMA et al., 1988) | Registros prejudicados: raramente as pessoas acometidas dos sintomas procuram assistência médica e equipes médicas têm dificuldades no diagnóstico em virtude das variadas causas de gastroenterites (CASTRO; MOSER, 2012) |
| Síndrome neurotóxica ou envenenamento neurológico por moluscos (<i>Neurotoxic Shellfish Poisoning - NSP</i>) | Brevetoxina (BTXs) | Despolarização das membranas celulares pela abertura dos canais de sódio originando descargas elétricas contínuas. Leva a câimbras, náuseas, vômitos, diarreia, irritações dermais e problemas respiratórios (CARON et al., 2010; VAN DOLAH, 2000) | EUA (Flórida): morte de 200 indivíduos de <i>Trichechus manatus latirostris</i> (peixe-boi-da-flórida) (TRAINER; BADEN, 1999) Austrália: morte de 1700 toneladas de atum (<i>Thunnus maccoyii</i>) (VAN APELDOORN; VAN EGMOND; SPEIJERS, 2001) |
| Síndrome da paralisia ou envenenamento paralisante por moluscos (<i>Paralytic Shellfish Poisoning - PSP</i>) | Saxitoxinas (STXs) | Interrupção da atividade neuronal levando de entorpecimento e dormência até paralisia respiratória (FAO, 2004; KWONG et al., 2006) | EUA: intoxicação e morte de <i>Eschrichtius robustus</i> (baleia-cinza), <i>Megaptera novaeangliae</i> (baleia-jubarte) e <i>Z. californianus</i> (leão-marinho-da-califórnia) (TRAINER; BADEN, 1999), além de <i>Eubalaena glacialis</i> (baleia franca) (DURBIN et al., 2002) |

Fonte: A autora, 2016.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a distribuição espacial e a composição da comunidade fitoplanctônica na plataforma continental e talude superior entre Cabo Frio (RJ) e Ubatuba (SP) - 22°S a 26°S - à luz de processos físicos que influenciam na disponibilidade de nutrientes, com especial destaque para a influência da Água Central do Atlântico Sul e das plumas costeiras das baías de Guanabara e Sepetiba (RJ) sobre a plataforma continental e o talude.

2.2 Objetivos específicos

Em específico, o presente trabalho procura:

- a) analisar como os gradientes verticais e horizontais de massas de água determinam a variação espacial dos diferentes grupos taxonômicos do fitoplâncton entre as regiões costeiras e oceânicas e setorizar a plataforma continental e o talude superior:
 - nas águas oceânicas oligotróficas (domínio da AT) haveria uma redução das densidades totais e predomínio de organismos nanoplanctônicos. Nas águas eutrofizadas pela influência das plumas estuarinas ou da Água Central do Atlântico Sul, a densidade total aumentaria e a contribuição dos organismos microfitoplanctônicos seria maior;
- b) relacionar as formas dos taxa frequentes e constantes, bem como das espécies potencialmente nocivas, através de seus traços funcionais morfológicos, razão S/V e máxima dimensão linear, à distribuição espacial das massas de água e conseqüentemente aos setores, na plataforma continental e talude superior:

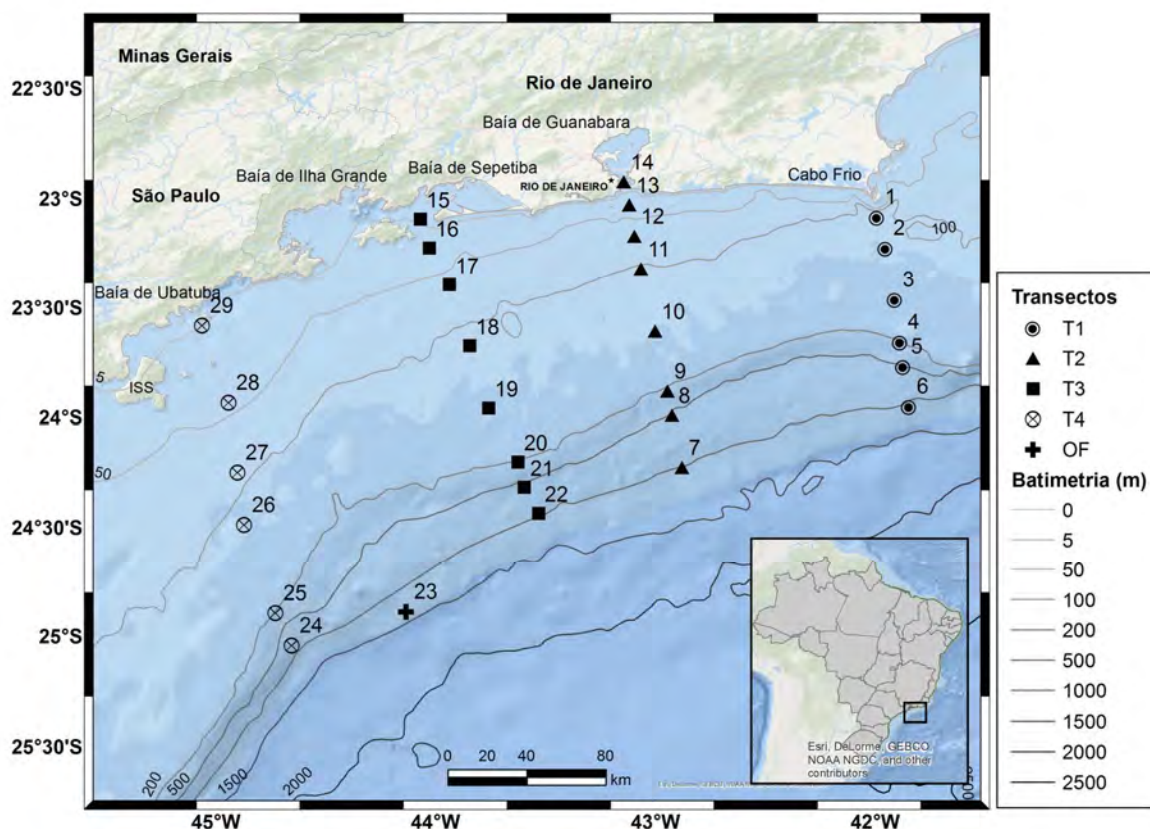
- nas áreas com águas oligotróficas (AT) haveria maior desenvolvimento de S-estrategistas migradores (em grande parte, dinoflagelados de tamanho grande). Nas regiões eutrofizadas, influenciadas pelas plumas estuarinas e pela Água Central do Atlântico Sul, dominariam R-estrategistas de formatos alongados, adaptados a maior mistura da coluna de água;
- c) analisar a ocorrência das espécies potencialmente nocivas em toda a área de estudo e detalhar sua variação espacial em relação à ação das plumas estuarinas oriundas das baías de Guanabara e Sepetiba (RJ) e de sistemas estuarinos do sul do Brasil. Indicar as espécies que devem ser consideradas em programas de monitoramento destinados ao controle e mitigação de florações algais indesejadas, bem como os pontos que podem ser atingidos por eventuais florações na região metropolitana do Rio de Janeiro (RJ):
- espera-se que as maiores densidades de espécies potencialmente nocivas estejam associadas às plumas das baías de Guanabara (BG) e Sepetiba (BS), existindo um predomínio do número de taxa de diatomáceas próximo a costa;
- d) discutir sobre a gestão atual das florações de algas potencialmente nocivas nas zonas costeiras e marinhas do Brasil. Realizar uma avaliação comparativa com a abordagem do problema em termos internacionais e apontar quais questões devem ser consideradas na formulação de uma efetiva política pública nacional voltada ao controle do fenômeno:
- no Brasil, os instrumentos legais que tratam especificamente das algas potencialmente nocivas são recentes e há pouca interação entre as diferentes políticas que deveriam controlar as principais causas para a ocorrência do fenômeno. A elaboração de uma política adequada deve contar com o diálogo entre os vários atores sociais (governo, comunidade científica e costeira) à fim de definir os limites e procedimentos corretos para cada região.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Localizada no setor sudeste da margem continental brasileira, entre Cabo Frio (23°00'S - 42°00'W), no Estado do Rio de Janeiro, e a baía de Ubatuba (23°25'S - 23°27'S; 45°01'W - 45°03'W), no Estado de São Paulo, a área de estudo é conhecida pela mudança abrupta da orientação da linha de costa (de NE-SW para E-W) e pelo estreitamento da plataforma continental (50 km) nas imediações de Cabo Frio (MAHIQUES et al., 2004; SILVA; MIRANDA; CASTRO, 2004) (Figura 3).

Figura 3 - Área de estudo com as 29 estações realizadas durante a Comissão MCT-I



Legenda: ISS = Ilha de São Sebastião; Transecto 1 (T1) - estações 1 a 6 (Cabo Frio);
 Transecto 2 (T2) - estações 7 a 14 (baía de Guanabara); Transecto 3 (T3) - estações
 15 a 22 (baía de Sepetiba); Transecto 4 (T4) - estações 24 a 29 (baía de Ubatuba);
 Estação offshore (OF) - 23.

Fonte: ANP, 2016; ESRI, 2016.

Os dados foram adquiridos durante a Comissão MCT- I, realizada a bordo do NHo Cruzeiro do Sul, da Marinha do Brasil, no mês de Junho de 2010 (APÊNDICE A). Durante esse período foram executadas 29 estações entre a plataforma continental e o talude superior, distribuídas em quatro transectos perpendiculares a costa: transecto 1 (T1) na direção da cidade de Cabo Frio (CF); transecto 2 (T2) na desembocadura da baía de Guanabara (BG); transecto 3 (T3) na desembocadura da baía de Sepetiba (BS) e transecto 4 (T4) próximo à baía de Ubatuba (BU). Uma estação *offshore* (OF) adicional, localizada sobre o talude superior (estação 23), foi também realizada.

As coletas foram conduzidas pelo Centro de Hidrografia da Marinha em cooperação com a Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (FAOC-UERJ), o Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (CEBIMAR-USP) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

3.2 Procedimentos de coleta

Em todas as estações foi utilizado um sistema Seabird SBE 19plus V2 Seacat™ para a perfilagem da condutividade, temperatura e pressão (CTD) ao longo de toda a coluna de água. Perfis de fluorescência também foram possíveis graças à presença do sensor WET Labs™ ECO-AFL/FL.

Garrafas Niskin®, acopladas a um sistema rosette, foram usadas para a coleta da água do mar em profundidades previamente determinadas: superfície, máximo de clorofila/fluorescência, acima e abaixo do máximo de fluorescência, acima do fundo e próxima ao fundo (além de duas faixas adicionais, 100 m e 50 m acima do fundo, quando as profundidades locais ultrapassaram os 150 m). Na superfície das estações mais profundas foi utilizada ainda uma Garrafa Van Dorn.

Diferentes alíquotas da água do mar foram separadas em cada estação, pela equipe do Laboratório de Biogeoquímica (UFRJ), para a análise dos macronutrientes inorgânicos dissolvidos (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e silicato). As amostras foram coletadas em frascos de polipropileno, rinsadas três vezes com água da própria amostra. Filtradas a bordo, em filtros de acetato de celulose, as amostras foram posteriormente congeladas até chegada ao Laboratório de Biogeoquímica da UFRJ.

Na superfície (primeiros 3 m da coluna de água) e na profundidade do máximo de clorofila (PMC, reconhecida em virtude dos perfis de fluorescência) de todas as estações foram separadas alíquotas de 1 L (posteriormente fixadas com formaldeído) para a análise do nanoplâncton (5,0 a 20,0 μm) e microfitoplâncton (> 20,0 μm) (APÊNDICE A).

3.3 Análise e processamento dos dados

3.3.1 Dados químicos e físicos

No Laboratório de Biogeoquímica do Instituto de Biologia da UFRJ, as amostras de água do mar foram descongeladas em temperatura ambiente para a análise dos nutrientes inorgânicos dissolvidos por colorimetria segundo a metodologia descrita em Aminot e Chaussepied (1983).

Os índices termohalinos utilizados para a classificação e interpolação das massas de água atuantes na região seguiram os definidos por Braga e Niencheski (2006) para a Água Costeira (AC, $T > 15^{\circ}\text{C}$ e $S < 35,0$), Castro et al. (2006) para a Água Tropical (AT; $T > 20^{\circ}\text{C}$ e $S > 36,4$) e Silva et al. (1984) para a Água Central do Atlântico Sul (ACAS; $6^{\circ}\text{C} < T < 18^{\circ}\text{C}$ e $34,6 < S < 36,2$). Um intervalo termohalino específico para indicar a presença da Água de Plataforma (AP; $20,5^{\circ}\text{C} < T < 23^{\circ}\text{C}$ e $35 < S < 35,5$), tida como resultado da mistura entre AC e AT, foi também considerado conforme as interpretações detalhadas dos dados supracitados em estudos pretéritos do grupo de pesquisa envolvido com a Comissão MCT-I (CASTRO, 2012; MOSER et al., 2016).

A interpolação foi realizada com o software *ArcGIS*®. A krigagem ordinária foi o método de interpolação escolhido sendo os melhores resultados fornecidos pelo modelo exponencial do semivariograma (ESRI, 2016).

3.3.2 Fitoplâncton

Nas dependências do Laboratório de Cultivo e Ecologia de Microalgas Marinhas (LABCULT - UERJ), após uma decantação mínima de 24 h, as amostras do fitoplâncton foram sifonadas até um volume de 200 mL, com exceção daquela obtida na PMC da estação 24, descartada em virtude de problemas de armazenamento.

A análise quali-quantitativa seguiu o método descrito em Utermöhl (1958) que estabelece a homogeneização e deposição das amostras em cubetas de sedimentação.

A identificação e contagem dos organismos foi realizada em microscópio óptico invertido (Hund Wetzlar) com aumento de 200x para aqueles pertencentes ao microfitoplâncton e 400x para os nanoplanctônicos. A correta separação entre as classes de tamanho foi possível mediante o acoplamento de uma régua previamente calibrada à ocular do microscópio, a qual permitiu ainda a medição das máximas dimensões lineares (MDLs) de cada célula.

Ao menos 400 organismos foram contados em cada amostra, sendo os resultados expressos em células por litro (cél.L⁻¹). Apenas os resultados das cianobactérias filamentosas cuja individualização celular é impossível com o uso do microscópio óptico invertido foram expressos em filamentos por litro (filamentos.L⁻¹).

A identificação dos organismos seguiu os trabalhos de Balech (1988), Bicudo e Menezes (2006), Caljon (1983), Dodge (1982), Tenenbaum et al. (2004) e Tomas (1997), procurando-se atingir sempre o menor nível taxonômico possível.

Em função de sua ocorrência nas amostras, os taxa puderam ser considerados esporádicos (se presentes em 10% a 50% das amostras), frequentes (presentes em mais de 50% e menos de 80% das amostras) ou constantes (presentes em mais de 80% das amostras). Já em função de suas densidades foram classificados como abundantes (caso o número de células superasse a média da amostra) e dominantes (caso a densidade representasse mais de 50% da amostra) (LOBO; LEIGHTON, 1986).

Apenas os taxa identificados ao nível de espécie foram classificados no grupo de potencialmente nocivas conforme a existência de menções aos seus efeitos nocivos em artigos científicos (e.g. BERGMAN et al., 2013; CASTRO; MOSER,

2012; DOU-DING; GOEBEL, 2001; HALLEGRAEFF; ANDERSON; CEMBELLA, 2003; ÖZMAN-SAY; BALKIS, 2012; SATO et al., 2002; VILA; MASÓ, 2005; YIH et al., 2013), endereços eletrônicos de projetos dedicados ao fitoplâncton como o *AlgaeBase* (GUIRY; GUIRY, 2016) e o *Phyto'pedia - The Phytoplankton Encyclopaedia Project* (PHYTO'PEDIA, 2012), além da lista de referência taxonômica de algas nocivas da COI/UNESCO (MOESTRUP et al. 2009).

À fim de evitar a repetição de informações e facilitar a leitura, quando um táxon classificado como abundante pertencia também ao grupo de frequentes/constantas e/ou potencialmente nocivos, optou-se por abordar sua distribuição espacial apenas nesses últimos itens. Ainda no caso dos taxa abundantes, apenas aqueles classificados de tal forma em três ou mais estações tiveram suas distribuições espaciais representados graficamente, evitando a apresentação em mapa de pontos isolados (os que ocorreram somente em uma ou duas estações tiveram suas distribuições destacadas no texto).

3.3.3 Biovolume

O volume do fitoplâncton foi calculado, primeiramente, para os taxa classificados como frequentes e constantes (OLENINA et al., 2006). Em um segundo momento, o mesmo processo foi aplicado para as espécies potencialmente nocivas identificadas.

O volume foi particularmente obtido a partir do tamanho e formato geométrico mais próximo à configuração celular dos organismos selecionados. Os modelos geométricos considerados seguiram os expostos nos trabalhos de Hillebrand et al. (1999), Olenina et al. (2006), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007), bem como combinações não expressas pelos referidos autores.

A medição detalhada dos organismos foi feita através de imagens obtidas simultaneamente durante a contagem dos organismos com uma câmera fotográfica acoplada ao microscópio óptico invertido em sua magnificação máxima (400x)

(HILLEBRAND et al., 1999; VADRUCCI; CABRINI; BASSET, 2007). O editor de imagens empregado para a tomada de medidas foi o ImageJ⁴.

Embora seja recomendada a medição de todos os taxa identificados, optou-se pela medição apenas dos taxa frequentes e constantes na quantidade mínima recomendada pelos autores consultados (Tabela 3). Para a fração das espécies potencialmente nocivas classificadas como esporádicas, no contexto geral do estudo, esse número de medições foi a metade.

Tabela 3 - Recomendações para o cálculo do biovolume sobre a quantidade de células medidas, a magnificação do microscópio para diminuir erros e o número de modelos geométricos adotados

| Autores | Unidades | Magnificação | Modelos |
|-----------------------------------|------------------------|---------------------|----------------|
| Hillebrand et al. (1999) | 25 | 400-1000x | 20 |
| Olenina et al. (2006) | 25 | 400-600x | 16 |
| Sun e Liu (2003) | 20 | 200-1000x | 31 |
| Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) | Todas as identificadas | 400x | 23 |

Fonte: A autora, 2016.

3.3.4 Grupos funcionais

A razão entre os dados de superfície e volume (S/V) dos taxa frequentes e constantes junto com os valores das máximas dimensões lineares (MDL) desses organismos permitiram o agrupamento dos mesmos entre as estratégias C-S-R (REYNOLDS, 1988; 1996). Tal qual o volume, a superfície de um determinado táxon foi calculada a partir da equação da área associada ao modelo geométrico aplicado ao formato da célula (HILLEBRAND et al., 1999).

A abordagem funcional foi aplicada inicialmente aos taxa frequentes e constantes (item 4.2.1) por se acreditar que os mesmos fornecem um quadro mais geral do que ocorre em toda a área de estudo (os taxa abundantes representariam melhor as situações ou processos pontuais).

⁴ Programa de domínio público em linguagem Java desenvolvido pelo *National Institute of Mental Health* (NIMH, 2015) dos EUA.

Posteriormente, o agrupamento entre as estratégias C-S-R foi realizado, em uma análise a parte, para as espécies classificadas como potencialmente nocivas (item 4.3.2).

3.3.5 Análise estatística

A análise de agrupamento, combinando o método de Ward e a distância euclidiana, foi aplicada a uma matriz de similaridade gerada a partir de uma matriz de dados cujos descritores foram os taxa mais frequentes e constantes (e em uma segunda etapa aqueles potencialmente nocivos) e os objetos foram as estações (e profundidades). Essa análise seguiu o modo Q (agrupamento dos objetos e estações), sendo para isso empregado o programa PAST (PAleontological STatistics) 3.10 (CLARKE; WARWICK, 1994; HAMMER, 2015).

A comparação das relações existentes entre as densidades dos taxa considerados e as demais variáveis ambientais foi possível através da Análise de Correlação Canônica (ACC), sendo novamente usado o programa PAST. Duas matrizes foram importantes para essa etapa: uma matriz biótica normalizada por $\log(x+1)$ e uma matriz abiótica (com os dados de temperatura, salinidade e nutrientes encontrados na superfície e PMC) padronizada e normalizada pela raiz quadrada. A normalidade da distribuição dos dados foi testada a partir da aplicação dos testes de Shapiro-Wilks e Anderson-Darling (disponíveis no pacote estatístico PAST).

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização geral da área

4.1.1 Hidrografia e nutrientes

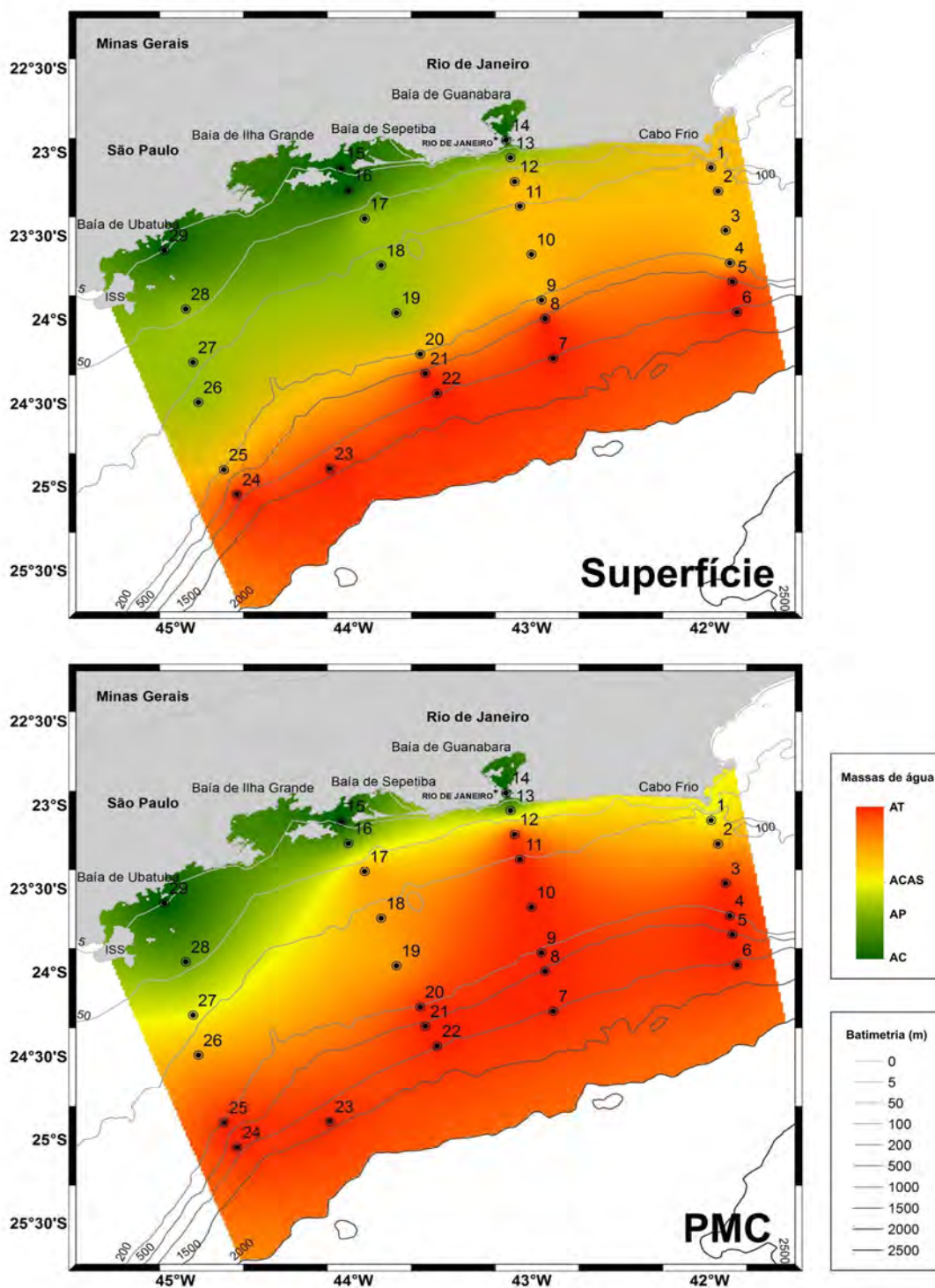
Esses dados têm suas interpretações detalhadas em outros trabalhos do grupo de pesquisa (CASTRO, 2012; MOSER et al., 2016).

De forma geral, foi possível notar na porção central e oceânica da área de estudo (em superfície a partir da isóbata de 500 m - entre a plataforma externa e o talude superior - e na PMC a partir da isóbata de 50 m - entre a plataforma média e o talude), o predomínio da AT e da ACAS, essa última apenas a maiores profundidades levando a aumentos da concentração de nitrato (Figura 4 e Tabela 4).

Águas com características continentais, com salinidades mais baixas e teores elevados de silicato e fosfato, como a AC e a AP, estiveram presentes entre a costa (até a isóbata de 50 m, na plataforma interna) e a porção central da plataforma (plataforma média, entre as isóbatas de 50 m e 130 m) (Tabela 5).

Tanto a AC quanto a AP foram associadas à influência das plumas das baías de Guanabara e Sepetiba (RJ) (nos transectos T2 e T3) e aos fluxos oriundos da porção sul da margem brasileira que transportam, para norte e próximo à zona costeira, águas com características estuarinas de origem remota - isto é, dos sistemas distribuídos ao longo da linha de costa - (transectos T3 e T4 - baías de Sepetiba e Ubatuba). Destaca-se para esses últimos a importância da presença da Ilha de São Sebastião (SP) no extremo sul da área investigada, que age como uma verdadeira barreira e provoca não só mudanças na estrutura vertical da coluna de água como também aumentos do transporte lateral de material terrígeno para a plataforma adjacente (Figura 5).

Figura 4 - Massas de água presentes na superfície e na PMC



Legenda: As diferentes massas de água estão indicadas no espectro de cores (AC = verde escuro; AP = verde claro; ACAS = amarelo; AT = vermelho). ISS = Ilha de São Sebastião.

Fonte: A autora, 2016.

Tabela 4 - Concentrações de nutrientes inorgânicos (μM) na superfície e PMC de cada estação (continua)

| Tran. | Est. | Prof. (m) | Posição coluna | Amônio | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Silicato |
|-------|------|-----------|----------------|--------|---------|---------|---------|----------|
| T1 | 1 | 3 | S | 0,25 | 0,04 | 0,14 | 0,55 | 0,68 |
| | | 50 | PMC | 0,32 | 0,14 | 6,66 | 0,76 | 1,93 |
| | 2 | 3 | S | n.d. | 0,09 | 0,43 | 0,45 | 0,84 |
| | | 40 | PMC | 0,27 | 0,15 | 2,24 | 0,34 | 1,02 |
| | 3 | 3 | S | n.d. | 0,06 | 0,22 | 0,18 | 0,56 |
| | | 50 | PMC | 0,35 | 0,24 | 5,12 | 0,24 | 0,68 |
| | 4 | 3 | S | n.d. | n.d. | 0,19 | 0,19 | 1,08 |
| | | 45 | PMC | 0,13 | 0,2 | 1,09 | 0,3 | 1,57 |
| | 5 | 3 | S | 0,6 | 0,06 | n.d. | 0,12 | 1,2 |
| | | 42 | PMC | 0,45 | 0,09 | 1,03 | 0,16 | 0,88 |
| | 6 | 3 | S | 0,42 | 0,11 | 0,11 | 0,19 | 1,39 |
| | | 35 | PMC | 0,24 | 0,09 | n.d. | 0,24 | 1,39 |
| T2 | 7 | 3 | S | 0,24 | 0,14 | 0,13 | 0,28 | 1,94 |
| | | 85 | PMC | 0,23 | 0,14 | 3,15 | 0,25 | 1,62 |
| | 8 | 3 | S | 0,15 | 0,09 | 0,13 | 0,15 | 1,27 |
| | | 58 | PMC | 0,25 | 0,13 | 1,24 | 0,08 | 1,55 |
| | 9 | 3 | S | 0,33 | 0,09 | n.d. | n.d. | 1,23 |
| | | 50 | PMC | 0,23 | 0,13 | 0,31 | 0,15 | 1,36 |
| | 10 | 3 | S | 0,17 | 0,13 | 0,21 | n.d. | 1,67 |
| | | 47 | PMC | 0,18 | 0,39 | 1,03 | 0,45 | 2,19 |
| | 11 | 3 | S | 0,25 | 0,13 | 0,3 | 0,28 | 1,4 |
| | | 26 | PMC | 0,28 | 0,03 | 0,52 | 0,12 | 1,05 |
| | 12 | 3 | S | 0,34 | n.d. | 0,39 | 0,28 | 1,14 |
| | | 23 | PMC | 0,45 | 0,11 | 3,29 | 0,23 | 1,58 |
| | 13 | 3 | S | 0,52 | 0,38 | 0,59 | 0,19 | 3,46 |
| | | 12 | PMC | 0,36 | 0,18 | 4,46 | 0,4 | 4,91 |
| 14 | 3 | S | 4,19 | 2,21 | 7,31 | 0,84 | 16,97 | |
| | 10 | PMC | 5,48 | 1,74 | 6,95 | 0,96 | 12,46 | |
| T3 | 15 | 3 | S | 0,9 | 0,07 | 0,15 | 0,04 | 2,34 |
| | | 10 | PMC | 0,65 | 0,18 | 0,65 | 0,28 | 5,67 |
| | 16 | 3 | S | 0,78 | 0,07 | 0,13 | 0,18 | 3,21 |
| | | 12 | PMC | 0,52 | 0,14 | n.d. | 0,18 | 2,98 |
| | 17 | 3 | S | 0,72 | 0,01 | 1,04 | 0,27 | 3,8 |
| | | 30 | PMC | 0,6 | 0,16 | 1,11 | 0,25 | 2,42 |
| | 18 | 3 | S | 0,16 | 0,04 | 1,07 | 0,3 | 1,08 |
| | | 30 | PMC | 0,27 | 0,2 | 1,21 | 0,15 | 0,62 |
| | 19 | 3 | S | 0,3 | 0,05 | 1 | 0,42 | 1,03 |
| | | 35 | PMC | 0,25 | 0,08 | 4,09 | 0,45 | 4,32 |

Tabela 4 - Concentrações de nutrientes inorgânicos (μM) na superfície e PMC de cada estação (conclusão)

| Tran. | Est. | Prof. (m) | Posição coluna | Amônio | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Silicato |
|-------|------|-----------|----------------|--------|---------|---------|---------|----------|
| T3 | 20 | 3 | S | 0,26 | 0,04 | 0,92 | 0,35 | 0,75 |
| | | 50 | PMC | 0,29 | 0,17 | 1,3 | 0,22 | 1,59 |
| | 21 | 3 | S | 0,24 | 0,05 | 0,7 | 0,15 | 0,81 |
| | | 60 | PMC | 0,23 | 0,03 | 0,82 | 0,1 | 0,75 |
| | 22 | 3 | S | 0,27 | 0,04 | 0,69 | 0,1 | 0,56 |
| | | 41 | PMC | 0,21 | 0,04 | 0,36 | 0,1 | 0,5 |
| OF | 23 | 3 | S | 0,15 | 0,01 | 0,19 | 0,14 | 1,21 |
| | | 80 | PMC | 0,13 | 0,16 | 0,95 | 0,21 | 1,32 |
| T4 | 24 | 3 | S | 0,11 | n.d. | 0,92 | 0,14 | 1,47 |
| | | 80 | PMC | 0,13 | 0,05 | 0,55 | 0,22 | 1,28 |
| | 25 | 3 | S | 0,14 | 0,03 | 0,44 | 0,28 | 0,65 |
| | | 50 | PMC | 0,13 | n.d. | 0,15 | 0,3 | 0,74 |
| | 26 | 3 | S | 0,28 | n.d. | 0,21 | 0,47 | 0,8 |
| | | 38 | PMC | 0,28 | 0,1 | 1,27 | 0,42 | 0,65 |
| | 27 | 3 | S | 0,14 | n.d. | 0,78 | 0,39 | 0,69 |
| | | 25 | PMC | 0,28 | 0,12 | 5,5 | 0,86 | 6,34 |
| | 28 | 3 | S | 0,24 | 0,07 | 0,32 | 0,3 | 0,73 |
| | | 20 | PMC | 0,33 | 0,07 | 1,17 | 0,3 | 1,79 |
| | 29 | 3 | S | 0,29 | 0,02 | 1,13 | 0,53 | 0,91 |
| | | 10 | PMC | 0,48 | 0,17 | 1,86 | 0,69 | 1,46 |

Legenda: Tran. = Transecto, onde T1 = Transecto 1 (Cabo Frio); T2 = Transecto 2 (baía de Guanabara); T3 = Transecto 3 (baía de Sepetiba); T4 = Transecto 4 (baía de Ubatuba); OF = Estação offshore. Est. = Estação, Prof. = Profundidade de coleta (em metros), S = Superfície, PMC = Profundidade do máximo de clorofila, n.d. = não detectado.

Fonte: CASTRO, 2012.

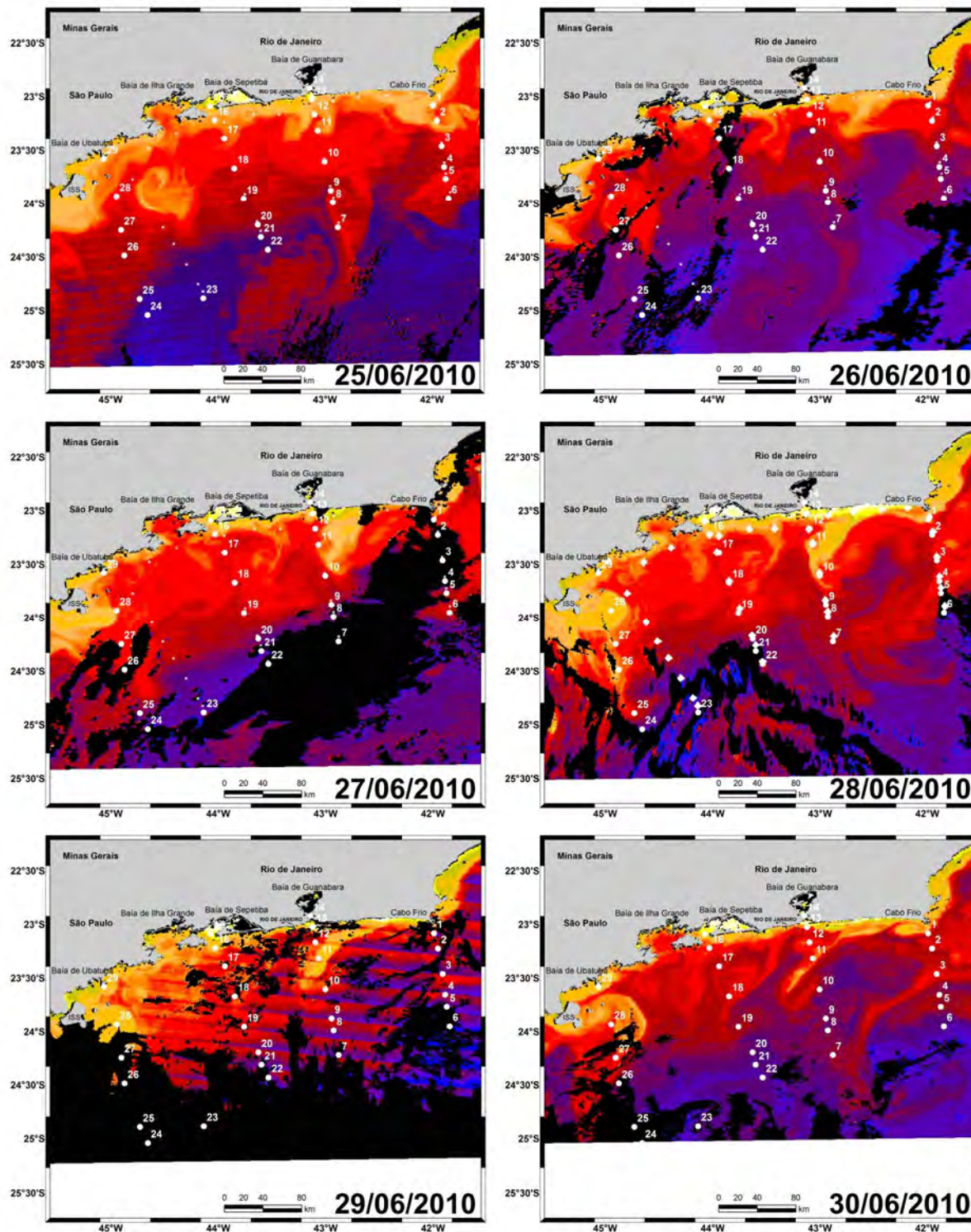
Tabela 5 - Média e desvio-padrão das concentrações de nutrientes inorgânicos (μM) e dos valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e salinidade registrados nas massas de água identificadas durante a Comissão MCT-I

| Massa de água | Transecto | Amônio | Nitrito | Nitrato | Fosfato | Silicato | Temperatura | Salinidade |
|---------------|-----------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| AT | T1 | 0,26 \pm 0,14 | 0,10 \pm 0,08 | 1,83 \pm 2,23 | 0,21 \pm 0,04 | 1,05 \pm 0,26 | 23,03 \pm 1,06 | 36,65 \pm 0,18 |
| | T2 | 0,28 \pm 0,07 | 0,13 \pm 0,02 | 1,16 \pm 1,26 | 0,13 \pm 0,06 | 1,46 \pm 0,34 | 23,41 \pm 0,95 | 36,77 \pm 0,16 |
| | T3 | 0,25 \pm 0,04 | 0,09 \pm 0,07 | 0,76 \pm 0,31 | 0,13 \pm 0,08 | 0,89 \pm 0,36 | 22,49 \pm 0,48 | 36,57 \pm 0,08 |
| | T4 | 0,14 \pm 0,05 | 0,04 \pm 0,05 | 0,54 \pm 0,37 | 0,21 \pm 0,09 | 1,19 \pm 0,24 | 22,46 \pm 0,36 | 36,69 \pm 0,11 |
| | OF | 0,16 \pm 0,07 | 0,07 \pm 0,07 | 0,55 \pm 0,35 | 0,17 \pm 0,05 | 1,29 \pm 0,05 | 22,38 \pm 0,31 | 36,77 \pm 0,06 |
| AC | T1 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| | T2 | 4,20 \pm 1,49 | 1,45 \pm 0,39 | 6,23 \pm 0,8 | 0,83 \pm 0,19 | 10,51 \pm 2,39 | 21,96 \pm 0,25 | 34,28 \pm 0,62 |
| | T3 | 0,69 \pm 0,05 | 0,17 \pm 0,09 | 0,56 \pm 0,41 | 0,32 \pm 0,13 | 4,49 \pm 1,09 | 22,12 \pm 0,07 | 34,50 \pm 0,47 |
| | T4 | 0,36 \pm 0,08 | 0,12 \pm 0,07 | 1,49 \pm 0,6 | 0,62 \pm 0,07 | 3,05 \pm 2,76 | 21,71 \pm 0,19 | 34,76 \pm 0,15 |
| | OF | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| ACAS | T1 | 0,33 \pm 0,19 | 0,09 \pm 0,03 | 13,83 \pm 7,81 | 1,29 \pm 0,46 | 6,51 \pm 7,09 | 12,97 \pm 2,67 | 35,22 \pm 0,35 |
| | T2 | 0,33 \pm 0,03 | 0,07 \pm 0,03 | 4,59 \pm 1,86 | 0,67 \pm 0,1 | 3,68 \pm 0,65 | 13,43 \pm 2,63 | 35,30 \pm 0,36 |
| | T3 | 0,34 \pm 0,10 | 0,08 \pm 0,04 | 10,33 \pm 2,22 | 0,79 \pm 0,24 | 5,58 \pm 1,93 | 13,48 \pm 2,72 | 35,30 \pm 0,37 |
| | T4 | 0,28 \pm 0,06 | 0,05 \pm 0,03 | 10 \pm 0,93 | 1,01 \pm 0,24 | 7,43 \pm 2,38 | 13,94 \pm 3,14 | 35,36 \pm 0,42 |
| | OF | 0,24 \pm 0,24 | 0,05 \pm 0,01 | 13,58 \pm 6,84 | 1,29 \pm 0,45 | 5,26 \pm 3,26 | 12,83 \pm 2,71 | 35,22 \pm 0,38 |
| AP | T1 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| | T2 | 1,08 \pm 1,69 | 0,5 \pm 0,28 | 3,36 \pm 1,98 | 0,42 \pm 0,17 | 5,39 \pm 1,73 | 21,77 \pm 0,34 | 35,18 \pm 0,12 |
| | T3 | 0,48 \pm 0,21 | 0,06 \pm 0,04 | 0,63 \pm 0,39 | 0,33 \pm 0,11 | 2,52 \pm 1,04 | 22,20 \pm 0,34 | 35,37 \pm 0,10 |
| | T4 | 0,31 \pm 0,08 | 0,05 \pm 0,05 | 1,66 \pm 1,87 | 0,55 \pm 0,25 | 2,5 \pm 2,82 | 21,68 \pm 0,33 | 35,13 \pm 0,08 |
| | OF | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |

Legenda: AT = Água Tropical; AC = Água Costeira; ACAS = Água Central do Atlântico Sul; AP = Água de Plataforma; Transecto 1 (T1) - estações 1 a 6 (Cabo Frio); Transecto 2 (T2) - estações 7 a 14 (baía de Guanabara); Transecto 3 (T3) - estações 15 a 22 (baía de Sepetiba); Transecto 4 (T4) - estações 24 a 29 (baía de Ubatuba); Estação *offshore* (OF) - 23; n.d. = não detectado.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 5 - Imagens de clorofila-a dos sensores Aqua e Terra, entre 25/06/2010 e 30/06/2010, indicando a formação da feição vortical nas imediações da Ilha de São Sebastião



Legenda: As cores frias indicam baixas concentrações de clorofila-a e as cores quentes indicam concentrações maiores de clorofila-a.
 Fonte: CASTRO, 2012.

4.1.2 Composição da comunidade fitoplanctônica

Durante o inverno de 2010, a comunidade fitoplanctônica presente na superfície e profundidade do máximo de clorofila da plataforma continental e do talude superior, entre Cabo Frio (RJ) e Ubatuba (SP), foi composta por 227 taxa: 103 taxa de diatomáceas, 73 taxa de dinoflagelados, 18 taxa de cocolitoforídeos, 8 taxa de cianobactérias, 5 taxa de euglenofíceas, 4 taxa de clorofíceas, 4 taxa de silicoflagelados e 1 táxon de rafidofíceas. Fizeram parte também ciliados fototróficos (1 táxon correspondente a *Mesodinium rubrum* Leegaard) e flagelados nanoplanctônicos cuja identificação mais específica não foi possível em virtude de limitações próprias da metodologia empregada sob o microscópio óptico (10 taxa) (APÊNDICE B, Tabela 6).

Tabela 6 - Quantidade de taxa reconhecidos por grupos taxonômicos

| | Taxa ¹ | Classe | Ordem | Família | Gênero | Espécie ² |
|----------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------|
| Cianobactérias | 8 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Ciliado fototrófico ³ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Clorofíceas | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| Cocolitoforídeos | 18 | 1 | 3 | 6 | 7 | 2 |
| Diatomáceas | 103 | 3 | 16 | 20 | 34 | 40 |
| Dinoflagelados | 73 | 1 | 8 | 18 | 20 | 44 |
| Euglenofíceas | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flagelados nanoplanctônicos | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rafidofíceas | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Silicoflagelados | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| TOTAL | 227 | 12 | 33 | 50 | 67 | 91 |

Legenda: 1 = total de taxa identificados, independentemente do nível taxonômico, 2 = incluindo aquelas com *conferatum* (cf.) e 3 = ciliado fototrófico considerado.

Fonte: A autora, 2016.

Em ambas as faixas de coleta houve uma redução das densidades totais (soma de todas as densidades encontradas por estação) com o afastamento da linha de costa, tendo os valores variado de 10^4 , nas estações situadas nas porções mais oceânicas, a 10^5 células por litro (cél.L⁻¹) nas estações próximas ao continente

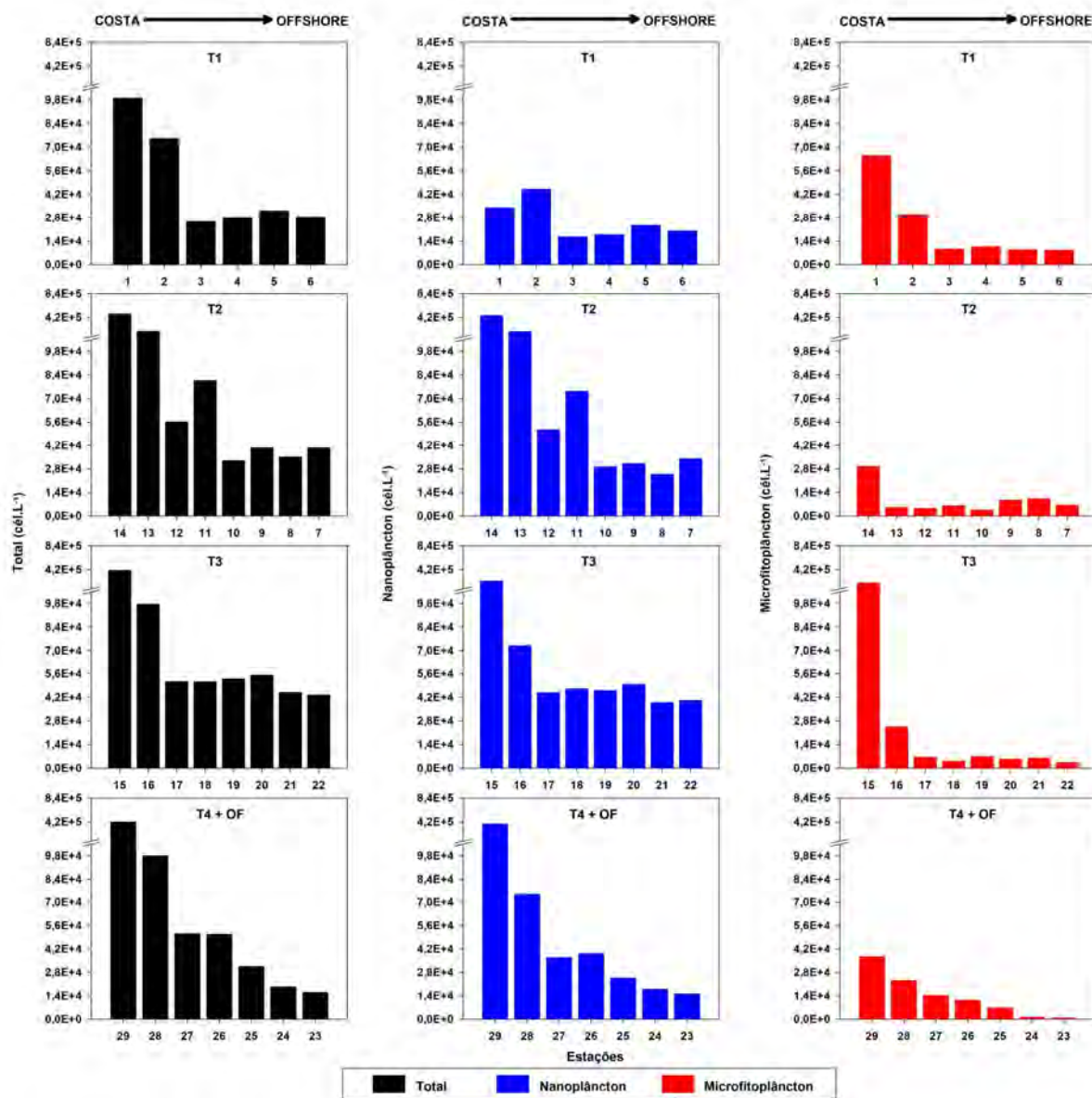
(Figura 6 e Figura 7). Observou-se ainda que as coletas realizadas na profundidade do máximo de clorofila (PMC) registraram a menor ($1,47 \times 10^4$ cél.L⁻¹) e a maior ($7,95 \times 10^5$ cél.L⁻¹) densidade total de todo o período, sendo a primeira encontrada aos 50 m da estação 20 (transecto T3, baía de Sepetiba) e a segunda presente aos 10 m da estação 29 (transecto T4, baía de Ubatuba). Por outro lado, nos primeiros 3 m da coluna de água, as densidades totais alcançaram valores de $1,62 \times 10^4$ cél.L⁻¹ a $4,86 \times 10^5$ cél.L⁻¹, respectivamente na estação *offshore* - que registrou na PMC um valor de $2,41 \times 10^4$ cél.L⁻¹ - e estação 14 (transecto T2, baía de Guanabara).

Diatomáceas, dinoflagelados e flagelados nanoplânctônicos foram os únicos grupos a estarem presentes em todas as estações e profundidades analisadas (Figura 8 e Figura 9). Junto com os coccolitoforídeos (ausentes apenas da estação mais costeira do transecto T2) e cianobactérias representaram de 29% (estação 14) a 100% (estações 6, 18, 21 e 26) do fitoplâncton encontrado em superfície e de 79% (estação 14) a 100% (estações 3, 6, 7, 17 e 23) do fitoplâncton presente na PMC.

O conjunto formado pelos outros flagelados (clorofíceas, euglenofíceas, rafidofíceas e silicoflagelados) e o ciliado identificado foi responsável por menos de 6% da densidade total encontrada em cada estação. As exceções foram os primeiros metros das duas estações mais próximas à costa do transecto T2, onde contribuições de 42% (estação 13) e 71% (estação 14) foram possíveis em virtude das densidades elevadas de clorofíceas sob o domínio da AC.

A abundância do nanoplâncton superou a do microfitoplâncton em todos os casos, exceto na superfície da estação mais costeira do transecto T1 - próximo à Cabo Frio (Figura 6 e Figura 7). Com contribuições variando de 34% (estação 1) a 97% (estação 13) da densidade total em superfície e de 61% (estação 2) a 98% (estação 4) na PMC, o nanoplâncton foi composto essencialmente por coccolitoforídeos e flagelados cuja identificação mais detalhada não foi possível: o primeiro correspondendo a até 70% (estação 23) da densidade total do nanoplâncton em superfície e 82% (estação 8) na PMC; o segundo com contribuições de 73% e 74% nas duas faixas de profundidade investigadas da estação 29 (Figura 10 e Figura 11).

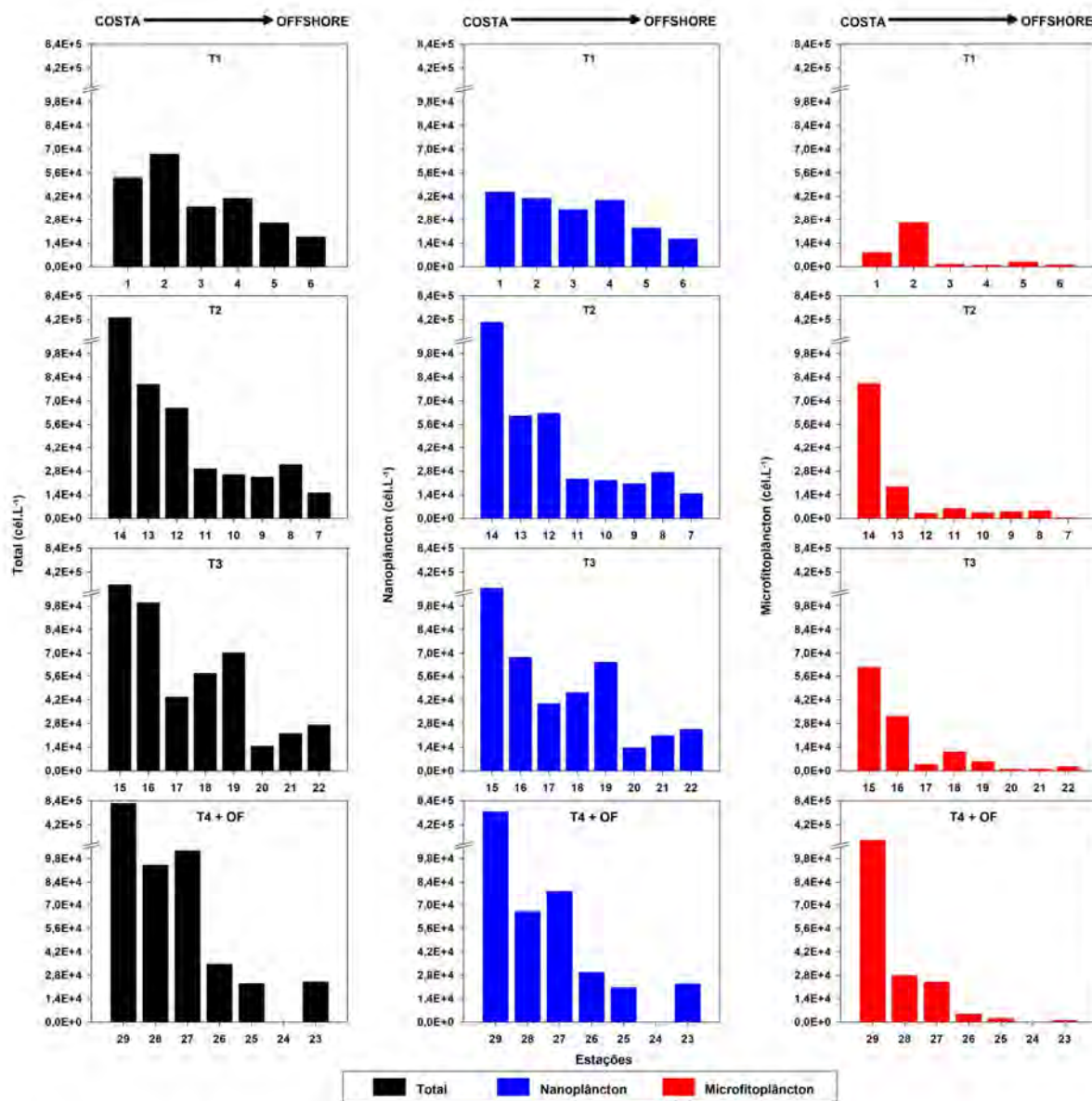
Figura 6 - Distribuição das densidades totais, do nanoplâncton e microfitoplâncton (cél.L⁻¹) na superfície



Legenda: Valores da densidade total de cada estação em preto, da fração nanoplânctônica em azul e da fração microplânctônica em vermelho. T1 = Transecto 1 (Cabo Frio); T2 = Transecto 2 (baía de Guanabara); T3 = Transecto 3 (baía de Sepetiba); T4 = Transecto 4 (baía de Ubatuba); OF = Estação offshore.

Fonte: A autora, 2016.

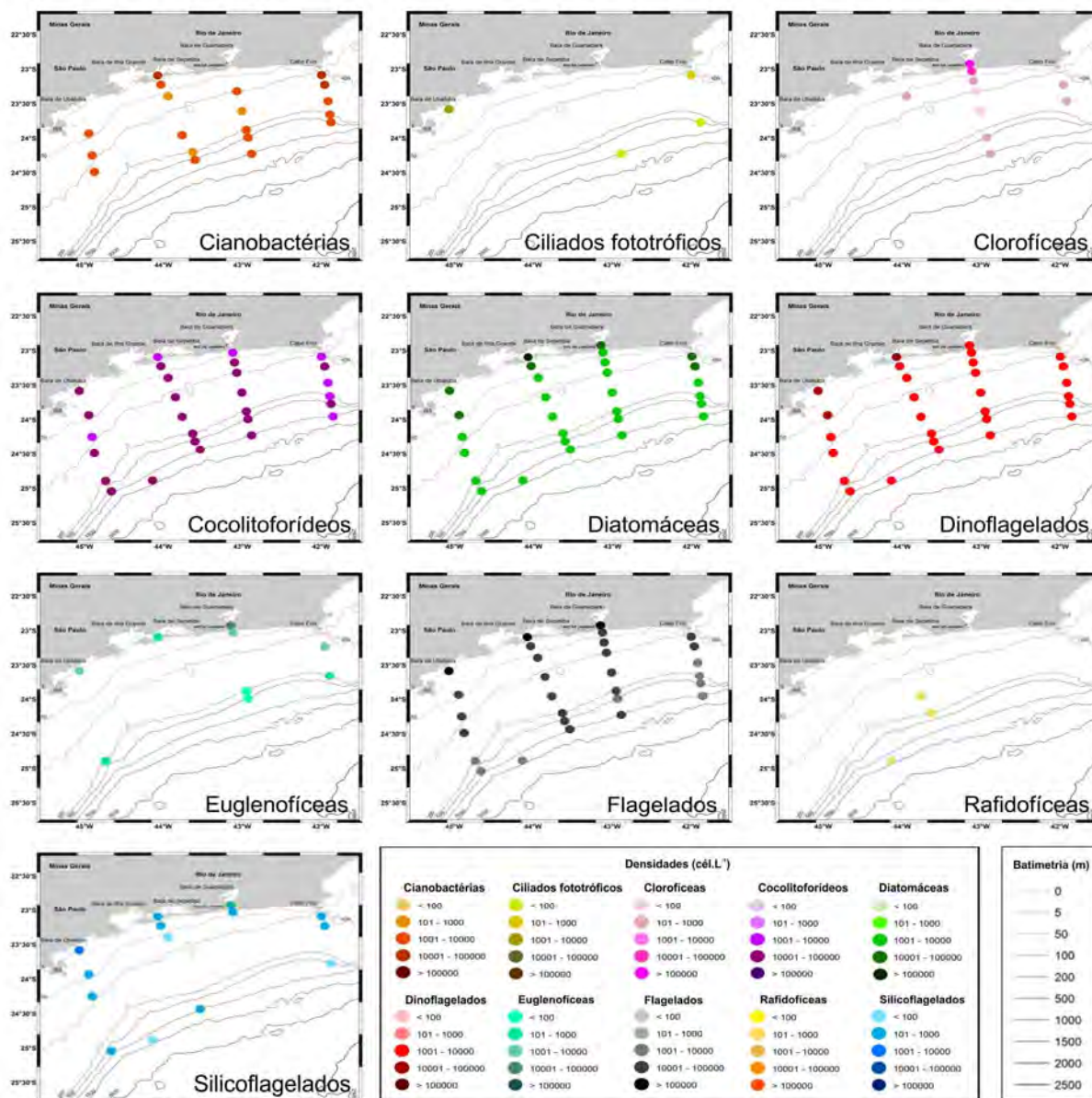
Figura 7 - Distribuição das densidades totais, do nanoplâncton e microfitoplâncton (cél.L⁻¹) na PMC



Legenda: Valores da densidade total de cada estação em preto, da fração nanoplanctônica em azul e da fração microplanctônica em vermelho. T1 = Transecto 1 (Cabo Frio); T2 = Transecto 2 (baía de Guanabara); T3 = Transecto 3 (baía de Sepetiba); T4 = Transecto 4 (baía de Ubatuba); OF = Estação offshore.

Fonte: A autora, 2016.

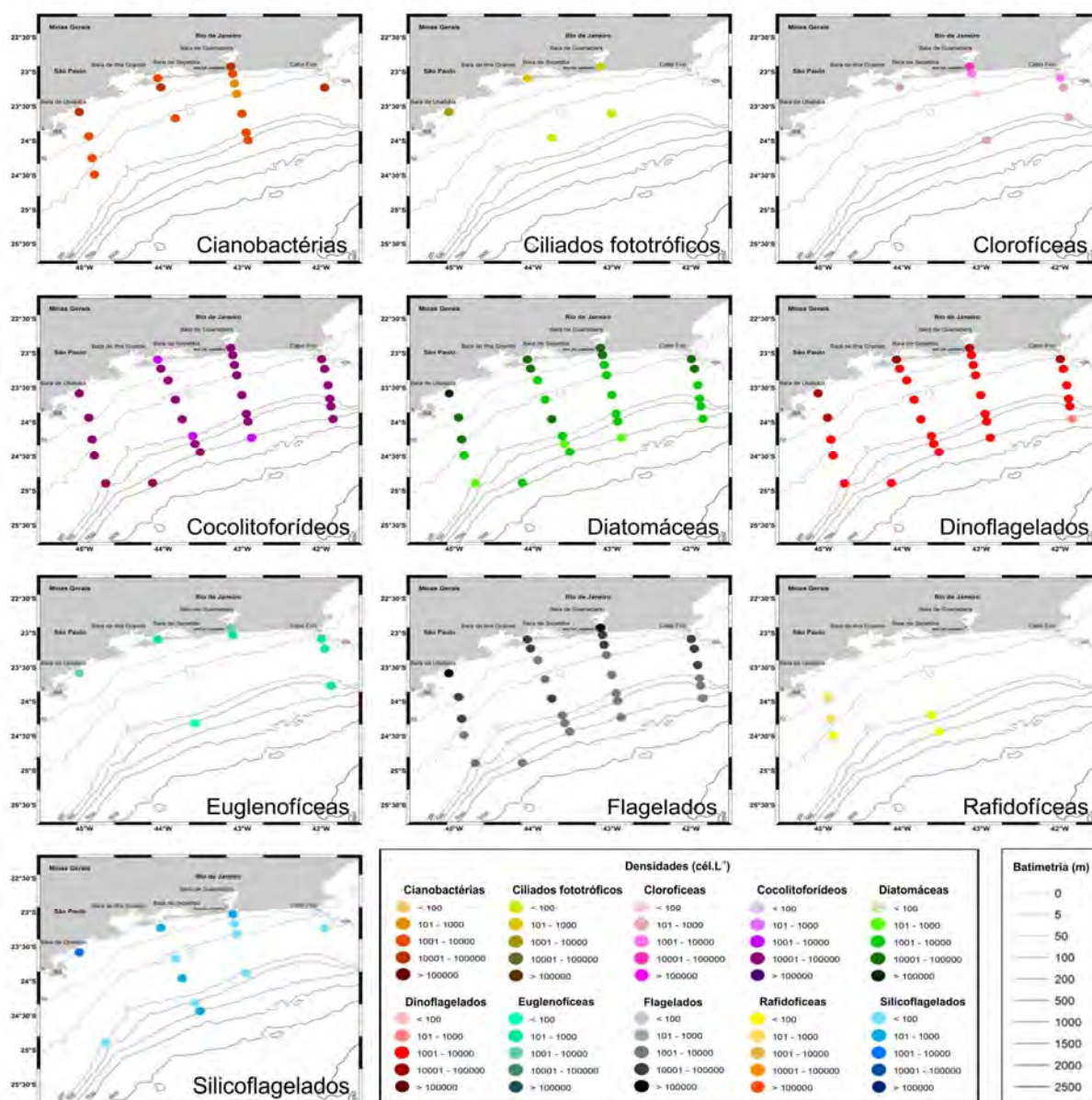
Figura 8 - Distribuição espacial geral e densidades (cél.L⁻¹) dos grupos taxonômicos identificados em superfície



Legenda: A variação de cor dos símbolos da densidade representa os diferentes grupos taxonômicos (laranja = cianobactérias (exceto filamentosas); marrom = ciliados fototróficos; rosa = clorofíceas; roxo = coccolitofóridos; verde = diatomáceas; vermelho = dinoflagelados; azul-esverdeado = euglenofíceas; cinza = flagelados nanoplânctônicos; amarelo = rafidofíceas; azul = silicoflagelados).

Fonte: A autora, 2016.

Figura 9 - Distribuição espacial geral e densidades (cél.L⁻¹) dos grupos taxonômicos identificados na PMC



Legenda: A variação de cor dos símbolos da densidade representa os diferentes grupos taxonômicos (laranja = cianobactérias (exceto filamentosas); marrom = ciliados fototróficos; rosa = clorofíceas; roxo = cocolitoforídeos; verde = diatomáceas; vermelho = dinoflagelados; azul-esverdeado = euglenofíceas; cinza = flagelados nanoplantônicos; amarelo = rafidofíceas; azul = silicoflagelados).

Fonte: A autora, 2016.

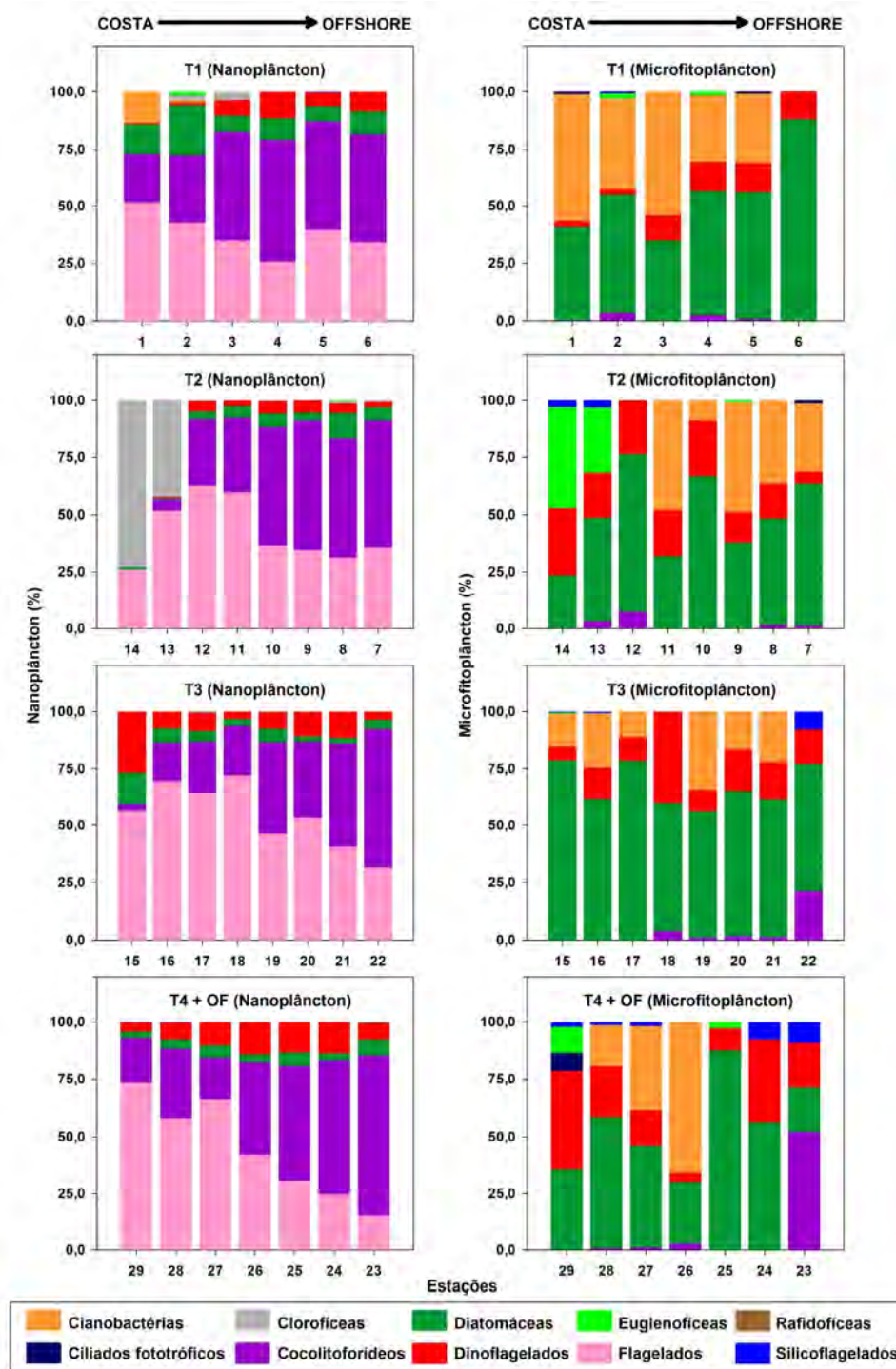
Diatomáceas e dinoflagelados representaram, no máximo, 22% (estação 2) e 27% (estação 15) do nanoplâncton em superfície e 39% (estação 15) e 28% (estação 1) da mesma fração de tamanho na PMC. Cianobactérias não-filamentosas nanoplanctônicas foram encontradas apenas nos primeiros três metros das duas estações mais costeiras do transecto de Cabo Frio (T1), representando menos de 15% do nanoplâncton dessas estações. À exceção das clorofíceas (classes Chlorodendrophyceae e Pyramimonadophyceae), que alcançaram 42% e 73% do nanoplâncton na superfície das estações mais costeiras do transecto da baía de Guanabara (T2), além de 24% aos 10 m da estação 14, os demais flagelados (euglenofíceas e rafidofíceas) corresponderam a menos de 5% da densidade total nanoplanctônica.

Em termos de taxa, os principais representantes do nanoplâncton (maiores densidades) foram Coccolithophyceae sp. 1, Flagelado sp. 1 e *Tetraselmis* sp. 1. Embora Coccolithophyceae sp. 1, Flagelado sp. 1 e *Tetraselmis* sp. 1 tenham apresentado suas máximas densidades sob a influência da AC, os primeiros aos 10 m (PMC) da estação mais costeira do transecto T4 (em ordem, $4,59 \times 10^4$ cél.L⁻¹ e $4,79 \times 10^5$ cél.L⁻¹) e o último na superfície da estação mais costeira do transecto T2 ($2,12 \times 10^5$ cél.L⁻¹), foi possível notar que, no caso de Coccolithophyceae sp. 1 e Flagelado sp. 1, a presença da AT influenciou a dominância do último na superfície e do primeiro na PMC das porções oceânicas da área de estudo.

No caso do microfitoplâncton, diatomáceas, dinoflagelados e cianobactérias foram os principais grupos contribuindo, respectivamente, com até 88% (estação 6), 43% (estação 29) e 66% (estação 26) da densidade total dessa fração de tamanho em superfície e 93% (estação 1), 54% (estação 25) e 78% (estação 2) na PMC (Figura 10 e Figura 11).

Apesar de menos significativos do que para a fração nanoplanctônica, os coccolitoforídeos chegaram a representar 52% e 69% da densidade do microfitoplâncton na superfície e PMC (ambos da estação 23). Euglenofíceas, silicoflagelados e ciliados fototróficos corresponderam a menos de 12% da densidade total do microfitoplâncton nas duas faixas de profundidade analisadas. As exceções foram os primeiros três metros das duas estações mais costeiras do transecto da baía de Guanabara (T2), onde as euglenofíceas contribuíram com 29% e 44% do microfitoplâncton.

Figura 10 - Contribuições (%) dos grupos taxonômicos para o nanoplâncton e microfitoplâncton em superfície



Legenda: As cores representam grupos taxonômicos (laranja = cianobactérias, exceto filamentosas; azul-escuro = ciliados fototróficos; cinza = clorofíceas; roxo = coccolitoforídeos; verde-escuro = diatomáceas; vermelho = dinoflagelados; verde-claro = euglenofíceas; rosa = flagelados nanoplantônicos; marrom = rafidofíceas; azul-claro = silicoflagelados). T1 = Transecto 1 (Cabo Frio); T2 = Transecto 2 (baía de Guanabara); T3 = Transecto 3 (baía de Sepetiba); T4 = Transecto 4 (baía de Ubatuba); OF = Estação offshore.

Fonte: A autora, 2016.

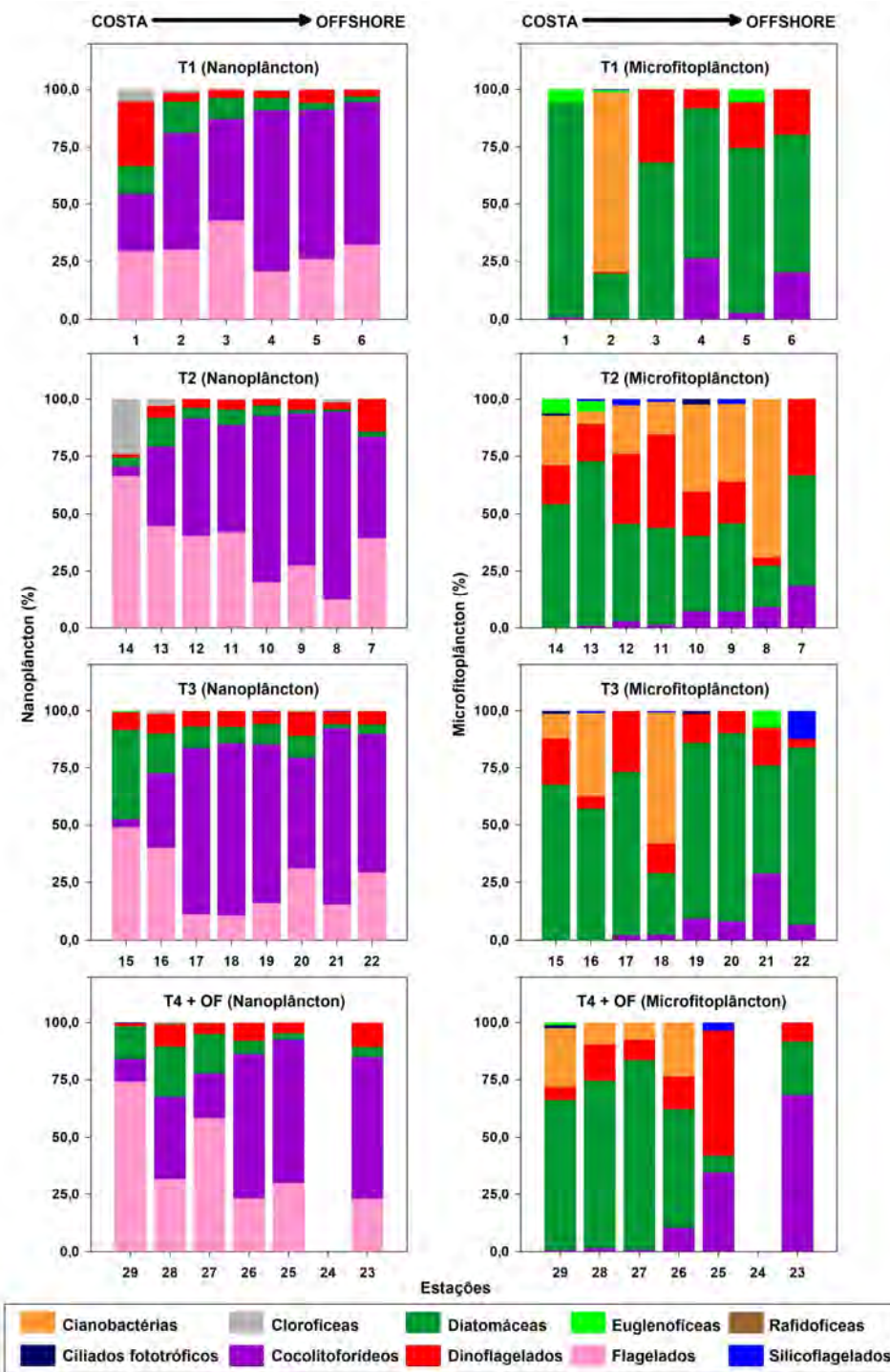
Os taxa microplancetônicos com as maiores densidades foram as cianobactérias *Anabaena* sp. 1 e *Anabaena* sp. 2; os coccolitoforídeos *Calciosolenia murrayi* e *Umbilicosphaera* Lohmann; as diatomáceas Bacillariophyceae sp. 1, *Climacodium frauenfeldianum* Grunow, *Guinardia striata*, *Lioloma pacificum* (Cupp) Hasle, *Thalassionema nitzschioides*, Thalassionemataceae sp. 3, Thalassionemataceae sp. 4 e *Thalassiosira* cf. *leptopus*; os dinoflagelados *Alexandrium* cf. *fraterculus* (Balech) Balech, *Gymnodinium* sp. 6, *Oxytoxum* cf. *laticeps* Schiller, *Oxytoxum variable*, *Prorocentrum* sp. 2 e *Pyrocystis lunula* (Schütt) Schütt, além da euglenofícea Euglenophyceae sp. 1.

Ainda que as diatomáceas *L. pacificum* e *T. nitzschioides* tenham sido sob a influência da AC responsáveis, respectivamente, pelas maiores densidades do microfítoplâncton em superfície ($6,59 \times 10^4$ cél.L⁻¹, na estação 15) e na PMC ($4,64 \times 10^4$ cél.L⁻¹, na estação 29), somente *Anabaena* sp. 1, *Anabaena* sp. 2, Bacillariophyceae sp. 1 e *T. cf. leptopus* foram classificados como dominantes: a primeira e a última na PMC de todos os transectos e as demais na superfície dos transectos T2 e T4.

Cianobactérias filamentosas, todas microplancetônicas⁵, foram individualizadas e tiveram suas densidades registradas em termos de filamentos por litro (filamentos.L⁻¹), em virtude da limitação de visualização obtida pelo microscópio óptico. Com valores totais máximos de $1,12 \times 10^6$ filamentos.L⁻¹, nos primeiros 3 m, e $1,87 \times 10^5$ filamentos.L⁻¹, na PMC, da estação 14 (transecto T2), esse grupo manteve o padrão de diminuição das densidades da porção mais costeira da radial em direção às estações mais oceânicas (Figura 12).

⁵ A máxima dimensão linear (MDL) de todas as cianobactérias filamentosas identificadas variou de 22 a 7.388 µm.

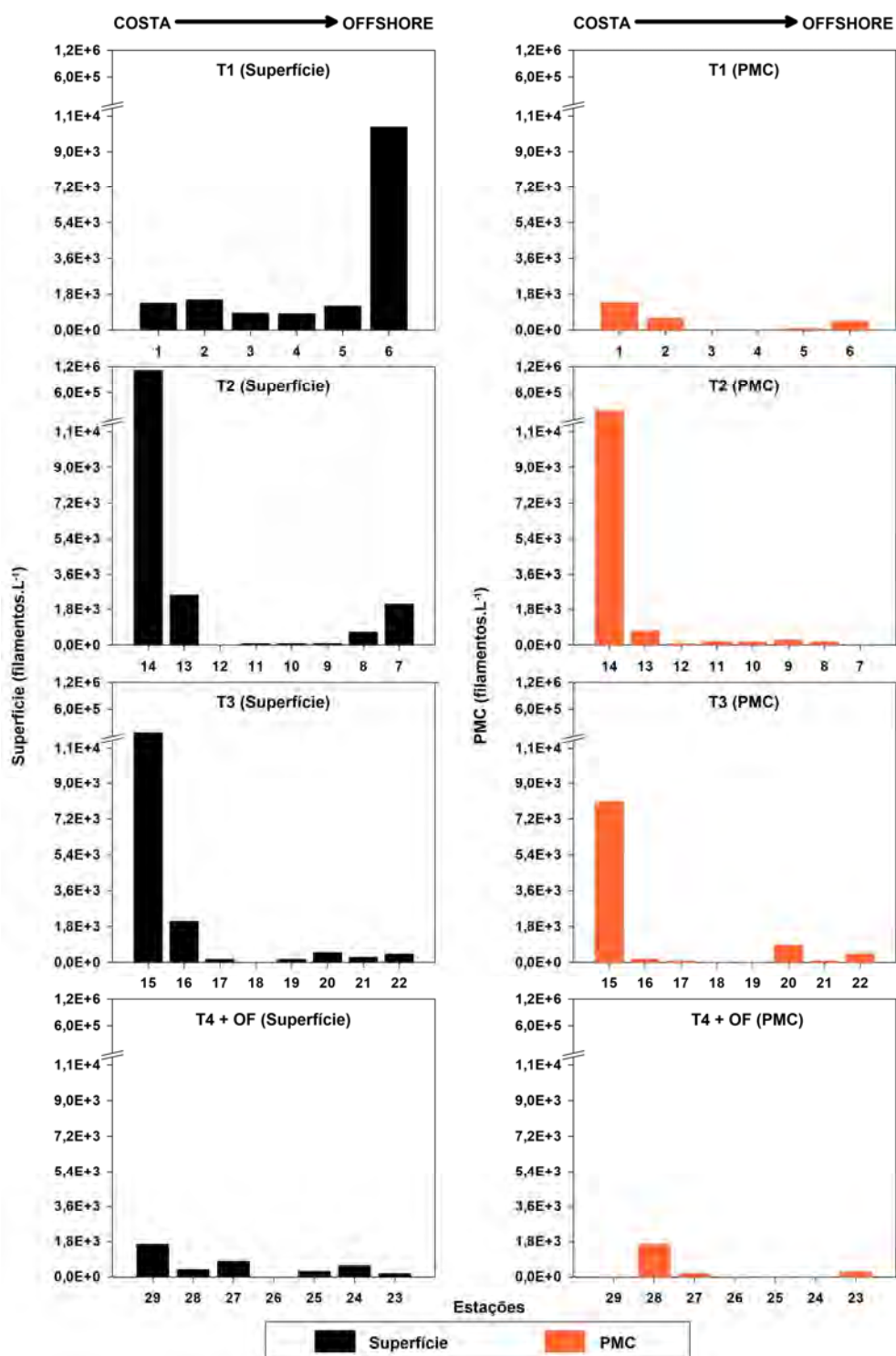
Figura 11 - Contribuições (%) dos grupos taxonômicos para o nanoplâncton e microfitoplâncton na PMC



Legenda: As cores representam grupos taxonômicos (laranja = cianobactérias, exceto filamentosas; azul-escuro = ciliados fototróficos; cinza = clorófitas; roxo = coccolitofóides; verde-escuro = diatomáceas; vermelho = dinoflagelados; verde-claro = euglenófitas; rosa = flagelados nanoplancetônicos; marrom = rafidófitas; azul-claro = silicoflagelados). T1 = Transecto 1 (Cabo Frio); T2 = Transecto 2 (baía de Guanabara); T3 = Transecto 3 (baía de Sepetiba); T4 = Transecto 4 (baía de Ubatuba); OF = Estação offshore.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 12 - Distribuição das densidades totais das cianobactérias filamentosas (filamentos.L⁻¹) na superfície e na PMC



Legenda: Valores obtidos na superfície representados pelas barras em preto e valores na PMC (profundidade do máximo de clorofila) representados pelas barras em laranja. T1 = Transecto 1 (Cabo Frio); T2 = Transecto 2 (baía de Guanabara); T3 = Transecto 3 (baía de Sepetiba); T4 = Transecto 4 (baía de Ubatuba); OF = Estação offshore.

Fonte: A autora, 2016.

Os taxa considerados simultaneamente frequentes (presentes em mais de 50% e menos de 80% das amostras) nas duas faixas de profundidade de coleta foram *Anabaena* sp. 1, *Helicosphaera* sp. 2, *Lioloma* sp. 1, *Pyrocystis lunula*, *Scrippsiella spinifera* G.Honsell & M.Cabrini, Thalassionemataceae sp. 1 e Thalassionemataceae sp. 4. Além desses Coccolithophyceae sp. 2, *Oxytoxum variabile*, *Thalassiosira* cf. *delicatula* e *Thalassiosira* cf. *gravida* foram considerados frequentes em superfície, ao passo que para a PMC tal papel foi exercido por Coccolithales sp. 1, *Cyclotella* sp. 1, *Ophiaster* sp., *Prorocentrum* sp. 1, *Thalassionema nitzschioides*, Thalassionemataceae sp. 2, *Thalassiosira* cf. *leptopus* e *Umbilicosphaera* sp.

Em superfície, os taxa considerados constantes (presentes em mais de 80% das amostras) foram Coccolithales sp. 1, Coccolithophyceae sp. 1, Flagelado sp. 1, *Prorocentrum* sp. 1, *Prorocentrum* sp. 2, *T. nitzschioides*, Thalassionemataceae sp. 2 e *T. cf. leptopus*. Paralelamente, na PMC apenas Coccolithophyceae sp. 1, Coccolithophyceae sp. 2, Flagelado sp. 1 e *Prorocentrum* sp. 2 possuíram tal classificação.

Quarenta e dois taxa foram classificados como abundantes (densidades superiores à média da amostra), sendo vinte e dois comuns às duas faixas de profundidade analisadas (*Anabaena* sp. 1, Coccolithales sp. 1, Coccolithophyceae sp. 1, Coccolithophyceae sp. 2, Complexo *Pseudo-nitzschia "delicatissima"* sp. 1, Coscinodiscophyceae sp. 2, *Cyclotella* sp. 1, Flagelado sp. 1, Oscillatoriales sp. 1, Oscillatoriales sp. 2, Oscillatoriales sp. 3, Oscillatoriales sp. 4, *Prorocentrum* sp. 1, *Prorocentrum* sp. 2, *Tetraselmis* sp. 1, *Tetraselmis* sp. 2, *T. nitzschioides*, Thalassionemataceae sp. 4, Thalassionemataceae sp. 6, *Thalassiosira* cf. *gravida*, *T. cf. leptopus* e *Trichodesmium erythraeum*).

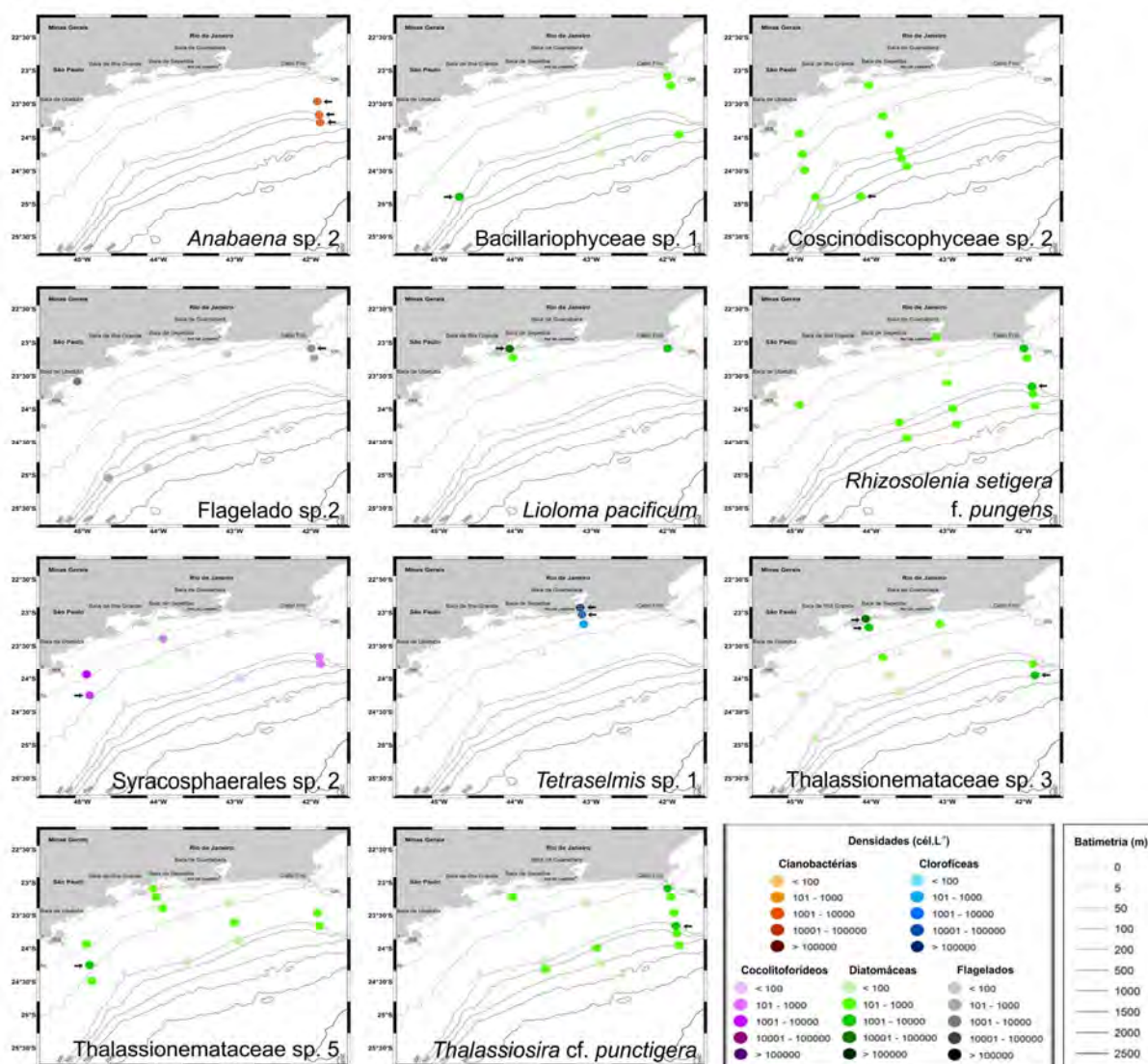
Quatorze taxa foram abundantes apenas em superfície (*Anabaena* sp. 2, Bacillariophyceae sp. 1, Complexo *Pseudo-nitzschia "seriata"* sp. 1, Flagelado sp. 2, *Guinardia striata*, *Lioloma pacificum*, *Prorocentrum* cf. *balticum*, *Pyrocystis lunula*, *Rhizosolenia setigera* f. *pungens* (A.Cleve) Brunel, Syracosphaerales sp. 2, Thalassionemataceae sp. 3, Thalassionemataceae sp. 5, *Thalassiosira* cf. *punctigera* e *Umbilicosphaera* sp.), enquanto seis taxa foram abundantes exclusivamente na PMC (*Alexandrium* cf. *fraterculus*, Flagelado sp. 5, *Helicosphaera* sp. 2, *Oxytoxum variabile*, *Paralia sulcata* e *Pyramimonas* sp. 1).

4.1.3 Distribuição espacial dos taxa abundantes

As diatomáceas *Lioloma pacificum* e *Paralia sulcata* foram reconhecidas como abundantes nas estações mais próximas à costa dos transectos T3 (baía de Sepetiba) e T2 (baía de Guanabara), respectivamente (a primeira com máximo de $6,59 \times 10^4$ cél.L⁻¹ na superfície da estação 15 e a segunda com $1,33 \times 10^4$ cél.L⁻¹ aos 10 m da estação 14), onde a AC (massa com baixas salinidades e elevados valores de silicato e fosfato) dominou a coluna de água (Figura 13 e Figura 14). A influência da AC foi ainda determinante para a presença de *Thalassionemataceae* sp. 3 e *Thalassionemataceae* sp. 6 no transecto T3, sendo para esses encontrados os valores máximos de $1,97 \times 10^4$ cél.L⁻¹ e $3,13 \times 10^4$ cél.L⁻¹ na superfície da estação 15 (a saber, única estação onde *Thalassionemataceae* sp. 6 esteve em superfície e na PMC, com $8,38 \times 10^3$ cél.L⁻¹, sendo ainda registrado aos 12 m da estação 16 com $1,72 \times 10^3$ cél.L⁻¹).

As clorofíceas *Tetraselmis* sp. 1 e *Tetraselmis* sp. 2 foram consideradas abundantes no transecto T2 e apresentaram máximos na superfície da estação 14 (respectivamente, $2,12 \times 10^5$ cél.L⁻¹ e $1,19 \times 10^5$ cél.L⁻¹) indicando ligação com as águas de baixa salinidade típicas da AC (Figura 13). Destaca-se que, apesar de *Pyramimonas* sp. 1 ter sido classificada como abundante apenas na estação 1 (transecto T1, Cabo Frio), sua máxima densidade foi igualmente registrada nos primeiros metros da estação 14 ($1,73 \times 10^3$ cél.L⁻¹). No caso específico de *Tetraselmis* sp. 2, em superfície, além da estação 14 foi possível reconhecer o táxon na estação 13 ($4,01 \times 10^4$ cél.L⁻¹).

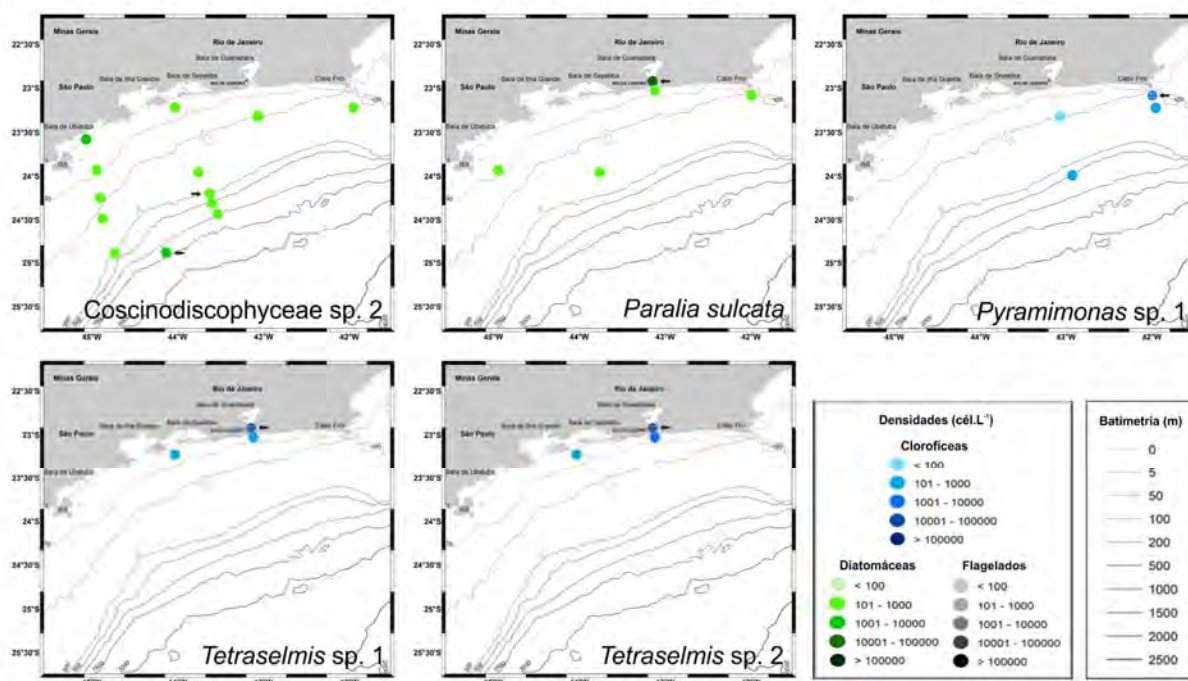
Figura 13 - Distribuição espacial geral e densidades (cél.L⁻¹) dos taxa classificados como abundantes em superfície



Legenda: As estações onde cada táxon foi abundante estão indicadas por setas. A variação de cor dos símbolos da densidade representa os grupos taxonômicos (laranja = cianobactérias; azul = clorofíceas; roxo = coccolitofóridos; verde = diatomeáceas; cinza = flagelados nanoplantônicos). As presenças de *Tetraselmis* sp. 2 e *Thalassionemataceae* sp. 6 estão discriminadas no corpo do texto.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 14 - Distribuição espacial geral e densidades (cél.L⁻¹) dos taxa classificados como abundantes na PMC



Legenda: As estações onde cada táxon foi abundante estão indicadas por setas. A variação de cores dos símbolos da densidade representa os grupos taxonômicos (azul = clorofíceas; verde = diatomáceas; cinza = flagelados nanoplantônicos). As presenças do Flagelado sp. 5 e Thalassionemataceae sp. 6 estão discriminadas no corpo do texto.

Fonte: A autora, 2016.

A presença de massas de água mais ricas em nutrientes (como a AC, AP e ACAS) entre a plataforma interna e média influenciou os registros do Flagelado sp. 2 e do Flagelado sp. 5. Enquanto o primeiro pode ser reconhecido na superfície de todos os transectos (máximo = $4,54 \times 10^3$ cél.L⁻¹ aos 3 m da estação 29), sendo classificado como abundante na superfície da estação 1 (transecto T1), o segundo foi identificado apenas na PMC do transecto T1 (aos 40 m da estação 2 com $3,03 \times 10^3$ cél.L⁻¹ e aos 50 m da estação 3 com $1,26 \times 10^3$ cél.L⁻¹) (Figura 13 e Figura 14).

A mistura de massas de água entre a plataforma interna e média foi decisiva para a ocorrência de Thalassionemataceae sp. 5 em todos os transectos (sendo abundante e tendo máximo de $1,30 \times 10^3$ cél.L⁻¹ aos 3 m da estação 27) e *T. cf. punctigera* nos transectos T1 (abundante na superfície da estação 4 e com máximo de $2,78 \times 10^3$ cél.L⁻¹ aos 3 m da estação 1), T2 e T3, principalmente onde a AT e AP foram detectadas.

Bacillariophyceae sp. 1 (abundante na superfície da estação 25) e *Rhizosolenia setigera* f. *pungens* (abundante na superfície da estação 4) também demonstraram boa correlação com as águas resultantes da presença de AT, ACAS e AP, sendo detectadas em todos os transectos e tendo, respectivamente, máximos nas superfícies da estação 25 ($4,55 \times 10^3$ cél.L⁻¹) e estação 1 ($2,54 \times 10^3$ cél.L⁻¹) (Figura 13).

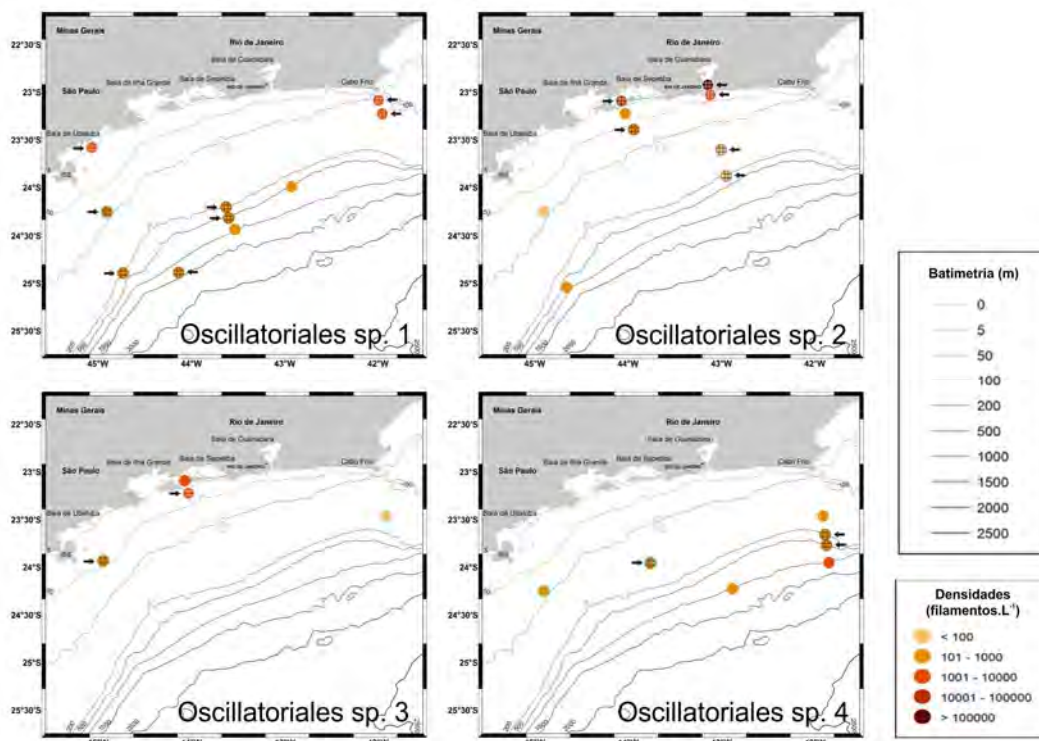
Apesar de registrar seu valor mais elevado aos 10 m da estação 29 ($3,52 \times 10^3$ cél.L⁻¹), domínio da AC, Coscinodiscophyceae sp. 2 ocupou a plataforma média e externa (e talude superior), principalmente dos transectos T3 e T4 (abundante nas estações 20 e 23), onde a influência da AP somou-se à AT. De forma similar, o cocolitoforídeo Syracosphaerales sp. 2 pode ser associado à presença da AP e AT entre a plataforma média e o talude superior, em todos os transectos (abundante e com máximo aos 3 m da estação 27 = 1, 81×10^3 cél.L⁻¹).

A cianobactéria *Anabaena* sp. 2, por sua vez, esteve restrita à superfície das estações no transecto situado mais ao norte da área de estudo (T1), onde a AT foi a massa de água dominante: abundante nas estações 3, 4 e 5 com máxima densidade na estação 3 ($5,02 \times 10^3$ cél.L⁻¹).

A análise da distribuição espacial das diatomáceas *Cyclotella* sp. 1, *T. nitzschoides*, *Thalassiosira* cf. *leptopus*, *T.* cf. *gravidia* e Thalassionemataceae sp. 4; dos dinoflagelados *O. variabile*, *Prorocentrum* sp. 1, *Prorocentrum* sp. 2 e *Pyrocystis lunula*; do Flagelado sp. 1; dos cocolitoforídeos Coccolithales sp. 1, Coccolithophyceae sp. 1, Coccolithophyceae sp. 2, *Helicosphaera* sp. 2 e *Umbilicosphaera* sp.; e da cianobactéria *Anabaena* sp. 1 é feita no item 4.2.2 (taxa frequentes e constantes). O detalhamento da ocorrência das diatomáceas Complexo *Pseudo-nitzschia "delicatissima"* sp. 1, Complexo *P. "seriata"* sp. 1 e *Guinardia striata*, além dos dinoflagelados *Alexandrium* cf. *fraterculus* e *Prorocentrum* cf. *balticum* é abordado no item 4.3.3 (espécies potencialmente nocivas).

Entre as cianobactérias filamentosas, os taxa Oscillatoriales sp. 1, Oscillatoriales sp. 2, Oscillatoriales sp. 3, Oscillatoriales sp. 4 e *T. erythraeum* foram considerados abundantes e dominantes ao menos uma vez (Figura 15 e Figura 16).

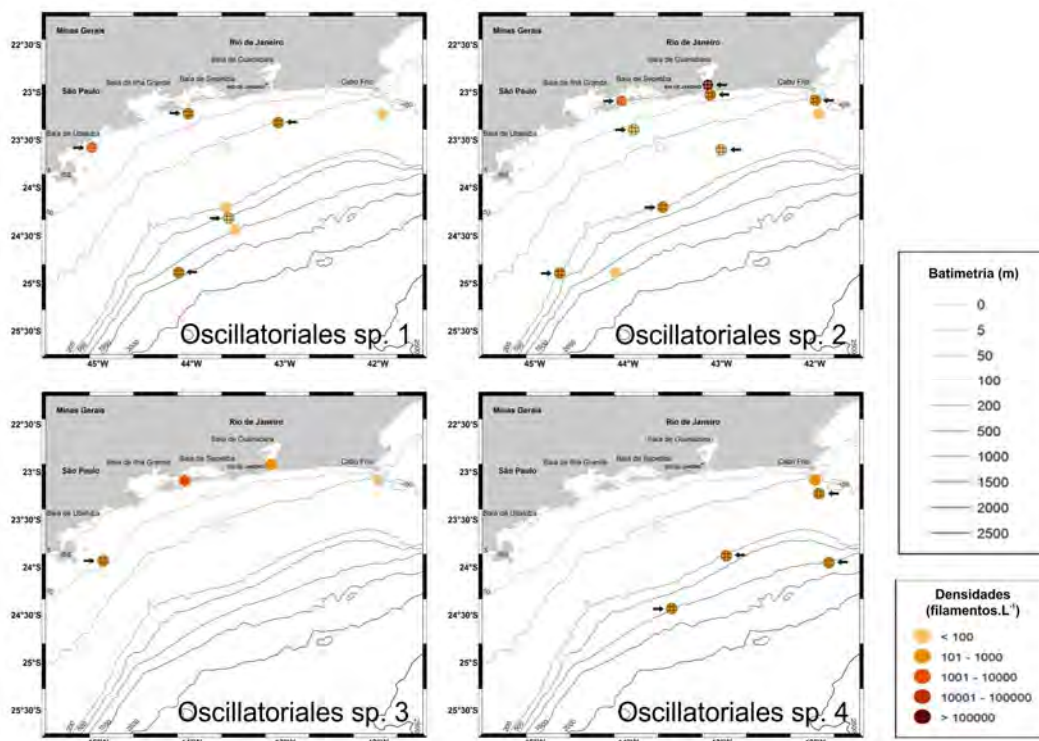
Figura 15 - Distribuição espacial geral e densidades (filamentos.L⁻¹) dos taxa de cianobactérias filamentosas classificados como abundantes em superfície



Legenda: As estações onde cada táxon foi abundante estão indicadas por setas.
Fonte: A autora, 2016.

Apesar de *Oscillatoriales* sp. 1 registrar suas máximas densidades na estação mais costeira ($1,66 \times 10^3$ filamentos.L⁻¹ em ambas as profundidades) do transecto T4 (baía de Ubatuba), junto com *Oscillatoriales* sp. 4 (máximo de $8,07 \times 10^2$ filamentos.L⁻¹ na superfície da estação 5), apresentou forte relação com as zonas de domínio da AT (e em segundo plano da AP e ACAS) (Figura 15 e Figura 16). *Oscillatoriales* sp. 2 e *Oscillatoriales* sp. 3, por sua vez, estiveram onde a AC se fez presente nos transectos T2, T3 e T4, tendo o primeiro máximos na estação 14 (superfície = $1,12 \times 10^6$ filamentos.L⁻¹; PMC = $1,86 \times 10^5$ filamentos.L⁻¹) e o segundo na estação 16 (superfície = $1,41 \times 10^3$ filamentos.L⁻¹) e estação 28 (PMC = $1,66 \times 10^2$ filamentos.L⁻¹). *Trichodesmium erythraeum* tem sua distribuição detalhada no item 4.3.3 (espécies potencialmente nocivas).

Figura 16 - Distribuição espacial geral e densidades (filamentos.L⁻¹) dos taxa de cianobactérias filamentosas classificados como abundantes na PMC



Legenda: As estações onde cada táxon foi abundante estão indicadas por setas.
Fonte: A autora, 2016.

4.2 Classificação funcional da comunidade fitoplanctônica

4.2.1 Classificação em grupos funcionais dos taxa frequentes e constantes

A variedade de tamanhos e formas das células dos taxa fitoplanctônicos classificados como frequentes e constantes foi refletida nas razões S/V calculadas, que variaram de 0,18 a 2,85 μm^{-1} (Tabela 7). A relação entre os formatos geométricos associados aos taxa em questão com a bibliografia consultada pode ser encontrada no final do trabalho (APÊNDICE C).

O gráfico de dispersão da razão S/V contra a MDL permitiu o agrupamento dos taxa em três estratégias (Figura 17):

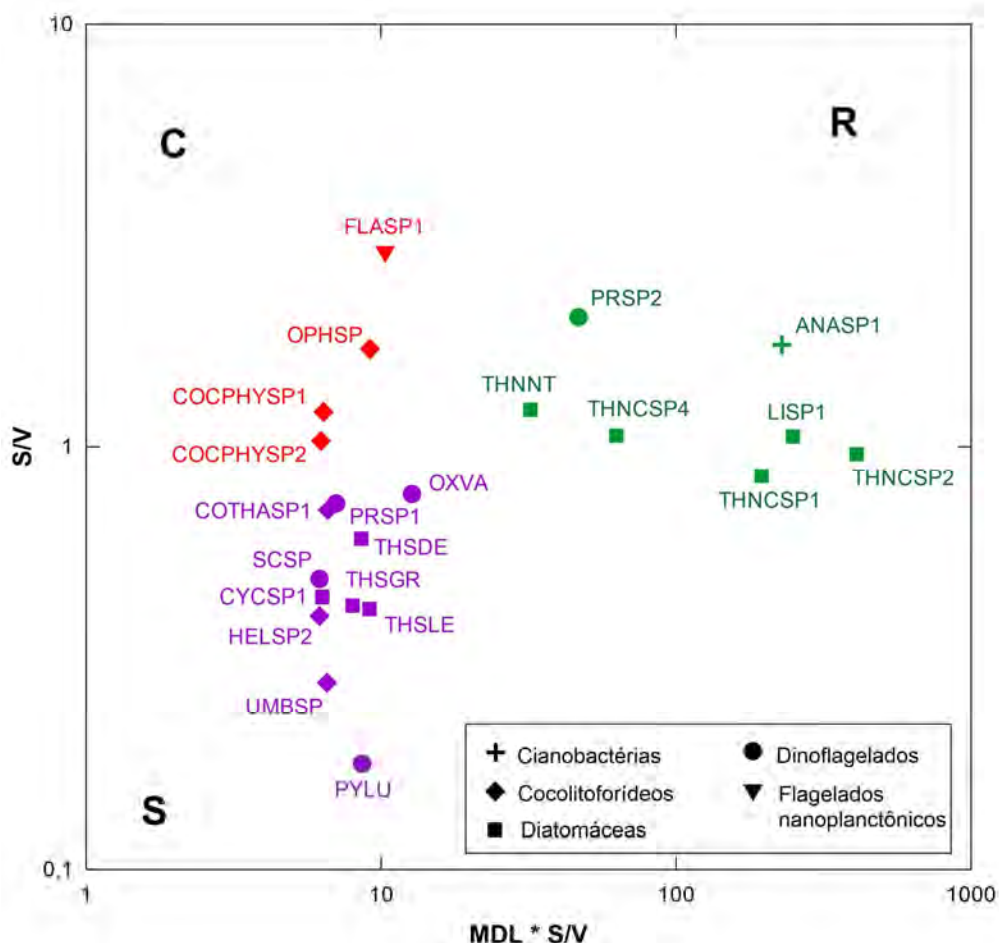
Tabela 7 - Principais características dos taxa classificados como frequentes e constantes durante a Comissão MCT-I

| Taxa | Grupo | Formato | Número de medições | MDL (μm) | Biovolume (μm^3) | S/V (μm^{-1}) | MDL*S/V |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|---------|
| <i>Anabaena</i> sp. 1 | Cianobactéria | Cilindro | 20 | 131 | 640 | 1,74 | 228,33 |
| Coccolithales sp. 1 | Cocolitoforídeo | Esfera | 20 | 9 | 573 | 0,71 | 6,60 |
| Coccolithophyceae sp. 1 | Cocolitoforídeo | Esfera | 20 | 5 | 87 | 1,21 | 6,39 |
| Coccolithophyceae sp. 2 | Cocolitoforídeo | Esfera | 20 | 6 | 139 | 1,03 | 6,24 |
| <i>Cyclotella</i> sp. 1 | Diatomácea | Cilindro | 20 | 14 | 2.351 | 0,44 | 6,31 |
| Flagelado sp. 1 | Flagelado nanoplanctônico | Prisma em base elíptica | 20 | 4 | 13 | 2,85 | 10,30 |
| <i>Helicosphaera</i> sp. 2 | Cocolitoforídeo | Esfera | 20 | 16 | 2.095 | 0,40 | 6,18 |
| <i>Lioloma</i> sp. 1 | Diatomácea | Paralelepípedo | 20 | 235 | 6.328 | 1,06 | 248,55 |
| <i>Ophiaster</i> sp. | Cocolitoforídeo | Esferoide prolado | 20 | 5 | 53 | 1,70 | 9,16 |
| <i>Oxytoxum variabile</i> | Dinoflagelado | Esferoide prolado | 20 | 16 | 373 | 0,77 | 12,70 |
| <i>Prorocentrum</i> sp. 1 | Dinoflagelado | Cone + meia-esfera | 20 | 10 | 649 | 0,73 | 7,02 |
| <i>Prorocentrum</i> sp. 2 | Dinoflagelado | Elipsoide achatado | 20 | 23 | 588 | 2,03 | 46,66 |
| <i>Pyrocystis lunula</i> | Dinoflagelado | Prisma em forma de foice | 20 | 49 | 206.285 | 0,18 | 8,62 |
| <i>Scrippsiella spinifera</i> | Dinoflagelado | Cone + meia-esfera | 20 | 13 | 1.354 | 0,48 | 6,18 |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> | Diatomácea | Paralelepípedo | 20 | 26 | 438 | 1,23 | 32,04 |
| Thalassionemataceae sp. 1 | Diatomácea | Paralelepípedo | 20 | 229 | 6.603 | 0,85 | 194,74 |
| Thalassionemataceae sp. 2 | Diatomácea | Paralelepípedo | 20 | 426 | 17.153 | 0,96 | 409,23 |
| Thalassionemataceae sp. 4 | Diatomácea | Paralelepípedo | 20 | 59 | 959 | 1,06 | 62,72 |
| <i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i> | Diatomácea | Cilindro | 20 | 14 | 971 | 0,60 | 8,56 |
| <i>Thalassiosira</i> cf. <i>gravida</i> | Diatomácea | Cilindro | 20 | 19 | 3.054 | 0,42 | 8,00 |
| <i>Thalassiosira</i> cf. <i>leptopus</i> | Diatomácea | Cilindro | 20 | 22 | 5.537 | 0,41 | 9,14 |
| <i>Umbilicosphaera</i> sp. | Cocolitoforídeo | Esfera | 20 | 24 | 8.853 | 0,28 | 6,55 |

Legenda: MDL = máxima dimensão linear, S/V = razão superfície/volume.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 17 - Taxa frequentes e constantes e classificações nas estratégias C-S-R



Legenda: Símbolos representam os grupos taxonômicos (cruz = cianobactérias; losango = cocolitoforídeos; quadrado = diatomáceas; círculo = dinoflagelados; triângulo invertido = flagelados nanoplantônicos cuja identificação detalhada não foi possível) e cores representam as estratégias (vermelho = C-estrategistas; roxo = S-estrategistas; verde = R-estrategistas). MDL = máxima dimensão linear (μm); S/V = razão superfície/volume (μm^{-1}); ANASP1 = *Anabaena* sp. 1; COCPHYSP1 = Coccolithophyceae sp. 1; COCPHYSP2 = Coccolithophyceae sp. 2; COTHASP1 = Coccolithales sp. 1; CYCSP1 = *Cyclotella* sp. 1; FLASP1 = Flagelado sp. 1; HELSP2 = *Helicosphaera* sp. 2; LISP1 = *Lioloma* sp. 1; OPHSP = *Ophiaster* sp.; OXVA = *O. variabile*; PRSP1 = *Prorocentrum* sp. 1; PRSP2 = *Prorocentrum* sp. 2; PYLU = *P. lunula*; SCSP = *S. spinifera*; THNCSP1 = Thalassionemataceae sp. 1; THNCSP2 = Thalassionemataceae sp. 2; THNCSP4 = Thalassionemataceae sp. 4; THNNT = *T. nitzschioides*; THSDE = *T. cf. delicatula*; THSGR = *T. cf. gravida*; THSLE = *T. cf. leptopus*; UMBSP = *Umbilicosphaera* sp.

Fonte: A autora, 2016.

a) S-estrategistas (estresse tolerantes) - Coccolithales sp. 1, *Cyclotella* sp. 1, *Helicosphaera* sp. 2, *O. variabile*, *Prorocentrum* sp. 1, *P.*

lunula, *S. spinifera*, *T. cf. delicatula*, *T. cf. gravida*, *T. cf. leptopus*, *Umbilicosphaera* sp.;

- b) C-estrategistas (colonizadoras) - Coccolithophyceae sp. 1, Coccolithophyceae sp. 2, Flagelado sp. 1, *Ophiaster* sp.;
- c) R-estrategistas (ruderais) - *Anabaena* sp. 1, *Lioloma* sp. 1, *Prorocentrum* sp. 2, *T. nitzschioides*, Thalassionemataceae sp. 1, Thalassionemataceae sp. 2 e Thalassionemataceae sp. 4.

4.2.2 Distribuição espacial dos taxa frequentes e constantes

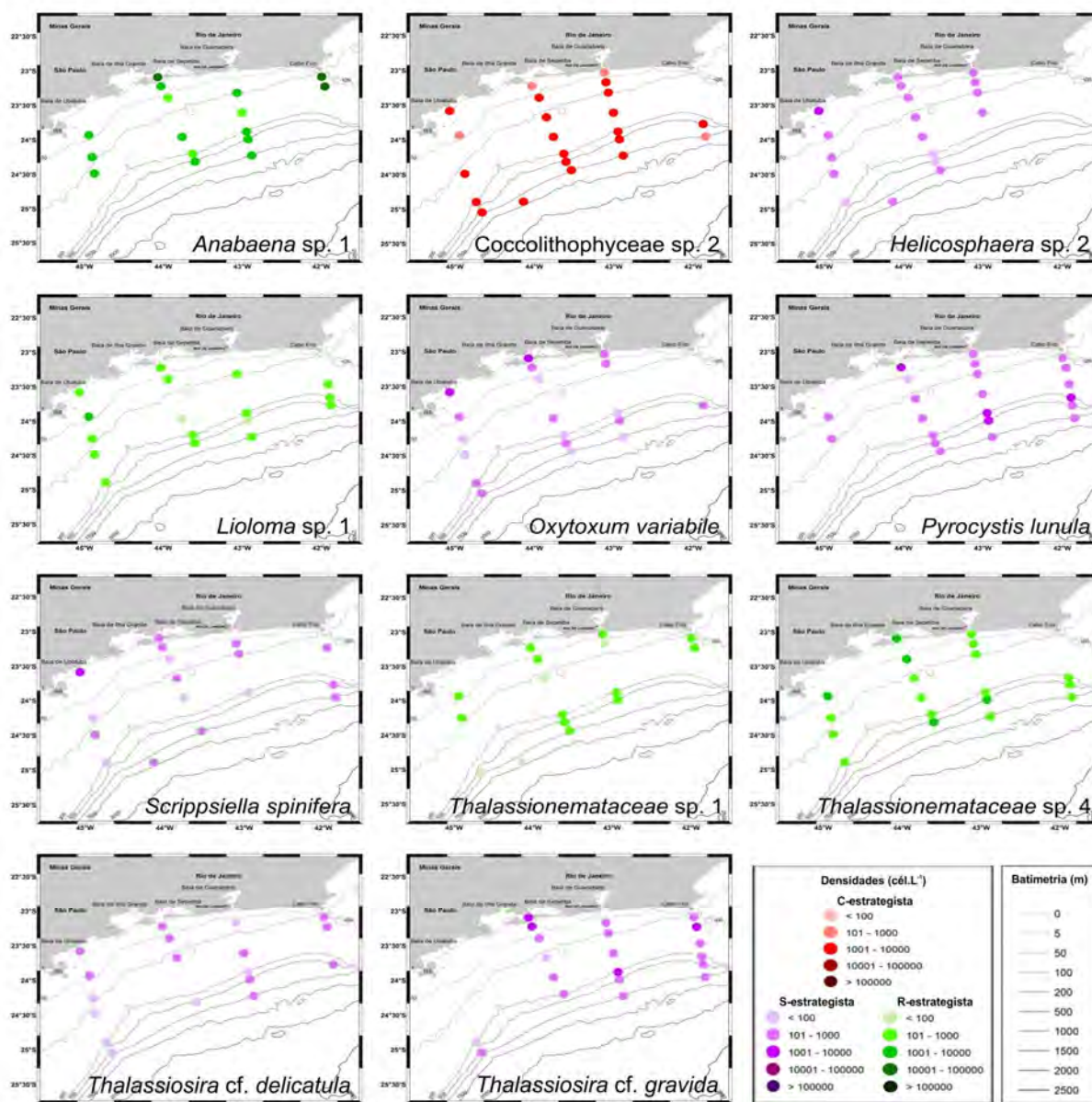
Apesar de ocorrer em toda a área de estudo - refletindo a distribuição total do grupo anteriormente denominado “flagelados (nanoplanctônicos)” (item 4.1.2) - foi possível verificar que o Flagelado sp. 1 apresentou suas maiores densidades entre 3 m e 50 m dos transectos ao sul (T2 a T4, baías de Guanabara a Ubatuba), entre as estações costeiras e a porção central da plataforma (máximo de $4,79 \times 10^5$ cél.L⁻¹ aos 10 m da estação 29) (Figura 20 e Figura 21). Essa distribuição coincide com a presença da AC, massa com baixas salinidades, rica em fosfato e silicato, que é transportada para a porção central da plataforma como Água de Plataforma (AP, resultado da mistura da AC com a AT), tanto pela ação das plumas estuarinas das baías de Guanabara e Sepetiba, nos transectos T2 e T3 (baía de Sepetiba), quanto pela feição vortical formada nas imediações da Ilha de São Sebastião, que carrega águas oriundas dos sistemas estuarinos do sul-sudeste da margem brasileira para a área do transecto T4.

O efeito supracitado foi igualmente sentido, nos primeiros 30 m, para *Prorocentrum* sp. 2 e *T. cf. leptopus*, que tiveram, respectivamente, máximos de $1,61 \times 10^4$ cél.L⁻¹, aos 3 m da estação 15, e $2,95 \times 10^4$ cél.L⁻¹, aos 10 m da estação 29 (Figura 19 a Figura 21).

Coccolithophyceae sp. 1 e Coccolithophyceae sp. 2 também estiveram presentes ao longo de toda a área de estudo, tendo o primeiro máxima densidade aos 10 m da estação 29 ($4,59 \times 10^4$ cél.L⁻¹) e o segundo máximo aos 3 m da estação 22 ($5,36 \times 10^3$ cél.L⁻¹). Observa-se, contudo, uma grande relação entre as distribuições desses taxa com a presença das águas oligotróficas da AT, entre 23 m

e 58 m, nas estações *offshore* dos transectos T1, T2 e T3 (Figura 18, Figura 20 e Figura 21).

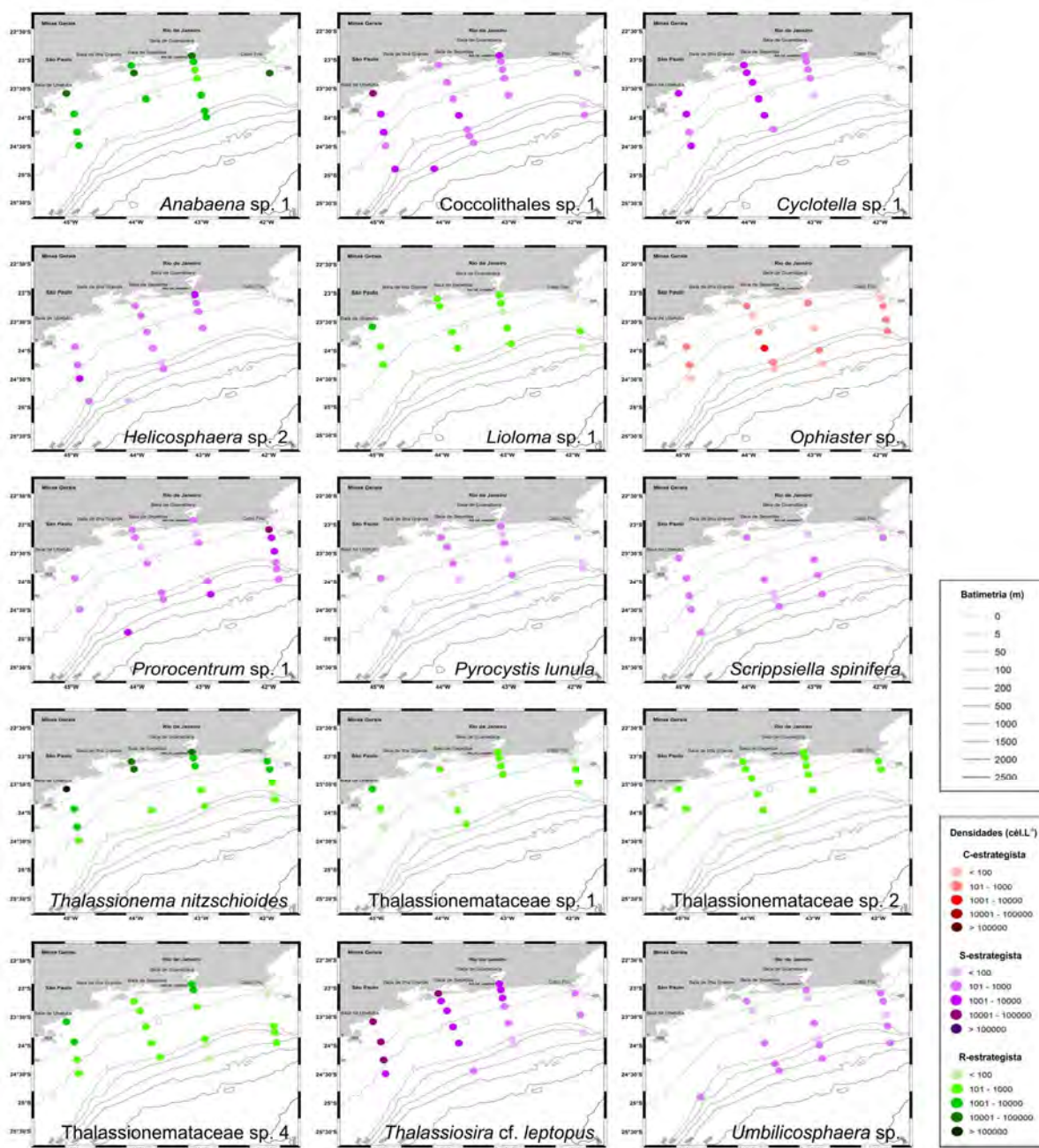
Figura 18 - Distribuição espacial e densidades (cél.L⁻¹) dos taxa classificados como frequentes em superfície



Legenda: A variação de cor dos símbolos da densidade representa a estratégia C-S-R de cada táxon (vermelho = C-estrategista; roxo = S-estrategista; verde = R-estrategista).

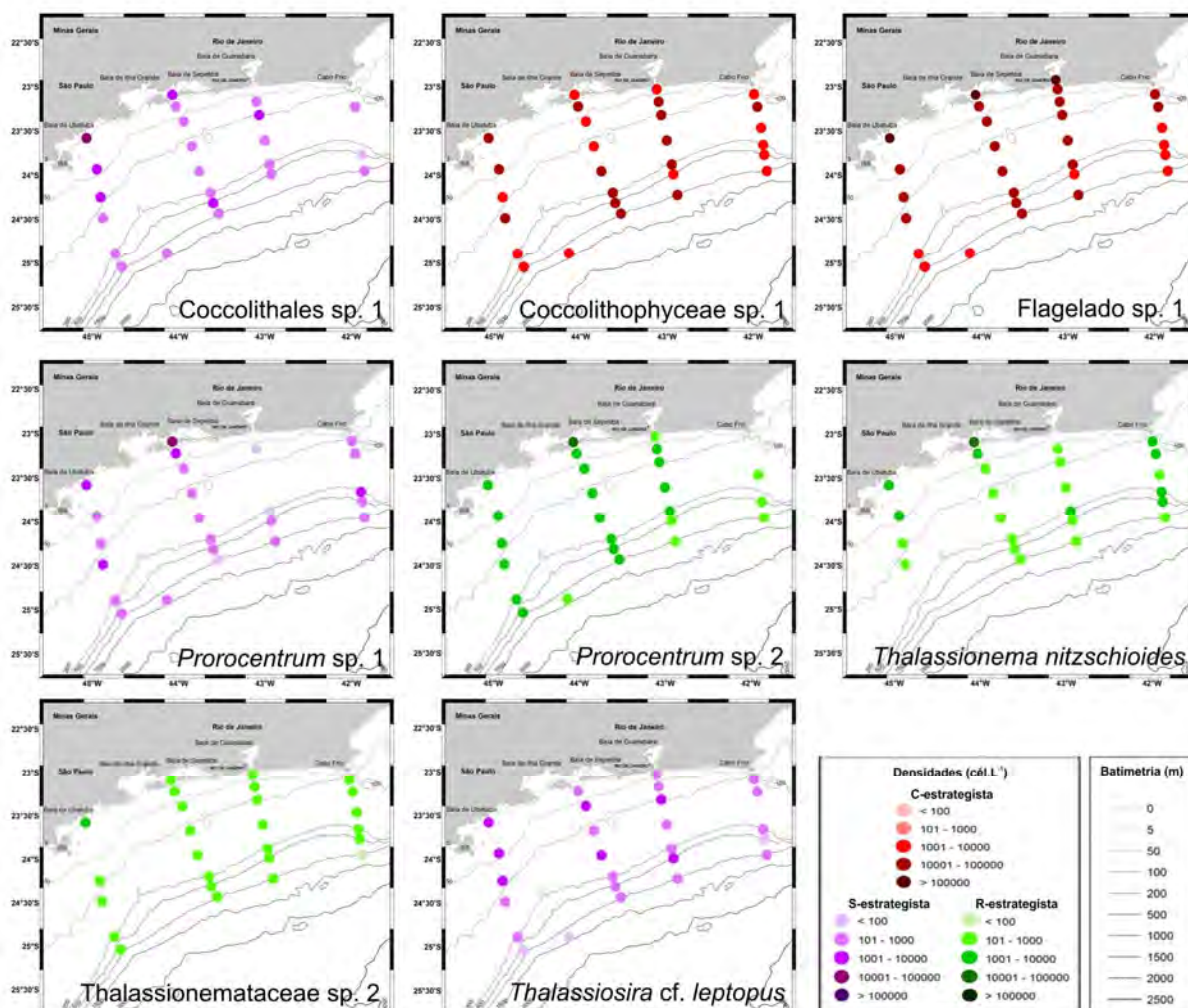
Fonte: A autora, 2016.

Figura 19 - Distribuição espacial e densidades (cél.L⁻¹) dos taxa classificados como frequentes na PMC



Legenda: A variação de cor dos símbolos da densidade representa a estratégia C-S-R de cada táxon (vermelho = C-estrategista; roxo = S-estrategista; verde = R-estrategista).
Fonte: A autora, 2016.

Figura 20 - Distribuição espacial e densidades (cél.L⁻¹) dos taxa classificados como constantes em superfície

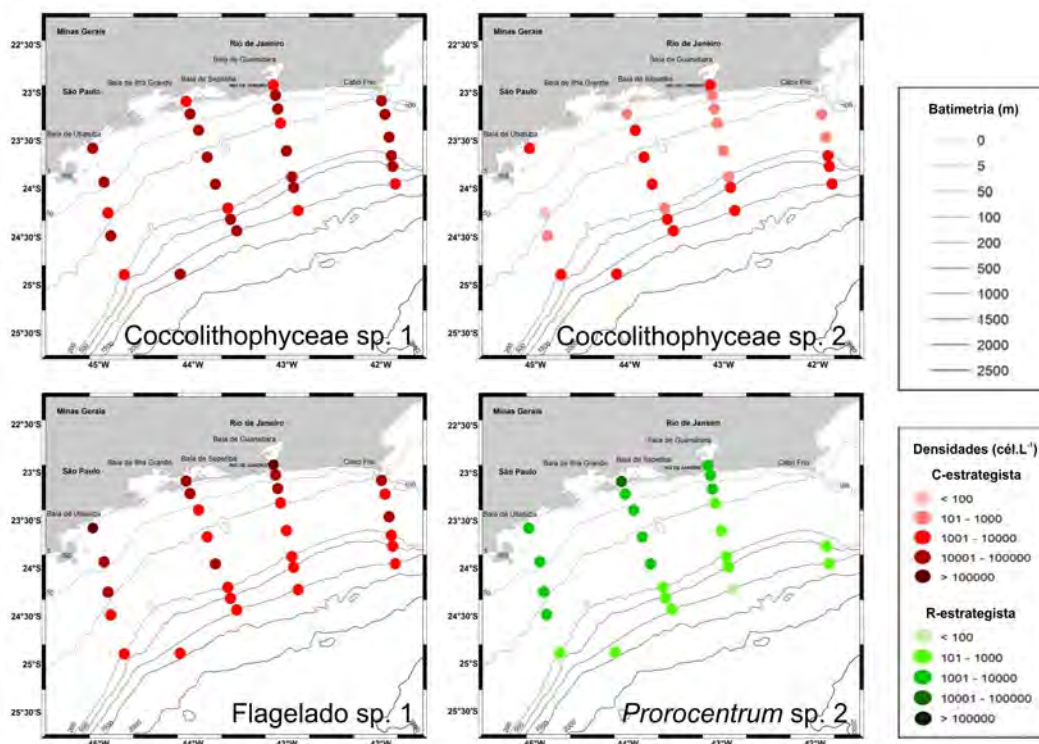


Legenda: A variação de cor dos símbolos da densidade representa a estratégia C-S-R de cada táxon (vermelho = C-estrategista; roxo = S-estrategista; verde = R-estrategista).

Fonte: A autora, 2016.

A influência (mistura) da AC junto com a AT e ACAS, no centro da plataforma, ajuda a explicar a distribuição de *Anabaena* sp. 1 (máximo = $4,07 \times 10^4$ cél.L⁻¹ aos 3 m da estação 1), *Prorocentrum* sp. 1 (máximo = $4,53 \times 10^4$ cél.L⁻¹ aos 3 m da estação 15), *Lioloma* sp. 1 e *T. nitzschioides* (máximos iguais a $4,83 \times 10^3$ cél.L⁻¹ e $1,01 \times 10^5$ cél.L⁻¹ aos 10 m da estação 29), além de *T. cf. delicatula* (máximo = $8,32 \times 10^2$ cél.L⁻¹ aos 3 m da estação 29) e *T. cf. gravida* ($2,79 \times 10^3$ cél.L⁻¹ aos 3 m da estação 15), em especial no transecto situado ao norte da área de estudo (T1, Cabo Frio), que teve, de forma geral, pouca expressão no que tange a distribuição dos taxa frequentes ou constantes.

Figura 21 - Distribuição espacial e densidades (cél.L⁻¹) dos taxa classificados como constantes na PMC



Legenda: A variação de cor dos símbolos da densidade representa a estratégia C-S-R de cada táxon (vermelho = C-estrategista; verde = R-estrategista).

Fonte: A autora, 2016.

Ainda que a máxima densidade de *Cyclotella* sp. 1 tenha sido registrada aos 3 m da estação 15 ($2,68 \times 10^4$ cél.L⁻¹), domínio da AC, a forte ocorrência desse táxon e de *Helicosphaera* sp. 2 ao longo da PMC dos transectos T2, T3 e T4 pode ser relacionada à presença de águas mais profundas e ricas em nutrientes típicas da ACAS (Figura 18 e Figura 19). Salienta-se que foi justamente no transecto T4 que *Helicosphaera* sp. 2 atingiu seu máximo: aos 38 m da estação 26 ($1,34 \times 10^3$ cél.L⁻¹).

As diatomáceas *Thalassionemataceae* sp. 1, *Thalassionemataceae* sp. 2 e *Thalassionemataceae* sp. 4, apesar dos máximos na estação 28 ($1,66 \times 10^3$ cél.L⁻¹, $2,59 \times 10^3$ cél.L⁻¹ e $5,38 \times 10^3$ cél.L⁻¹, respectivamente a 3 m, 20 m e 3 m), foram reconhecidas com frequência, particularmente para os transectos T2, T3 e T4, na porção central da plataforma, onde as misturas de massas de água eram comuns (AC com ACAS e, nas porções mais distantes, ACAS com AT).

Próximo à quebra da plataforma, na região de mistura da AT com a ACAS, destacaram-se - com densidades da ordem de 10^3 cél.L⁻¹ e menor frequência do que

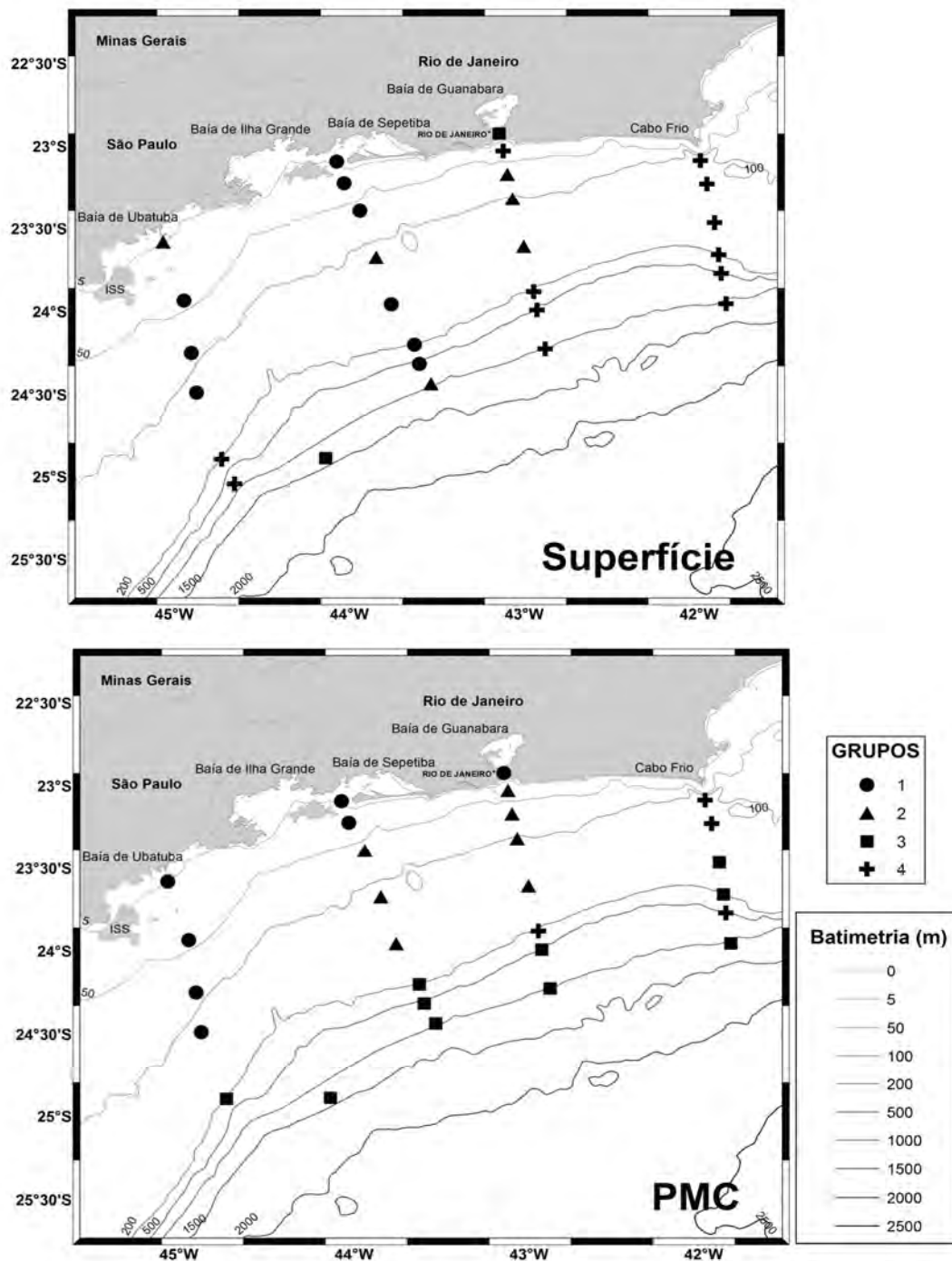
Coccolithophyceae sp. 1 e Coccolithophyceae sp. 2 - os coccolitoforídeos Coccolithales sp. 1 (transectos T1, T3 e T4), *Ophiaster* sp. e *Umbilicosphaera* sp. (ambos nos transectos T1, T2 e T3), além do dinoflagelado *S. spinifera* (todos os transectos). Ainda nas estações oceânicas, porém majoritariamente sob o domínio da AT em superfície, chamou a atenção a presença dos dinoflagelados *P. lunula*, no setor norte da área de estudo (transecto T1), e *O. variabile*, em todos os transectos.

4.2.3 Análise estatística

A análise de cluster no modo Q, utilizada para investigar as similaridades entre as estações, permitiu a individualização de 4 grupos: (1) Grupo 1: estações mais próximas à costa dos transectos T2 (baía de Guanabara), T3 (baía de Sepetiba) e T4 (baía de Ubatuba); (2) Grupo 2: estações dos transectos T2, T3 e T4 localizadas na porção central da plataforma; (3) Grupo 3: PMC das estações mais afastadas do continente de todos os transectos (majoritariamente na plataforma externa/talude superior); (4) Grupo 4: superfície das estações mais afastadas da costa dos transectos T2 e T4 e demais estações do transecto T1 (Cabo Frio) - com predomínio da região entre a plataforma média e o talude superior (Figura 22).

Esses quatro grupos podem ser associados às condições distintas da coluna de água: i - domínio na região costeira das águas de baixa salinidade ricas em nutrientes (AC) carregadas pelas plumas estuarinas, oriundas das baías de Guanabara e Sepetiba e da feição vortical nas imediações da Ilha de São Sebastião, em sua máxima potência (grupo 1); ii - região tipicamente oceânica com o domínio de águas oligotróficas da AT (grupo 3); iii - região de conteúdo moderado de nutrientes, em virtude da mistura da AC com a ACAS, tendo a primeira massa menor intensidade do que na condição (i) devido ao afastamento das plumas estuarinas de seus pontos de origem (grupo 2); iv - AP e AT dominando, a última de forma menos intensa do que na segunda condição em virtude de maior mistura com águas profundas (ACAS) ou continentais (AC) carregadas pela pluma da baía de Guanabara enfraquecida pelo distanciamento de seu ponto de origem (grupo 4).

Figura 22 - Distribuição espacial dos grupos descritos pela análise de cluster dos taxa frequentes e constantes na superfície e na PMC



Legenda: ISS = Ilha de São Sebastião; PMC= profundidade do máximo de clorofila.
Fonte: A autora, 2016.

Cabe destacar que, no caso da superfície das duas estações mais costeiras do transecto da baía de Guanabara (T2), esperava-se que a análise de cluster incluísse as mesmas no grupo 1. Porém, a estação 14 registrou apenas um único táxon (Flagelado sp. 1) dentre os considerados frequentes ou constantes, sendo esse comum à todas as estações e razão pela qual a análise estatística pode ter aproximado a referida estação de outras localizadas em porções mais oceânicas (grupo 3). Já para a estação 13, o posicionamento no grupo 4 pela análise de cluster pode ser explicado pela influência dos processos de mistura entre as massas de água encontradas na região.

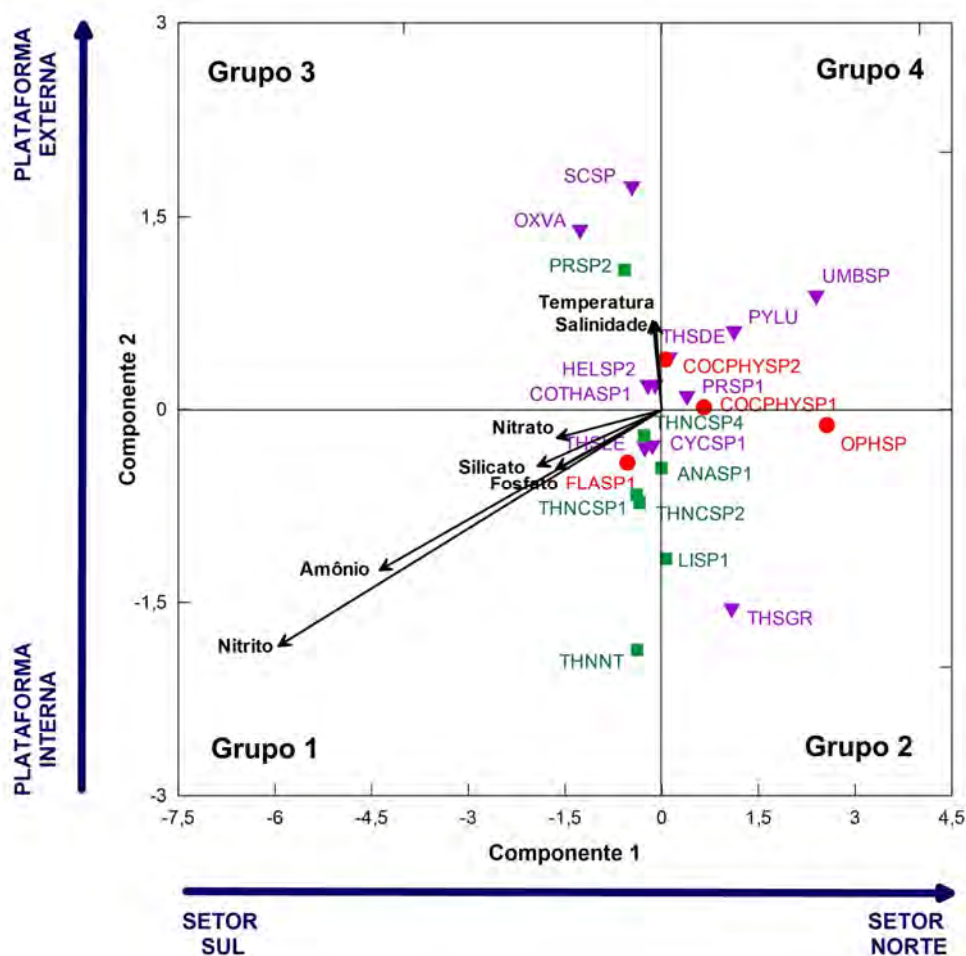
A análise de correlação canônica (ACC) mostrou a relação entre os taxa mais frequentes e constantes com suas distribuições espaciais e as variáveis ambientais. A correlação entre os taxa e as variáveis ambientais foi igual a 66% até a segunda componente (Figura 23).

A primeira componente diz respeito às diferenças entre os setores norte (transecto T1) e centro-sul (demais transectos) da área de estudo.

O setor norte caracteriza-se pelo domínio da AT em superfície, baixas concentrações de nutrientes inorgânicos e a maior abundância de cocolitoforídeos de tamanho nanoplanctônico (Coccolithophyceae sp. 1, Coccolithophyceae sp. 2, *Ophiaster* sp., *Umbilicosphaera* sp.) e dinoflagelados com capacidade de migração vertical (*P. lunula*) - taxa C-estrategistas e S-estrategistas - (porção positiva da componente 1).

O setor centro-sul é marcado pelas densidades elevadas de flagelados nanoplanctônicos C-estrategistas (Flagelado sp. 1), diatomáceas penadas microplanctônicas R-estrategistas resistentes a movimentos turbulentos (*T. nitzschoides*, Thalassionemataceae sp. 1) e dinoflagelados S-estrategistas da ordem Peridiniales (*O. variabile*, *S. spinifera*) associados às massas de água com maior conteúdo de nutrientes (especialmente nitrogenados) como a AC, em superfície, e a ACAS, na PMC (porção negativa da componente 1).

Figura 23 - Análise de correlação canônica aplicada às densidades dos taxa frequentes e constantes e aos fatores ambientais (temperatura, salinidade, nutrientes)



Legenda: Símbolos e cores representam as estratégias C-S-R (círculo/vermelho = C-estrategista; triângulo/roxo = S-estrategista; quadrado/verde = R-estrategista). ANASP1 = *Anabaena* sp. 1; COCPHYSP1 = *Coccolithophyceae* sp. 1; COCPHYSP2 = *Coccolithophyceae* sp. 2; COTHASP1 = *Coccolithales* sp. 1; CYCSP1 = *Cyclotella* sp. 1; FLASP1 = Flagelado sp. 1; HELSP2 = *Helicosphaera* sp. 2; LISP1 = *Lioloma* sp. 1; OPHSP = *Ophiaster* sp.; OXVA = *O. variable*; PRSP1 = *Prorocentrum* sp. 1; PRSP2 = *Prorocentrum* sp. 2; PYLU = *P. lunula*; SCSP = *S. spinifera*; THNCSP1 = *Thalassionemataceae* sp. 1; THNCSP2 = *Thalassionemataceae* sp. 2; THNCSP4 = *Thalassionemataceae* sp. 4; THNNT = *T. nitzschioides*; THSDE = *T. cf. delicatula*; THSGR = *T. cf. grvida*; THSLE = *T. cf. leptopus*; UMBSP = *Umbilicosphaera* sp.

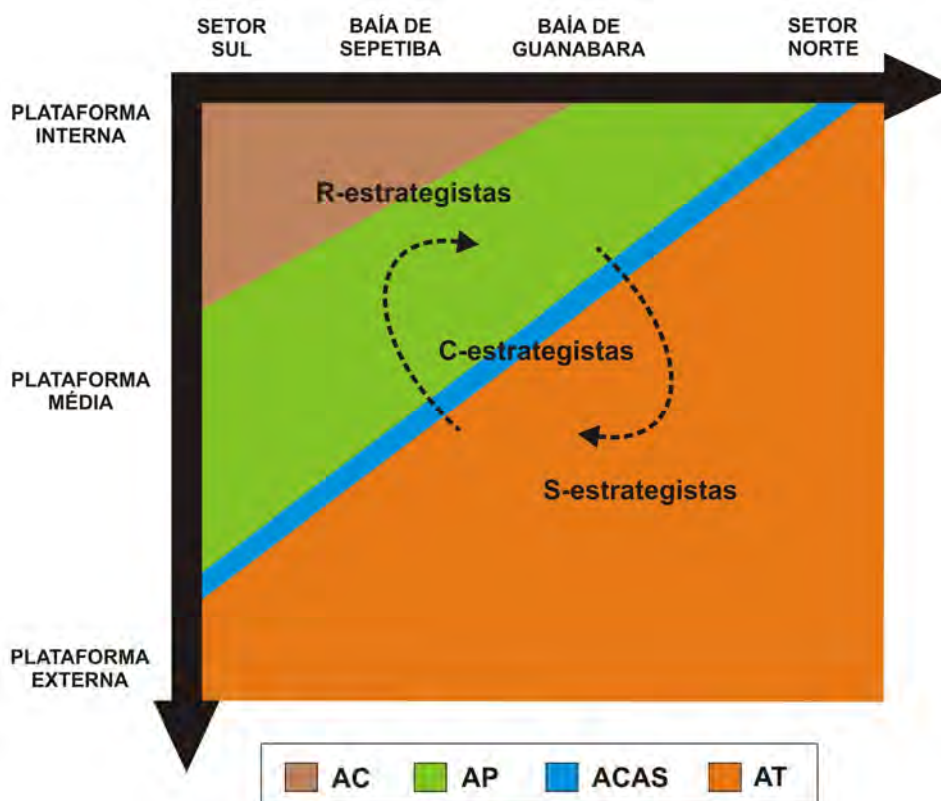
Fonte: A autora, 2016.

A segunda componente está relacionada ao gradiente nerítico-oceânico, sendo a influência da AC, em superfície, e da ACAS, ao nível da PMC, entre as porções interna e central da plataforma reconhecida em sua parte negativa:

concentrações mais elevadas de nitrato e fosfato, bem como taxa de tamanho médio a grande como as diatomáceas R-estrategistas *Lioloma* sp. 1, *Thalassionemataceae* sp. 1 e *Thalassionemataceae* sp. 2. A porção positiva dessa componente representa, majoritariamente, as estações afastadas da costa (situadas na plataforma externa e talude superior) influenciadas pela AT, o que justifica a presença de cocolitoforídeos (*Coccolithales* sp. 1 e *Umbilicosphaera* sp.) e dinoflagelados (*O. variabile*) S-estrategistas típicos dessa massa de água oligotrófica, além dos cocolitoforídeos nanoplanctônicos C-estrategistas (*Coccolithophyceae* sp. 1, *Coccolithophyceae* sp. 2).

A Figura 24 sumariza as características gerais da área de estudo.

Figura 24 - Diagrama esquemático das características gerais da área de estudo



Legenda: As massas de água são indicadas pelas cores (AC = marrom; AP = verde; ACAS = azul; AT = laranja). As setas tracejadas em preto indicam mistura de massas de água.

Fonte: A autora, 2016.

4.3 Espécies potencialmente nocivas

4.3.1 Composição e riqueza

Trinta e quatro espécies, dentre diatomáceas (16), dinoflagelados (15), silicoflagelados (1), cianobactérias (1) e ciliados fototróficos (1), foram classificadas como potencialmente nocivas (produtoras de toxinas ou formadoras de florações que reduzem a qualidade da água e provocam danos econômicos) seguindo considerações de trabalhos voltados à questão das FANs (e.g. BERGMAN et al., 2013; CASTRO; MOSER, 2012; DOU-DING; GOEBEL, 2001; HALLEGRAEFF; ANDERSON; CEMBELLA, 2003; GUIRY; GUIRY, 2016; PHYTO'PEDIA, 2012; ÖZMAN-SAY; BALKIS, 2012; SATO et al., 2002; VILA; MASÓ, 2005; YIH et al., 2013) e a lista de referência da COI/UNESCO (MOESTRUP et al. 2009) (Tabela 8).

Foi possível notar um aumento do número de espécies potencialmente nocivas (riqueza) na porção central da plataforma (plataforma média), onde a influência das plumas estuarinas em superfície, na forma de AP (transectos T2, T3 e T4: baías de Guanabara, Sepetiba e Ubatuba), ou da ACAS em subsuperfície (PMC de todos os transectos) foi sentida. Particularmente na PMC dos transectos T1 (Cabo Frio), T2 e T4 foi verificada a redução do número de espécies nocivas nas águas oligotróficas das estações na plataforma externa e talude superior dominadas pela AT (Figura 25).

Um gradiente vertical da riqueza de espécies potencialmente nocivas, caracterizado pela redução do número total de espécies com o aumento da profundidade, foi observado (Figura 25). As exceções ocorreram nas estações 3 (transecto T1), 9, 11, 12 e 13 (transecto T2), 15 (transecto T3) e 23 (estação *offshore*) onde o número de espécies na PMC superou o registrado em superfície.

Thalassionema nitzschioides foi o taxa mais frequente em toda a coleta, sendo registrado 41 vezes (de 57 possíveis). Em seguida, *Prorocentrum* cf. *balticum* e *Thalassiosira* cf. *delicatula* surgiram 28 vezes, enquanto *Dictyocha fibula* e *Tripos fusus* foram identificados 20 e 15 vezes, respectivamente (Tabela 8). A única cianobactéria filamentosa potencialmente nociva considerada (*Trichodesmium erythraeum*) foi registrada 21 vezes.

Tabela 8 - Espécies formadoras de florações algais nocivas (FANs) identificadas durante a Comissão MCT-I (continua)

| Espécie | Grupo | FANs | Prof. | N.O. | Méd. | Máx. | Est _{MÁX} | %Total |
|---|-----------------|------|-------|------|------|-------|--------------------|--------|
| <i>Alexandrium cf. fraterculus</i> | Dinoflagelado | 2 | S | 1 | 12 | 340 | 6 | 1,2 |
| | | | PMC | 2 | 89 | 1.748 | 11 | 5,9 |
| <i>Cerataulina pelagica</i> | Diatomácea | 1 | S | 2 | 18 | 354 | 22 | 0,8 |
| | | | PMC | 0 | - | - | - | - |
| <i>Ceratoneis closterium</i> | Diatomácea | 1 | S | 5 | 111 | 2.601 | 14 | 0,5 |
| | | | PMC | 2 | 38 | 886 | 15 | 0,4 |
| <i>Chaetoceros decipiens</i> | Diatomácea | 1 | S | 7 | 63 | 653 | 1 | 0,7 |
| | | | PMC | 2 | 12 | 166 | 8 | 0,5 |
| <i>Chaetoceros lorenzianus</i> | Diatomácea | 1 | S | 9 | 237 | 1.709 | 2 | 2,3 |
| | | | PMC | 2 | 39 | 760 | 2 | 1,1 |
| <i>Chaetoceros peruvianus</i> | Diatomácea | 1 | S | 2 | 18 | 340 | 2 | 0,5 |
| | | | PMC | 2 | 33 | 832 | 15 | 0,4 |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia</i> "delicatissima" sp. 1 | Diatomácea | 2 | S | 3 | 389 | 5.734 | 2 | 7,6 |
| | | | PMC | 3 | 111 | 2.086 | 1 | 3,9 |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia</i> "seriata" sp. 1 | Diatomácea | 2 | S | 2 | 197 | 3.510 | 2 | 4,7 |
| | | | PMC | 0 | - | - | - | - |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia</i> "seriata" sp. 2 | Diatomácea | 2 | S | 1 | 11 | 326 | 10 | 1,0 |
| | | | PMC | 1 | 31 | 864 | 2 | 1,3 |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia</i> "seriata" sp. 3 | Diatomácea | 2 | S | 6 | 84 | 754 | 4 | 2,7 |
| | | | PMC | 1 | 6 | 166 | 11 | 0,6 |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia</i> "seriata" sp. 4 | Diatomácea | 2 | S | 1 | 17 | 495 | 7 | 1,2 |
| | | | PMC | 1 | 3 | 82 | 23 | 0,3 |
| <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> | Diatomácea | 1 | S | 0 | - | - | - | - |
| | | | PMC | 1 | 33 | 921 | 22 | 3,4 |
| <i>Dictyocha fibula</i> | Silicoflagelado | 1 | S | 9 | 100 | 867 | 14 | 0,2 |
| | | | PMC | 11 | 123 | 1.917 | 29 | 0,2 |

Tabela 8 - Espécies formadoras de florações algais nocivas (FANs) identificadas durante a Comissão MCT-I (continuação)

| Espécie | Grupo | FANs | Prof. | N.O. | Méd. | Máx. | Est _{MÁX} | %Total |
|-----------------------------------|---------------------|------|-------|------|------|-------|--------------------|----------------|
| <i>Dinophysis acuminata</i> | Dinoflagelado | 2 | S | 2 | 66 | 1.734 | 14 | 0,4 |
| | | | PMC | 1 | 30 | 832 | 15 | 0,4 |
| <i>Dinophysis caudata</i> | Dinoflagelado | 2 | S | 0 | - | - | - | - |
| | | | PMC | 1 | 12 | 340 | 16 | 0,3 |
| <i>Dinophysis exigua</i> | Dinoflagelado | 2 | S | 2 | 15 | 277 | 28 | 0,3 |
| | | | PMC | 3 | 9 | 90 | 27 | 0,1 |
| <i>Dinophysis cf. ovum</i> | Dinoflagelado | 2 | S | 1 | 3 | 83 | 3 | 0,3 |
| | | | PMC | 0 | - | - | - | - |
| <i>Guinardia flaccida</i> | Diatomácea | 1 | S | 3 | 20 | 416 | 2 | 0,6 |
| | | | PMC | 3 | 9 | 83 | 2, 9 e 11 | 0,1; 0,3 e 0,3 |
| <i>Guinardia striata</i> | Diatomácea | 1 | S | 4 | 275 | 6.201 | 1 | 6,3 |
| | | | PMC | 4 | 80 | 929 | 22 | 3,4 |
| <i>Mesodinium rubrum</i> | Ciliado fototrófico | 1 | S | 4 | 127 | 2.953 | 29 | 0,7 |
| | | | PMC | 5 | 134 | 1.900 | 29 | 0,2 |
| <i>Phalacroma cf. mitra</i> | Dinoflagelado | 2 | S | 0 | - | - | - | - |
| | | | PMC | 1 | 3 | 89 | 17 | 0,2 |
| <i>Phalacroma rotundatum</i> | Dinoflagelado | 2 | S | 0 | - | - | - | - |
| | | | PMC | 1 | 6 | 170 | 3 | 0,5 |
| <i>Prorocentrum cf. balticum</i> | Dinoflagelado | 1 | S | 14 | 344 | 3.647 | 29 | 0,9 |
| | | | PMC | 14 | 450 | 4.655 | 29 | 0,6 |
| <i>Prorocentrum cf. lima</i> | Dinoflagelado | 2 | S | 6 | 44 | 365 | 28 | 0,4 |
| | | | PMC | 2 | 12 | 225 | 23 | 0,9 |
| <i>Prorocentrum cf. mexicanum</i> | Dinoflagelado | 2 | S | 2 | 8 | 149 | 26 | 0,3 |
| | | | PMC | 2 | 66 | 1.778 | 29 | 0,2 |
| <i>Prorocentrum micans</i> | Dinoflagelado | 1 | S | 5 | 27 | 333 | 13 | 0,2 |
| | | | PMC | 3 | 12 | 177 | 13 | 0,2 |

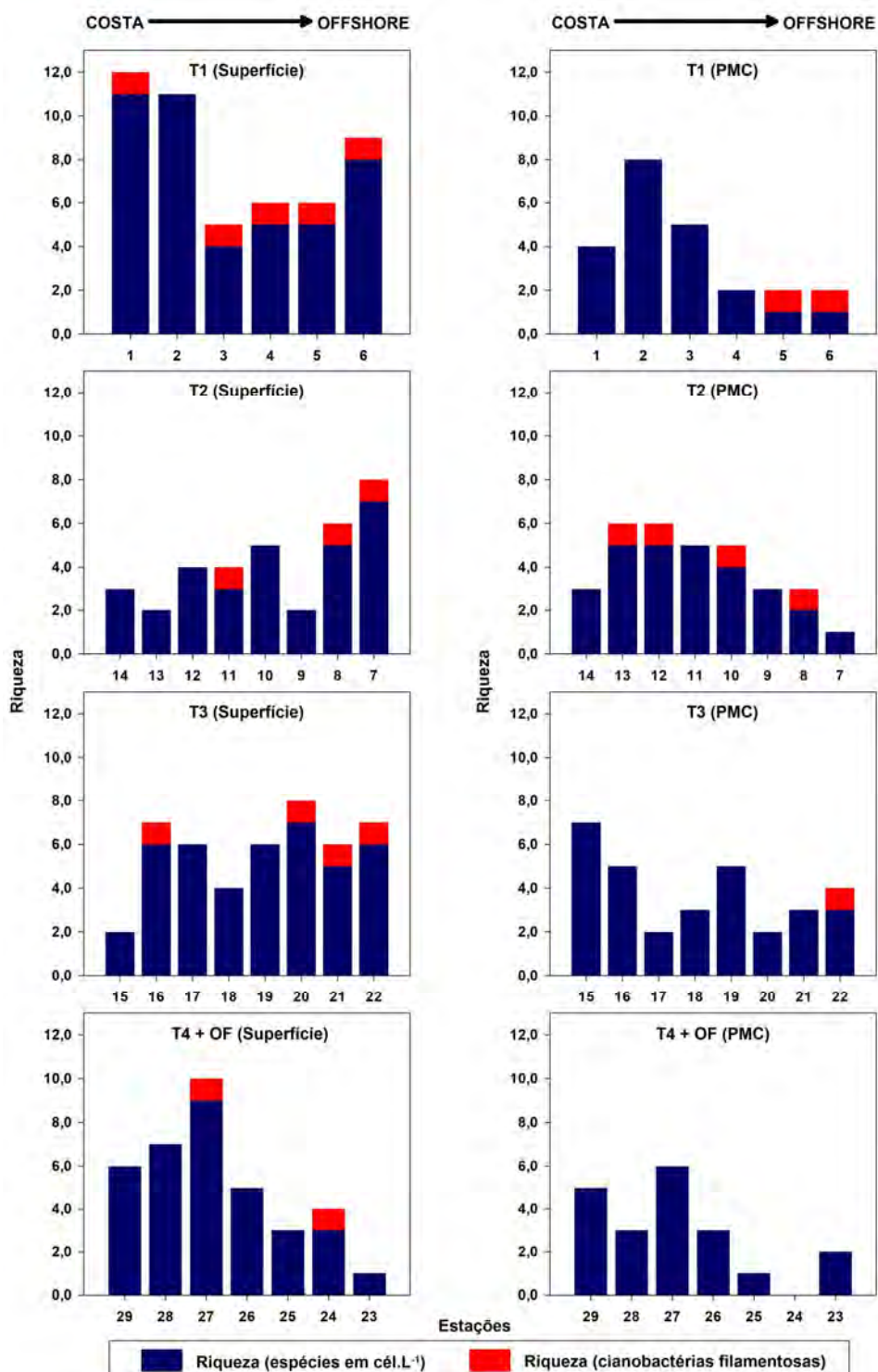
Tabela 8 - Espécies formadoras de florações algais nocivas (FANs) identificadas durante a Comissão MCT-I (conclusão)

| Espécie | Grupo | FANs | Prof. | N.O. | Méd. | Máx. | Est _{MÁX} | %Total |
|-------------------------------------|---------------------------|------|-------|------|------|---------|--------------------|--------|
| <i>Pseudo-nitzschia cf. pungens</i> | Diatomácea | 2 | S | 1 | 17 | 505 | 19 | 1,0 |
| | | | PMC | 0 | 0 | 0 | - | - |
| <i>Pyrophacus steinii</i> | Dinoflagelado | 1 | S | 1 | 6 | 166 | 1 | 0,2 |
| | | | PMC | 0 | 0 | 0 | - | - |
| <i>Scrippsiella acuminata</i> | Dinoflagelado | 1 | S | 2 | 18 | 440 | 27 | 0,9 |
| | | | PMC | 0 | 0 | 0 | - | - |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> | Diatomácea | 1 | S | 24 | 1265 | 10.643 | 15 | 2,6 |
| | | | PMC | 17 | 7092 | 101.269 | 29 | 12,7 |
| <i>Thalassiosira cf. delicatula</i> | Diatomácea | 1 | S | 18 | 158 | 832 | 29 | 0,2 |
| | | | PMC | 10 | 111 | 847 | 16 | 0,9 |
| <i>Trichodesmium erythraeum*</i> | Cianobactéria filamentosa | 2 | S | 14 | 443 | 7.532 | 6 | 73,4 |
| | | | PMC | 7 | 33 | 173 | 6 e 22 | 39,3 |
| <i>Triplos furca</i> | Dinoflagelado | 1 | S | 3 | 12 | 190 | 27 | 0,4 |
| | | | PMC | 0 | - | - | - | - |
| <i>Triplos fusus</i> | Dinoflagelado | 1 | S | 11 | 105 | 1.928 | 29 | 0,5 |
| | | | PMC | 4 | 66 | 1.224 | 15 | 0,6 |

Legenda: Efeitos descritos na literatura indicados como: 1 = Redução da qualidade da água (danos econômicos) e 2 = Produção de toxina. Prof. = Faixa de profundidade de coleta (sendo S = superfície e PMC = profundidade do máximo de clorofila); N.O. = número total de ocorrências; Méd. = densidade média; Máx. = densidade máxima (medidas em células por litro ou filamentos por litro*); Est_{MÁX} = estação onde o máximo foi registrado e %Total = percentual do valor máximo em relação ao total encontrado na estação.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 25 - Número de espécies potencialmente nocivas na superfície e na PMC



Legenda: Riqueza das espécies contabilizadas em cél.L⁻¹ em azul-escuro e riqueza das cianobactérias filamentosas em vermelho. PMC= profundidade do máximo de clorofila; T1 = Transecto 1 (Cabo Frio); T2 = Transecto 2 (baía de Guanabara); T3 = Transecto 3 (baía de Sepetiba); T4 = Transecto 4 (baía de Ubatuba); OF = Estação offshore.

Fonte: A autora, 2016.

Em termos das densidades totais (soma de todas as densidades das espécies nocivas encontradas por estação) foi observada uma redução de valores com o afastamento da costa, em superfície e na PMC, em ambas as faixas de tamanho (nanoplâncton e microplâncton), tendo esses valores variado de 10^2 a 10^5 cél.L⁻¹ nos primeiros 3 m e de 0 a 10^5 cél.L⁻¹ na PMC.

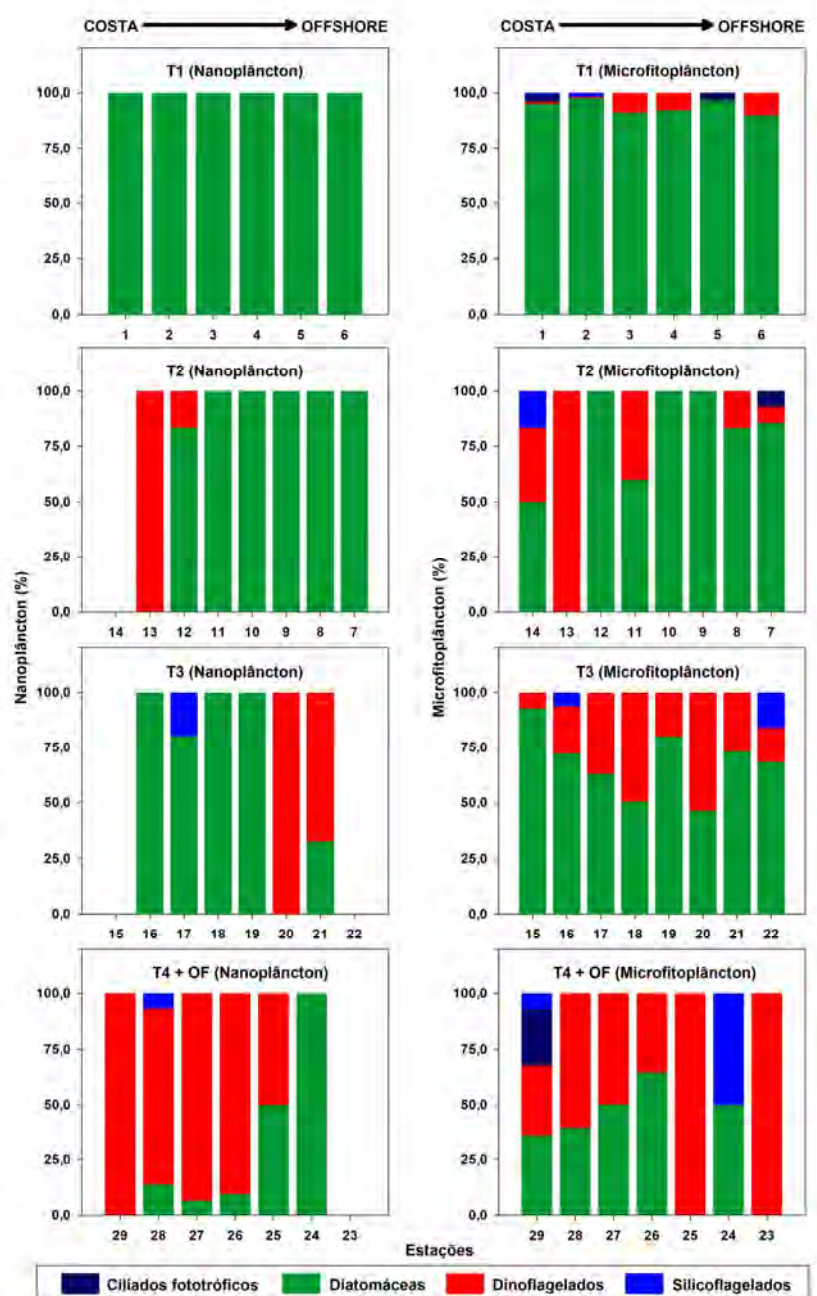
As densidades totais em superfície variaram de $1,71 \times 10^2$ cél.L⁻¹ (estação 23) a $2,03 \times 10^4$ cél.L⁻¹ (estação 1) e superaram as registradas na PMC na maior parte das estações. O máximo registrado em toda a área, porém, ocorreu na PMC da estação 29 ($1,12 \times 10^5$ cél.L⁻¹), local influenciado pela presença da AC. Em particular, foi possível notar que nas estações mais costeiras dos transectos com forte domínio da AC nos primeiros metros da coluna de água (transectos T2, T3 e T4), os valores encontrados na PMC chegaram a superar em até uma ordem de grandeza (10^4 a 10^5 cél.L⁻¹) os verificados em superfície (10^3 a 10^4 cél.L⁻¹).

Em superfície, as densidades das espécies potencialmente nocivas representaram de 0,3% (estação 13) a 24% (estação 2) das densidades totais (totalidade de taxa identificados) calculadas em cada estação. Na PMC essas proporções variaram de 0,4% (estação 4) a 23% (estação 15).

A abundância do microfitoplâncton superou a do nanoplâncton, exceto na superfície das estações 8, 10, 11, 26 e 27, na PMC das estações 4, 7, 12, 15, 18, 23 e 29, e em ambas as profundidades analisadas da estação 3. Destaca-se que no caso da PMC da estação 29, onde a máxima densidade total dos taxa potencialmente nocivos foi encontrada, o valor do microfitoplâncton foi de $5,96 \times 10^4$ cél.L⁻¹ ao tempo que o nanoplâncton alcançou $5,19 \times 10^4$ cél.L⁻¹.

Diatomáceas, dinoflagelados e silicoflagelados de ambas as frações de tamanho e ciliados fototróficos microplanctônicos foram reconhecidos (Figura 26 e Figura 27).

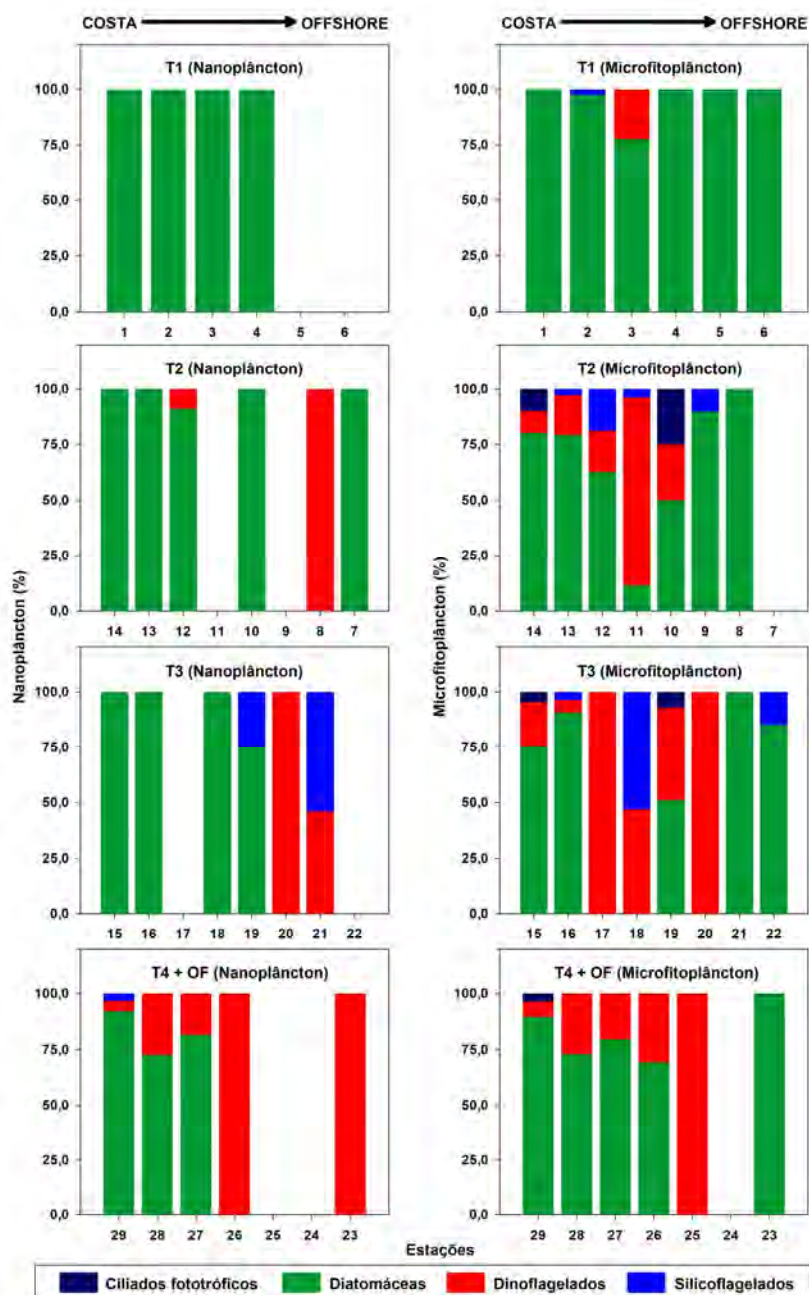
Figura 26 - Contribuições (%) dos grupos taxonômicos para o nanoplâncton e microfitoplâncton potencialmente nocivos na superfície



Legenda: As cores representam os grupos taxonômicos (azul-escuro = ciliados fototróficos; verde-escuro = diatomáceas; vermelho = dinoflagelados; azul-claro = silicoflagelados). T1 = Transecto 1 (Cabo Frio); T2 = Transecto 2 (baía de Guanabara); T3 = Transecto 3 (baía de Sepetiba); T4 = Transecto 4 (baía de Ubatuba); OF = Estação offshore.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 27 - Contribuições (%) dos grupos taxonômicos para o nanoplâncton e microfitoplâncton potencialmente nocivos na PMC



Legenda: As cores representam os grupos taxonômicos (azul-escuro = ciliados fototróficos; verde-escuro = diatomáceas; vermelho = dinoflagelados; azul-claro = silicoflagelados). T1 = Transecto 1 (Cabo Frio); T2 = Transecto 2 (baía de Guanabara); T3 = Transecto 3 (baía de Sepetiba); T4 = Transecto 4 (baía de Ubatuba); OF = Estação offshore.

Fonte: A autora, 2016.

As diatomáceas, quando identificadas, corresponderam a, no mínimo, 6% (3 m da estação 27) do nanoplâncton e 11% (26 m da estação 11) do microfitoplâncton. Dinoflagelados e silicoflagelados, por sua vez, representaram ao menos 5% e 3% (10 m da estação 29) do nanoplâncton e 1% (superfície da estação 1) do microfitoplâncton. Já os ciliados fototróficos significaram de 3% (estações 1 e 5) a 25% (estação 29) do microfitoplâncton em superfície e de 4% (estação 29) a 25% (estação 10) na PMC.

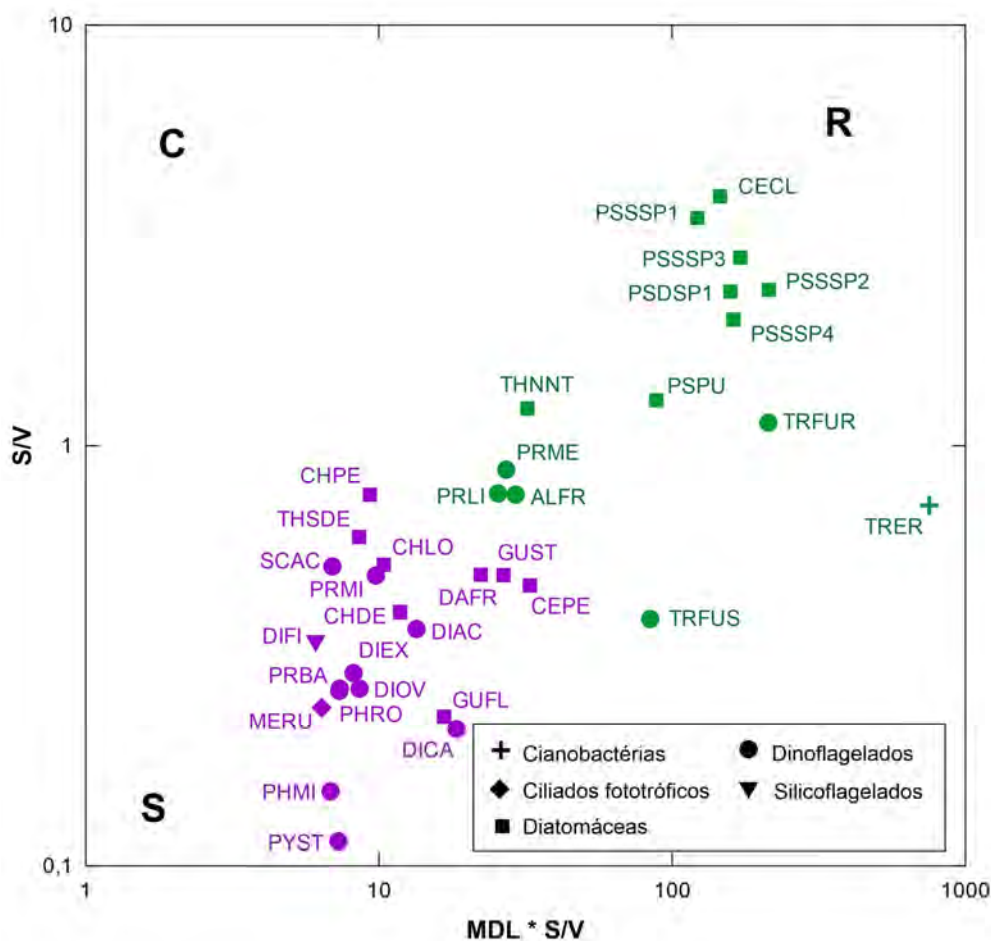
4.3.2 Classificação em grupos funcionais

As espécies potencialmente nocivas apresentaram razões S/V entre 0,11 e 3,92 μm^{-1} (Tabela 9). A relação entre os formatos geométricos associados a tais espécies com a bibliografia consultada encontra-se no final do trabalho (APÊNDICE D).

O gráfico de dispersão da razão S/V contra a MDL permitiu o agrupamento dos taxa em duas estratégias (Figura 28):

- a) S-estrategistas (estresse tolerantes) - *C. pelagica*, *C. decipiens*, *C. lorenzianus*, *C. peruvianus*, *D. fragilissimus*, *D. fibula*, *D. acuminata*, *D. caudata*, *D. exigua*, *D. cf. ovum*, *G. flaccida*, *G. striata*, *M. rubrum*, *P. cf. mitra*, *P. rotundatum*, *P. cf. balticum*, *P. micans*, *P. steinii*, *S. acuminata* e *T. cf. delicatula*;
- b) R-estrategistas (ruderais) - *A. cf. fraterculus*, *C. closterium*, Complexo *P. "delicatissima"* sp. 1, Complexo *P. "seriata"* sp. 1, Complexo *P. "seriata"* sp. 2, Complexo *P. "seriata"* sp. 3, Complexo *P. "seriata"* sp. 4, *T. furca*, *T. fusus*, *P. cf. lima*, *P. cf. mexicanum*, *P. cf. pungens*, *T. nitzschioides* e *T. erythraeum*.

Figura 28 - Espécies potencialmente nocivas e classificações nas estratégias C-S-R



Legenda: Símbolos representam os grupos taxonômicos (cruz = cianobactérias; losango = cocolitoforídeos; quadrado = diatomáceas; círculo = dinoflagelados; triângulo invertido = silicoflagelados) e cores representam as estratégias (roxo = S-estrategistas; verde = R-estrategistas). MDL = máxima dimensão linear (μm); S/V = razão superfície/volume (μm^{-1}); ALFR = *A. cf. fraterculus*; CECL = *C. closterium*; CEPE = *C. pelagica*; CHDE = *C. decipiens*; CHLO = *C. lorenzianus*; CHPE = *C. peruvianus*; DAFR = *D. fragilissimus*; DIAC = *D. acuminata*; DICA = *D. caudata*; DIEX = *D. exigua*; DIFI = *D. fibula*; DIOV = *D. cf. ovum*; GUFL = *G. flaccida*; GUST = *G. striata*; MERU = *M. rubrum*; PHMI = *P. cf. mitra*; PHRO = *P. rotundatum*; PRBA = *P. cf. balticum*; PRLI = *P. cf. lima*; PRME = *P. cf. mexicanum*; PRMI = *P. micans*; PSPU = *P. cf. pungens*; PSDSP1 = Complexo *P. "delicatissima"* sp. 1; PSSSP1 = Complexo *P. "seriata"* sp. 1; PSSSP2 = Complexo *P. "seriata"* sp. 2; PSSSP3 = Complexo *P. "seriata"* sp. 3; PSSSP4 = Complexo *P. "seriata"* sp. 4; PYST = *P. steinii*; SCAC = *S. acuminata*; THNNT = *T. nitzschioides*; THSDE = *T. cf. delicatula*; TRFUR = *T. furca*; TRFUS = *T. fusus*.

Fonte: A autora, 2016.

Tabela 9 - Principais características das espécies potencialmente nocivas identificadas durante a Comissão MCT-I (continua)

| Taxa | Grupo | Formato | Número de medições | MDL (µm) | Biovolume (µm ³) | S/V (µm ⁻¹) | MDL*S/V |
|--|-----------------|---------------------------|--------------------|----------|------------------------------|-------------------------|---------|
| <i>Alexandrium cf. fraterculus</i> | Dinoflagelado | Elipsoide achatado | 10 | 38 | 2.580 | 0,76 | 29,28 |
| <i>Cerataulina pelagica</i> | Diatomácea | Cilindro | 10 | 70 | 16.070 | 0,46 | 32,64 |
| <i>Ceratoneis closterium</i> | Diatomácea | Esferoide + 2 cilindros | 10 | 37 | 22 | 3,92 | 145,66 |
| <i>Chaetoceros decipiens</i> | Diatomácea | Prisma em base elíptica | 10 | 29 | 5.720 | 0,40 | 11,82 |
| <i>Chaetoceros lorenzianus</i> | Diatomácea | Prisma em base elíptica | 10 | 20 | 1.766 | 0,52 | 10,36 |
| <i>Chaetoceros peruvianus</i> | Diatomácea | Prisma em base elíptica | 10 | 12 | 1.086 | 0,76 | 9,32 |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia "delicatissima"</i> sp. 1 | Diatomácea | Prisma losângico | 10 | 68 | 48 | 2,32 | 158,21 |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia "seriata"</i> sp. 1 | Diatomácea | Prisma losângico | 10 | 35 | 13 | 3,49 | 121,73 |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia "seriata"</i> sp. 2 | Diatomácea | Prisma losângico | 10 | 91 | 149 | 2,34 | 213,20 |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia "seriata"</i> sp. 3 | Diatomácea | Prisma losângico | 10 | 61 | 56 | 2,79 | 170,93 |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia "seriata"</i> sp. 4 | Diatomácea | Prisma losângico | 10 | 81 | 157 | 1,99 | 161,90 |
| <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> | Diatomácea | Cilindro | 10 | 45 | 2.834 | 0,49 | 22,24 |
| <i>Dictyocha fibula</i> | Silicoflagelado | Esfera | 10 | 18 | 3.119 | 0,34 | 6,07 |
| <i>Dinophysis acuminata</i> | Dinoflagelado | Elipsoide achatado | 10 | 37 | 3.934 | 0,37 | 13,43 |
| <i>Dinophysis caudata</i> | Dinoflagelado | Elipsoide achatado + cone | 10 | 86 | 40.152 | 0,21 | 18,41 |
| <i>Dinophysis exigua</i> | Dinoflagelado | Elipsoide achatado | 10 | 28 | 6.047 | 0,29 | 8,19 |
| <i>Dinophysis cf. ovum</i> | Dinoflagelado | Elipsoide achatado | 10 | 32 | 7.909 | 0,27 | 8,58 |

Tabela 9 - Principais características das espécies potencialmente nocivas identificadas durante a Comissão MCT-I (conclusão)

| Taxa | Grupo | Formato | Número de medições | MDL (µm) | Biovolume (µm ³) | S/V (µm ⁻¹) | MDL*S/V |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------|----------|------------------------------|-------------------------|---------|
| <i>Guinardia flaccida</i> | Diatomácea | Cilindro | 10 | 73 | 150.131 | 0,23 | 16,69 |
| <i>Guinardia striata</i> | Diatomácea | Cilindro | 10 | 54 | 4.210 | 0,49 | 26,59 |
| <i>Mesodinium rubrum</i> | Ciliado fototrófico | Esfera | 10 | 27 | 11.635 | 0,24 | 6,37 |
| <i>Phalacroma cf. mitra</i> | Dinoflagelado | Elipsoide achatado | 10 | 45 | 34.139 | 0,15 | 6,84 |
| <i>Phalacroma rotundatum</i> | Dinoflagelado | Elipsoide achatado | 10 | 28 | 6.396 | 0,27 | 7,35 |
| <i>Prorocentrum cf. balticum</i> | Dinoflagelado | Esferoide prolado | 10 | 28 | 11.563 | 0,26 | 7,31 |
| <i>Prorocentrum cf. lima</i> | Dinoflagelado | Elipsoide achatado | 10 | 33 | 1.415 | 0,77 | 25,45 |
| <i>Prorocentrum cf. mexicanum</i> | Dinoflagelado | Elipsoide achatado | 10 | 31 | 1.445 | 0,88 | 27,18 |
| <i>Prorocentrum micans</i> | Dinoflagelado | Cone + meia esfera | 10 | 20 | 4.514 | 0,49 | 9,75 |
| <i>Pseudo-nitzschia cf. pungens</i> | Diatomácea | Prisma losângico | 10 | 69 | 240 | 1,28 | 88,08 |
| <i>Pyrophacus steinii</i> | Dinoflagelado | Esferoide prolado | 10 | 64 | 78.540 | 0,11 | 7,29 |
| <i>Scripsiella acuminata</i> | Dinoflagelado | Cone + meia esfera | 10 | 13 | 1.073 | 0,52 | 6,93 |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> | Diatomácea | Paralelepípedo | 20 | 26 | 438 | 1,23 | 32,04 |
| <i>Thalassiosira cf. delicatula</i> | Diatomácea | Cilindro | 20 | 14 | 971 | 0,60 | 8,56 |
| <i>Trichodesmium erythraeum</i> | Cianobactéria filamentosa | Cilindro | 10 | 1.047 | 56.371 | 0,72 | 753,40 |
| <i>Tripos furca</i> | Dinoflagelado | Elipsoide + 2 cones + cilindro | 10 | 188 | 79.504 | 1,13 | 212,79 |
| <i>Tripos fusus</i> | Dinoflagelado | Cone duplo | 10 | 216 | 28.931 | 0,39 | 84,04 |

Legenda: MDL = máxima dimensão linear, S/V = razão superfície/volume.

Fonte: A autora, 2016.

4.3.3 Distribuição espacial

As máximas densidades de ambas as faixas de profundidade investigadas pertenceram às diatomáceas, consideradas como formadoras de FANs por terem provocado casos de manchas, maus odores e espuma (espécies do gênero *Chaetoceros*, *Cerataulina pelagica*, *Ceratoneis closterium*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Guinardia flaccida*, *G. striata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira cf. delicatula*) (GUIRY; GUIRY, 2016; HALLEGRAEFF; ANDERSON; CEMBELLA, 2003; ÖZMAN-SAY; BALKIS, 2012; PHYTO'PEDIA, 2012; VILA; MASÓ, 2005) ou sintetizarem toxinas (espécies de *Pseudo-nitzschia* sp.) como o ácido domóico (MOESTRUP et al. 2009).

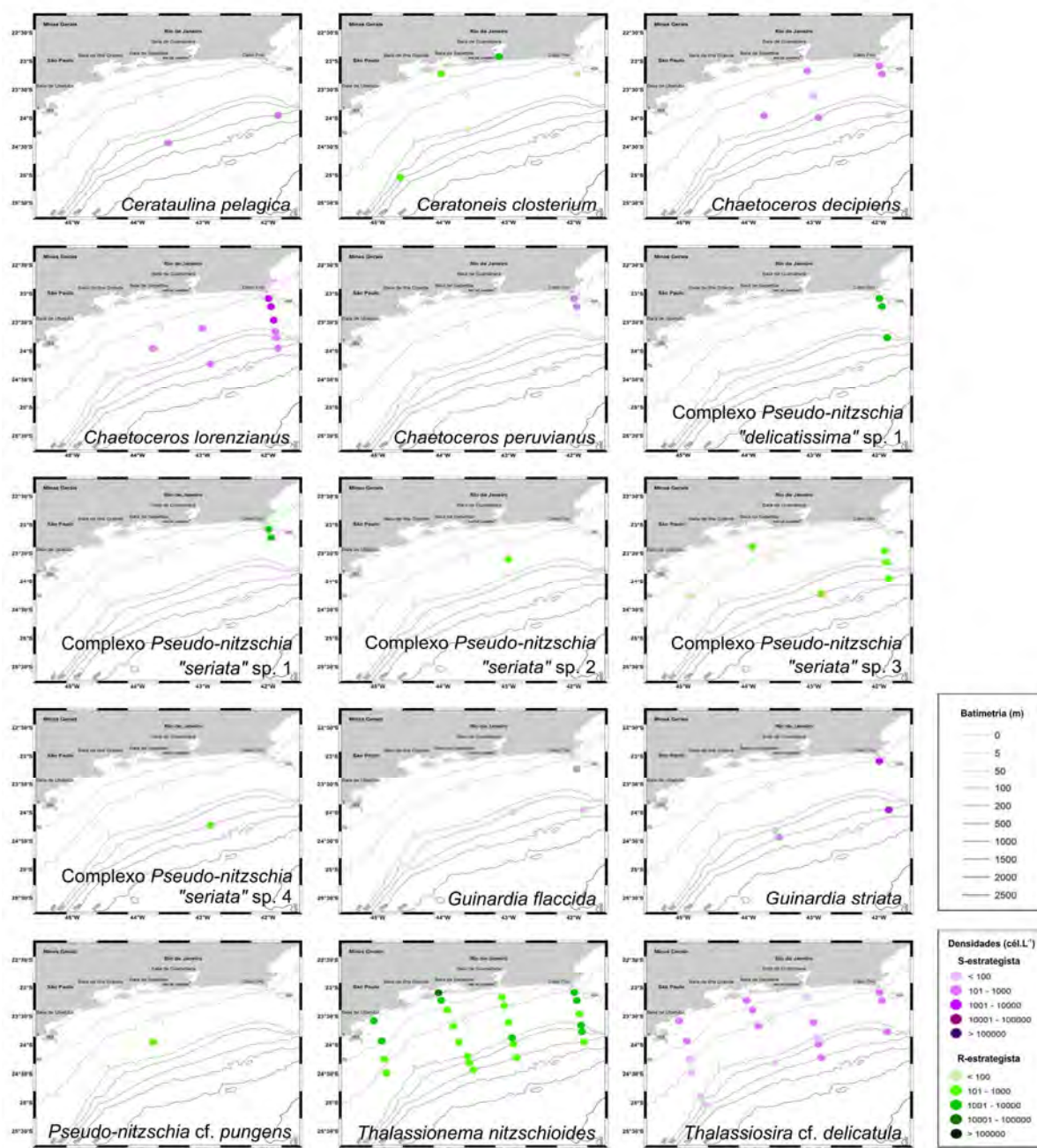
Thalassionema nitzschioides, a espécie mais frequente, apresentou valores elevados nas porções costeiras da área de estudo, diretamente influenciadas pela AC em superfície e pela ACAS em subsuperfície. Nos primeiros 3 m, *T. nitzschioides* foi a espécie com as maiores densidades de 11 estações, alcançando um máximo de $1,06 \times 10^4$ cél.L⁻¹ na estação 15 - 2,6% do total calculado para a estação (Figura 29). Na PMC, *T. nitzschioides* foi a responsável pelos máximos de 15 estações, sendo o valor na estação 29 ($1,01 \times 10^5$ cél.L⁻¹, 12,7% do total), o maior dentre todos os registros individuais do grupo de algas potencialmente nocivas (Figura 30 e Tabela 8). Com 20% da densidade total calculada na PMC da estação 15, *T. nitzschioides* foi responsável ainda pela maior porcentagem de uma espécie potencialmente nociva verificada durante a Comissão MCT-I.

A segunda espécie de diatomácea mais frequente, *Thalassiosira cf. delicatula*, ocupou toda a área de estudo, porém suas maiores densidades ocorreram na porção da plataforma onde a AC, AP e ACAS estiveram presentes, especialmente onde atuam as plumas estuarinas das baías de Guanabara e Sepetiba (transectos T2 e T3), além das águas oriundas de sistemas situados mais ao sul (transecto T4, baía de Ubatuba) (Figura 29 e Figura 30). Os máximos em superfície ($8,32 \times 10^2$ cél.L⁻¹ na estação 29) e na PMC ($8,47 \times 10^2$ cél.L⁻¹ na estação 16) corresponderam a menos de 1% da densidade total.

Chaetoceros decipiens, *C. lorenzianus* e *C. peruvianus* foram reconhecidos na porção dos transectos T1 (Cabo Frio), T2 e T3 onde a AT, AP e ACAS dominaram. Com respectivos máximos de $6,53 \times 10^2$ cél.L⁻¹ (superfície da estação

1), $1,71 \times 10^3$ cél.L⁻¹ (superfície da estação 2) e $8,32 \times 10^2$ cél.L⁻¹ (PMC da estação 15) essas espécies representaram menos de 3% do total calculado (Tabela 8).

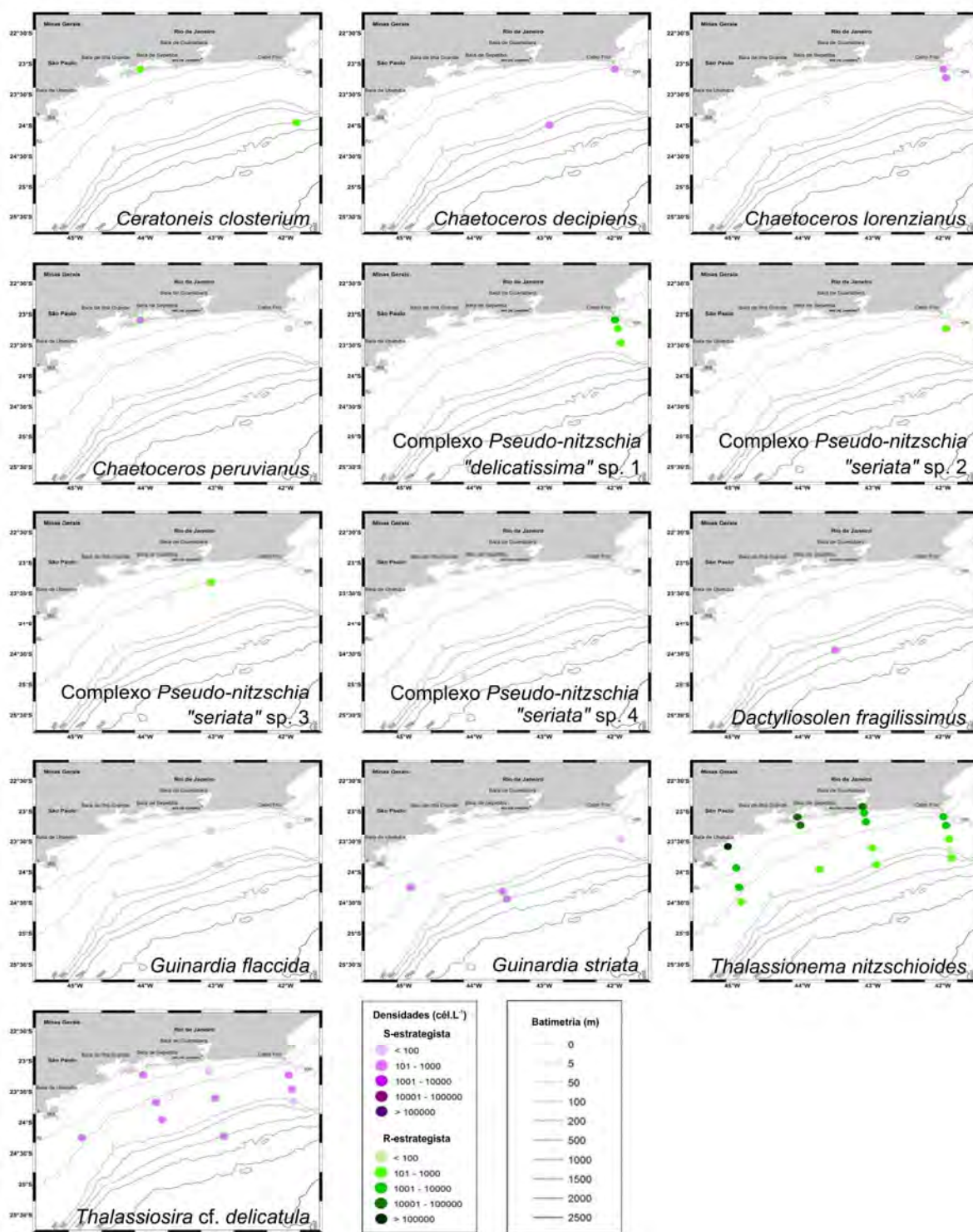
Figura 29 - Distribuição espacial e densidades (cél.L⁻¹) das espécies potencialmente nocivas de diatomáceas em superfície



Legenda: A variação de cor dos símbolos da densidade representa a estratégia C-S-R de cada táxon (roxo = S-estrategista; verde = R-estrategista).

Fonte: A autora, 2016.

Figura 30 - Distribuição espacial e densidades (cél.L⁻¹) das espécies potencialmente nocivas de diatomáceas na PMC



Legenda: A variação de cor dos símbolos da densidade representa a estratégia C-S-R de cada táxon (roxo = S-estrategista; verde = R-estrategista).

Fonte: A autora, 2016.

Os taxa pertencentes aos complexos de *Pseudo-nitzschia* foram identificados onde a AT predominou, seguida da ACAS, especialmente no transecto T1, nas porções mais oceânicas dos transectos T2 e T3, além da estação *offshore* (Figura 29 e Figura 30). Com exceção do Complexo *Pseudo-nitzschia "seriata"* sp. 1, encontrado apenas na superfície das duas estações mais costeiras do transecto T1 ($2,20 \times 10^3$ cél.L⁻¹ e $3,51 \times 10^3$ cél.L⁻¹), todos os demais foram reconhecidos em ambas as faixas de coleta investigadas, não ultrapassando 8% do total calculado.

Cerataulina pelagica e *Pseudo-nitzschia* cf. *pungens* foram exclusivas da superfície (Figura 29). A primeira ocorreu em estações afastadas da costa, dominadas pela AT, nos transectos T1 e T3 (máximo = $3,54 \times 10^2$ cél.L⁻¹ na estação 22). Já a segunda esteve no transecto T3, porém na plataforma média banhada pela AP (estação 19 = $5,05 \times 10^2$ cél.L⁻¹). *D. fragilissimus* foi a única espécie potencialmente nociva restrita à PMC (estação 22 = $9,21 \times 10^2$ cél.L⁻¹) (Figura 30).

Ceratoneis closterium esteve presente em todos os transectos, sob diferentes condições da coluna de água. Suas maiores densidades, entretanto, estiveram relacionadas à presença da AC na região mais próxima ao continente (máximo na superfície da estação 14 = $2,60 \times 10^3$ cél.L⁻¹) e corresponderam a menos de 1% da densidade total (Tabela 8).

Guinardia flaccida foi encontrada nos transectos T1 e T2 sob influência da AT e ACAS, com valores máximos de superfície (estação 2 = $4,16 \times 10^2$ cél.L⁻¹) e da PMC (estações 2, 9 e 11 = $8,30 \times 10$ cél.L⁻¹) representando menos de 1% do total. A distribuição de *G. striata* acompanhou a presença de AT e ACAS nos transectos T1 e T3, sendo ainda relacionada à ocorrência de AP no transecto T4 (estação 27). Para essa espécie, os máximos de superfície (estação 1 = $6,20 \times 10^3$ cél.L⁻¹) e da PMC (estação 22 = $9,29 \times 10^2$ cél.L⁻¹) corresponderam a menos de 7% do total de cada estação.

Com espécies causadoras de intoxicações - como a DSP (dos gêneros *Dinophysis* e *Phalacroma*, bem como *Prorocentrum* cf. *lima*), a PSP (*Alexandrium* cf. *fraterculus*) e ciguatera (*Prorocentrum* cf. *mexicanum* Osorio-Tafall) (FAO, 2004; MOESTRUP et al. 2009) - e espécies associadas à redução da qualidade da água, com perdas na comunidade de peixes e invertebrados (*Triplos furca*, *T. fusus*, *Prorocentrum* cf. *balticum*, *P. micans*, *Pyrophacus steinii*, *Scrippsiella acuminata*) (DOU-DING; GOEBEL, 2001; HALLEGRAEFF; ANDERSON; CEMBELLA, 2003; ÖZMAN-SAY; BALKIS, 2012; VILA; MASÓ, 2005), os dinoflagelados foram o

segundo grupo mais expressivo dentre os taxa potencialmente nocivos identificados ao longo da Comissão MCT-I (Figura 31 e Figura 32).

Prorocentrum cf. balticum, a espécie de dinoflagelado mais frequente, apenas não foi reconhecida no transecto T1 e na estação *offshore*. Com um aumento de valores nas estações onde a AC e a AP foram detectadas, essa espécie apresentou seus máximos (em superfície = $3,65 \times 10^3$ cél.L⁻¹ e na PMC = $4,66 \times 10^3$ cél.L⁻¹) na estação 29 (transecto T4).

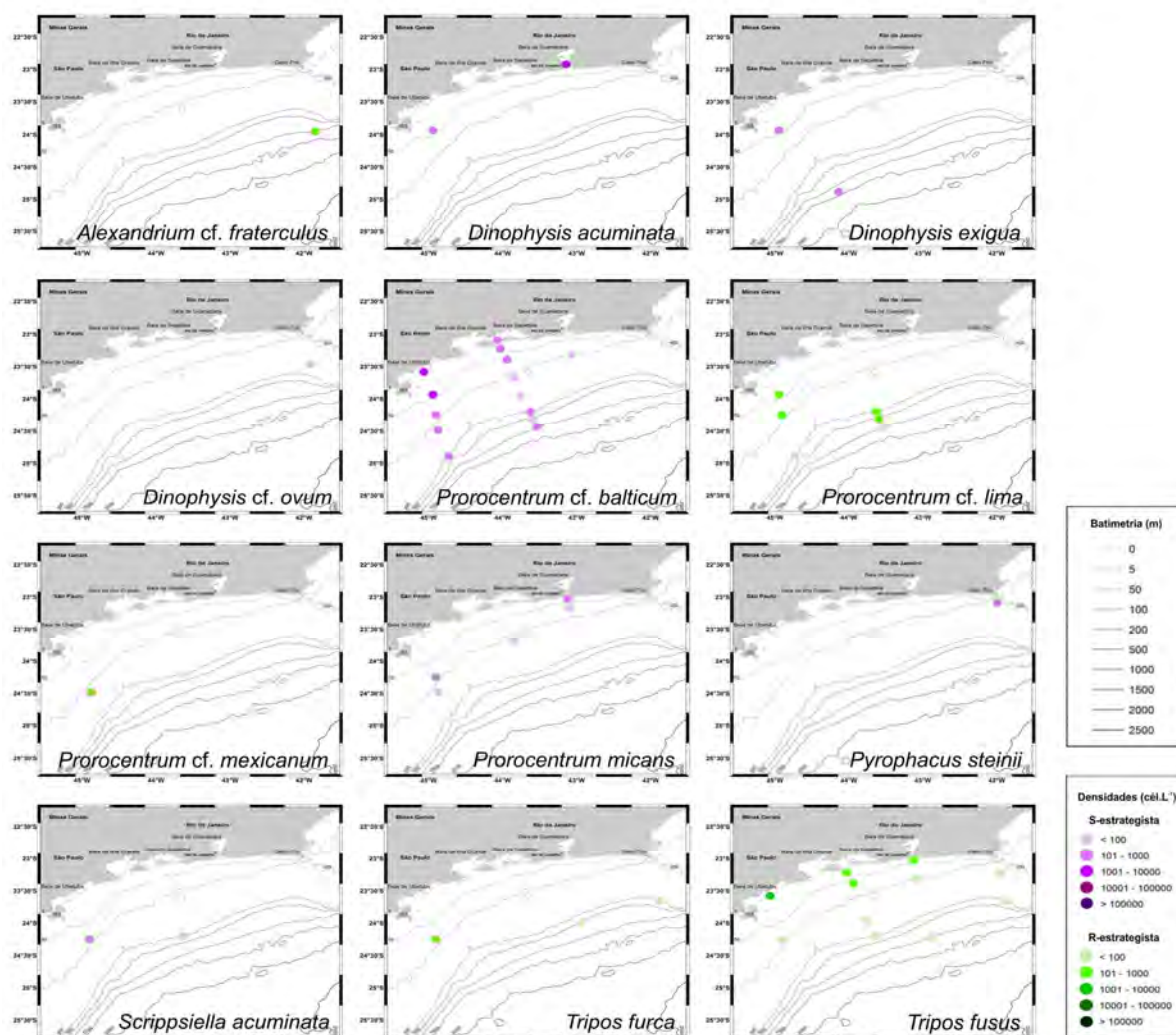
As demais espécies do gênero *Prorocentrum* consideradas potencialmente nocivas ficaram igualmente restritas aos transectos situados na porção centro-sul da área de estudo (transectos T3 e T4). Apenas *P. micans* foi identificado no transecto T2, diretamente na área de influência da pluma da baía de Guanabara (máximo = $3,33 \times 10^2$ cél.L⁻¹ aos 3 m da estação 13). Apesar de *Prorocentrum cf. lima* e *P. cf. mexicanum* terem seus maiores valores também próximos à costa, sob efeito da AC e AP no transecto T4 (*P. cf. lima* = $3,65 \times 10^2$ cél.L⁻¹ aos 3 m da estação 28; *P. cf. mexicanum* = $1,78 \times 10^3$ cél.L⁻¹ na PMC da estação 29), ambos ocuparam com sucesso a região de domínio da AT situada entre a plataforma média e externa/talude superior.

Dinophysis exigua e *Alexandrium cf. fraterculus* também estiveram presentes entre a plataforma média e o talude superior, registrando seus valores mais elevados (*D. exigua* = $2,77 \times 10^2$ cél.L⁻¹ aos 3 m da estação 28; *A. cf. fraterculus* = $1,75 \times 10^3$ cél.L⁻¹ na PMC da estação 11) na zona de influência das plumas estuarinas que levam águas de baixa salinidade para pontos distantes da costa (Figura 31 e Figura 32).

Dinophysis acuminata esteve restrita às estações banhadas pela AC ou AP, próximas à costa dos transectos T2 (superfície), T3 (PMC) e T4 (superfície). Com um máximo de $1,73 \times 10^3$ cél.L⁻¹ nos primeiros 3 m da estação 14, essa espécie representou menos de 0,5% do total calculado.

Tripes fusus pode ser reconhecido ao menos em uma faixa de profundidade de todos os transectos. Seus valores aumentaram com a proximidade da costa e demonstraram uma forte influência da AC nos transectos T2, T3 e T4, tendo máximos de superfície ($1,93 \times 10^3$ cél.L⁻¹) e PMC ($1,22 \times 10^3$ cél.L⁻¹), respectivamente, nas estações 29 e 15 (Tabela 8).

Figura 31 - Distribuição espacial e densidades (cél.L⁻¹) das espécies potencialmente nocivas de dinoflagelados em superfície

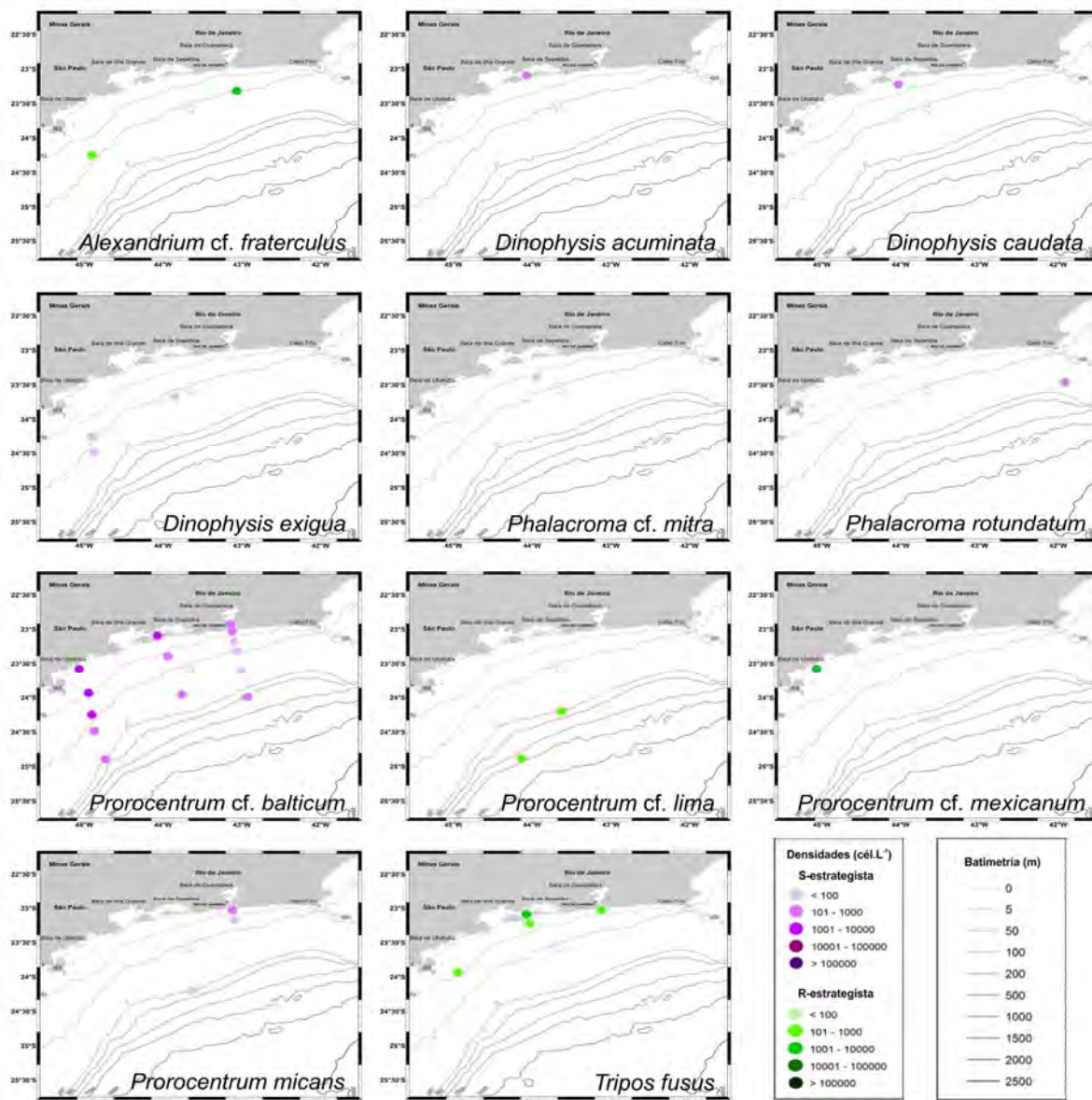


Legenda: A variação de cor dos símbolos da densidade representa a estratégia C-S-R de cada táxon (roxo = S-estrategista; verde = R-estrategista).

Fonte: A autora, 2016.

Quatro espécies foram restritas à superfície: *Dinophysis cf. ovum* (Schütt) Balech, *Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall & Dale, *Scrippsiella acuminata* e *Tripos furca* (Figura 31). *Dinophysis cf. ovum* e *P. steinii* ocorreram exclusivamente no transecto T1, onde a AT prevalece - o primeiro na estação 3 ($8,3 \times 10$ cél.L⁻¹) e o segundo na estação 1 ($1,66 \times 10^2$ cél.L⁻¹). *Tripos furca* e *S. acuminata*, por sua vez, estiveram presentes em mais transectos (o primeiro em T1, T2 e T4; o segundo em T3 e T4), ocupando a porção central da plataforma e demonstrando maior relação com a AP. Os máximos de *T. furca* ($1,90 \times 10^2$ cél.L⁻¹) e *S. acuminata* ($4,40 \times 10^2$ cél.L⁻¹) ocorreram na estação 27, representando menos de 1% do total.

Figura 32 - Distribuição espacial e densidades (cél.L⁻¹) das espécies potencialmente nocivas de dinoflagelados na PMC

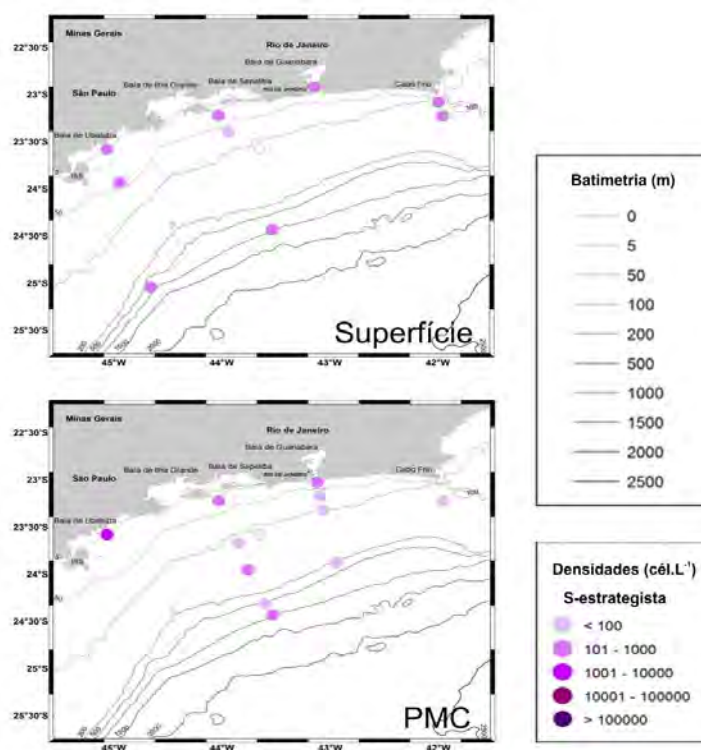


Legenda: A variação de cor dos símbolos da densidade representa a estratégia C-S-R de cada táxon (roxo = S-estrategista; verde = R-estrategista).
Fonte: A autora, 2016.

Três espécies de dinoflagelados potencialmente nocivos foram verificadas apenas na PMC (Figura 32). Enquanto *Phalacroma rotundatum* foi exclusiva do transecto T1 (estação 3 = $1,70 \times 10^2$ cél.L⁻¹), *Dinophysis caudata* (estação 16 = $3,40 \times 10^2$ cél.L⁻¹) e *Phalacroma* cf. *mitra* F.Schütt (estação 17 = $8,9 \times 10$ cél.L⁻¹) foram reconhecidas unicamente no transecto T3.

A espécie de silicoflagelado potencialmente nocivo encontrada - associada a perdas na comunidade de peixes por causar danos às brânquias (e.g. ÖZMAN-SAY; BALKIS, 2012; VILA; MASÓ, 2005) - foi *Dictyocha fibula* (Figura 33). Apesar de ampla, sua distribuição respondeu ao domínio da AC, AP e ACAS, sendo as máximas densidades registradas na superfície da estação 14 ($8,67 \times 10^2$ cél.L⁻¹) e na PMC da estação 29 ($1,92 \times 10^3$ cél.L⁻¹).

Figura 33 - Distribuição espacial e densidades (cél.L⁻¹) de *Dictyocha fibula* em superfície e na PMC



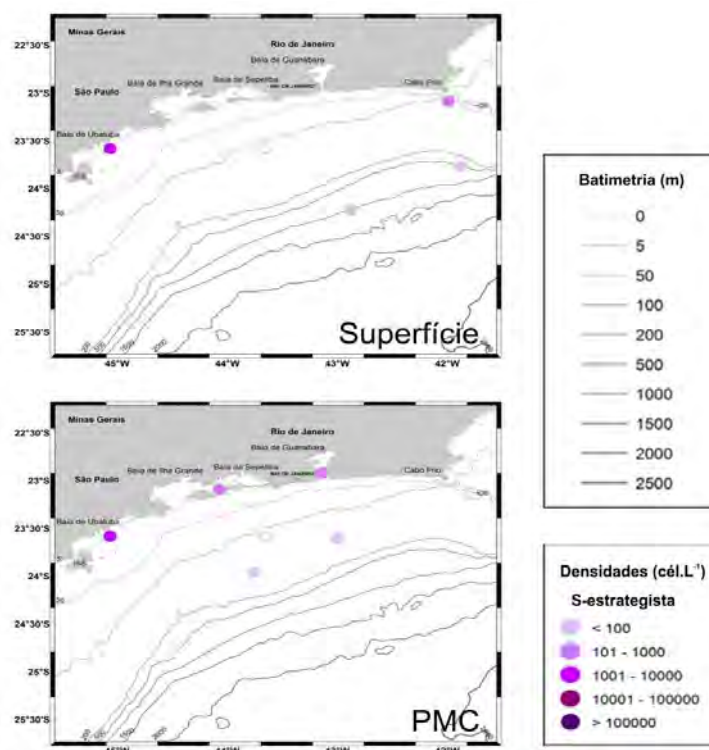
Legenda: A variação de cor do símbolo da densidade representa a estratégia C-S-R do táxon (roxo = S-estrategista). PMC= profundidade do máximo de clorofila.

Fonte: A autora, 2016.

O ciliado (*Mesodinium rubrum*) incluído na análise da comunidade fitoplanctônica da região estudada, e causador de florações que provocam redução da qualidade da água (YIH et al., 2013), esteve presente em todos os transectos (superfície = T1, T2 e T4; PMC = T2, T3 e T4). Com maiores valores próximo à

costa, onde a AC foi mais intensa, essa espécie teve sua máxima densidade na superfície da estação 29 ($2,95 \times 10^3$ cél.L⁻¹ ou 0,7% da densidade total) (Figura 34).

Figura 34 - Distribuição espacial e densidades (cél.L⁻¹) de *Mesodinium rubrum* em superfície e na PMC



Legenda: A variação de cor do símbolo da densidade representa a estratégia C-S-R do táxon (roxo = S-estrategista). PMC= profundidade do máximo de clorofila.

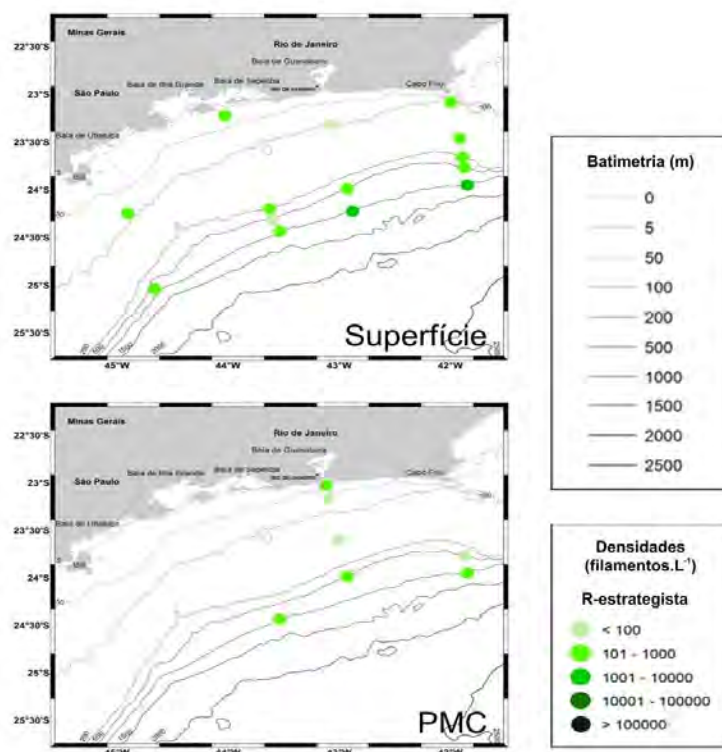
Fonte: A autora, 2016.

No caso da espécie potencialmente nociva de cianobactéria filamentosa (*Trichodesmium erythraeum*), considerada produtora de toxinas que podem afetar outros organismos da teia trófica (BERGMAN et al., 2013), o padrão de distribuição foi oposto ao das demais espécies em ambas as faixas de profundidade, ocorrendo um aumento das densidades em direção às estações oceânicas (Figura 35).

Trichodesmium erythraeum, quando presente, alcançou em superfície valores de $8,3 \times 10$ filamentos.L⁻¹ na estação 11 a $7,53 \times 10^3$ filamentos.L⁻¹ na estação 6, enquanto na PMC o valor mínimo foi de $8,0 \times 10$ filamentos.L⁻¹ na estação 10 a $1,73 \times 10^2$ filamentos.L⁻¹ nas estações 6 e 22. Destaca-se que os máximos encontrados

na superfície e na PMC corresponderam, respectivamente, a cerca de 74% e 39% dos totais de cianobactérias filamentosas em cada estação (Tabela 8).

Figura 35 - Distribuição espacial e densidades (filamentos.L⁻¹) de *Trichodesmium erythraeum* em superfície e na PMC



Legenda: A variação de cor do símbolo da densidade representa a estratégia C-S-R do táxon (verde = R-estrategista). PMC= profundidade do máximo de clorofila.

Fonte: A autora, 2016.

4.3.4 Análise estatística

Três grupos foram individualizados pela análise de cluster no modo Q: (1) Grupo 1: PMC das estações mais afastadas do continente de todos os transectos (entre a plataforma externa e o talude superior); (2) Grupo 2: superfície das estações mais afastadas da costa do transecto T2 (baía de Guanabara) e T1 (Cabo Frio) e demais estações do transecto T1 em ambas as profundidades (predomínio da região

entre a plataforma média e o talude superior); (3) Grupo 3: estações localizadas na plataforma interna e média (superfície principalmente) dos transectos T2, T3 (baía de Sepetiba) e T4 (baía de Ubatuba) (Figura 36).

Assim como na estatística dos taxa frequentes e constantes (item 4.2.3), os grupos indicados pela análise de cluster podem ser relacionados à diferentes condições da coluna de água: i - região oceânica com a alternância de águas da AT e da ACAS a maiores profundidades (grupo 1); ii - região tipicamente oligotrófica com a AT dominando de forma mais intensa do que na primeira condição (grupo 2); iii - domínio das águas de baixa salinidade ricas (AC) em nutrientes, na plataforma interna, ou de conteúdo moderado (AP), na plataforma média, transportadas pelas plumas estuarinas originadas nas baías costeiras de Guanabara e Sepetiba ou pela feição vortical identificada nas proximidades da Ilha de São Sebastião (grupo 3).

Vale citar que se esperava que a análise de cluster inserisse a superfície das duas estações mais próximas à costa do transecto T2 (baía de Guanabara) no grupo 3. Entretanto, a mistura de massas de água, principalmente na estação 13, e o compartilhamento de espécies (*C. closterium*, *D. fibula* e *P. micans*) com estações mais afastadas da costa podem ter contribuído para a inclusão no grupo 1.

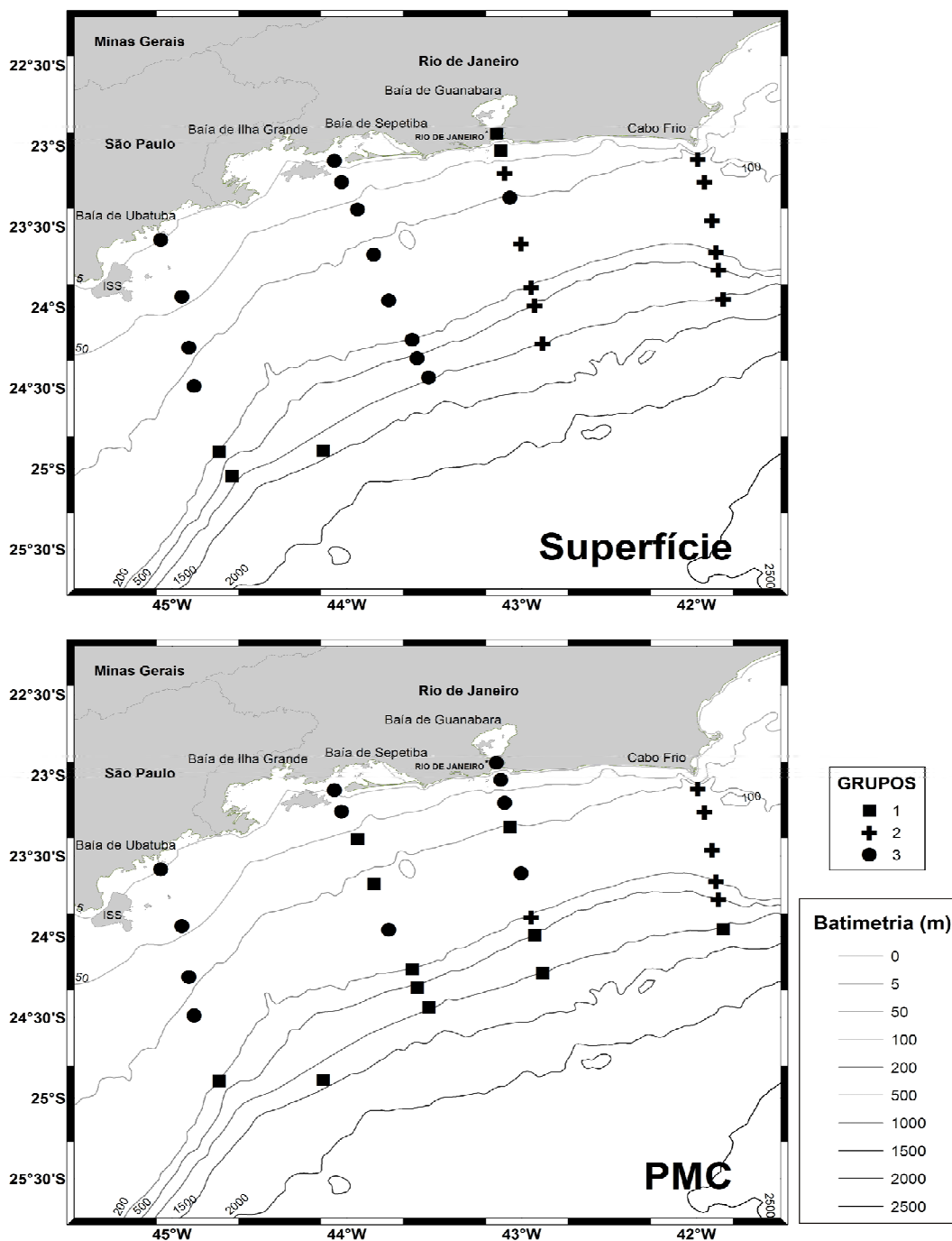
A ACC mostrou que a correlação entre as espécies potencialmente nocivas e as variáveis ambientais foi igual a 50% até a segunda componente (Figura 37). A primeira componente separa as estações localizadas entre a plataforma média e o talude superior do setor centro-norte (T1 e T2) daquelas na porção centro-sul (T2, T3 e T4).

A porção da plataforma externa/talude superior do setor centro-norte é marcada pelo domínio das águas quentes e oligotróficas da AT e pela presença de espécies com estratégias de adaptação aos rigores desse tipo de ambiente, como a cianobactéria fixadora de nitrogênio *T. erythraeum* e os dinoflagelados com capacidade de migração vertical *A. cf. fraterculus*, *D. cf. ovum* e *T. furca* (porção positiva da componente 1) - três R-estrategistas e um S-estrategista.

O setor sul, por mais que seja influenciado pela AT entre a plataforma externa e média, conta com águas mais ricas em nutrientes como a AP e a ACAS, em subsuperfície. Essas massas permitem o desenvolvimento de diatomáceas penadas R-estrategistas resistentes à maior mistura (*C. closterium*), diatomáceas cêntricas S-estrategistas de regiões temperadas e quentes (*C. peruvianus*, *G. striata*), dinoflagelados de águas tropicais e subtropicais S- e R-estrategistas (*P. cf.*

mexicanum, *P. mitra*), bem como silicoflagelados S-estrategistas de águas subtropicais (*D. fibula*) (porção negativa da componente 1).

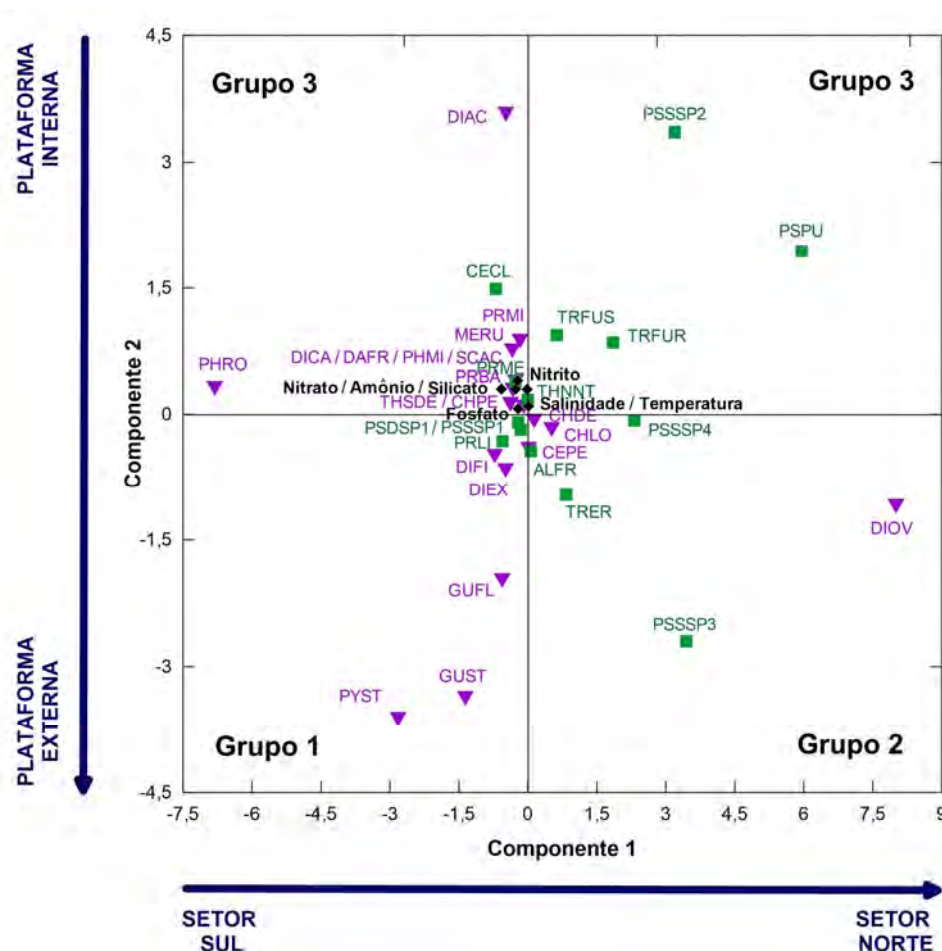
Figura 36 - Distribuição espacial dos grupos descritos pela análise de cluster das espécies potencialmente nocivas na superfície e na PMC



Legenda: Os símbolos dos grupos coincidem com os correspondentes discriminados na análise estatística geral. ISS = Ilha de São Sebastião; PMC= profundidade do máximo de clorofila.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 37 - Análise de correlação canônica aplicada às densidades das espécies potencialmente nocivas e aos fatores ambientais (temperatura, salinidade, nutrientes)



Legenda: Símbolos e cores representam as estratégias C-S-R (triângulo/roxo = S-estrategista; quadrado/verde = R-estrategista). ALFR = *A. cf. fraterculus*; CECL = *C. closterium*; CEPE = *C. pelagica*; CHDE = *C. decipiens*; CHLO = *C. lorenzianus*; CHPE = *C. peruvianus*; DAFR = *D. fragilissimus*; DIAC = *D. acuminata*; DICA = *D. caudata*; DIEX = *D. exigua*; DIFI = *D. fibula*; DIOV = *D. cf. ovum*; GUFL = *G. flaccida*; GUST = *G. striata*; MERU = *M. rubrum*; PHMI = *P. cf. mitra*; PHRO = *P. rotundatum*; PRBA = *P. cf. balticum*; PRLI = *P. cf. lima*; PRME = *P. cf. mexicanum*; PRMI = *P. micans*; PSPU = *P. cf. pungens*; PSDSP1 = Complexo *P. "delicatissima"* sp. 1; PSSSP1 = Complexo *P. "seriata"* sp. 1; PSSSP2 = Complexo *P. "seriata"* sp. 2; PSSSP3 = Complexo *P. "seriata"* sp. 3; PSSSP4 = Complexo *P. "seriata"* sp. 4; PYST = *P. steinii*; SCAC = *S. acuminata*; THNNT = *T. nitzschioides*; THSDE = *T. cf. delicatula*; TRFUR = *T. furca*; TRFUS = *T. fusus*.

Fonte: A autora, 2016.

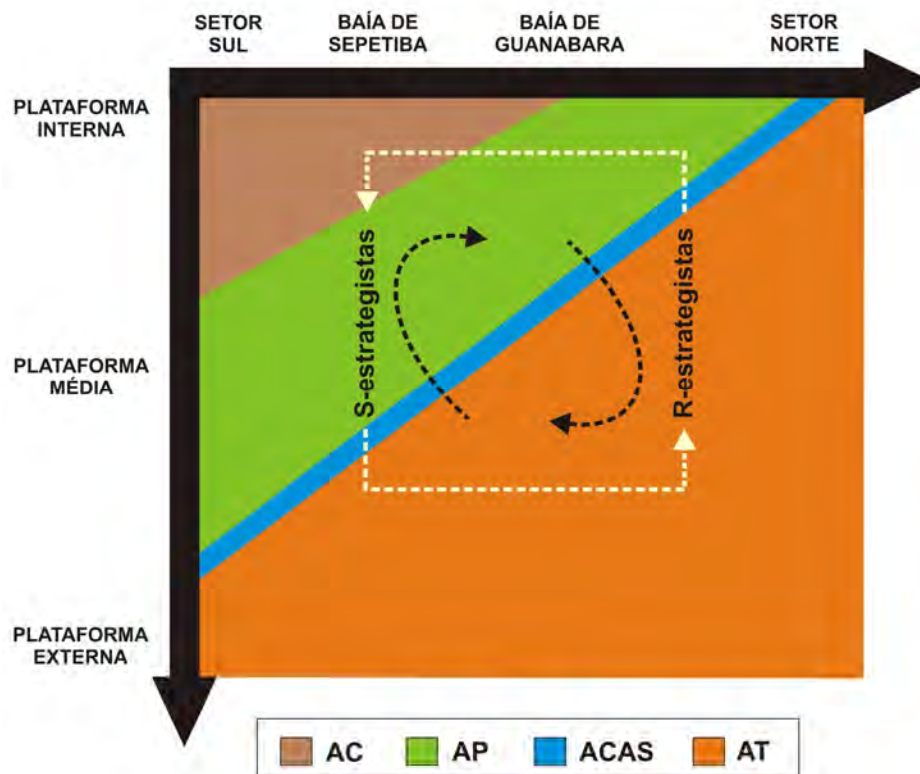
Na segunda componente é discriminado o gradiente nerítico-oceânico. A porção positiva da componente 2 relaciona-se às estações localizadas entre a plataforma interna e média dos transectos T2, T3 e T4, onde as massas de água

mais ricas em nutrientes (AC, AP e ACAS) atuam, ocorrendo espécies S-estrategistas de ciliados fototróficos (*M. rubrum*) e diatomáceas cêntricas (*T. cf. delicatula*), penadas R-estrategistas resistentes à turbulência (Complexo *P. "seriata"* sp. 2, *T. nitzschioides*), dinoflagelados R-estrategistas (*P. cf. mexicanum*, *T. fusus*) e S-estrategistas (*D. acuminata*, *D. caudata*, *P. cf. balticum*, *P. micans*, *S. acuminata*).

A porção negativa da componente 2 registra as estações afastadas da costa (plataforma média ao talude superior) dos transectos T1, T2 e T3, onde a AT foi mais intensa. Nesse caso destacam-se espécies como *D. exigua* e *D. cf. ovum* (dinoflagelados S-estrategistas), *A. cf. fraterculus* e *P. cf. lima* (dinoflagelados R-estrategistas), *C. lorenzianus* (diatomácea S-estrategista de águas quentes), *G. flaccida* e *G. striata* (diatomáceas S-estrategistas cosmopolitas), além de *T. erythraeum* (cianobactéria R-estrategista fixadora de nitrogênio).

A Figura 38 sumariza as características da área de estudo com relação à presença de espécies potencialmente nocivas.

Figura 38 - Diagrama esquemático para as espécies nocivas



Legenda: As massas de água são indicadas pelas cores (AC = marrom; AP = verde; ACAS = azul; AT = laranja). As setas tracejadas em preto indicam mistura de massas e as setas em branco indicam a possibilidade de variação das estratégias presentes.

Fonte: A autora, 2016.

5 DISCUSSÃO

5.1 Setorização da plataforma e talude continental entre Cabo Frio e Ubatuba

Apesar da definição de fronteiras e limites no ambiente marinho ser mais complexa do que no ambiente terrestre, múltiplos esforços têm sido realizados à fim de compartimentar os oceanos em zonas distintas com base no efeito das condições hidrodinâmicas sobre a comunidade biológica (e.g. FENG et al., 2015; FOUKAL; THOMAS, 2014; SPALDING et al., 2012; VECCHIONE et al., 2015; VICHI et al., 2011; WATLING et al., 2013). Do trabalho de Longhurst (1998) - que sintetizou em escala global a biogeografia dos oceanos, definindo quatro biomas principais (Ventos Oeste, Ventos Alísios, Polar e Costeiro) e mais de 50 províncias - a abordagem conhecida como "*Large Marine Ecosystems (LMEs)*" para as regiões costeiras - baseada em critérios como batimetria, hidrografia, produtividade e relações tróficas - o reconhecimento das diferentes zonas pode ser aplicado não só na análise comparativa das características (físicas, químicas e biológicas) de cada região, mas igualmente no estabelecimento de políticas voltadas ao uso e proteção do ambiente marinho (BLASIAK et al., 2014; FOUKAL; THOMAS, 2014; LUIZ et al., 2012; REYGONDEAU et al., 2013).

A existência de gradientes horizontais de temperatura e salinidade nos transectos realizados em frente às baías de Guanabara, Sepetiba e Ubatuba - caracterizados pela presença da AC na plataforma interna e da AT na plataforma externa/talude superior (MOSER et al., 2016) - e de gradientes verticais em todos os transectos - relacionados ao domínio da AC ou AT em superfície e à penetração da ACAS, em subsuperfície, devido ao efeito topográfico e a circulação dos ventos (CALADO et al., 2010; CERDA; CASTRO, 2014) - influenciaram a distribuição espacial da comunidade fitoplanctônica na área de estudo, durante o inverno de 2010 (Tabela 10).

O controle exercido pelas águas oligotróficas típicas da AT no setor norte (transecto T1) e nas estações mais oceânicas de toda a área, principalmente nos primeiros metros da coluna de água, foi refletido nas densidades celulares encontradas para o nanoplâncton (10^4 cél.L⁻¹) e microfitoplâncton (10^2 a 10^4 cél.L⁻¹),

bem como na abundância e frequência dos coccolitoforídeos nanoplânctônicos S-estrategistas e C-estrategistas (Coccolithales sp. 1, Coccolithophyceae sp. 1, Coccolithophyceae sp. 2, *Ophiaster* sp., *Umbilicosphaera* sp.), observações essas condizentes com o destacado por outros autores (e.g. AIKEN et al., 2009; BOECKEL; BAUMANN, 2008; MOSER et al., 2014) para as águas tropicais e subtropicais do Atlântico.

No caso das estações mais costeiras e com maior influência das águas de baixa salinidade, ricas em nutrientes inorgânicos - carregadas para a plataforma adjacente pelas plumas das baías de Guanabara e Sepetiba e pela feição vortical formada nas proximidades da Ilha de São Sebastião - os valores do nanoplâncton (10^4 a 10^5 cél.L⁻¹) e microfitoplâncton (10^3 a 10^5 cél.L⁻¹) superaram de uma a três ordens de grandeza aqueles das estações mais afastadas do continente. Tal diferença entre as estações neríticas e oceânicas foi também verificada nos estudos de Aidar et al. (1993), Brandini et al. (2014), Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) e Tenenbaum et al. (2001).

Cabe destacar que quando comparadas ao trabalho de Tenenbaum et al. (2001), também realizado na região da baía de Guanabara, as densidades do nanoplâncton e microfitoplâncton encontradas no presente estudo (realizado no inverno) foram de uma (microfitoplâncton) a quatro (nanoplâncton) ordens de grandeza inferiores. Tal discrepância pode estar relacionada a considerações diferentes sobre a faixa de tamanho do nanoplâncton contabilizado: 2,0 a 20 µm em Tenenbaum et al. (2001) e 5,0 a 20 µm no atual trabalho. Há de se mencionar ainda o fato das amostragens do trabalho de Tenenbaum et al. (2001) terem sido empreendidas em porções mais internas da baía de Guanabara, onde a influência de águas hiper-eutróficas é maior. Já as diferenças com relação ao microfitoplâncton (até 10^6 cél.L⁻¹) registrado na região de Ubatuba (SP) por Aidar et al. (1993) podem ser explicadas pela ocorrência mais acentuada da ACAS próximo à linha de costa na época do supracitado estudo.

Vale citar que as relações entre as concentrações de nutrientes, temperatura e abundância dos taxa mais frequentes do fitoplâncton analisado na margem continental sudeste em Junho de 2010, destacadas pela ACC, já foram observadas tanto em estudos de mesoescala (ALVES-DE-SOUSA; GONZÁLEZ; IRIARTE, 2008; PAPPAS, 2010; YAN et al., 2012) quanto de macroescala (ALMANDOZ et al., 2008; GONÇALVES-ARAÚJO et al., 2012) sobre a distribuição do fitoplâncton. No caso da

margem sudeste brasileira, o nitrogênio é reconhecidamente o macronutriente limitante para o crescimento fitoplanctônico (GAETA; RIBEIRO, 1999; METZLER et al., 1997) e, por isso, quando há incrementos locais desse nutriente para a zona eufótica, seja pela injeção da ACAS ou pelo aporte fluvial, a comunidade fitoplanctônica tem sua estrutura alterada (CARBONEL; VALENTIN, 1999; DE LÉO; PIRES-VANIN, 2006; MOSER; GIANESELLA-GALVÃO, 1997).

Com relação à composição taxonômica, o número de taxa registrados (227) superou o encontrado por Moser et al. (2014) e Lins da Silva, Valentin e Bastos (1988) para as águas, respectivamente, entre o rio Paraíba do Sul e Cabo Frio (209 taxa) e entre Cabo Frio e a baía de Guanabara (103 taxa). Foi superior ainda ao descrito por Valentin et al. (1999), Azevedo (2011) e Gomes (2016) para a baía de Guanabara (em ordem, 159, 68 e 117 taxa) e por Moser et al. (2012) para a baía de Santos (159 taxa).

Por outro lado, o número de taxa foi inferior ao descrito por Bassani et al. (1999) para o litoral norte do Estado do Rio de Janeiro (391 taxa), por Villac e Tenenbaum (2010) para a baía de Guanabara (308 taxa) e por Villac, Cabral-Noronha e Pinto (2008) para o litoral do Estado de São Paulo (572 taxa). O total de taxa foi também menor do que o descrito (326) por Susini-Ribeiro et al. (2013) na região entre Ilhéus (15°30'S) e o Cabo de São Tomé (22°00'S). Manteve-se, contudo, a predominância dos taxa de diatomáceas e dinoflagelados, seguidos por coccolitoforídeos e cianobactérias, descrita pelos trabalhos citados.

O predomínio do número de taxa de diatomáceas e dinoflagelados está de acordo com o padrão encontrado nos demais oceanos, uma vez que ambos os grupos são os detentores da maior quantidade de espécies fitoplanctônicas registradas: diatomáceas com 1.365 a 1.783 espécies e dinoflagelados com 1.424 a 1.772 espécies. Cabe ressaltar que a diversidade dos flagelados tende a ser subestimada em virtude do uso de fixadores que distorcem ou destroem os caracteres diagnósticos (flagelos) desses grupos (VILLAC; TENENBAUM, 2010).

Particularmente, a distribuição de flagelados nanoplanctônicos tem sido alvo de cada vez mais estudos nas águas do Atlântico Sul (AIKEN et al., 2009; BOECKEL; BAUMANN, 2008; GONÇALVES-ARAÚJO et al., 2012; RODRIGUES et al., 2014). Mostra-se, até o presente, que esse grupo de organismos tem um bom desenvolvimento em águas com temperaturas intermediárias e conteúdo moderado de nitrogênio, condições essas encontradas nas estações sobre influência das

plumas das baías de Guanabara e Sepetiba e da feição vortical nas proximidades da Ilha de São Sebastião (até isóbata de 50 m), locais onde a densidade total dos flagelados foi da ordem de 10^5 cél.L⁻¹, com destaque para a ocorrência do Flagelado sp. 1.

As cianobactérias filamentosas (ordem Oscillatoriales) também estiveram associadas às águas oriundas do interior da baía de Guanabara, chegando a registrar densidades da ordem de 10^6 filamentos.L⁻¹, valor esse duas ordens de grandeza inferior ao encontrado por Santos et al. (2007). Há de se considerar, entretanto, que as amostragens realizadas pelos referidos autores foram conduzidas em porções mais internas e impactadas da baía de Guanabara do que as empreendidas no presente estudo.

O desenvolvimento de diatomáceas na porção central da plataforma coincide com o enriquecimento das águas da plataforma pela influência da ACAS ou do aporte continental (AC), em paralelo à redução da turbidez associada à presença das plumas estuarinas (CARRETO et al., 2008; CIOTTI et al., 1995; GOES et al., 2014; RODRIGUES et al., 2014). O sucesso das diatomáceas nas proximidades da pluma pode ser explicado pela capacidade desse grupo de crescer rapidamente em ambientes eutrofizados e turbulentos, onde a assimilação acelerada de nitrogênio sob condições ricas em nitrogênio e a adaptação para suportar variáveis níveis de luz exercem importantes papéis (CARSTENSEN; KLAIS; CLOERN, 2015; GLIBERT, 2016; SMAYDA; REYNOLDS, 2003). O aumento da frequência de espécies dos gêneros *Cyclotella* e *Thalassiosira* no centro da plataforma investigada confirma a mistura entre as águas tropicais da CB com águas mais eutrofizadas costeiras ou oriundas de maiores profundidades (BASSANI et al., 1999; GARCIA; ODEBRECHT, 2009b; GAYOSO; PODESTÁ, 1996).

Sabendo que a extensão e a magnitude da influência das águas das baías costeiras sobre a plataforma continental sudeste estão intrinsecamente relacionadas às variações sazonais da temperatura do ar e da precipitação local, bem como a ação da maré (e.g. VALENTIN et al., 1999; VILLAC; TENENBAUM, 2010), e destacando que as coletas do presente estudo foram realizadas no período de seca (inverno), quando o aporte continental é reduzido, é possível explicar o porquê de espécies características da pluma estuarina da baía de Guanabara, como *Tetraselmis* spp. (e.g. FISTAROL et al., 2015), não terem sido detectadas além da plataforma interna.

Junto com os coccolitoforídeos, a distribuição de dinoflagelados nas porções mais afastadas da costa, coincide com o esperado, pois são esses grupos classificados como traçadores das águas quentes e salinas da CB, ocorrendo de forma abundante nos primeiros metros da coluna de água (CIOTTI et al., 1995; SUSINI-RIBEIRO et al., 2013). A maior capacidade de locomoção, em virtude do uso de flagelos, e a presença de espécies com inúmeras formas de nutrição, que vão da autotrofia a mixotrofia, são as principais razões apontadas para esses grupos apresentarem melhor desenvolvimento do que as diatomáceas em condições de maior estabilidade da coluna de água e menor concentração de nutrientes (CARRETO et al., 2008; GLIBERT, 2016; MARGALEF, 1997; SMAYDA, 2002; SMAYDA; REYNOLDS, 2003).

Dentre as espécies de dinoflagelados encontradas durante o mês de Junho de 2010 e associadas à CB estão: *Amphisolenia bidentata*, *Dinophysis exigua*, *Oxytoxum* cf. *scolopax*, *O. variable*, *Prorocentrum* cf. *balticum*, *P.* cf. *lima*, *P. micans*, *Protoperidinium steinii*, *Tripos furca*, *T. fusus*, *T.* cf. *lineatus*, *T.* cf. *massiliensis*, *T. trichoceros* (HARAGUCHI; ODEBRECHT, 2010).

Embora adaptados às condições oligotróficas da AT, os dinoflagelados podem igualmente ocupar, com relativo sucesso, águas com maior conteúdo de nutrientes relacionadas à presença de plumas estuarinas sobre a plataforma. Como destacado na mandala de Margalef (1978) revisitada por Glibert (2016) o desenvolvimento de dinoflagelados nessas situações ocorre especialmente quando as razões N:P estão baixas. Novamente, a grande capacidade de migração vertical desse grupo torna-se útil e permite a exploração dos ótimos de luz e nutrientes conforme haja mais necessidade por um fator ou outro (CARSTENSEN; KLAIS; CLOERN, 2015).

Dinoflagelados como *Dinophysis acuminata*, *D. caudata*, *P. gracile*, *P. micans*, *Scrippsiella acuminata*, *T. furca* e *T. fusus* foram considerados por Aidar et al. (1993) e Moser et al. (2012) os mais frequentes em situações de enriquecimento de nutrientes na coluna de água, tendo densidades entre 10^2 e 10^5 cél.L⁻¹. No presente esforço amostral, essas espécies alcançaram densidades menores, da ordem de 10 cél.L⁻¹ (na PMC da estação 27) a 10^3 cél.L⁻¹ (na superfície da estação 15). *Scrippsiella acuminata* e *Prorocentrum micans*, espécies potencialmente nocivas responsáveis por danos de ordem econômica, foram ainda descritas por Leles et al. (2014) nas águas influenciadas por sistemas estuarinos na região de Ilha Grande, constituindo as chamadas “florações de verão”.

De modo geral, verifica-se que a distribuição dos grupos e espécies do fitoplâncton permitiu a definição de setores bem marcados na área de estudo (Tabela 10).

O primeiro setor diferencia a porção norte (transecto T1) da área de estudo, onde a AT domina sob influência da ACAS. Apesar de espécies de diatomáceas cêntricas e dinoflagelados S-estrategistas serem comuns, a influência da massa de água mais profunda, fria e rica em nutrientes nitrogenados (especialmente nitrato), eleva a contribuição de cianobactérias (*Anabaena* sp. 1) e diatomáceas penadas R-estrategistas (em especial, espécies dos complexos *P. "delicatissima"* e *P. "seriata"*), indicadoras de eventos de ressurgência e das fases iniciais da sucessão fitoplanctônica. A produção primária nova ocorre nessa situação.

O segundo setor diz respeito às porções mais oceânicas de todos os transectos (além da isóbata de 130 m), caracterizadas pelo domínio da AT (da superfície até a PMC) e baixas concentrações de nutrientes inorgânicos, típicas de águas oligotróficas com produção primária majoritariamente regenerada (Tabela 5). Espécies S-estrategistas e C-estrategistas nanoplanctônicas indicadoras de ambientes oligotróficos (dinoflagelados e cocolitoforídeos) são as principais representantes desse setor. Cianobactérias filamentosas fixadoras de nitrogênio atmosférico (*T. erythraeum*) são encontradas.

O terceiro setor caracteriza-se pela ocorrência de espécies de flagelados nanoplanctônicos (C-estrategistas), diatomáceas e cianobactérias filamentosas microplanctônicas (R-estrategistas) típicas de regiões eutrofizadas pela ação da AC (até a isóbata de 50 m) nos transectos T2, T3 e T4 (Figura 24 e Figura 38). Elevados valores de amônio (até 5,48 μM aos 10 m) são verificados e associados às águas oriundas das porções mais internas das baías costeiras, indicando a ocorrência de produção regenerada e reciclagem de nutrientes pela atividade microbiana.

Entre esses setores; isto é, na porção central da plataforma, há a formação de um mosaico de condições ecológicas (BOLTOVSKOY, 1999). Refletindo a mistura das massas de água supracitadas, principalmente com a ACAS abaixo dos 50 m, que eleva os valores de nitrato para a PMC, e uma redução da turbidez associada às plumas estuarinas, além da ação da AP, a comunidade fitoplanctônica acaba sendo mais complexa e envolvendo tanto espécies oceânicas quanto neríticas de cianobactérias, cocolitoforídeos, diatomáceas e dinoflagelados com diferentes estratégias (Figura 24 e Figura 38).

Tabela 10 - Características gerais dos setores individualizados durante a Comissão MCT-I (continua)

| Domínio massa de água | Setor | Est. | Tran. | Principais taxa | Espécies nocivas | Estratégias C-S-R em destaque |
|--|--|---------|-------|---|---|-----------------------------------|
| AT com ACAS em subsuperfície | Norte | 1, 2, 3 | T1 | <i>Anabaena</i> sp. 1 ^{A, B} | <i>Chaetoceros decipiens</i> | S-estrategistas e R-estrategistas |
| | | | | <i>Anabaena</i> sp. 2 ^B | <i>Chaetoceros lorenzianus</i> | |
| | | | | Complexo <i>P. "delicatissima"</i> sp. 1 ^B | <i>Chaetoceros peruvianus</i> | |
| | | | | Complexo <i>P. "seriata"</i> sp. 1 ^B | Complexo <i>P. "delicatissima"</i> sp. 1 ^B | |
| | | | | Flagelado sp. 5 ^B | Complexo <i>P. "seriata"</i> sp. 1 ^B | |
| | | | | <i>Ophiaster</i> sp. ^A | Complexo <i>P. "seriata"</i> sp. 2 | |
| | | | | Oscillatoriales sp. 4 ^B | <i>Dinophysis</i> cf. <i>ovum</i> | |
| | | | | <i>Prorocentrum</i> sp. 1 ^{A, B} | <i>Guinardia flaccida</i> | |
| | | | | <i>Pyramimonas</i> sp. 1 ^B | <i>Guinardia striata</i> ^B | |
| | | | | <i>Rhizosolenia setigera</i> f. <i>pungens</i> ^B | <i>Phalacroma rotundatum</i> | |
| | | | | <i>Thalassiosira</i> cf. <i>gravida</i> ^{A, B} | <i>Pyrophacus steinii</i> | |
| | | | | <i>Thalassiosira</i> cf. <i>punctigera</i> ^B | | |
| | | | | AT | Plataforma Externa-Talude Superior | |
| Coccolithales sp. 1 ^{A, B} | | | | | | |
| Coccolithophyceae sp. 1 ^{A, B} | <i>Cerataulina pelagica</i> | | | | | |
| Coccolithophyceae sp. 2 ^{A, B} | Complexo <i>P. "seriata"</i> sp. 3 | | | | | |
| Coscinodiscophyceae sp. 2 ^B | Complexo <i>P. "seriata"</i> sp. 4 | | | | | |
| Oscillatoriales sp. 1 ^B | <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> | | | | | |
| <i>Oxytoxum variabile</i> ^{A, B} | <i>Trichodesmium erythraeum</i> ^B | | | | | |
| <i>Pyrocystis lunula</i> ^{A, B} | | | | | | |
| <i>Scrippsiella spinifera</i> ^A | | | | | | |
| <i>Trichodesmium erythraeum</i> ^B | | | | | | |
| <i>Umbilicosphaera</i> sp. ^{A, B} | | | | | | |

Tabela 10 - Características gerais dos setores individualizados durante a Comissão MCT-I (conclusão)

| Domínio massa de água | Setor | Est. | Tran. | Principais taxa | Espécies nocivas | Estratégias C-S-R em destaque |
|------------------------------|--------------------|---|-------|--|--|---|
| AP com ACAS em subsuperfície | Plataforma Média | 10, 11, 12 | T2 | <i>Alexandrium cf. fraterculus</i> ^B | <i>Alexandrium cf. fraterculus</i> ^B | Múltiplas estratégias (C-S-R presentes) |
| | | | T3 | <i>Cyclotella</i> sp. 1 ^{A, B} | <i>Dinophysis exigua</i> | |
| | | 17, 18, 19 | T3 | <i>Helicosphaera</i> sp. 2 ^{A, B} | <i>Phalacroma cf. mitra</i> | |
| | | | T4 | <i>Prorocentrum</i> sp. 2 ^{A, B} | <i>Prorocentrum cf. lima</i> | |
| | | 26, 27 | T3 | Syracosphaerales sp. 2 ^B | <i>Pseudo-nitzschia cf. pungens</i> | |
| | | | T4 | Thalassionemataceae sp. 5 ^B | <i>Scrippsiella acuminata</i> | |
| | | | | <i>Thalassiosira cf. delicatula</i> ^A | <i>Thalassiosira cf. delicatula</i> ^A | |
| | | | | <i>Thalassiosira cf. leptopus</i> ^{A, B} | <i>Tripos furca</i> | |
| | | | | Flagelado sp. 1 ^{A, B} | | |
| | | | | Flagelado sp. 2 ^B | | |
| | | <i>Lioloma pacificum</i> ^B | | | | |
| AC | Plataforma Interna | 13, 14 | T2 | <i>Lioloma</i> sp. 1 ^A | <i>Ceratoneis closterium</i> | R-estrategistas |
| | | | T3 | Oscillatoriales sp. 2 ^B | <i>Dictyocha fibula</i> | |
| | | 15, 16 | T3 | Oscillatoriales sp. 3 ^B | <i>Dinophysis acuminata</i> | |
| | | | T4 | <i>Paralia sulcata</i> ^B | <i>Dinophysis caudata</i> | |
| | | 28, 29 | T3 | <i>Prorocentrum cf. balticum</i> ^B | <i>Mesodinium rubrum</i> | |
| | | | T4 | <i>Tetraselmis</i> sp. 1 ^B | <i>Prorocentrum cf. balticum</i> ^B | |
| | | | | <i>Tetraselmis</i> sp. 2 ^B | <i>Prorocentrum cf. mexicanum</i> | |
| | | | | <i>Thalassionema nitzschioides</i> ^{A, B} | <i>Prorocentrum micans</i> | |
| | | | | Thalassionemataceae sp. 1 ^A | <i>Thalassionema nitzschioides</i> ^{A, B} | |
| | | | | Thalassionemataceae sp. 2 ^A | <i>Tripos fusus</i> | |
| | | Thalassionemataceae sp. 3 ^B | | | | |
| | | Thalassionemataceae sp. 4 ^{A, B} | | | | |

Legenda: Est. = estação que faz parte do setor, Tran. = transectos (T1 = Cabo Frio, T2 = baía de Guanabara, T3 = baía de Sepetiba, T4 = baía de Ubatuba e OF = estação *offshore*). A = taxa frequente ou constante e B = taxa abundante.

Fonte: A autora, 2016.

A setorização baseada em massas de água e na distância em relação a linha de costa, realizada no presente estudo, é consistente com os trabalhos pretéritos que também discutiram sobre biogeografia e padrões de distribuição (e diversidade) de organismos marinhos (bacterioplâncton, fitoplâncton, moluscos, crustáceos, peixes, entre outros) sobre a margem continental brasileira (e.g. ACHA et al., 2004; BENKENDORFER; SOARES-GOMES, 2009; EKAU; KNOPPERS, 1999; KOWALEWSKI et al., 2002; LUIZ et al., 2012; MILICI et al., 2016; MOSER et al., 2014, 2016; THURMAN; FARIA; MCNAMARA, 2013) (Tabela 11).

Os dois setores reconhecidos por Moser et al. (2014) ao longo da plataforma continental do Estado do Rio de Janeiro, entre 21°27'S a 23°00'S, possuíram semelhanças com aqueles observados na região contígua investigada em junho de 2010. O setor norte (entre o rio Paraíba do Sul e o Cabo de São Tomé) foi dominado por águas quentes e oligotróficas típicas da AT nos primeiros metros da coluna de água (com a ACAS em subsuperfície) e registrou maiores densidades de dinoflagelados ruderais (*Ceratocorys* sp.) e coccolitoforídeos estresse-tolerantes (*Rhabdolithes claviger*). Já o setor sul (entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio) foi influenciado pela presença de plumas estuarinas (oriundas do rio Paraíba do Sul) responsáveis por transportar águas de menor salinidade e maior conteúdo de nutrientes para as porções mais afastadas da costa, elevando as densidades de diatomáceas R-estrategistas (*Thalassionema nitzschioides*), dinoflagelados neríticos S-estrategistas (*Tripes furca*) e outros flagelados nanoplanctônicos de difícil identificação. Em especial, a ACAS abaixo da AT nas porções oceânicas ou sua injeção sobre a plataforma no setor sul, favoreceu o desenvolvimento dos coccolitoforídeos R-estrategistas *Calciosolenia murrayi* e *Calciosolenia brasiliensis*.

A diferenciação entre setores ao norte e ao sul de Cabo Frio (aproximadamente 22°S) esteve igualmente presente no estudo de Benkendorfer e Soares-Gomes (2009) sobre a distribuição de gastrópodes na plataforma continental sudeste. Nesse caso, em contraponto ao efeito das águas oligotróficas tipicamente carregadas pela Corrente do Brasil em seus primeiros metros (AT), que reduzem a abundância dos organismos no setor norte, há o estabelecimento de condições mesoeutróficas pela injeção sazonal da ACAS sobre a plataforma, aumentando a abundância das espécies de gastrópodes no setor sul. O efeito da ressurgência da ACAS na zona costeira sobre a comunidade bentônica de costões rochosos (aumentando a diversidade) é, de forma similar, mencionado em Acha et al. (2004).

A distinção entre os setores oceânicos e costeiros é aquela mais comum entre os trabalhos que investigam a margem continental brasileira (EKAU; KNOPPERS, 1999). Seja através de dados sobre a distribuição de braquiópodes (KOWALEWSKI et al., 2002) ou de peixes recifais (LUIZ et al., 2012), é possível verificar que nas porções mais rasas da plataforma o enriquecimento da coluna de água, que leva ao aumento da produção primária e redução da diversidade da teia trófica marinha, ocorre não só pela ressurgência da ACAS em pontos como Cabo Frio e o Cabo de Santa Marta, mas também pela influência de águas de baixa salinidade, majoritariamente classificadas como AC, originadas em sistemas estuarinos distribuídos ao longo da linha de costa brasileira.

É importante mencionar que a presença de uma zona com características intermediárias entre os setores costeiros e oceânicos, como a aqui definida para a plataforma média, onde espécies neríticas ou oceânicas de águas tropicais e subtropicais ocorrem simultaneamente em função da mistura de massas de água e da redução da limitação por luz pelo afastamento em relação à costa, já fora sugerida por Benkendorfer e Soares-Gomes (2009) entre 18°00'S e 23°00'S.

De forma geral, nota-se que a setorização proposta no presente trabalho é mais complexa do que a descrita por outros autores, em especial por Moser et al. (2014), em região anexa mais ao norte da área de estudo, e por Moser et al. (2016), na mesma área, porém com outras frações de tamanho do fitoplâncton sendo investigadas (Tabela 11). É possível afirmar que tal fato está ligado ao detalhamento no estudo em questão das características de cada setor, enriquecido pela análise das frações nanoplanctônicas e microplanctônicas, bem como pela aplicação do conceito de grupos funcionais.

Uma vez que a setorização aqui discriminada reflete a dinâmica dos processos físicos atuantes na margem continental sudeste e as respostas do fitoplâncton, assemelhando-se ao proposto por Longhurst (1998), sugere-se que a mesma passe a ser monitorada, por sensoriamento remoto, durante um período de tempo maior a fim de confirmar ou corrigir os limites propostos.

Tabela 11 - Setores descritos na literatura para a margem continental brasileira e os apresentados no presente trabalho (continua)

| Fonte | Área de estudo | Setores | Características |
|-------------------|-------------------------|---|---|
| Presente trabalho | 22°00'S a 26°00'S | Norte (plataforma de Cabo Frio entre as isóbatas de 0 e 150 m) | <ul style="list-style-type: none"> • Águas quentes em superfície (AT) com influência de massas mais frias com conteúdo elevado de nutrientes nitrogenados em subsuperfície (ACAS). Eventos de ressurgência intensos, principalmente no verão. • Diatomáceas (<i>Chaetoceros</i> spp., <i>Rhizosolenia setigera</i> f. <i>pungens</i>, <i>T.</i> cf. <i>gravidia</i>, <i>Thalassiosira</i> cf. <i>punctigera</i>) e cianobactérias (<i>Anabaena</i> sp.) em destaque. S-estrategistas predominam, seguidos por R-estrategistas. |
| | | Plataforma Externa-Talude Superior (isóbatas > 130 m) | <ul style="list-style-type: none"> • Águas quentes (AT) dominam. Concentrações reduzidas de nutrientes e estabilidade da coluna de água. • Redução das densidades (10^4 cél.L⁻¹) e presença de cocolitoforídeos (<i>Umbilicosphaera</i> sp.), dinoflagelados (<i>O. variabile</i>, <i>P. lunula</i>, <i>S. spinifera</i>) e cianobactérias diazotróficas (<i>T. erythraeum</i>). Organismos nanoplanctônicos, mixotróficos e com capacidade de deslocamento, S- e C-estrategistas. |
| | | Plataforma Média (isóbatas de 50 a 130 m) | <ul style="list-style-type: none"> • Ação das plumas estuarinas. Concentrações moderadas a elevadas de nutrientes (nitrogenados) em virtude da mistura com massas de água mais costeiras (AC) ou profundas (ACAS). Presença da Água de Plataforma (AP). Maior turbulência e menor limitação por luz do que na plataforma interna. • Diatomáceas (<i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i>, <i>T.</i> cf. <i>leptopus</i>) e dinoflagelados (<i>Alexandrium</i> cf. <i>fraterculus</i>, <i>Phalacroma</i> cf. <i>mitra</i> <i>Prorocentrum</i> spp., <i>Scrippsiella acuminata</i>) com densidades superiores às encontradas na plataforma externa. Diferentes estratégias adaptativas (C-S-R estrategistas). |
| | | Plataforma Interna (isóbatas de 0 a 50 m) | <ul style="list-style-type: none"> • Águas com características continentais (AC), com salinidades mais baixas e teores elevados de nutrientes (silicato e fosfato). Mistura da coluna de água e elevada turbidez (limitação por luz). • Aumento das densidades (até 10^5 cél.L⁻¹) destacando diatomáceas penadas (<i>Lioloma</i> spp., <i>T. nitzschoides</i>), clorofíceas (<i>Tetraselmis</i> spp.) e flagelados nanoplanctônicos. Ciliados fototróficos (<i>M. rubrum</i>) e dinoflagelados potencialmente nocivos, especialmente do gênero <i>Dinophysis</i>. Cianobactérias filamentosas com elevada densidade (10^6 filamentos.L⁻¹) próximo à baía de Guanabara. Domínio de R-estrategistas (S-estrategistas nocivas reconhecidas). |

Tabela 11 - Setores descritos na literatura para a margem continental brasileira e os apresentados no presente trabalho
(continuação)

| Fonte | Área de estudo | Setores | Características |
|------------------------|-------------------------|--|--|
| Moser et al. (2016) | 22°00'S a 26°00'S | Zona Costeira (isóbatas de 0 a 50 m) | <ul style="list-style-type: none"> • Domínio da AC em superfície, elevando as concentrações de amônio e silicato. • Aumento da densidade do picoplâncton e ultraplâncton (2,0 a 5,0 µm) heterotrófico. |
| | | Plataforma Média (isóbatas de 50 a 130 m) | <ul style="list-style-type: none"> • Domínio da AP e misturas com a AT. • Afastamento das plumas das baías de Guanabara e Sepetiba reduz a limitação por luz e provoca o aumento da densidade e contribuição relativa de autótrofos do picoplâncton e ultraplâncton. • Efeito topográfico da Ilha de São Sebastião direciona águas com baixas salinidades oriundas de sistemas estuarinos ao sul para a plataforma média da região de Ubatuba. Aumentos de densidade e contribuição relativa do picoplâncton e ultraplâncton autotrófico. • ACAS presente em subsuperfície elevando as concentrações de nitrato e fosfato. |
| Moser et al. (2014) | 21°27'S a 23°00'S | Porção norte da plataforma (Rio Paraíba do Sul ao Cabo de São Tomé) | <ul style="list-style-type: none"> • Águas salinas e oligotróficas da AT em superfície. ACAS abaixo dos 100 m. • Redução das densidades do fitoplâncton (10^2 cél.L⁻¹ a 10^4 cél.L⁻¹). Aumento da presença de cocolitoforídeos S-estrategistas (<i>Rhabdolithes claviger</i>) e dinoflagelados R-estrategistas (<i>Ceratocorys</i> sp.). |
| | | Porção sul da plataforma (Cabo de São Tomé a Cabo Frio) | <ul style="list-style-type: none"> • Influência de águas de baixa salinidade e conteúdo elevado de nutrientes (silicato e fosfato) carregadas por plumas estuarinas. • Aumento das densidades do fitoplâncton (até 10^5 cél.L⁻¹). Desenvolvimento de diatomáceas R-estrategistas (<i>Thalassionema nitzschioides</i>), dinoflagelados neríticos S-estrategistas (<i>Tripos furca</i>) e outros flagelados nanoplânctônicos de difícil identificação. |

Tabela 11 - Setores descritos na literatura para a margem continental brasileira e os apresentados no presente trabalho
(continuação)

| Fonte | Área de estudo | Setores | Características |
|---------------------------------------|-------------------------|--|---|
| Luiz et al. (2012) | ~0° a 34°00'S | Pluma dos rios Amazonas-Orinoco | <ul style="list-style-type: none"> • Mais recente (10 milhões de anos) com uma plataforma menos extensa (2300 km). Influência do aporte dos rios Amazonas e Orinoco (descarga de água intensa). Águas com variação de salinidade, elevada concentração de nutrientes (orgânicos e inorgânicos) e turbidez. • Queda de diversidade e espécies de peixes de tamanho grande. |
| | | Barreira Meso-Atlântica | <ul style="list-style-type: none"> • Mais antiga (85 milhões de anos) e extensa (3500 km). Plataforma estreita aumentando sua extensão em direção ao sul. Influência da Corrente do Brasil. • Espécies de peixes menores e tolerantes a variação latitudinal. |
| Benkendorfer e Soares-Gomes (2009) | 18°00'S a 23°00'S | Plataforma Norte (18°00'S a 19°00'S; 038°00'W a 039°00'W; isóbatas de 22 a 90 m) | <ul style="list-style-type: none"> • Extensa (200 km). Influência da Corrente do Brasil. Águas oligotróficas. • Espécies (gastrópodes) endêmicas e euribáticas (suportam uma faixa de variação batimétrica). Riqueza de espécies elevada. Espécies dominantes de mais de uma província (Tropical e Paulista). Redução da abundância. |
| | | Talude Norte (18°00'S a 19°00'S; 038°00'W a 039°00'W; isóbatas de 510 a 1330 m) | <ul style="list-style-type: none"> • Estreito e íngreme. Influência da Corrente do Brasil. Águas oligotróficas. • Espécies endêmicas e dominantes de uma única província (Tropical). Redução da abundância de gastrópodes. |
| | | Plataforma Sul (21°00'S a 23°00'S; 039°00'W a 041°00'W; isóbatas de 25 a 200 m) | <ul style="list-style-type: none"> • Reduzida (10-30 km). Águas mesoeutrólicas. Ressurgência da ACAS. • Espécies euritérmicas e euribáticas de mais de uma província (Tropical e Paulista). Aumento da abundância de gastrópodes. |
| | | Talude Sul (21°00'S a 23°00'S; 039°00'W a 041°00'W; isóbatas de 300 a 1320 m) | <ul style="list-style-type: none"> • Estreito e íngreme. Águas mesoeutrólicas. Ressurgência da ACAS. • Espécies dominantes de uma única província (Tropical), porém com registro de espécies de outras províncias (Paulista, Tropical-Paulista, Tropical-Paulista-Patagônica e subtropical Paulista-Patagônica). Riqueza de espécies (gastrópodes) elevada e aumento da abundância. |

Tabela 11 - Setores descritos na literatura para a margem continental brasileira e os apresentados no presente trabalho
(continuação)

| Fonte | Área de estudo | Setores | Características |
|-----------------------|-------------------------|---|--|
| Acha et al. (2004) | 20°00'S a 60°00'S | Zona de ressurgência do Atlântico | <ul style="list-style-type: none"> • Ressurgências (costeiras e de quebra de plataforma) em Cabo Frio (23°S) e no Cabo de Santa Marta (28°45'S). Controle pela ação dos ventos, circulação da Corrente do Brasil e configuração da plataforma (estreitamento e mudança da direção da linha de costa). Formação de meandros e vórtices. • Enriquecimento da coluna de água provocado pela subida da ACAS para a zona eufótica, pois o aporte fluvial é pequeno. Aumento do conteúdo de nitrato. Produção primária intermediária com florações do fitoplâncton de curta duração. Eventos no verão são mais intensos e aumentam a abundância de consumidores primários e secundários. |
| | | Zona estuarina temperada | <ul style="list-style-type: none"> • Estuários da Lagoa dos Patos (30°S a 32°S) e do rio da Prata (35°S a 36°S). Aportes fluviais mais intensos da margem leste brasileira levam a presença de águas de baixa salinidade sobre a plataforma e aumento do conteúdo de nutrientes (silicato, fosfato e matéria orgânica). Controle pela precipitação local, ação do vento e fisiografia de fundo. • A produção primária sobre a plataforma adjacente aumenta durante a primavera e o verão quando as águas de baixa salinidade atingem porções mais afastadas da costa e a limitação por luz (turbidez) diminui. No outono e inverno a frente estuarina é intensa e pode ser detectada até o Cabo de Santa Marta. Riqueza de espécies (produtores e consumidores). |
| | | Frentes de quebra de plataforma argentina | <ul style="list-style-type: none"> • Mistura das águas subantárticas frias carregadas pela Corrente das Malvinas (CM) com as águas tropicais quentes e salinas da Corrente do Brasil: Zona de Convergência do Atlântico Sul (32°S a 36°S). • Águas da Corrente das Malvinas aumentam a disponibilidade de nutrientes para a zona eufótica e águas da Corrente do Brasil aumentam a estabilidade da coluna de água. Produtividade primária elevada. Florações na primavera e verão são mais intensas, aumentando a riqueza e abundância de outros níveis da teia trófica marinha. Presença de espécies tropicais e subtropicais. |

Tabela 11 - Setores descritos na literatura para a margem continental brasileira e os apresentados no presente trabalho
(conclusão)

| Fonte | Área de estudo | Setores | Características |
|--------------------------|-------------------------|---|--|
| Kowalewski et al. (2002) | 24°00'S a 26°00'S | Zona Costeira de Ubatuba | <ul style="list-style-type: none"> • Domínio da AC sobre a termoclina. • Distribuição desigual (vertical e horizontal) de braquiópodes com padrão constante no tempo. Diversidade baixa (<i>Bouchardia rosea</i> (Mawe, 1823) dominante) e tamanhos menores (> 11 mm). |
| | | Plataforma externa | <ul style="list-style-type: none"> • Domínio da AT em superfície e da ACAS abaixo dos 100 m. Eventos de ressurgência de quebra de plataforma. • Distribuição espacial em padrão com aumento da riqueza (<i>Argyrotheca</i> cf. <i>cuneata</i> (Risso, 1826), <i>Bouchardia rosea</i>, <i>Platidia anomioides</i> (Scacchi e Philippi, 1844) e <i>Terebratulina</i> sp.) e abundância entre 100 m e 200 m. Organismos de menor tamanho (< 1 mm). |
| Ekau e Knoppers (1999) | 02°02'N a 33°45'S | Plataforma Norte (02° 02'1"N e 052° 51'39"W a 02° 52'45"S e 041° 40'01"W) | <ul style="list-style-type: none"> • Estabilidade climática, fisiografia de fundo suave, significativa variação da maré e influência da pluma do rio Amazonas elevando o conteúdo de matéria orgânica na plataforma adjacente. Produtividade primária elevada. |
| | | Costa Leste (02° 52'45"S e 041° 40'01"W a 21° 55'0"S e 040° 00'00"S) | <ul style="list-style-type: none"> • Influência da Corrente do Brasil: águas quentes e salinas da AT. Plataforma continental reduzida com quebra de plataforma abrupta. Rios de pequeno porte, pouco aporte de matéria orgânica e produtividade primária baixa. |
| | | Plataforma Sul (21° 55'00"S e 040° 00'00"S a 33° 45'00"S e 053° 23'48"W) | <ul style="list-style-type: none"> • Variação sazonal marcada, plataforma continental mais extensa do que na Costa Leste e aporte fluvial significativo aumentando a turbidez e o conteúdo de matéria orgânica. Produtividade primária elevada e teia trófica pouco diversificada nas regiões mais afastadas da costa. |

Fonte: A autora, 2016.

Um dos destaques do presente estudo foi a aplicação da análise C-S-R que permitiu o reconhecimento da distribuição do fitoplâncton em função de seu tamanho, independentemente das relações filogenéticas entre os taxa. Isso significa que o uso do triângulo C-S-R tem grande potencial em fornecer informações adicionais sobre as condições que controlam a dinâmica da comunidade fitoplanctônica (Figura 24). No caso da margem sudeste brasileira, foi observado o domínio das espécies estresse-tolerantes (S-estrategistas) e colonizadoras (C-estrategistas) nas águas da AT, enquanto as espécies ruderais (R-estrategistas) tiveram melhor desenvolvimento nas águas influenciadas pela presença da ACAS, em subsuperfície, e da AC, nos primeiros metros (carregada pelas plumas estuarinas) (REYNOLDS et al., 2002).

No caso das C-estrategistas, características como o baixo requerimento nutricional de espécies de tamanho pequeno (Coccolithophyceae sp. 1 e Coccolithophyceae sp. 2) e com altas razões S/V (Flagelado sp. 1 e *Ophiaster* sp.) ajudam a explicar as elevadas densidades em regiões onde a estabilidade da coluna de água foi grande e a disponibilidade de luz solar maior, como nos setores de Cabo Frio e da plataforma externa/talude superior. Em detrimento da maior susceptibilidade à predação, células de menor tamanho são particularmente conhecidas por possuírem vantagens que contribuem para a sua dominância em águas oceânicas oligotróficas, tais como a menor velocidade de afundamento e maior razão S/V que permitem uma taxa de absorção de nutrientes por unidade de biomassa mais elevada, além de maiores taxas de crescimento e eficiência luminosa (células menores absorvem mais fótons por pigmento e tendem a possuir uma concentração intracelular de pigmentos elevada) (BARTON et al., 2013b; MOSER et al., 2016; REYNOLDS, 2006; STANCA; CELLAMARE; BASSET, 2013).

Células de tamanho reduzido conseguem demonstrar vantagem de crescimento mesmo sob condições de baixa luminosidade, como as presentes em camadas mais profundas ou onde a mistura da coluna de água é maior, constituindo a chamada "*shade flora*" (e.g. BARTON et al., 2013b). Isso torna possível entender o porquê de os taxa C-estrategistas terem ocorrido com elevadas densidades na PMC das estações costeiras, tendo inclusive os dois classificados como constantes e dominantes suas máximas densidades (Coccolithophyceae sp. 1 = $4,59 \times 10^4$ cél.L⁻¹ e Flagelado sp. 1 = $4,79 \times 10^5$ cél.L⁻¹) aos 10 m da estação 29 (transecto da baía de Ubatuba).

Para as S-estrategistas - apesar do maior tamanho em relação às C-estrategistas, crescimento mais lento e baixa razão S/V - a utilização de estratégias especiais para obtenção de nutrientes, como mixotrofia e migração vertical, ajuda a explicar a presença de dinoflagelados como *S. spinifera*, *O. variabile*, *Prorocentrum* sp. 1 e *P. lunula*, além dos coccolitoforídeos Coccolithales sp. 1, *Helicosphaera* sp. 2 e *Umbilicosphaera* sp., nas porções oceânicas da área de estudo.

No caso das diatomáceas *Cyclotella* sp. 1, *T. cf. delicatula*, *T. cf. gravida* e *T. cf. leptopus* os tamanhos elevados registrados, e consequentes razões S/V baixas, também justificaram suas classificações na categoria S. Destaca-se que para *T. cf. delicatula*, *T. cf. leptopus* e *T. cf. gravida*, a frequente presença em superfície coincide com a adaptação descrita por Reynolds (1988) à luz para o grupo das S-estrategistas. Para essas diatomáceas a mistura de águas verificada nas estações próximas ao continente pode ter contribuído para uma presença abundante também onde a disponibilidade de nutrientes foi aumentada pela ação das plumas estuarinas.

As R-estrategistas apresentaram tamanhos intermediários a grandes, formatos alongados, razão S/V alta e crescimento acelerado que contribuem para a ocupação de ambientes com concentrações moderadas de nutrientes, tais como aqueles onde predominaram a cianobactéria *Anabaena* sp. 1, o dinoflagelado *Prorocentrum* sp. 2 e as diatomáceas *Lioloma* sp. 1, *T. nitzschioides*, Thalassionemataceae sp. 1, Thalassionemataceae sp. 2 e Thalassionemataceae sp. 4. Uma vez que espécies ruderais são tolerantes ao estresse físico próprio de ambientes com mistura de massas de água (e.g. SMAYDA; REYNOLDS, 2003), é compreensível que as maiores densidades das R-estrategistas tenham ocorrido nas estações da plataforma interna e média diretamente influenciadas pelas plumas estuarinas e marcadas pela mistura da AC com a ACAS. Esse domínio de R-estrategistas (Figura 24 e Figura 38), em detrimento de C-estrategistas em sistemas costeiros e estuarinos já foi observado na região de Ilha Grande por Leles et al. (2014).

Embora se saiba que os grupos fitoplanctônicos desempenham papéis distintos nos ecossistemas marinhos, pouco se sabe ainda sobre os traços que governam a distribuição espaço-temporal das espécies do fitoplâncton, principalmente em regiões tropicais. Traços relacionados às estratégias tróficas, ao controle da posição na coluna de água (pela presença de flagelos, formação de

colônias ou agregados que reduzam a velocidade de afundamento) e a produção de metabólitos voltados a competição, defesa ou predação são comumente utilizados para explicar a sucessão das espécies (ALEXANDER et al., 2015; CELLAMARE et al., 2013; THOMAS; KREMER; LITCHMAN, 2016).

As adaptações e estratégias relacionadas à distribuição de diatomáceas e dinoflagelados, entre as regiões costeiras e oceânicas, são as mais descritas (BARTON et al., 2013a; MARGALEF, 1978). As diatomáceas, organismos exclusivamente fototróficos, possuem taxas máximas de assimilação de nutrientes que aumentam sua capacidade competitiva em águas eutrofizadas e turbulentas próximas à costa. O tamanho alongado de algumas espécies nessas situações é vantajoso por maximizar a superfície da célula exposta à luz solar durante a mistura da coluna de água (SALMASO; NASELLI-FLORES; PADISÁK, 2015). Além disso, há espécies de tamanho grande e crescimento rápido (como as dos gêneros *Thalassiosira* e *Chaetoceros*) com baixos requerimentos de luz, capazes de suportar a variação da intensidade luminosa típica de ambientes turbulentos (constituindo a “*shade flora*”) (TRIPATHY et al. 2015; YU et al., 2016).

Por outro lado, as diatomáceas também conseguem desenvolver florações (de menor porte) em águas oceânicas oligotróficas graças à existência de mecanismos alternativos, como o controle da flutuabilidade - devido à presença de apêndices, ornamentações ou produção de compostos, como mucilagens, que aumentam o atrito com o meio - e a simbiose com cianobactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, além da presença de pigmentos acessórios que permitem a absorção do comprimento de onda vermelho nos primeiros metros da coluna de água (ALEXANDER et al., 2015; LEWANDOWSKA et al., 2015; MALVIYA et al., 2016).

Os dinoflagelados são relacionados a taxas lentas de crescimento específico e variadas formas de nutrição que provocam a ocupação de ambientes de elevada estabilidade da coluna de água e baixa concentração de nutrientes (BARTON et al., 2013b; CELLAMARE et al., 2013; IRWIN; NELLES; FINKEL, 2012). A capacidade mixotrófica é, em particular, considerada responsável pela pequena variação de tamanho dos dinoflagelados ao longo da plataforma, uma vez que libera os mesmos da seleção por tamanho imposta pelos fatores limitantes luz e nutrientes (BARTON et al., 2013a).

Merece destaque o conhecimento sobre os traços e estratégias das cianobactérias. Além da presença de pigmentos acessórios, a capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico por algumas espécies, os formatos alongados - com redução dos volumes e aumento da razão S/V responsáveis por melhorar a captação da energia luminosa - contribuem para a ocupação dos primeiros metros das águas oceânicas oligotróficas (CELLAMARE et al., 2013). Especificamente no caso de *Trichodesmium* sp. (gênero de cianobactérias diazotróficas) são observados um ótimo de temperatura e uma menor susceptibilidade à fotoinibição nas águas quentes tropicais (BARTON et al., 2013b; THOMAS; KREMER; LITCHMAN, 2016).

É extremamente válido reconhecer que nenhum modelo consegue capturar todas as propriedades, traços, estratégias ou interações dos organismos fitoplanctônicos. Todavia, a existência dos mesmos é mais do que útil para o estabelecimento de comparações, relações e simplificações da estrutura da comunidade fitoplanctônica mediante diferentes condições ambientais. Esse tipo de trabalho é particularmente valioso para estudos voltados à biogeografia e ao entendimento das causas relacionadas à ocorrência de florações algais nocivas, como feito recentemente por Glibert (2016).

Mais complexa do que a originalmente proposta por Margalef (1978), a mandala revisitada por Glibert (2016) leva em consideração um número maior de fatores relacionados aos diferentes grupos funcionais do fitoplâncton, a saber: a preferência relativa por nitrogênio quimicamente reduzido ou oxidado; a disponibilidade relativa de nitrogênio e fósforo inorgânicos; adaptação à luz e tendência a autotrofia ou mixotrofia; mobilidade das células; resistência à turbulência; composição pigmentar; temperatura; tamanho das células; taxa de crescimento relativo; síntese de compostos (como toxinas); adoção de estratégias *r* versus *K*; e a pressão de predadores.

Vale notar que embora considere, tal como a mandala de Margalef (1978), a importância das diferentes condições de turbulência e disponibilidade de nutrientes para as respostas distintas entre os grupos fitoplanctônicos (essencialmente diatomáceas e dinoflagelados), a mandala revisitada por Glibert (2016) é capaz de detalhar a influência da limitação por nutrientes ao considerar não só os diferentes tipos (nitrogênio ou fósforo) e formas de nutrientes (inorgânicos *versus* orgânicos e formas reduzidas *versus* oxidadas), mas também ao discriminar as diversas fontes de enriquecimento da coluna de água (ressurgências *versus* aporte continental) e

preferências de uso por grupos do fitoplâncton. Apesar da fisiologia nutricional ser enfatizada na mandala de Glibert (2016), ela não resolve todas as lacunas de conhecimento sobre outros grupos como, por exemplo, os coccolitoforídeos.

No que tange à diferenciação entre diatomáceas e dinoflagelados, Glibert (2016) menciona a adaptação das primeiras à ambientes com elevada disponibilidade de luz e nitrogênio (com reduzidas razões N:P) - tais como verificado nas porções costeiras e da plataforma média dominados pela AC, AP e ACAS durante a Comissão MCT-I - destacando nesses casos a existência de células de maior tamanho, com uma capacidade de mobilidade na coluna de água direcionada pelo modo de afundamento, a presença proporcionalmente maior de organismos com pigmentos acessórios "marrons" (fucoxantinas), elevadas taxas de crescimento e a inexistência quase completa de espécies produtoras de toxinas (as espécies de *Pseudo-nitzschia* seriam as exceções).

Para os dinoflagelados, e outros flagelados, a mandala de Glibert (2016) ratifica a preferência dos mesmos por regiões de maior estabilidade da coluna de água e temperaturas elevadas - como as porções da plataforma externa/talude superior da margem continental sudeste dominadas pela AT - onde as formas reduzidas de nitrogênio são favorecidas sobre as formas oxidadas e a tolerância em suportar águas com desequilíbrio da razão N:P, as taxas de crescimento lento, tendência a mixotrofia e produção de toxinas desempenham papéis importantes.

O maior detalhamento da mandala de Glibert (2016) ajuda a entender os complexos padrões relacionados às estratégias do fitoplâncton e o porquê de alguns casos não confirmarem as estratégias C-S-R esperadas: não só alguns gêneros aparentam ter representantes com estratégias diferentes ao clássico esquema como também é possível o desenvolvimento de estratégias intermediárias (LEWANDOWSKA et al., 2015; SMAYDA; REYNOLDS, 2003). Hernández Fariñas et al. (2015), por exemplo, observaram que S-estrategistas típicas, como a diatomácea *Coscinodiscus* sp., são capazes de explorar ambientes eutrofizados com pouca intensidade luminosa. Fato semelhante ocorreu durante a Comissão MCT-I quando as espécies de *Triplos* sp., também S-estrategistas típicas, acabaram classificadas como R-estrategistas. No presente estudo, chama igualmente atenção a classificação das espécies de *Thalassiosira* sp., diatomáceas formadoras de cadeia comumente R-estrategistas, aqui consideradas S-estrategistas, provavelmente em virtude do tamanho pequeno de suas células e a formação de cadeias curtas.

Particularmente no caso dos dinoflagelados, o desenvolvimento de múltiplas formas de vida indica múltiplas estratégias adaptativas (SMAYDA, 2002). Uma vez que no presente estudo foram distinguidos quatro setores relacionados à diferentes massas de água, não foi surpresa que os dinoflagelados acabaram classificados tanto como S- ou R-estrategistas.

5.2 Espécies potencialmente nocivas: presença e estratégias

A distribuição espacial das espécies potencialmente nocivas, assim como verificado para as espécies classificadas como frequentes e constantes, foi influenciada pela presença das diferentes massas de água sobre a plataforma continental e talude superior (BRANDINI et al., 2014; FERNANDES; FRASSÃO-SANTOS, 2011; VILLAC et al., 2005).

A ação da AT provocou a redução das densidades do nanoplâncton e microfitoplâncton potencialmente nocivo (máximos de 10^2 cél.L⁻¹ e 10^3 cél.L⁻¹) entre a plataforma média e o talude superior, tal como o observado para os taxa frequentes e constantes. Espécies típicas de águas de regiões oceânicas tropicais, quentes e oligotróficas (*A. cf. fraterculus*, *C. lorenzianus*, *D. exigua*, *D. cf. ovum*, *G. flaccida*, *G. striata*, *P. cf. lima*, *T. erythraeum* e *T. furca*), já descritas por outros autores na plataforma e talude brasileiros (e.g. HARAGUCHI; ODEBRECHT, 2010; SUSINI-RIBEIRO et al., 2013) foram verificadas. Diferente do quadro geral, entretanto, houve uma queda do número de taxa por estação nessa porção da área de estudo.

As águas de menor salinidade com características continentais (AC e AP), levadas para a porção central da plataforma pela ação das plumas estuarinas, foram responsáveis pelas maiores densidades do nanoplâncton e microfitoplâncton (ambas de até 10^4 cél.L⁻¹) e pelo maior número de espécies potencialmente nocivas próximo à costa (Tabela 10). Espécies como as diatomáceas *T. nitzschioides* e *T. cf. delicatula* e os dinoflagelados *D. acuminata*, *D. caudata*, *P. cf. balticum*, *P. cf. mexicanum*, *P. micans*, *S. acuminata* e *T. fusus* foram representantes desse tipo de condição e já verificadas em trabalhos nos litorais de São Paulo (MOSER et al., 2012; VILLAC; CABRAL-NORONHA; PINTO, 2008) e Rio de Janeiro (LINS DA

SILVA; VALENTIN; BASTOS, 1988; VALENTIN et al., 1999; VILLAC; TENENBAUM, 2010).

Um aumento da riqueza e uma queda das densidades fitoplanctônicas nas águas oligotróficas da margem continental sudeste brasileira, tais como o observado na análise geral da comunidade fitoplanctônica do presente estudo, fazem parte do cenário esperado para as porções distantes da costa, uma vez que em um ambiente mais estável há um maior grau de organização e complexidade da teia alimentar, traduzidas em um maior número de nichos e espécies (MARGALEF, 1978).

Quando ocorrem pulsos de eutrofização, tais como os propiciados pelas plumas estuarinas, e especialmente aqueles com maior conteúdo de nitrato, há um favorecimento de espécies oportunistas de crescimento rápido durante a competição por recursos (GLIBERT, 2016; VALLINA et al., 2014). Espécies de diatomáceas potencialmente nocivas são bastante comuns nesses casos em virtude de características como a assimilação acelerada de nitrogênio e a capacidade de suportar variados níveis de luz (BRANDINI et al., 2014; CARSTENSEN; KLAIS; CLOERN, 2015).

Dinoflagelados e outros flagelados (como coccolitoforídeos) - além dos ciliados fototróficos descritos - podem aparecer com vantagem nas regiões onde a concentração de nutrientes é menor (como o observado na plataforma externa e talude) devido não só à sua capacidade de nadar entre níveis mais vantajosos de luz e de menor depleção de nutrientes, mas também pela elasticidade trófica, com destaque para a tendência mixotrófica, de muitas espécies (BARTON et al., 2013a).

A habilidade de deslocamento é útil mesmo na plataforma interna e média onde, apesar da disponibilidade de nutrientes, ocorre limitação por luz em virtude da elevada turbidez associada às plumas estuarinas (TIBURCIO et al., 2011). Para alguns autores, a mixotrofia pode representar uma vantagem competitiva inclusive nessas porções mais internas da plataforma, quando os organismos exclusivamente autotróficos acabam tendo seu desenvolvimento estimulado por águas eutrofizadas (e.g. BARTON et al., 2013a,b; IRWIN; NELLES; FINKEL, 2012).

No caso da pluma do rio Amazonas, a elevada disponibilidade de nutrientes (principalmente fosfato e silicato) próximo à costa torna a comunidade fitoplanctônica dominada por diatomáceas, coincidindo com o encontrado no presente estudo. Espécies como *Skeletonema costatum* e os gêneros *Pseudo-nitzschia*, *Thalassiosira* e *Chaetoceros* dominam nessa situação, enquanto nas águas mesohalinas as

maiores abundâncias ficam a cargo de *Hemiaulus hauckii* e *Rhizosolenia clevei* Ostensfeld - espécies essas comumente observadas em simbiose com cianobactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (*Richelia intracellularis*) durante baixas razões N:P. Nas águas oceânicas oligotróficas os taxa mais encontrados são *Trichodesmium* spp. e *Synechococcus* spp. (GOES et al., 2014).

A dominância de diatomáceas, e o desenvolvimento de dinoflagelados, nas porções mais eutrofizadas e próximas à costa é igualmente registrada nas águas de baixas salinidades da pluma do rio Yangtzé, que se estende sobre a plataforma adjacente do Mar da China (JIANG et al., 2015). Cita-se que na pluma do rio Yangtzé, dentre os taxa classificados como dominantes nos primeiros 30 m da coluna de água estão *Prorocentrum donghaiense* D.Lu ($1,26 \times 10^5$ cél.L⁻¹), *Skeletonema* spp. ($1,55 \times 10^5$ cél.L⁻¹) e *Thalassiosira curviseriata* Takano ($2,17 \times 10^5$ cél.L⁻¹). As densidades máximas das espécies potencialmente nocivas *Scrippsiella acuminata* ($1,60 \times 10^4$ cél.L⁻¹), *Pseudo-nitzschia delicatissima* ($1,48 \times 10^5$ cél.L⁻¹) e *Pseudo-nitzschia pungens* ($1,71 \times 10^5$ cél.L⁻¹) - taxa também classificados como dominantes na pluma do rio Yangtzé - superaram as máximas densidades dessas espécies em toda a Comissão MCT-I (respectivamente $4,40 \times 10^2$ cél.L⁻¹, $5,73 \times 10^3$ cél.L⁻¹ e $5,05 \times 10^2$ cél.L⁻¹), o que era esperado visto que o rio Yangtzé tem uma das maiores bacias de drenagem ($1,81 \times 10^6$ km²) e descargas do mundo ($2,85 \times 10^4$ m³.s⁻¹) (YANG et al., 2015).

De forma similar ao verificado para a pluma do rio Amazonas, elevadas densidades de cianobactérias (*Trichodesmium* spp.) e criptófitas (*Plagioselmis prolunga* Butcher ex G.Novarino, I.A.N.Lucas, & S.Morrall, *Hemiselmis* M.W.Parke e *Teleaulax acuta* (Butcher) D.R.A.Hill) são comuns às águas oligotróficas, influenciadas pelas correntes de Taiwan e Kuroshio, que circundam a zona de influência da pluma do rio Yangtzé (JIANG et al., 2015).

A distribuição das cianobactérias filamentosas na plataforma continental sudeste brasileira - especialmente as do gênero *Trichodesmium*, o principal fixador de N₂ nos oceanos tropicais e subtropicais - tem despertado particular interesse (HEISLER et al., 2008). Florações de *Trichodesmium* acontecem com frequência e existem indícios que as mesmas inibem o crescimento de outras espécies do fitoplâncton, excluem componentes do zooplâncton e provocam massivas mortandades de peixes (NARAYANA et al., 2014). A preocupação relacionada a essas florações típicas de ambiente oceânico é que as mesmas sejam advectadas

para a costa, onde poderão acumular e liberar as toxinas que contenham, tornando-se um risco para a comunidade marinha (SACILOTTO DETONI et al., 2016).

Durante a Comissão MCT-I, a única cianobactéria filamentosa potencialmente nociva individualizada (*T. erythraeum*) apresentou suas maiores densidades na plataforma externa e talude superior da área de estudo (10^3 filamentos.L⁻¹), justamente onde a AT dominou e a estabilidade da coluna de água foi mais alta. Na plataforma média e interna, *T. erythraeum* foi pouco registrado e alcançou valores (na superfície e na PMC) da ordem de 10 a 10^2 filamentos.L⁻¹.

Cabe destacar que, embora ocupem com sucesso os primeiros metros das águas quentes oligotróficas, tropicais e subtropicais, as cianobactérias filamentosas também podem ser encontradas em regiões eutrofizadas (HEISLER et al., 2008; KRISHNAN; KRISHNAKUMAR; RAJAGOPALAN, 2007). Na baía de Guanabara (RJ), espécies como *Pseudanabaena limnetica* e *Geitlerinema amphibium* já foram descritas e consideradas R-estrategistas por Santos et al. (2007). As densidades totais (10^7 filamentos.L⁻¹) das porções mais internas da baía, onde a influência do aporte continental é maior, foram uma ordem de grandeza superiores àquelas da região mais externa, que recebe as águas da plataforma adjacente (10^6 filamentos.L⁻¹) investigadas no estudo de Santos et al. (2007).

Segundo Santos et al. (2007) houve um aumento das densidades de cianobactérias filamentosas (10^6 a 10^7 filamentos.L⁻¹) na baía de Guanabara em relação a registros pretéritos (10^5 a 10^8 filamentos.L⁻¹). Dentre as causas possíveis estão o aumento da eutrofização gerada pelas atividades antrópicas ao redor da baía, processo que ocorre desde a década de 70, e as melhorias metodológicas (de preservação e análise) adquiridas ao longo dos anos.

A aplicação da análise C-S-R para o caso das espécies potencialmente nocivas demonstrou novamente a relação das espécies ruderais (R-estrategistas) com os ambientes de maior mistura de massas de água (Figura 37 e Figura 38). Ocupando as porções da plataforma onde a influência da AC, AP e ACAS foi decisiva para o aumento das concentrações de nutrientes, as R-estrategistas apresentaram formatos alongados, tamanhos intermediários a elevados e as maiores razões S/V. As diatomáceas penadas, com destaque para *Ceratoneis closterium*, Complexo *Pseudo-nitzschia "delicatissima"* sp. 1, Complexo *Pseudo-nitzschia "seriata"* sp. 1, Complexo *Pseudo-nitzschia "seriata"* sp. 2 e *Thalassionema nitzschioides*, foram os representantes desse grupo, que contou ainda com

dinoflagelados com elevadas MDL (*Tripos furca*, *T. fusus*) e razões S/V acima da média (*Alexandrium* cf. *fraterculus*, *Prorocentrum* cf. *lima* e *P.* cf. *mexicanum*).

Ceratoneis closterium, *Pseudo-nitzschia "delicatissima"*, *Pseudo-nitzschia "seriata"* e *Thalassionema nitzschioides* foram igualmente classificadas como R-estrategistas por Alves-de-Souza, Gonzalez e Iriarte (2008). Formadoras de cadeias, essas diatomáceas são consideradas indicadoras de condições de ressurgência costeira e ressuspensão (RESENDE et al., 2007; SILVA, 2012).

Tripos furca e *T. fusus* são espécies descritas com frequência nas águas costeiras e estuarinas em situações de aumento da estabilidade da coluna de água e redução da disponibilidade de nutrientes. As características nutricionais especiais verificadas para essas espécies - pequenas constantes de meia saturação (K_s), capacidade de consumo em excesso ("*luxury consumption*") e habilidade de obtenção de nutrientes por métodos alternativos (como a fagotrofia) - desempenham papel importante para o sucesso das mesmas na porção interna da plataforma (BAEK et al., 2008).

Alexandrium fraterculus é uma espécie de dinoflagelado de águas quentes encontrado em todos os oceanos. Florações dessa espécie têm sido registradas mundialmente desde a década de 90 com densidades superiores a 10^3 cél.L⁻¹. No Brasil, suas florações vêm sendo monitoradas desde 2004, em Santa Catarina, onde densidades da ordem de 10^5 cél.L⁻¹ ocorrem sob condições de água quentes (21°C a 25°C), salinas (33 a 37) e com transparência elevada (disco de Secchi alcançando de 3,3 m a 5,0 m) (OMACHI; TAMANAHA; PROENÇA, 2007).

Prorocentrum lima e *P. mexicanum* são dinoflagelados reconhecidos nas zonas tropicais e temperadas (KOIKE et al., 1998; MATTOS NASCIMENTO et al., 2008). O primeiro mostra suas maiores abundâncias na presença de epibiontes, enquanto o segundo têm suas densidades mais expressivas na coluna de água (LEVASSEUR et al., 2003).

Apesar de adaptada às condições oceânicas oligotróficas e de elevada estabilidade da coluna de água, a cianobactéria filamentosa *Trichodesmium erythraeum* foi classificada como R-estrategista. Tal fato pode ser explicado pelo alto valor de sua MDL (1.047 μ m), o maior de toda a Comissão MCT-I (Tabela 9).

As espécies estresse-tolerantes (S-estrategistas) foram responsáveis pelas menores razões S/V registradas. Diferente da definição teórica clássica que diz ser esse o grupo com os representantes de maior tamanho (e.g. REYNOLDS et al.,

2002), as S-estrategistas potencialmente nocivas foram, em sua maioria, menores do que as R-estrategistas, padrão esse igualmente verificado na análise geral (baseada nos taxa frequentes e constantes). Entretanto, em ambos os casos, nota-se que os tamanhos das S-estrategistas foram superiores aos das C-estrategistas reconhecidas em todo o estudo. É importante lembrar ainda que a classificação de Reynolds et al. (2002) foi construída essencialmente para o fitoplâncton de ambientes limnéticos (ALVES-DE-SOUSA; GONZÁLEZ; IRIARTE, 2008). No ambiente marinho, onde a dinâmica dos fatores abióticos é diferente daquela de ambientes de água doce, são esperadas respostas distintas e a adoção de estratégias particulares, e até mesmo intermediárias em relação ao esquema C-S-R, pelos organismos fitoplanctônicos (GLIBERT, 2016).

As S-estrategistas potencialmente nocivas ocuparam tanto as águas da AT quanto as águas mais eutrofizadas, influenciadas pela presença da ACAS em subsuperfície ou da AC e AP (carregadas pelas plumas estuarinas) em menores profundidades (Figura 38). No primeiro caso, foram reconhecidos o dinoflagelado *Dinophysis* cf. *ovum* e as diatomáceas *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros decipiens*, *C. lorenzianus* e *Dactyliosolen fragilissimus*. A forma de nutrição heterotrófica do primeiro e a capacidade de alteração da posição na coluna de água compartilhada com os demais - seja pela presença de apêndices, secreção de mucilagens ou formação de colônias e agregados - podem ser associadas ao sucesso dessas espécies nas porções oligotróficas da área estudada (AKTAN, 2011; BOOTH et al., 2002; HARAGUCHI; ODEBRECHT, 2010; HARRED; CAMPBELL, 2014; REGUERA et al., 2012; TIBURCIO et al., 2011; TOTTI et al., 2005).

Nas águas com conteúdo mais elevado de nutrientes (relacionadas à AC, AP ou ACAS) foram observadas as maiores densidades do ciliado S-estrategista *Mesodinium rubrum*. Com uma MDL (27 μm) inferior à média calculada para o grupo das espécies potencialmente nocivas (81 μm), esse ciliado apresentou uma das menores razões S/V de toda a Comissão MCT-I (0,24 μm^{-1}).

Mesodinium rubrum é um organismo mixotrófico obrigatório frequentemente predado por indivíduos causadores de DSP do gênero *Dinophysis* (GUSTAFSON et al., 2000; HARRED; CAMPBELL, 2014). Geralmente relacionadas à elevadas taxas de produção primária em estuários, fiordes e zonas de ressurgência, as florações de *M. rubrum* ($> 10^7$ cél.L⁻¹ na costa da Coreia) não estão associadas à produção direta de toxinas, mas causam eventos da chamada “maré vermelha” (YIH et al., 2013).

Dentre as adaptações que permitem o sucesso de *M. rubrum* no ambiente marinho está o rápido movimento ciliar que aumenta a velocidade de absorção de nutrientes inorgânicos e facilita o controle da posição vertical na coluna de água, útil para o escape de eventuais predadores. Além disso, a capacidade de regulação de seus plastídios confere aos organismos dessa espécie a possibilidade de alcance do ótimo de crescimento mesmo sob baixas intensidades luminosas, aumentando a faixa de tolerância dos mesmos ao estresse termal e luminoso comum a ambientes turbulentos (FENCHEL; HANSEN, 2006; JOHNSON; STOECKER; MARSHALL, 2013; MOELLER; JOHNSON; FALKOWSKI, 2011).

Dentre as diatomáceas S-estrategistas que mostraram ligação com a AC, AP ou ACAS (em subsuperfície), especialmente entre a plataforma interna e média, estão as cêntricas *Chaetoceros peruvianus* e *Thalassiosira* cf. *delicatula*, ambas com tamanhos diminutos e razões S/V abaixo da média calculada para o grupo potencialmente nocivo.

Enquanto as espécies de *Thalassiosira* são conhecidas por ocuparem uma ampla gama de ambientes, estando presentes tanto em águas estuarinas quanto costeiras e oceânicas, formando florações de primavera em sistemas temperados e em ambientes de ressurgência (e.g. GARCIA; ODEBRECHT, 2009a,b), *C. peruvianus* é descrita como uma espécie de águas quentes com salinidades baixas (menores que 35) encontradas por toda a plataforma (*inshore* e *offshore*) (GÓMEZ; SOUISSI, 2007).

Os dinoflagelados S-estrategistas coincidentes com a presença da AC, AP ou ACAS sobre a plataforma interna e média (*Dinophysis acuminata*, *D. caudata*, *Phalacroma* cf. *mitra*, *P. rotundatum*, *Prorocentrum* cf. *balticum*, *P. micans* e *Scrippsiella acuminata*), foram, em sua maioria, menores do que os predominantes na AT.

Haraguchi e Odebrecht (2010) destacam que os dinoflagelados da ordem Dinophysiales Kofoid 1926 são um grupo com espécies marinhas autotróficas, mixotróficas e heterotróficas, que geralmente ocorrem em baixa abundância no Atlântico Sul. Segundo os autores, *Dinophysis acuminata* - um S-estrategista em Alves-de-Souza, Gonzalez e Iriarte (2008) - pode ser encontrado em águas costeiras e oceânicas frias e temperadas. Já *D. caudata* é uma espécie com grande tolerância à variação de salinidade e de temperatura, abundante em águas neríticas e

oceânicas até o limite de 43°33' S, ao passo que *Phalacroma rotundatum* é uma espécie de águas oceânicas frias encontrada entre 13°S e a Convergência Antártica.

Phalacroma mitra é uma espécie de dinoflagelado oceânico com tamanho relativamente grande ($\approx 60 \mu\text{m}$) (CAROPPO; CONGESTRI; BRUNO, 2001; HARAGUCHI; ODEBRECHT, 2010). Embora o gênero *Phalacroma* seja constituído por espécies heterotróficas, há relatos sobre a existência de cloroplastos de origens algais múltiplas em *P. mitra*. Embora não se compreenda totalmente a extensão funcional desses cloroplastos, sugere-se que os mesmos sejam oriundos de ciliados mixotróficos ingeridos pelas espécies de *Phalacroma* (HANSEN et al., 2013).

Distribuídas globalmente, as espécies do gênero *Prorocentrum* podem ter hábitos planctônicos, bentônicos ou epifíticos, alcançando sua máxima diversidade em águas tropicais e subtropicais. Ao tempo que *P. balticum* é tipicamente nerítico, *P. micans* costuma ser encontrado tanto em águas neríticas quanto oceânicas em virtude de uma mais ampla faixa de tolerância à temperatura (12,9-26,1°C) e salinidade (26,5-37) (DOU-DING; GOEBEL, 2001; HERNANDEZ-BECERRIL; ALTAMIRANO; ALONSO, 2000; ISLABÃO; ODEBRECHT, 2011).

Scrippsiella acuminata é outro dinoflagelado cosmopolita capaz de se desenvolver em águas com as mais distintas temperaturas (5 a 30°C) e salinidades (5 a 55), sendo a sua maior frequência encontrada próxima à costa. A capacidade de formação de cistos durante o ciclo de vida dessa espécie é apontada como uma importante adaptação para os períodos em que as condições na coluna de água não são favoráveis ao fitoplâncton (WANG; QI; YANG, 2007).

Na porção da plataforma onde houve influência tanto das massas dominantes na plataforma interna e média quanto da AT, as S-estrategistas foram representadas por diatomáceas como *Guinardia flaccida* e *G. striata*, dinoflagelados como *Dinophysis exigua* e *Pyrophacus steinii*, além do silicoflagelado *Dictyocha fibula*. Com valores de MDL acima da média (exceto para *D. fibula*) registrada pelo grupo das espécies potencialmente nocivas, essas S-estrategistas foram responsáveis por algumas das menores razões S/V (mínimo de $0,11 \mu\text{m}^{-1}$ para *P. steinii*) observadas durante toda a Comissão MCT-I.

A formação de cadeias por *Guinardia flaccida* e *G. striata* pode ser encarada como uma adaptação favorável ao desenvolvimento dessas espécies em diferentes porções da plataforma. Ao aumentarem a resistência ao afundamento (em função da geração de atrito com a coluna de água), essas cadeias acabam ajudando a regular

a exposição aos principais fatores limitantes bióticos (consumidores) e abióticos do crescimento fitoplanctônico (luz, nas regiões mais próximas à costa onde a turbidez é maior, e nutrientes nas águas oceânicas oligotróficas) (PEPERZAK et al., 2003). O esqueleto interno silicoso composto de elementos tubulares de *Dictyocha fibula* controla de forma similar a flutuabilidade dos indivíduos dessa espécie de silicoflagelado, geralmente descrita como nerítica (JOCHER; BABENERD, 1989; VARONA-CORDERO; GUTIERREZ-MENDIETA; DEL CASTILLO, 2010).

Dinophysis exigua e *Pyrophacus steinii* são espécies cuja distribuição é tradicionalmente relacionada à presença de águas tropicais quentes na porção oceânica da margem continental brasileira (HARAGUCHI; ODEBRECHT, 2010; TIBÚRCIO et al., 2011). Destaca-se que, por muitos anos, o gênero *Pyrophacus* foi descrito como exclusivamente fotossintetizante, porém estudos recentes têm sugerido que *P. steinii* é um organismo mixotrófico (FAUST, 1998). A mixotrofia exerceria papel fundamental para o sucesso de *P. steinii* durante a competição por recursos, em especial, com outros dinoflagelados que possuem distintas adaptações para a exploração do meio.

Nenhuma espécie potencialmente nociva foi classificada como colonizadora (C-estrategista) segundo os critérios da análise C-S-R (REYNOLDS et al., 2002). Os tamanhos mais elevados e as razões S/V mais baixas das espécies potencialmente nocivas do que aqueles calculados para os taxa frequentes e constantes classificados como C-estrategistas ajudam a entender essa situação. O maior tamanho das espécies potencialmente nocivas pode ser encarado como um reflexo da influência das plumas estuarinas (carreando AC e AP) e da ACAS sobre a plataforma, aumentando a disponibilidade de nutrientes e a turbulência da coluna de água. Ao estimularem o crescimento das espécies de maior tamanho, essas condições podem provocar o aumento da predação das espécies menores colonialistas, representantes dos estágios iniciais da sucessão fitoplanctônica (BARTON et al., 2013a).

5.3 Tratamento legal das FANs: comparar para melhorar

5.3.1 FANs na zona costeira brasileira e a questão da eutrofização

Aumentos da produção primária em ambientes aquáticos são possíveis através da injeção de nutrientes na zona eufótica (RIVIÈRE; PONDAVEN, 2006). Nas regiões oceânicas, o movimento vertical gerado pela circulação dos ventos, ondas, correntes e massas de água é considerado não só o principal responsável pelo aumento da disponibilidade de nutrientes inorgânicos nos primeiros metros da coluna de água, como também o principal fator de controle do tempo e intensidade a que cada fração de tamanho do fitoplâncton permanece exposta à luz (WYATT, 2014). Movimentos turbulentos são capazes ainda de modificar a estrutura da comunidade fitoplanctônica ao transportarem, verticalmente, diversas células por até 100 m (ADJOU; BENDTSEN; RICHARDSON, 2012).

Na zona costeira, a injeção de nutrientes ocorre majoritariamente através do aporte fluvial (DAGG et al., 2004). Por intermédio da formação de plumas sobre a plataforma adjacente, a descarga das águas continentais consegue alterar as propriedades físicas e químicas da coluna de água, gerando intensos gradientes verticais e horizontais de temperatura, salinidade e material particulado e dissolvido, tornando as plataformas sítios preferenciais de deposição e transformação de materiais de origem terrígena (DIAZ et al., 2008; FERREIRA et al., 2011).

Variações na descarga de água doce, na intensidade e direção dos ventos, marés e correntes, determinam a extensão dessas plumas costeiras (DAVIES, 2004; KINGSFORD; SUTHERS, 1994). Para a comunidade fitoplanctônica, tais feições são extremamente importantes, não só por carrear nutrientes (orgânicos e inorgânicos), mas também por transportar células do fitoplâncton para a plataforma adjacente, favorecendo tanto o desenvolvimento de organismos autotróficos quanto de heterotróficos e alterando a estrutura e diversidade da biota nas águas mais afastadas da costa (DAI et al., 2008; LOHRENZ et al., 2003).

Mudanças na estrutura da comunidade fitoplanctônica entre costa e oceano ocorrem naturalmente. Contudo, ao longo do último século, o impacto da ação antropogênica nos rios e zonas costeiras - representado principalmente pelo despejo de efluentes sem tratamento - aumentou as concentrações de nutrientes nitrogenados e fosfatados nos primeiros metros da coluna de água e promoveu de forma rápida o fenômeno conhecido como eutrofização antrópica, responsável por

levar a efeitos adversos no ambiente litorâneo, dentre eles o desenvolvimento de florações de algas potencialmente nocivas (ANDERSON; GLIBERT; BURKHOLDER, 2002; COMMITTEE ON ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES - CENR, 2010; GOWEN; TETT; SMAYDA, 2012; MOSER et al., 2012).

Embora essas florações possam ocorrer tanto pela injeção de nutrientes gerada por fenômenos naturais (e.g. ressurgência) quanto pela entrada de elementos resultantes das atividades antropicamente mediadas, em muitas regiões ainda não é possível afirmar quais os mecanismos envolvidos para o início de cada evento, principalmente em virtude da insuficiência de estudos com séries longas de monitoramento das propriedades físicas, químicas e biológicas da coluna de água (ANDERSON et al., 2008; DALE; MURPHY, 2014; DAVIDSON et al., 2012).

O entendimento de como as mudanças das condições ambientais podem selecionar os grupos e espécies do fitoplâncton é essencial para a compreensão da dinâmica costeira e para a elaboração de políticas públicas e programas de monitoramento que tenham como intuito controlar os efeitos da urbanização na região litorânea (GARMENDIA et al., 2013). No Brasil, diversos são os registros de manchas, espumas e maus odores nos ambientes costeiros próximos aos grandes centros urbanos que levam a periódicas proibições da atividade pesqueira e a interdições de trechos das praias para uso recreativo (Tabela 12).

A distribuição espacial dos eventos de FANs registrados ao longo da última década mostra uma concentração de casos na porção sudeste da costa brasileira (24 de 40 casos), particularmente onde o crescimento populacional tem historicamente impactado os corpos de água costeiros, como as áreas ao redor da baía de Guanabara (FISTAROL et al., 2015; GOMES et al., 2009).

Outros países com linhas de costa tão extensas quanto a brasileira também apresentam casos de FANs em ambientes costeiros antropicamente eutrofizados, porém com uma frequência de eventos maior. Nos EUA e na China, por exemplo, assume-se que o aumento da descarga de compostos nitrogenados e fosfatados em rios (de grande porte) como o Columbia e o Yangtzé levou a aumentos da densidade de espécies potencialmente nocivas, notadamente do gênero *Pseudo-nitzschia* (LEWITUS et al., 2012; LI et al., 2014). Nos EUA, enquanto de 1988 a 1998 foram registrados 50 casos de FANs (e.g. BUSHALL-NEWTON; SELLNER, 1999), de 1998 a 2010 foram relatados ao menos 100 casos (de toxinas ligadas a síndromes amnésicas) para a costa oeste do país (LEWITUS et al., 2012).

Tabela 12 - Resumo dos registros, obtidos em jornais eletrônicos, de modificações nos ambientes costeiros dos principais centros urbanos do Brasil, ao longo da última década, em virtude da ocorrência de FANs (continua)

| Local | Estado | Fenômeno | Registro | Referência |
|--|---------------|--|-----------------|---|
| Praia do Francês | AL | Mancha escura | out/07 | Galvão (2007) |
| Praia de Ponta Negra | RN | Mancha escura | jan/08 | MANCHA...(2008) |
| Baía sul de Florianópolis | SC | “Maré vermelha” | abr/08 | MARÉ...(2008) |
| Praia de Copacabana | RJ | “Maré marrom” | dez/09 | Balocco (2009) |
| Praia de Itapirubá | SC | Mancha escura | mai/10 | Rehm (2010) |
| Praia de São Francisco do Sul | SC | Mancha escura e odor | out/10 | IBAMA...(2010) |
| Praia dos Ossos | RJ | Mancha verde | jan/11 | LÍNGUA...(2011) |
| Praia de Piratininga | RJ | Mancha escura e mau-cheiro | dez/11 | Tinoco (2011) |
| Praia do Futuro | CE | Manchas amareladas e marrons | jan/12 | Feitosa (2012) |
| Lagoa da Tijuca e Praia da Barra da Tijuca | RJ | Mancha verde | fev/12 | Rocha (2012) |
| Lagoa da Tijuca | RJ | Mancha verde | out/12 | Gerbase (2012) |
| Praia da Barra da Tijuca e São Conrado | RJ | Mancha avermelhada | nov/12 | INEA...(2012a) |
| Lagoa de Marapendi e Lagoa Rodrigo de Freitas | RJ | Mortandade de peixes | dez/12 | INEA...(2012b) |
| Praia do Pina | PE | Mancha escura | fev/13 | ACÚMULO...(2013) |
| Praia do Futuro | CE | Mancha escura | jun/13 | Lazari (2013) |
| Lagoa da Conceição | SC | Mancha amarelada | jul/13 | MICROALGAS...(2013) |
| Lagoa de Jacarepaguá | RJ | Mortandade de peixes | ago/13 | VÍDEO...(2013) |
| Lagoa Rodrigo de Freitas | RJ | Mancha marrom e verde | set/13 | Candida (2013) |
| Praia da Barra do Ceará | CE | “Maré vermelha” | nov/13 | Martins (2013) |
| Angra dos Reis e Praias da Reserva e Copacabana | RJ | Mancha e espuma avermelhadas | dez/13 | Alencar (2013), Ramalho (2013) |
| Praias da Barra da Tijuca, São Conrado, Copacabana, Ipanema e Leblon | RJ | Mancha escura, espuma excessiva e odor | jan/14 | Amorim (2014), Leite (2014), Mendes e Lima (2014) |

Tabela 12 - Resumo dos registros, obtidos em jornais eletrônicos, de modificações nos ambientes costeiros dos principais centros urbanos do Brasil, ao longo da última década, em virtude da ocorrência de FANs (conclusão)

| Local | Estado | Fenômeno | Registro | Referência |
|---|----------------|-------------------------------|----------|-----------------------------|
| Litoral de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro | SC, PR, SP, RJ | Mancha escura | jan/14 | IMAGEM...(2014) |
| Praia de Jauá e ilha de Itaparica | BA | Mancha e mortandade de peixes | fev/14 | Machado e Júnior (2014) |
| Praia de São Conrado | RJ | Mancha escura | mar/14 | MICROALGAS...(2014) |
| Praia Campista e dos Cavaleiros | RJ | Mancha e espuma avermelhadas | abr/14 | FENÔMENO...(2014) |
| Praias da Armação, Ossos e João Fernandes | RJ | Mancha amarelada | mai/14 | MANCHA...(2014) |
| Lagoa da Tijuca e Praia da Barra da Tijuca | RJ | Mancha verde | dez/14 | Grossi (2014) |
| Praia do Futuro | CE | Mancha marrom | dez/14 | Oliveira (2014) |
| Lagoa da Barra de Maricá | RJ | Mortandade de peixes | jan/15 | MARICÁ...(2015) |
| Praia dos Amores, Lagoa de Araruama | RJ | Mortandade de peixes | fev/15 | PEIXES...(2015) |
| Praia de Copacabana | RJ | Mancha escura | fev/15 | MANCHA...(2015) |
| Lagoa Rodrigo de Freitas | RJ | Mortandade de peixes | abr/15 | Coelho (2015) |
| Praia de Jatiúca | AL | Mancha escura | mai/15 | Sanchez (2015) |
| Lagoa de Araruama | RJ | Mortandade de peixes | mai/15 | Garabini (2015) |
| Praia da Ponta Verde | AL | Mancha escura | mai/15 | Mesquita e Rodrigues (2015) |
| Praias de Itacoatiara e Piratininga | RJ | Mancha avermelhada | ago/15 | Bulhões (2015) |
| Praia de Camburi | ES | Mancha escura | ago/15 | Lemos (2015) |
| Praia do Perequê | SC | Mancha escura | jan/16 | MESMO...(2016) |
| Praia de Conceição da Barra | ES | Mancha escura e espuma | fev/16 | Caliman (2016) |
| Praia de Jatiúca | AL | Mancha escura | fev/16 | Rodrigues e Gustavo (2016) |

Legenda: AL = Alagoas; BA = Bahia; CE = Ceará; ES = Espírito Santo; PE = Pernambuco; PR = Paraná; RJ = Rio de Janeiro; RN = Rio Grande do Norte; SC = Santa Catarina; SP = São Paulo; abr = abril; ago = agosto; dez = dezembro; fev = fevereiro; jan = janeiro; jul = julho; jun = junho; mai = maio; mar = março; nov = novembro; out = outubro; set = setembro.

Fonte: A autora, 2016.

No Brasil, o levantamento da ocorrência de FANs demonstra ainda o aumento de casos com o tempo, de 1 caso por ano (2007) a 9 casos por ano (2015), embora a média de eventos (≈ 6 casos por ano) possa ser considerada relativamente baixa para a extensão total da costa brasileira. Uma tendência mundial, o aumento da frequência das FANs pode ser associado tanto às mudanças ambientais quanto às melhorias na metodologia de detecção e monitoramento do fenômeno (HEISLER et al., 2008). Vale ressaltar que esse crescimento da frequência de FANs pode ser usado como argumento para a reivindicação de políticas sobre a qualidade da água do mar que envolvam a questão das florações algais e a gestão costeira. No Brasil, esse tipo de pressão não é inédito, uma vez que importantes mudanças na regulamentação nacional para a qualidade da água potável foram motivadas por casos de intoxicação por cianotoxinas em centros de hemodiálise (AZEVEDO et al., 2002).

Apesar de reconhecidas com frequência, nota-se que os instrumentos legais que tratam especificamente das algas potencialmente nocivas no país são recentes e que pouca interação existe entre as diferentes políticas que deveriam controlar as principais causas para a ocorrência desse fenômeno.

Responsável por abrigar um quarto do total da população brasileira (IBGE, 2011), a zona costeira - definida pela Constituição Federal de 1988, no § 4º do seu artigo 225, como patrimônio nacional que deve ser defendido e preservado (BRASIL, 1988b) e objeto de um plano especialmente voltado para a sua gestão - o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) (Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988) (BRASIL, 1988a) - ainda hoje tem um crescimento da urbanização, industrialização e exploração turística que sufocam o insuficiente acervo de instrumentos e instalações voltados aos serviços de infraestrutura, muitas vezes já planejados (IBGE, 2004).

Conforme estabelece o Decreto nº 5.300, de 07 de dezembro de 2004, que regulamenta a Lei nº 7.661/88, a gestão da zona costeira deve compatibilizar as diferentes políticas públicas incidentes sobre a região (art. 5º), tal como a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997). Criada através da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a PNRH tem dentre seus objetivos o compromisso de assegurar às atuais e futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (art. 2º).

Em seu artigo 31 cita que, para a sua implementação, os poderes executivos do Distrito Federal e dos municípios devem promover a integração das políticas

locais de saneamento básico com as políticas federal e estadual de recursos hídricos. Porém, o saneamento básico continua sendo um dos pontos cruciais na questão socioambiental brasileira, uma vez que menos da metade da população total tem atendimento em coleta de esgoto (49,8%) e somente 40,8% do esgoto gerado recebe algum tipo de tratamento (BRASIL, 2016).

A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, destaca como um dos objetivos da Política Federal de Saneamento Básico (art. 49) a necessidade de planos, programas e projetos que visem à implantação e ampliação dos serviços e ações de saneamento básico nas áreas ocupadas por populações de baixa renda (BRASIL, 2007). Apesar disso, a insuficiência dos investimentos e a morosidade do modelo burocrático adotado pelas diferentes esferas do sistema administrativo são apontadas como determinantes para a gravidade do quadro e fazem com que as estimativas para que todos os brasileiros tenham acesso ao saneamento básico girem em torno de, no mínimo, duas décadas (SCRIPTORE; TONETO JÚNIOR, 2012). Além de tudo, ainda falta a devida divulgação que o tema necessita e maior participação de segmentos da sociedade civil organizada que possam atuar nos comitês de Bacias Hidrográficas para apresentar a prioridade que esta demanda representa para a sociedade.

O deficiente sistema de saneamento do Brasil acaba representando um grande impacto sobre os recursos hídricos e, conseqüentemente, sobre a zona costeira, ponto final da maioria dos sistemas fluviais (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2013; BRASIL, 2006). Cabe citar que um dos instrumentos utilizados para a manutenção da integridade dos ecossistemas aquáticos, e considerados no PNRH, é o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água (art. 5º). Esse enquadramento tem como função assegurar às águas uma qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (art. 9º) (BRASIL, 1997).

A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, tem o objetivo de preservar o equilíbrio dos ambientes e das comunidades aquáticas e dispõe sobre a classificação dos corpos de água, estabelecendo as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005). Recentemente foi alterada em parte pela Resolução 430, de 13 de maio de 2011, quanto à regulamentação de lançamentos de efluentes (BRASIL, 2011a). Para as águas salinas (salinidade ≥ 30), essa

Resolução estabelece para as águas de contato primário (classe 1) e secundário (classe 2) as concentrações máximas permitidas de nutrientes como fósforo (classe 1 = 0,062 mg.L⁻¹; classe 2 = 0,093 mg.L⁻¹), nitrito (classe 1 = 0,07 mg.L⁻¹; classe 2 = 0,20 mg.L⁻¹), nitrato e amônia (ambos classe 1 = 0,40 mg.L⁻¹; classe 2 = 0,70 mg.L⁻¹), os quais podem ser diretamente associados ao lançamento de efluentes não tratados. Além disso, determina que, através de ensaio ecotoxicológico ou outro método cientificamente reconhecido, não haja efeito tóxico crônico a organismos.

A Resolução CONAMA n° 357 não faz para as águas salinas, contudo, nenhuma exigência sobre a necessidade de monitoramento de algas, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. A menção da necessidade de análise de algas é feita apenas para o grupo de cianobactérias (reconhecidamente produtor de toxinas) no caso de águas doces (águas com salinidade $\leq 0,5$). Vale citar que para as águas costeiras, as cianobactérias não representam o principal problema com referência à produção de ficotoxinas. Outros grupos taxonômicos (haptófitas, dinoflagelados e rafdófitas) têm maior importância nesse cenário.

A questão sobre balneabilidade em águas brasileiras é objeto específico da Resolução CONAMA n° 274, de 29 de novembro de 2000 (BRASIL, 2000a). Balneabilidade é definida na legislação como a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário (contato direto e prolongado com a água por atividades como natação, mergulho e esqui-aquático na qual a possibilidade de o banhista ingerir água é elevada) (Resolução CONAMA n° 357/2005). Nessa Resolução não há somente a definição de floração, mas o reconhecimento de que um dos fatores para as águas serem consideradas impróprias é a verificação de floração de algas que possam oferecer riscos à saúde humana (art. 2°). A Resolução CONAMA n° 274/2000 orienta a medida de interdição de trechos de praia pelos órgãos de controle ambiental, em função da ocorrência de florações de algas (art. 4°), mas também não contempla valores orientadores para a avaliação das florações. Essa legislação estabelece, tal qual a Resolução CONAMA n° 357/2005, somente a densidade limite de coliformes termotolerantes que determina a classificação das águas em própria ou imprópria.

Constata-se que um dos fatores mais preocupantes para a questão do monitoramento e controle das FANs no país é a insuficiência de ações (dos atores públicos e privados) que realmente considerem as diferentes perspectivas do problema e que busquem compreender o papel de cada uma para a ocorrência ou

controle do fenômeno. Essa situação precisa ser revista, pois, embora sejam majoritariamente receptores da poluição de origem antropogênica, os corpos de água costeiros, uma vez eutrofizados, podem limitar e inviabilizar a pesca e o lazer. Vale lembrar que o primeiro registro oficial de mortes associadas à hepatoxinas de cianobactérias (microcistinas) no Brasil foi deflagrado pelo recebimento de água sem tratamento oriunda de reservatórios eutrofizados. O evento ficou conhecido internacionalmente como “Síndrome de Caruaru”, ocorreu em 1996 em uma clínica de diálise em Caruaru (Pernambuco) e provocou em 116 pacientes distúrbios visuais, náuseas, vômitos e fraqueza muscular. Desses, 100 acabaram desenvolvendo insuficiência hepática e 52 foram a óbito (AZEVEDO et al., 2002; DÖRR et al., 2010; JOCHIMSEN et al., 1998).

A formação de mão-de-obra especializada, principalmente capaz de fazer uma identificação de gêneros e/ou espécies de algas com segurança é necessária. O estabelecimento de um valor de referência máximo permite uma disseminação mais universalizada para a composição de sistemas de alerta. Contudo, a avaliação qualitativa da comunidade fitoplanctônica é fundamental e pode ser considerada um refinamento diante de medidas relacionadas apenas à densidade. Paralelamente, o monitoramento sobre a presença de ficotoxinas deve ser empregado.

A obrigação do monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas na água destinada ao consumo humano e o consequente estabelecimento dos limites máximos de suas concentrações permitidas foram objeto da Portaria nº 1.469 de 29 de dezembro de 2000 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2000b). Substituta da Portaria nº 36 que havia sido publicada em 19 de janeiro de 1990, mas que não tinha qualquer menção às cianobactérias e suas toxinas (BRASIL, 1990), a Portaria nº 1.469/2000 seguiu a orientação da Organização Mundial de Saúde (OMS) e, estando voltada para os padrões de potabilidade da água, determinou, pela primeira vez, os limites de microcistinas ($1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$) e saxitoxinas ($3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$) que indicam risco à saúde. Tais valores baseavam-se na normativa da OMS que estabeleceu marco para uma ampla discussão sobre a questão de cianobactérias tóxicas na água (CHORUS; BARTRAM, 1999). Atualmente está em vigor a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que além de determinar como obrigatória a análise de microcistinas e saxitoxinas na água para consumo humano, continua a manter os mesmos limites máximos admissíveis dessas substâncias (BRASIL, 2011b). Contudo, a Portaria nº 2.914/2011 inova em recomendar a análise de anatoxina-a(s),

quando forem observadas cianobactérias potencialmente produtoras desse metabólito, não estabelecendo, porém, um valor limite.

Cabe mencionar que o crescimento da atividade de maricultura no Brasil foi responsável por um dos maiores avanços observados até o momento sobre o controle das intoxicações causadas pelas toxinas sintetizadas por algas marinhas: a criação, através da Instrução Normativa Interministerial nº 07 de 8 de maio de 2012, do Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves (PNCMB) cujo objetivo é estabelecer os requisitos mínimos para a garantia da qualidade dos moluscos destinados ao consumo humano (BRASIL, 2012). Contendo a definição das principais síndromes associadas ao consumo de moluscos contaminados com biotoxinas, à exceção da ciguatera, e baseando-se na necessidade de monitoramento e controle desses compostos, o PNCMB define as concentrações de saxitoxinas, ácido ocadáico e ácido domóico - bem como de yessotoxinas e azaspirácidos, toxinas causadoras de diarreia - que suspendem ou liberam, total ou condicionalmente, a coleta dos moluscos (Tabela 13).

Tabela 13 - Limites aceitos no Brasil das biotoxinas sintetizadas por algas que suspendem a retirada de moluscos bivalves segundo o PNCMB

| Toxina | Limite (mg.kg ⁻¹) |
|----------------------|-------------------------------|
| Ácido domóico (AD) | 20,00 |
| Ácido ocadáico (AO) | 0,16 |
| Azaspirácidos (AZAs) | 0,16 |
| Saxitoxinas (STXs) | 0,80 |
| Yessotoxinas (YTXs) | 1,00 |

Fonte: BRASIL, 2012.

5.3.2 Tratamento legal internacional das FANs

As florações algais nocivas podem ser empregadas como indicadores da (má) gestão do ecossistema. Políticas e medidas que visem prevenir, controlar ou mitigar a proliferação das mesmas devem, acima de tudo, empregar uma visão multidisciplinar para, não só identificar as reais causas do fenômeno, como também entender as diversas implicações econômicas de seus efeitos e definir os

instrumentos jurídico-institucionais que precisam lidar com a questão (SUZUKI, 2016).

Ainda que, atualmente, não haja um acordo global para tratar exclusivamente das florações de algas nocivas no ambiente marinho, é possível encontrar instrumentos que se ocupam do problema em escala regional (CHORUS, 2012).

Quando possível é preferível prevenir do que tratar os efeitos das FANs. As políticas de prevenção incluem estratégias que visam minimizar a probabilidade de formação de FANs e, por isso, devem ser direcionadas para prevenir a introdução de espécies exóticas potencialmente nocivas, principalmente pela água de lastro, e reduzir (ou eliminar) a eutrofização provocada pelas atividades humanas na zona costeira e nos cursos de água que têm como destino essa região (CENR, 2000; VAN DEN BERGH et al., 2002).

Dentre as organizações/agências internacionais que lidam com a prevenção da introdução de espécies marinhas exóticas pela água de lastro está a Organização Marítima Internacional (OMI), por meio do Programa GloBallast (2015). Já a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) - através de sua Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI, 2015) - se dedica a questões de FANs em geral com o Programa *Harmful Algal Bloom* (HAB).

No caso das FANs provocadas pela eutrofização, alguns instrumentos legais internacionais são reconhecidos por tentarem melhorar a “saúde” do ecossistema e, conseqüentemente, reduzir a frequência e intensidade das florações. A experiência adquirida com esses esforços mostra que é vital procurar equilibrar os objetivos ecológicos, as possibilidades técnicas, a opinião pública e os interesses econômicos para definir metas reais que permitam reduzir efetivamente a eutrofização indesejada (ULÉN; WEYHENMEYER, 2007).

Cabe lembrar que a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar é o único documento em nível global que impulsiona os Estados a adotarem leis, regulamentos e outras medidas que se façam necessárias para prevenir, reduzir e controlar, no meio marinho, todo tipo de poluição de origem terrestre (artigos 207 e 213 da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar - CNUDM, 1997). Ao longo do tempo, determinações mais detalhadas foram objeto de convenções regionais, tal qual a Convenção para a Proteção do Meio Marinho do Atlântico Nordeste de 1992 (a chamada “*OSPAR Convention*”), que estabeleceu um prazo - não cumprido - até 2010 para os países participantes (Alemanha, Bélgica,

Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Islândia, Irlanda, Holanda, Luxemburgo, Noruega, Portugal, Reino Unido, Suécia e Suíça) eliminarem a eutrofização antrópica (COMISSÃO OSPAR, 2015; VAN DEN BERGH et al., 2002).

A opção pelo monitoramento da qualidade das águas costeiras e dos moluscos destinados ao consumo humano têm sido a principal via de ação dos Estados costeiros interessados em evitar e, principalmente, contingenciar os danos provocados pelas FANs (TURKI et al., 2014; ULÉN; WEYHENMEYER, 2007).

No caso da exposição via água de uso recreativo critica-se o fato da maioria dos limites serem baseados apenas na presença de cianobactérias e refletirem, somente, a concentração de microcistinas, anatoxinas e saxitoxinas - toxinas encontradas em grandes quantidades nas áreas onde a influência continental é maior - a despeito da existência de outros grupos de algas e toxinas (como ácido ocadáico, ácido domóico, azaspirácidos, brevetoxinas e ciguatoxinas) (CHORUS, 2012; OMS, 2003).

No que tange ao estabelecimento de limites para o consumo humano, a Comissão Europeia - órgão executivo da União Europeia que representa os interesses dos países integrantes - tem papel de destaque, não só por ter um dos mais completos limites normativos para o conteúdo de biotoxinas em moluscos bivalves (Regulamento n° 853/2004/EC), como também por realizar esforços constantes de revisão de suas diretrizes internas que levam a mudanças metodológicas importantes de amostragem e detecção de compostos (COMISSÃO EUROPEIA, 2015; PARLAMENTO EUROPEU, 2004). A Tabela 14 apresenta os limites (medidos em toda a massa ou qualquer parte comestível do molusco vendida separadamente) que não devem ser ultrapassados nos países integrantes da União Europeia.

Tabela 14 - Limites aceitos das biotoxinas sintetizadas por algas marinhas para o consumo de moluscos bivalves na União Europeia

| Toxina | Limite (mg.kg ⁻¹) |
|--|-------------------------------|
| Ácido domóico (AD) | 20,00 |
| Ácido ocadáico (AO) e dinophysistoxinas (DTXs) | 0,16 |
| Azaspirácidos (AZAs) | 0,16 |
| Brevetoxinas (BTXs) | Não há limite regulamentado |
| Ciguatoxinas (CTXs) | Não há limite regulamentado |
| Pectenotoxinas (PTXs) | 0,16 (junto com AO e DTXs) |
| Saxitoxinas (STXs) | 0,80 |
| Yessotoxinas (YTXs) | 1,00 |

Fonte: AUTORIDADE EUROPEIA PARA A SEGURANÇA DOS ALIMENTOS (AESA), 2011.

No resto do mundo, a maioria dos países que estabelecem limites para as biotoxinas que podem ser ingeridas pelo consumo de bivalves - oficialmente em suas legislações ou extraoficialmente através de propostas sobre o tema - concorda com os valores seguidos pelas nações da União Europeia (Tabela 15). Nesses casos, porém, é comum observar a utilização de diferentes unidades de concentração (unidades $\mu\text{g.kg}^{-1}$ e mg.kg^{-1}) em função do método de detecção adotado para testar a toxicidade de cada amostra: por exemplo, unidades $\mu\text{g.kg}^{-1}$ é típica de estudos que empregam bioensaios com roedores (FAO, 2004).

Cabe ressaltar que no caso das ciguatoxinas, grande parte dos países não define limites oficiais. Apenas os EUA delimitam os valores de 0,01 ppb para a ciguatoxina do Pacífico e 0,1 ppb para a do Caribe. A medida sanitária mais comumente empregada para a prevenção dessa intoxicação é, sem dúvidas, a proibição da venda de espécies de peixes recifais conhecidos por serem potencialmente tóxicos e/ou oriundos de regiões onde surtos tenham sido reportados (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA, 2011).

Tabela 15 - Limites das toxinas sintetizadas por algas marinhas para o consumo de moluscos bivalves em países fora da União Europeia

| Toxina | Limite | País |
|----------------|--------------------------------------|--|
| Ácido domóico | 20 mg.kg ⁻¹ | Canadá, Nova Zelândia, USA (não-oficial) |
| | 50 unidades rato.kg ⁻¹ | Coreia do Sul e Japão |
| Ácido ocadáico | 0,16 mg.kg ⁻¹ | EUA |
| | 0,20 mg.kg ⁻¹ | Austrália, Canadá (tecido comestível do bivalve) e Nova Zelândia |
| | 1,00 mg.kg ⁻¹ | Canadá (tecido digestivo do bivalve) |
| Azaspíricidos | 0,16 mg.kg ⁻¹ | EUA |
| Brevetoxinas | 0,80 mg.kg ⁻¹ | EUA |
| | 4.000 unidades rato.kg ⁻¹ | Argentina, China, Japão, Panamá e Uruguai |
| Saxitoxinas | 0,40 mg.kg ⁻¹ | Filipinas |
| | 0,80 mg.kg ⁻¹ | Austrália, Canadá, Chile, Cingapura, Guatemala, EUA, Nova Zelândia e Venezuela |

Fonte: AUTORIDADE ALIMENTAR DA AUSTRÁLIA E NOVA ZELÂNDIA (ANZFA), 2001; CANADÁ, 2015; FAO, 2004; FDA, 2011 e VIEITES; LEIRA, 2000.

5.3.3 Monitoramento, economia e saúde

Para entender as FANs é preciso compreender o papel dos fatores ambientais no desenvolvimento das espécies potencialmente nocivas. Nesse sentido, é fundamental o acoplamento das informações bióticas (clorofila-a, composição e distribuição da comunidade fitoplanctônica) com o entendimento das características físico-químicas (temperatura, salinidade, concentração de oxigênio dissolvido e nutrientes) do ecossistema (FERREIRA et al., 2011; MANKIEWICZ-BOCZEK et al., 2012).

Pesquisas multidisciplinares e a união entre as organizações governamentais e não-governamentais com as instituições acadêmicas e representantes da indústria são cruciais para garantir a popularização e o acesso de informações que permitam melhorar o gerenciamento dos casos indesejados e proteger o público dos efeitos negativos das florações. O programa “*Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms (ECOHAB)*”, que conduz estudos regionais e projetos para investigar e modelar o crescimento e a dinâmica das espécies potencialmente nocivas ao longo

de toda a costa norte-americana, é um exemplo a ser seguido (NATIONAL CENTERS FOR COASTAL OCEAN SCIENCE - NCCOS, 2015).

De uma forma geral, as decisões empregadas pela maioria dos governantes e grupos econômicos permanecem, ainda hoje desconsiderando os impactos sobre o meio ambiente. A intervenção no ambiente em caso de FANs, por exemplo, prova-se não só mais custosa e complicada do que o prévio estudo e prevenção. Opções como o emprego de produtos químicos ou outros organismos para controlar uma floração, encontram objeções em virtude da dificuldade em criar um produto que seja letal somente a uma única espécie do fitoplâncton ou introduzir uma espécie exótica que não leve ao desequilíbrio ecológico (CENR, 2000). Para o emprego de alternativas nesse nível são necessários extensos e cuidadosos estudos de letalidade, especificidade e segurança para cada estratégia, química ou biológica, que também deve possuir direções regulamentares próprias.

Independente do país, nota-se que um processo de estabelecimento de regras, limites e estratégias de ação exitoso deve contar com uma cobertura de dados sobre: a ocorrência (em tempo e espaço) de florações - não só na água do mar, mas também na água doce que chega às zonas costeiras; as relações de dose-resposta entre as concentrações de toxina e/ou densidade celular das espécies potencialmente nocivas - junto com a informação dos efeitos adversos que as mesmas podem causar e os métodos disponíveis para reduzir a incidência e extensão (métodos de prevenção), parar ou conter (métodos de controle) e minimizar os impactos (métodos de mitigação) das florações - onde a avaliação monetária dos danos causados pelas FANs age como importante guia do custo-benefício para embasar a adoção de um ou outro método.

Uma vez que o monitoramento sistemático ainda é a ferramenta mais utilizada para acionar mecanismos de controle do espalhamento das florações e delinear as áreas que demandam isolamento e proibição do uso recreacional da água ou da atividade de maricultura, aprimoramentos de métodos e equipamentos que auxiliam a atividade são bem-vindos.

Nos últimos anos, vem ganhando espaço a aplicação de técnicas moleculares e de sensoriamento remoto para a detecção mais rápida e precisa das FANs. As imagens de satélite proporcionam um meio de selecionar os casos que necessitam de maior investigação em campo, seja porque alcançam uma área maior ou porque estão próximos a regiões de interesse econômico (FROLOV; KUDELA;

BELLINGHAM, 2013; KUREKIN; MILLER; VAN DER WOERD, 2014). Todavia, melhorias nos sensores e algoritmos de cor do oceano são necessárias para superar os problemas atuais do sensoriamento remoto com o monitoramento de florações que não ocorrem muito próximas à superfície (BLONDEAU-PATISSIER et al., 2014).

Já as técnicas moleculares ajudam a distinguir aquelas espécies que são realmente nocivas, com critérios mais refinados do que apenas a comparação morfológica, sendo bastante úteis quando as mesmas ainda estão em baixas densidades, típicas dos estágios iniciais de uma floração (MANKIEWICZ-BOCZEK et al., 2012).

Por mais que os programas de monitoramento não tenham um baixo custo associado, representam de fato uma medida de segurança para a saúde e bem-estar das populações costeiras a longo prazo. Por isso, é mais do que importante que cada programa assegure a cobertura do máximo possível de informações, tanto em termos de espécies quanto das características físicas e químicas do ambiente, quanto da quantidade de toxinas a serem investigadas (HO; MICHALAK, 2015).

Da mesma forma, é altamente recomendável que haja uma sintonia em termos de metodologia empregada pelos diferentes programas e Estados, como por exemplo, em relação à periodicidade de amostragem (sazonal, mensal, semanal ou diária) a fim de melhorar a comparação entre os resultados. A criação de uma única base de dados, pelo menos a nível nacional, ajuda a superar a dificuldade em comparar informações provenientes de fontes distintas. Nesse sentido, a Base de Dados de Consumo Alimentar Europeu (AUTORIDADE EUROPÉIA PARA A SEGURANÇA DOS ALIMENTOS - AESA, 2011) é um exemplo a ser seguido, já que tem como objetivo principal fornecer dados comparáveis sobre o consumo diário de alimentos por pessoa nos Estados da União Europeia (PAREDES et al., 2011).

As atividades de limpeza de ambientes costeiros afetados por FANs fazem parte do grupo de práticas que devem ser aprimoradas para a mitigação dos efeitos nocivos das florações. Independentemente de estarem relacionadas a programas de monitoramento (situação ideal) ou ainda tomadas como únicas atividades de mitigação do problema, em países que carecem de políticas públicas específicas, esse tipo de ação deve, cada vez mais, contar com a participação de equipes treinadas e equipamentos específicos. Dessa forma torna-se mais viável evitar o espalhamento das algas indesejadas e informar de forma clara e objetiva à população local sobre os riscos associados (VAN DEN BERGH et al., 2002).

A comunicação entre pesquisadores, gestores, profissionais do setor de saúde e de meio ambiente e a população é vital (CHRISTOFFERSEN; WARMING, 2012; IBELINGS et al., 2012; RAPALA et al., 2012). Ao redor do mundo é possível encontrar alguns exemplos de países e Estados costeiros que mantêm programas e canais de comunicação acessíveis a qualquer cidadão - principalmente pela internet - para o informe de registros de florações, casos de intoxicação e mortalidades, bem como de esclarecimento de dúvidas sobre os riscos das FANs (Tabela 16).

Em um país com dimensões continentais como o Brasil, a gestão costeira, e consequentemente das florações algais nocivas, é impreterivelmente complexa.

Distribuída ao longo de 17 estados, a zona costeira do Brasil se estende da foz do rio Oiapoque (04° 52' 45" N) à foz do arroio Chuí (33° 45' 10" S), ocupando uma faixa de 8.698 km e uma área de, aproximadamente, 388.000 km². Estende-se pelo território dos municípios litorâneos, o mar territorial (de 12 milhas náuticas de largura), as ilhas costeiras e oceânicas, a plataforma continental e a zona econômica exclusiva (medida a partir do limite exterior do mar territorial até 200 milhas da costa), incluindo as áreas em torno do Atol das Rocas, dos arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo e das ilhas de Trindade e Martin Vaz. Com uma população de quase 44 milhões de habitantes, tem uma densidade populacional (135 hab.km⁻²) que corresponde a seis vezes a média nacional (OLIVEIRA; NICOLODI, 2012; PRATES; GONÇALVES; ROSA, 2012; RODRIGUES, 2003).

A intensa ocupação e exploração dos recursos na zona costeira exigiram ao longo do tempo o estabelecimento de normas e políticas capazes de mediar os interesses dos atores em conflito e sensibilizar quanto aos limites da sustentabilidade ecológica e econômica dessa parte do território. No Brasil, o gerenciamento costeiro é, desde os primeiros esforços, caracterizado por múltiplos processos e controles políticos, econômicos, institucionais, ecológicos e espaciais (SCHERER; SANCHES; NEGREIROS, 2010).

Tabela 16 - Instituições que oferecem canais de registro e informação sobre as FANs no ambiente costeiro

| Instituição | País | Endereço eletrônico |
|--|-----------|---|
| Agência Dinamarquesa de Natureza | Dinamarca | http://naturstyrelsen.dk/vandmiljoe/badevand/alger/ |
| Autoridade de Saúde Pública do Óregon | EUA | http://public.health.oregon.gov/HealthyEnvironments/Recreation/HarmfulAlgaeBlooms/Pages/index.aspx |
| Comitê de Coordenação Regional de Algas | Austrália | http://www.water.nsw.gov.au/water-management/water-quality/algal-information/algal-contacts |
| Departamento de Conservação do Ambiente do Estado de Nova York | EUA | http://www.dec.ny.gov/chemical/77118.html |
| Departamento de Parques e Vida Selvagem do Texas | EUA | https://tpwd.texas.gov/landwater/water/enviromconcerns/hab/ |
| Departamento de Saúde do Estado de Washington | EUA | http://www.doh.wa.gov/CommunityandEnvironment/Shellfish |
| Grupo de Tarefas sobre Algas Potencialmente Nocivas da Carolina do Sul | EUA | http://www.scseagrant.org/hab/ |
| Instituto de Pesquisa da Comissão de Conservação de Pesca e Vida Selvagem da Flórida | EUA | http://myfwc.com/research/redtide/ |
| Instituto Finlandês do Ambiente | Finlândia | http://www.syke.fi/en-US/SYKE_Info/Communications_material/Algal_reviews |
| <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> (NOAA) | EUA | https://tidesandcurrents.noaa.gov/hab/hab_health_info.html |
| Programa de Monitoramento e Alerta de Florações Algas Nocivas da Califórnia | EUA | http://www.habmap.info/ |

Fonte: A autora, 2016.

O Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (GERCO), estabelecido em 1987 pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), é uma convergência entre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e a Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM). Somente no ano seguinte ao surgimento do GERCO foi instituído o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) através da Lei nº 7.661/1988. Apesar da primeira versão do PNGC ter sido aprovada em 1990, e atualmente vigorar a segunda versão de 1997, sua implementação tem avançado de forma inconstante e desigual na costa brasileira (PRATES; GONÇALVES; ROSA, 2012).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) é o órgão central que coordena as ações em nível federal com os governos dos Estados litorâneos, executores estaduais que fazem a integração de suas ações com os municípios (OLIVEIRA; NICOLODI, 2012). Nota-se, porém, uma grande dificuldade de desenvolvimento desse Plano de forma descentralizada, harmônica e participativa entre os diferentes níveis de governo em virtude das diferenças entre o comportamento político, destino de verbas, base de informação e capacidade técnica das equipes (EGLER; GUSMÃO, 2014).

Mais ações de fiscalização são primordiais para a garantia de cumprimento pelos órgãos ambientais do que é proposto e recomendado pelo GERCO. Maior divulgação de informações também deve fazer parte das práticas relacionadas ao Programa a fim de permitir que todos possuam conhecimentos sobre os respectivos direitos e deveres (RODRIGUES, 2003). Da mesma forma, é mais do que necessária a interação e o estabelecimento de parcerias entre os órgãos de gestão, as instituições científicas e o público em geral a fim de permitir que a formulação das políticas públicas envolva, cada vez mais, diferentes temáticas (saúde, educação, desenvolvimento urbano e industrial, transporte, habitação, saneamento, etc.) e escalas temporais de ação (curto, médio e longo prazo) (EGLER; GUSMÃO, 2014).

Apesar do PNGC estabelecer instrumentos de gestão que se correlacionam diretamente com aqueles previstos na Lei nº 6.938/81 da Política Nacional do Meio Ambiente, praticamente pouco uso é feito desses instrumentos (SCHERER; SANCHES; NEGREIROS, 2010). Uma vez que as informações sobre o desenvolvimento de FANs aumentam o conhecimento sobre os processos que

interferem na dinâmica costeira e ajudam a subsidiar a proposição de medidas que se façam urgentes, o registro dos casos de FANs poderia fazer parte do Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira (SMA-ZC) e do Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira (RQA), ambos instrumentos do PNGC que acompanham as medidas de controle para manter ou melhorar a qualidade ambiental nessa porção do território.

Problemas e dificuldades, no entanto, não são exclusivos do Brasil. O governo chinês, por exemplo, apesar de reconhecer o papel crucial de sua zona costeira para o desenvolvimento econômico do país e criar uma agência específica para a administração oceânica (*State Oceanic Administration* - SOA) ainda tem problemas com a falta de coordenação e sobreposição de jurisdição entre as diferentes esferas governamentais. O litoral chinês compreende uma área distribuída em mais de 18.000 km e abrange mais de 70% das cidades. A nova agência tornou-se responsável por supervisionar e organizar atividades que levaram a um aumento da rede de monitoramento sobre a poluição marinha com o uso de satélites, navios e estações *offshore*, entretanto os esperados avanços da gestão ainda não se concretizaram e a sobreposição de jurisdição prejudica investimentos em pesquisa e monitoramento no litoral da China (CAO; WONG, 2007).

Nos EUA, onde a eutrofização e o conseqüente desenvolvimento de FANs custam aos cofres públicos e privados anualmente entre US\$ 2,2 e US\$ 4,6 bilhões, a criação de um Plano Nacional de Pesquisa para as Florações Algais Nocivas Costeiras tem contribuído, em nível técnico, para a elaboração de propostas políticas que visam proteger as águas oceânicas e estuarinas dos EUA contra os efeitos adversos das FANs (HUDNELL, 2010).

Dentre as críticas que o governo americano tem sofrido sobre a questão ambiental relacionada à ocorrência das FANs, está a carência de conhecimento sobre as florações de cianobactérias e os tipos e quantidades de cianotoxinas comumente produzidas nas águas de superfície. Esse problema também é compartilhado por países como a Dinamarca (que tem o programa NOVANA para monitoramento de lagos e áreas costeiras) e a Argentina, nação que sequer possui regras oficiais para a quantidade de cianotoxinas permitidas na água recreacional e

de consumo (CHRISTOFFERSEN; WARMING, 2012; HUDNELL, 2010; OTAÑO et al., 2012).

A difícil realidade e o atraso do Brasil nas questões ligadas à proteção do ambiente marinho, e em especial da zona costeira, fica ainda mais latente quando se compara os repasses dados aos órgãos que podem (e deveriam) tratar do assunto com os de órgãos internacionais. Enquanto no Brasil o MMA teve autorizados para o Controle Ambiental dos Espaços Litorâneos R\$ 471.690, em 2010, e R\$ 548.272, em 2011, e para as Políticas para a Gestão Ambiental e Territorial da Zona Costeira R\$ 680.000, em 2012, e R\$ 500.000, em 2013 e 2014 (SENADO, 2015), nos EUA, apenas para os programas sobre FANs e Hipoxia da NOAA, foram direcionados US\$ 15,9 milhões (2007), US\$ 17,7 milhões (2008), US\$ 20,3 milhões (2009), US\$ 20,3 milhões (2010), US\$ 18,7 milhões (2011) e US\$ 12,1 milhões (2012) (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, 2015; HENRY, 2014). Embora a comparação sobre a verba destinada para essa finalidade entre Brasil e EUA deva guardar as devidas proporções, cabe comentar que o Brasil se apresenta em termos de PIB como a 9ª economia do mundo.

Essa disparidade orçamentária acaba refletida no reconhecimento internacional de programas e entidades americanas que buscam pesquisar, detectar e monitorar as florações, suas causas e efeitos. Tais programas como o *ECO HAB* e o programa "*Monitoring and Event Response for Harmful Algal Blooms (MER HAB)*" coordenados pelo NCCOS (2015) oferecem suporte técnico ao governo para a gestão dessas ocorrências, ao passo que, no Brasil, não há órgão ou programa de nível nacional direcionado exclusivamente à questão.

5.4 Perspectivas para o futuro: onde e o que monitorar

Águas com características continentais podem ser traçadas sobre a plataforma continental adjacente, distando, em alguns casos, dezenas a centenas de quilômetros da foz. Conhecer o comportamento das plumas que se estendem sobre o ambiente marinho é essencial para o gerenciamento costeiro e a avaliação dos

riscos associados à ação das atividades humanas ao longo dos cursos fluviais e da própria zona costeira. Mapear essas plumas, entretanto, é uma tarefa complexa já que a magnitude e a frequência das mesmas mostram-se extremamente dependentes de fatores diversos, tais como a precipitação local, a incidência de ventos, a fisiografia do fundo, a circulação de correntes e o tipo de maré predominante (ÁLVAREZ-ROMERO et al., 2013; SCHOFIELD et al., 2013).

Por mais que se possa argumentar que as mudanças provocadas no oceano pelas plumas estuarinas na plataforma sudeste brasileira são menos significativas do que àquelas geradas por plumas de rios com grandes descargas, como a do Amazonas, há de se considerar que o nível de poluentes encontrados ao longo dos rios de menor vazão da região sudeste (porção do território nacional mais impactada pela presença humana) torna o estudo das plumas geradas nessa região tão necessário quanto àqueles voltados aos grandes sistemas fluviais. Vale lembrar que a influência da água menos salina de origem continental sobre a comunidade fitoplanctônica marinha se dá não só pela alteração da concentração de nutrientes e luz disponíveis na coluna de água, mas também pelo transporte direto de muitos organismos (SCHOFIELD et al., 2013).

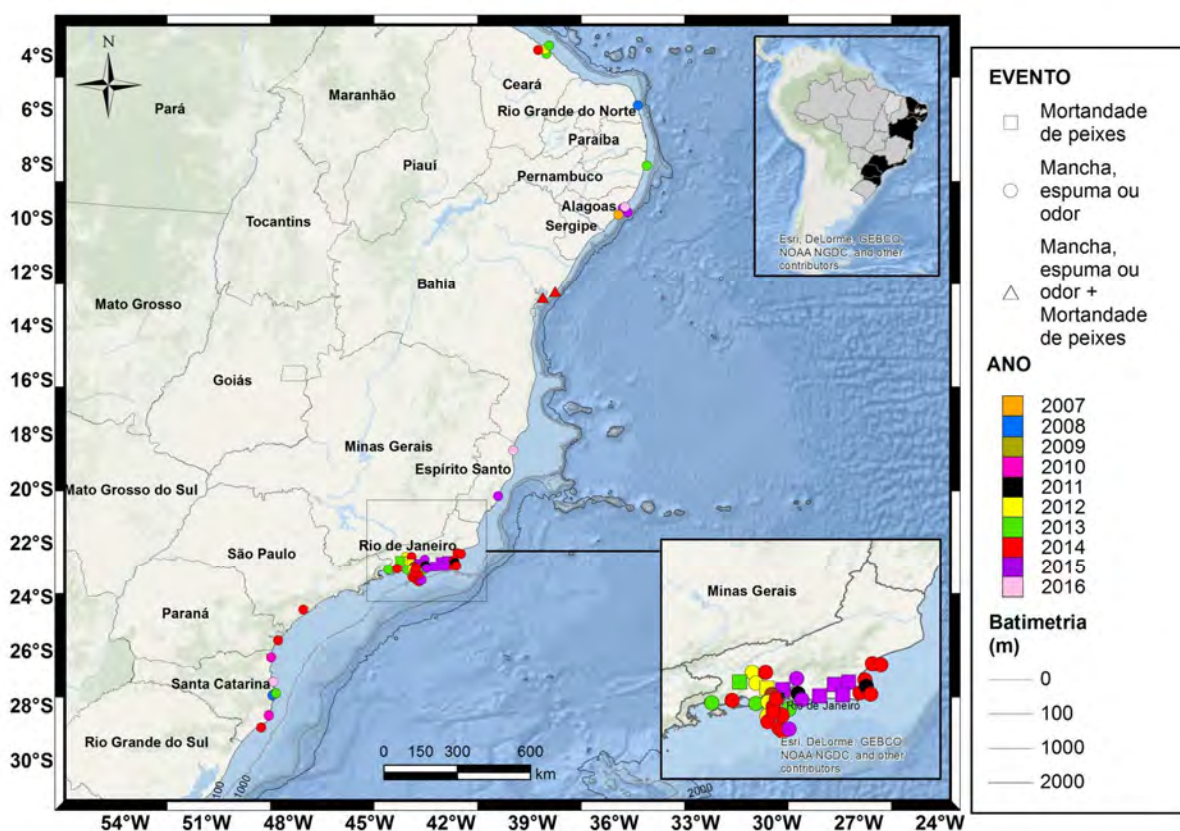
Salinidades menores do que 35 são encontradas na porção sudeste da margem brasileira em todas as estações do ano. Enquanto as salinidades mínimas - valores que vão de 34,4 (verão e outono), passam por 34,6 (inverno), e atingem 35,0 (primavera) - são registradas nas águas de superfície próximas à Ubatuba, as águas com salinidades mais elevadas (> 36,0) são observadas nos primeiros 50 m a partir da plataforma média e em direção à região oceânica. Em maiores profundidades, salinidades inferiores a 35,6 são comuns. A mistura de cada uma dessas massas de água também costuma variar, sendo frequente verificar no inverno uma menor mistura entre AC e ACAS, já que é nessa estação que a AC tende a ficar mais confinada na porção interna da plataforma e que a injeção da ACAS na zona eufótica é menos pronunciada (CERDA; CASTRO, 2014)

Para a área em estudo são descritas correntes bidirecionais na porção interna e média da plataforma, influenciadas por águas com baixa salinidade e de origem continental (CERDA; CASTRO, 2014). Consideradas intensas ao longo da

plataforma, essas correntes possuem como principais controles o vento e a vazão fluvial.

É compreensível, então, que eventuais fluxos oriundos das baías de Guanabara e Sepetiba possam alcançar as praias na capital do Rio de Janeiro (como Copacabana, Ipanema, Leblon, São Conrado, Barra da Tijuca e Reserva), as praias de Niterói, Mangaratiba e Ilha Grande, levando à promoção das florações algais nocivas bastante relatadas na mídia nos últimos anos (Figura 39 e Figura 40). O monitoramento desses pontos é essencial à fim de evitar maiores danos socioambientais e econômicos.

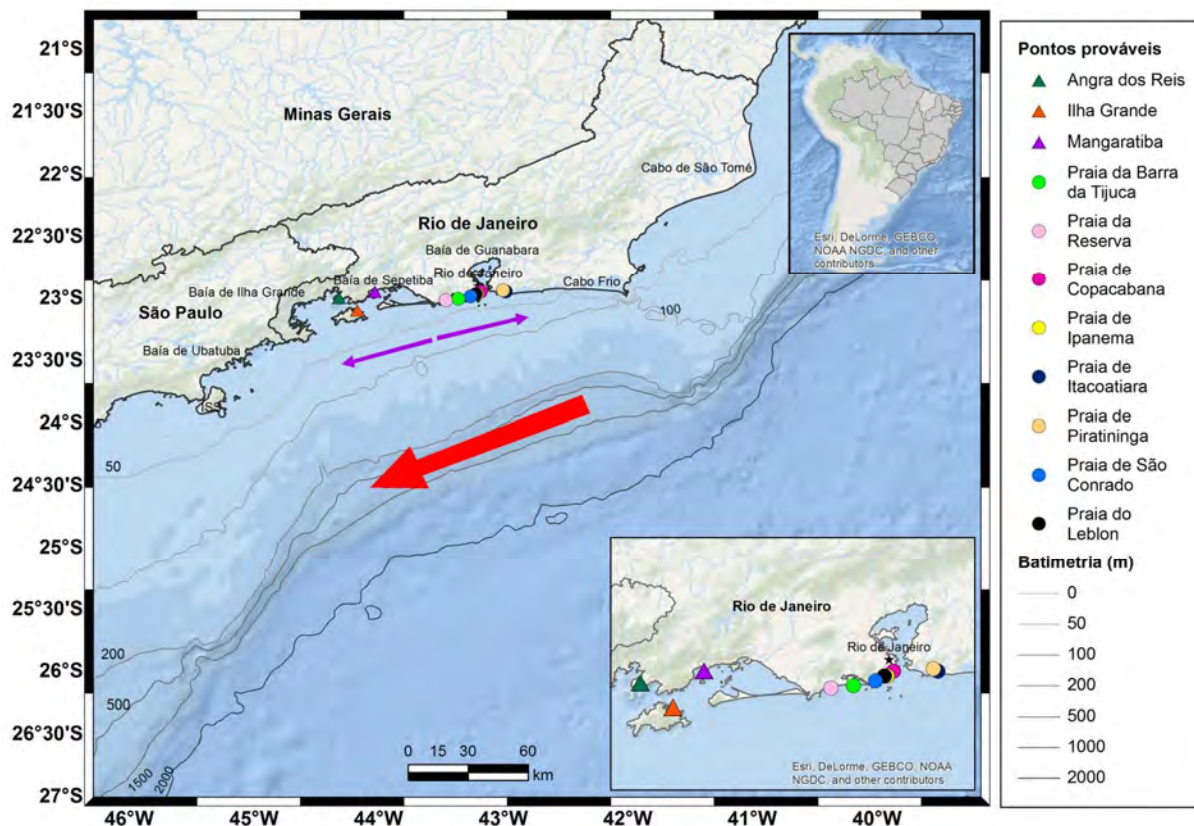
Figura 39 - Locais dos eventos de FANs que ocorreram ao longo da última década na zona costeira brasileira



Legenda: Os diferentes símbolos representam os principais tipos de efeitos nocivos. A escala de cores indica o ano de cada evento. No quadro superior estão destacados (em preto) os Estados onde os casos de FANs ocorreram. No quadro inferior há o detalhamento dos registros no Estado com a maior concentração de eventos (Rio de Janeiro). A data de referência para os registros foi 31/03/2016.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 40 - Pontos ao longo do litoral do Estado do Rio de Janeiro que podem ser afetados por FANs em virtude da ação das plumas estuarinas oriundas das baías de Guanabara e Sepetiba



Legenda: A seta vermelha indica a Corrente do Brasil e as setas roxas indicam os fluxos bidirecionais entre a plataforma interna e média que podem influenciar na dispersão das florações. Os pontos que podem ser afetados por casos de FANs são indicados com símbolos e cores distintas (triângulo = Angra dos Reis e imediações; círculo = Rio de Janeiro e Niterói).

Fonte: A autora, 2016.

Embora as espécies potencialmente nocivas identificadas no presente estudo tenham registrado valores de até 10^5 cél.L⁻¹ e 10^3 filamentos.L⁻¹, condizentes com o verificado para a plataforma continental sudeste brasileira (e.g. MOSER et al., 2012; VALENTIN et al., 1999; VILLAC; CABRAL-NORONHA; PINTO, 2008; VILLAC; TENENBAUM, 2010), sugere-se acompanhar o comportamento daquelas com as densidades mais elevadas (como *Thalassionema nitzschioides*), que se aproximam dos valores considerados comuns (10^6 cél.L⁻¹) para a maior parte do Oceano

Atlântico Sul (e.g. AIDAR et al., 1993; FENCHEL, 2008; GONÇALVES-ARAÚJO et al., 2012).

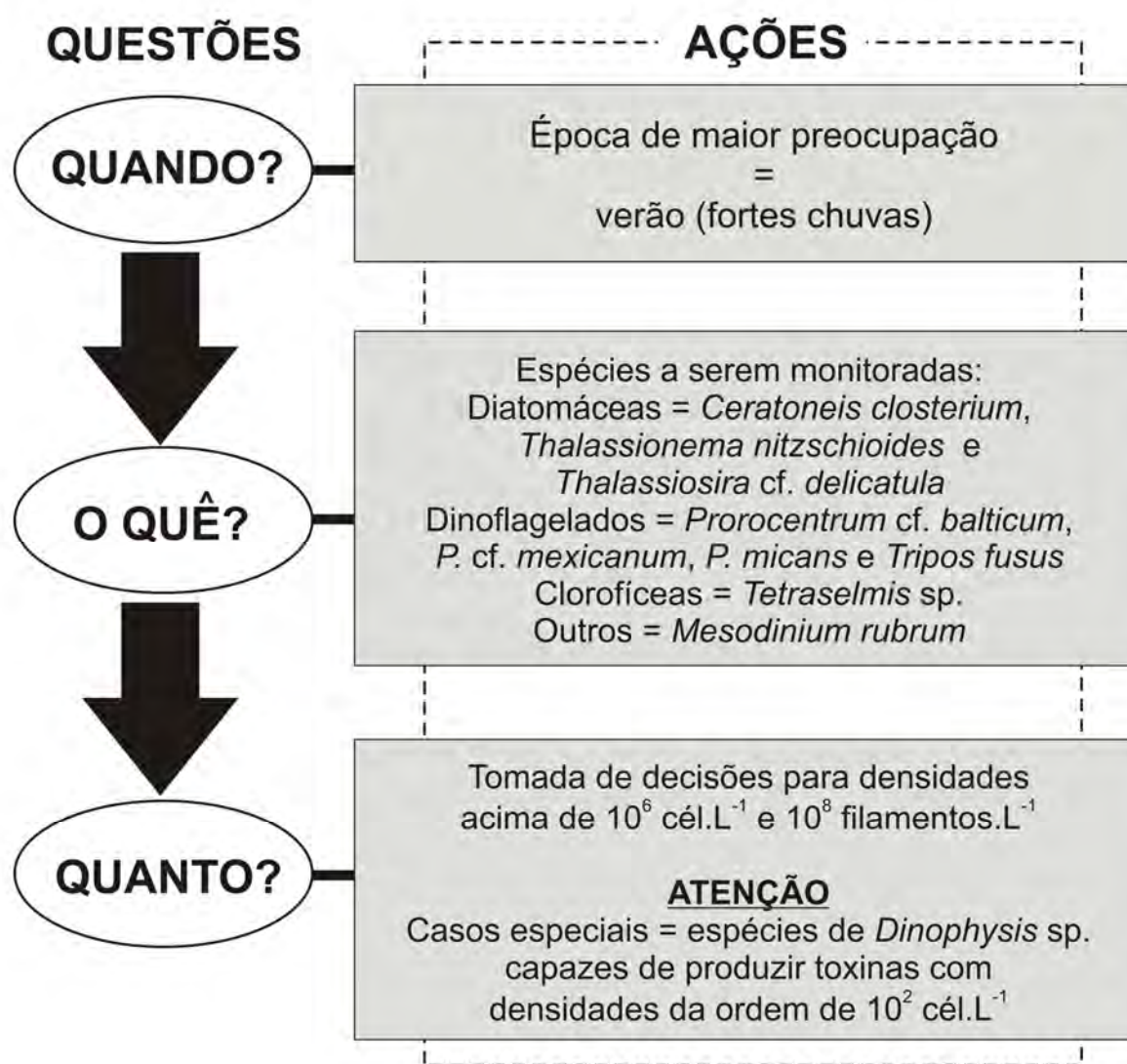
Apesar das densidades da ordem de 10^2 e 10^3 cél.L⁻¹, as diatomáceas *Ceratoneis closterium* e *Thalassiosira* cf. *delicatula*, os dinoflagelados *Prorocentrum* cf. *balticum*, *P.* cf. *mexicanum*, *P. micans*, *Scrippsiella acuminata* e *Tripos fusus*, além do ciliado *Mesodinium rubrum*, merecem atenção por responderem à influência das plumas das baías de Guanabara e Sepetiba, e em menor escala da água de baixa salinidade oriunda de sistemas estuarinos ao sul da área em estudo. Durante eventos de maior aporte continental, principalmente durante a estação chuvosa e intensificação do fluxo das plumas estuarinas sobre a plataforma adjacente, essas espécies podem levar ao desenvolvimento de florações que causem danos de ordem econômica (manchas, odores e morte de organismos por anoxia) (CASTRO; MOSER, 2012; GRANÉLI; WEBER; SALOMON, 2008).

Vale chamar a atenção para a presença das densidades elevadas de organismos do gênero *Tetraselmis* (10^5 cél.L⁻¹) e da ordem Oscillatoriales (10^6 filamentos.L⁻¹) na entrada da baía de Guanabara (transecto T2). Como Fistarol et al. (2015) e Santos et al. (2007) apontam, as florações de *Tetraselmis* spp. e cianobactérias filamentosas na região são cada vez mais recorrentes e parecem indicar uma mudança da estrutura da comunidade fitoplanctônica (aumento da fração heterotrófica e de organismos nanoplanctônicos) associada à maior carga de matéria orgânica e redução da qualidade da água.

Por fim, há de se destacar a necessidade de monitoramento de espécies que conseguem sintetizar compostos tóxicos mesmo em baixas concentrações celulares. As espécies de *Dinophysis*, que podem produzir ácido ocadáico (AO) e levar ao envenenamento diarreico (DSP) a partir de densidades iguais a 10^2 cél.L⁻¹, seriam candidatas (SELLNER; DOUCETTE; KIRKPATRICK, 2003). Durante as amostragens de Junho de 2010, das 4 espécies de *Dinophysis* potencialmente nocivas identificadas (*D. acuminata*, *D. caudata*, *D. exigua*, *D. cf. ovum*), aquela com a máxima densidade (*D. acuminata* = $1,73 \times 10^3$ cél.L⁻¹) esteve presente justamente na entrada da baía de Guanabara (transecto T2).

A Figura 41 resume as principais recomendações para eventuais políticas voltadas ao monitoramento e controle das florações algais nocivas ao longo da margem continental sudeste.

Figura 41 - Sugestão de protocolo para políticas de monitoramento e controle das FANs na margem continental sudeste brasileira



Fonte: A autora, 2016.

CONCLUSÕES

A região localizada na plataforma continental e talude superior entre Cabo Frio (RJ) e Ubatuba (SP) é definida pela dinâmica de diferentes massas de água e forçantes de mesoescala que acabam refletidas na distribuição da comunidade fitoplanctônica. Apesar de complexa, essa distribuição permite o reconhecimento de quatro setores distintos, ao menos durante o inverno: um restrito à região de Cabo Frio, onde a AT ocorre com influência da ACAS, sendo comuns espécies S- e R-estrategistas (dinoflagelados e diatomáceas). Um setor mais oceânico dominado pela AT, com queda das densidades totais (10 a 10^3 cél.L⁻¹) e presença de espécies nanoplanctônicas (cocolitoforídeos e dinoflagelados) C- e S-estrategistas, além de cianobactérias diazotróficas. Um setor mais nerítico, influenciado pela AC, com aumento das densidades totais (10^4 a 10^5 cél.L⁻¹) e espécies nanoplanctônicas de flagelados C-estrategistas e diatomáceas microplanctônicas R-estrategistas. Entre esses setores há uma zona intermediária, na porção central da plataforma, marcada pela mistura de massas de água, com AP em superfície e ACAS em subsuperfície, e presença de espécies com múltiplas estratégias (microplanctônicas).

Sugere-se que o agrupamento do fitoplâncton com base somente na caracterização taxonômica pode resultar em perda de informações relevantes sobre os fatores ambientais que influenciam a estrutura da comunidade fitoplanctônica. A utilização da classificação C-S-R ajuda a contornar esse problema, uma vez que aproxima os organismos pelos seus requerimentos fisiológicos, características morfológicas e estratégias ecológicas.

O presente trabalho é um dos poucos que investiga com detalhe a distribuição das espécies potencialmente nocivas, seu biovolume e eventuais estratégias ecológicas adotadas pelos integrantes desse grupo. Apesar de algumas diferenças terem sido encontradas em relação aos conceitos clássicos de cada estratégia, especialmente para as S-estrategistas potencialmente nocivas, o uso da classificação C-S-R mostrou ter um grande potencial na busca pela compreensão da distribuição espacial das espécies potencialmente nocivas sob as condições hidrodinâmicas presentes na margem continental sudeste brasileira.

Apenas R- e S-estrategistas potencialmente nocivas foram reconhecidas ao longo da área de estudo. As primeiras apresentaram forte relação com os ambientes de maior mistura próximos à costa e foram representadas, principalmente, por diatomáceas microplanctônicas com estratégias para o controle da velocidade de afundamento (como secreção de mucilagens e a formação de colônias ou agregados). Nessas regiões, as massas mais ricas em nutrientes (AC, AP e ACAS) dominaram a coluna de água e provocaram aumentos das densidades das espécies potencialmente nocivas (10^4 a 10^5 cél.L⁻¹).

As S-estrategistas potencialmente nocivas ocuparam com sucesso tanto a porção mais oceânica dominada pela AT quanto as regiões intermediárias, marcadas pela mistura de massas de água mais ricas em nutrientes (AC e AP carregadas pelas plumas estuarinas; ACAS em subsuperfície). Através de estratégias como a capacidade de nutrição mixotrófica e o controle da posição na coluna de água (em virtude da presença de flagelos e outras estruturas), os dinoflagelados foram os principais S-estrategistas. Com o afastamento da costa, as densidades das espécies potencialmente nocivas foram reduzidas (10 a 10^3 cél.L⁻¹).

Um dos elementos-chave para a gestão costeira é o entrelaçamento do conhecimento científico, das necessidades socioeconômicas e do arcabouço político. O fato da distribuição do fitoplâncton responder de forma direta a disposição das massas de água, e as concentrações de nutrientes associadas, reforça a importância do uso dos organismos fitoplanctônicos como indicadores das condições ambientais. Essa relação deve ser empregada na discussão sobre a classificação biogeográfica do Atlântico Sul, especialmente no que tange à melhor delimitação das províncias biogeográficas da margem continental brasileira. Contudo, há de se destacar que para um conhecimento mais acurado dos limites dos fenômenos de mesoescala e da distribuição das espécies fitoplanctônicas, são necessários levantamentos em mais pontos da margem brasileira e em diferentes épocas do ano, principalmente que contemplem as estações chuvosa e seca.

No caso específico das florações de algas potencialmente nocivas (FANs), fenômenos que vêm sendo registrados em todo o mundo com maior frequência, são urgentes políticas específicas e ações de monitoramento e controle. Uma vez que a porção sudeste da margem continental brasileira é influenciada pela presença de

plumas oriundas de baías costeiras (Guanabara e Sepetiba) submetidas a um avançado processo de degradação, é esperado que FANs possam ocorrer na plataforma adjacente. Através da ação constante de correntes bidirecionais na porção interna e média da plataforma é possível que essas florações dispersem pelo litoral fluminense, atingindo áreas turísticas, pesqueiras e de maricultura.

Pela proximidade com a baía de Guanabara, praias como Copacabana, Ipanema, Leblon e São Conrado, na zona sul da cidade do Rio de Janeiro, além de Itacoatiara e Piratininga em Niterói, podem sofrer com os efeitos nocivos das florações algais. No caso da baía de Sepetiba as praias mais expostas são àquelas da zona oeste da capital (Barra da Tijuca e Reserva), existindo ainda a possibilidade da região entre Angra dos Reis, Ilha Grande e Mangaratiba ser afetada.

Especial atenção deve ser dada ao monitoramento da qualidade da água que chega às praias cariocas durante o verão. Com as fortes chuvas típicas dessa época do ano, o fluxo de águas das baías costeiras para a plataforma adjacente pode aumentar e intensificar os casos de FANs no litoral. Como nessa situação são esperadas florações de diatomáceas como *Ceratoneis closterium*, *Thalassionema nitzschioides* e *Thalassiosira cf. delicatula*, de dinoflagelados como *Prorocentrum cf. balticum*, *P. cf. mexicanum*, *P. micans* e *Triplos fusus*, além do ciliado fototrófico *Mesodinium rubrum*, já associados a danos de ordem econômica (manchas, odores, espuma e morte de organismos), é prudente que as mesmas, juntamente com espécies do gênero *Tetraselmis*, sejam consideradas por eventuais políticas voltadas ao monitoramento e controle das FANs ao longo da margem continental sudeste brasileira.

No que concerne critérios de quali-quantificação, a despeito das densidades de 10^6 cél.L⁻¹ e 10^8 filamentos.L⁻¹ (essa última exclusivamente para as cianobactérias filamentosas) poderem ser usadas para balizar a tomada de decisão que envolva suspensões de retirada e venda de moluscos e peixes, além de interdições de praias e outros ambientes costeiros, é importante que espécies capazes de produzir toxinas com densidades menores, como aquelas do gênero *Dinophysis* produtoras de ácido ocadáico, sejam também consideradas pelos dispositivos legais voltados à questão das FANs na zona costeira brasileira.

REFERÊNCIAS

ACHA, E. M. et al. Marine fronts at the continental shelves of austral South America - Physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems*, [S.l.], v. 44, p. 83-105, 2004.

ACÚMULO de algas gerou mancha na Praia do Pina. *Leia Já*, Pernambuco, 06 fev. 2013. Disponível em: <<http://igpernambuco.leiaja.com/noticias/2013/acumulo-de-algas-gerou-mancha-na-praia-do-pina/>>. Acesso em: 22 set. 2013.

ADJOU, M.; BENDTSEN, J.; RICHARDSON, K. Modeling the influence from ocean transport, mixing and grazing on phytoplankton diversity. *Ecological Modelling*, [S.l.], v. 225, p. 19-27, 2012.

AGÊNCIA DINAMARQUESA DE NATUREZA. *The Danish Nature Agency*. Copenhagen: Danish Ministry of Environment, [2015]. Disponível em: <<http://naturstyrelsen.dk/vandmiljoe/badevand/alger/>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos*. 2. ed. Brasília, 2013. 157 p.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). *Web Maps*. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://maps.bdep.gov.br/website/mapas/viewer.htm>>. Acesso em: 29 jan. 2016.

AIDAR, E. et al. Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. *Publicação especial do Instituto Oceanográfico de São Paulo*, São Paulo, n. 10, p. 9-43, 1993.

AIKEN, J. et al. Phytoplankton pigments and functional types in the Atlantic Ocean: A decadal assessment, 1995-2005. *Deep-Sea Research II*, [S.l.], v. 56, p. 899-917, 2009.

AKTAN, Y. Large-scale patterns in summer surface water phytoplankton (except picophytoplankton) in the Eastern Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S.l.], v. 91, p. 551-558, 2011.

ALENCAR, E. Proliferação de algas colore de vermelho mar da Praia da Reserva. *O Globo*, Rio de Janeiro, 10 dez. 2013. Disponível em: <<http://extra.globo.com/noticias/rio/proliferao-de-algas-colore-de-vermelho-mar-da-praia-da-reserva-11021115.html>>. Acesso em: 03 fev. 2014.

ALEXANDER, H. et al. Functional group-specific traits drive phytoplankton dynamics in the oligotrophic ocean. *PNAS*, [S.l.], p. E5972-E5979, 2015.

ALMANDOZ, G. O. et al. Distribution and ecology of *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) in surface waters of the Weddell Sea (Antarctica). *Polar Biology*, [S.l.], v. 31, p. 429-442, 2008.

ÁLVAREZ-ROMERO, J. G. et al. A novel approach to model exposure of coastal-marine ecosystems to riverine flood plumes based on remote sensing techniques. *Journal of Environmental Management*, [S.l.], v. 119, p. 194-207, 2013.

ALVES-DE-SOUSA, C.; GONZÁLEZ, M. T.; IRIARTE, J. L. Functional groups in marine phytoplankton assemblages dominated by diatoms in fjords of southern Chile. *Journal of Plankton Research*, [S.l.], v. 30, n. 11, p. 1233-1243, 2008.

AMADO-FILHO, G. M. et al. Estrutura das comunidades fitobentônicas do infralitoral da Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 329-342, 2003.

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Brest: Centre National pour l'Exploration des Océans, 1983. 395 p.

AMORIM, B. Espuma densa volta a aparecer na orla da Zona Sul. *O Globo*, Rio de Janeiro, 21 jan. 2014. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/espuma-densa-volta-aparecer-na-orla-da-zona-sul-11360027>>. Acesso em: 03 fev. 2014.

ANDERSON, D. M. Approaches to monitoring, control and management of harmful algal blooms (HABs). *Ocean and Coastal Management*, [S.l.], v. 52, n. 7, p. 342-347, 2009.

_____. et al. Harmful algal blooms and eutrophication: Examining linkages from selected coastal regions of the United States. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 39-53, 2008.

_____; GLIBERT, P. M.; BURKHOLDER, J. M. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*, [S.l.], v. 25, n. 4b, p. 704-726, 2002.

ANDRADE, L. et al. Flow cytometry assessment of bacterioplankton in tropical marine environments. *Journal of Microbiological Methods*, [S.l.], v. 55, p. 841-850, 2003.

ARAÚJO, F. G. et al. Estrutura da comunidade de peixes demersais da Baía de Sepetiba, RJ. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 58, n. 3, p. 417-430, 1998.

ASSIREU, T. A.; STEVENSON, M. R.; STECH, J. L. Surface circulation and kinetic energy in the SW Atlantic obtained by drifters. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 23, p.145-157, 2003.

AUTORIDADE ALIMENTAR DA AUSTRÁLIA E NOVA ZELÂNDIA. Shellfish toxins in food: A Toxicological Review and Risk Assessment. *Technical Report Series*, Canberra, n. 14, p. 1-20, 2001.

AUTORIDADE DE SAÚDE PÚBLICA DO ÓREGON. *Harmful Algae Blooms*. Portland, OR: Harmful Algae Bloom Surveillance Program, 2015. Disponível em: <<http://public.health.oregon.gov/HealthyEnvironments/Recreation/HarmfulAlgaeBlooms/Pages/index.aspx>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

AUTORIDADE EUROPÉIA PARA A SEGURANÇA DOS ALIMENTOS. Use of the EFSA Comprehensive European Food Consumption Database in Exposure Assessment. *EFSA Journal*, Parma, v. 9, n. 3, p. 1-34, 2011.

AZEVEDO, A. C. F. *Variação nictemeral do microfitoplâncton na Baía de Guanabara e o transporte de espécies potencialmente nocivas entre esse sistema e o oceano adjacente*. 2011. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

AZEVEDO, S. M. F. O. et al. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru/Brazil. *Toxicology*, [S.l.], v. 181-182, p. 441-446, 2002.

BAEK, S. H. et al. Growth of dinoflagellates, *Ceratium furca* and *Ceratium fusus* in Sagami Bay, Japan: The role of nutrients. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 7, p. 729-739, 2008.

BALECH, E. Los dinoflagelados del Atlantico sudoccidental. *Publicação Especial do Instituto Espanhol Oceanográfico*, [Madrid], n. 1, p. 1-310, 1988.

BALOCCO, A. Rio: Maré marrom assusta banhistas. *Jornal do Brasil*, Rio de Janeiro, 27 dez. 2009. Disponível em: <<http://www.jb.com.br/rio/noticias/2009/12/27/rio-mare-marrom-assusta-banhistas/>>. Acesso em: 02 out. 2015.

BARTON, A. D. et al. On the roles of cell size and trophic strategy in North Atlantic diatom and dinoflagellate communities. *Limnology Oceanography*, [S.l.], v. 58, n. 1, p. 254-266, 2013a.

_____. The biogeography of marine plankton traits. *Ecology Letters*, [S.l.], v. 16, p. 522-534, 2013b.

BASSANI, C. et al. Plâncton do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro (21°00' a 23°30'S) - análise e síntese do conhecimento. *Oecologia brasiliensis*, [Rio de Janeiro], v. 7, p. 99-120, 1999.

BENKENDORFER, G.; SOARES-GOMES, A. Biogeography and biodiversity of gastropod molluscs from the eastern Brazilian continental shelf and slope. *Latin American Journal of Aquatic Research*, [S.l.], v. 37, n. 2, p. 143-159, 2009.

- BÉRGAMO, A. L. *Características Hidrográficas, da Circulação e dos Transportes de Volume e Sal na Baía de Guanabara (RJ): Variações Sazonais e Moduladas Pela Maré*. 2006. 169 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- BERGMAN, B. et al. *Trichodesmium* – a widespread marine cyanobacterium with unusual nitrogen fixation properties. *Fems Microbiology Reviews*, [S.l.], v. 37, n. 3, p. 286-302, 2013.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. *Gênero de algas de águas continentais do Brasil: Chave para identificação e descrição*. 2. ed. São Carlos: Rima Editora, 2006. 502 p.
- BISBAL, G. A. The Southeast South American shelf large marine ecosystem: Evolution and components. *Marine Policy*, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 21-38, 1995.
- BLASIAK, R. et al. Paradigms of sustainable ocean management. *Marine Policy*, [S.l.], v. 48, p. 206-211, 2014
- BLONDEAU-PATISSIER, D. et al. A review of ocean color remote sensing methods and statistical techniques for the detection, mapping and analysis of phytoplankton blooms in coastal and open oceans. *Progress in Oceanography*, [S.l.], v. 123, p. 123-144, 2014.
- BOECKEL, B.; BAUMANN, K. -H. Vertical and lateral variations in coccolithophore community structure across the subtropical frontal zone in the South Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*, [S.l.], v. 67, p. 255-273, 2008.
- BOLTOVSKOY, D. *South Atlantic Zooplankton*. Leiden: Backhuys Publishers, 1999. 1705 p.
- BOOTH, B. C. et al. Dynamics of *Chaetoceros socialis* blooms in the North Water. *Deep-Sea Research II*, [S.l.], v. 49, p. 5003-5025, 2002.
- BOYD, P. W. et al. Environmental control of open-ocean phytoplankton groups: Now and in the future. *Limnology and Oceanography*, [S.l.], v. 55, n. 3, p. 1353-1376, 2010.
- BRAGA, E. S. et al. Nutrient Distributions over the Southwestern South Atlantic continental shelf from Mar del Plata (Argentina) to Itajaí (Brazil): Winter– summer aspects. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 28, p. 1649-1661, 2008.
- ____; MÜLLER, T. J. Observation of regeneration of nitrate, phosphate and silicate during upwelling off Ubatuba, Brazil, 23°S. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 18, p. 915- 922, 1998.
- ____; NIENCHESKI, L. F. H. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. B.; MADUREIRA, L. S. -P. (Eds.). *O ambiente*

Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo: EDUSP, 2006. p. 161-218.

BRANDINI, F. P. et al. Deep chlorophyll maximum and plankton community response to oceanic bottom intrusions on the continental shelf in the South Brazilian Bight. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 89, p. 61-75, 2014.

BRASIL. Constituição (1988b). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado, 1988. 140 p.

_____. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 08 jan. 2007. Seção 1, p. 3.

_____. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988a. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 maio 1988. Seção 1, p. 8.633.

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Seção 1, p. 470.

_____. Ministério da Pesca e Agricultura. Instrução Normativa Interministerial nº 07, de 8 de maio de 2012. Institui o Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves (PNCMB), estabelece os procedimentos para a sua execução e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 09 maio 2012. Seção 1, p. 55-59.

_____. Ministério da Saúde. *Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano*. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2003. 56 p.

_____. Ministério da Saúde. Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000b. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 fev. 2001. Seção 1, p. 39.

_____. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011b. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n° 36, de 19 de janeiro de 1990. Aprova normas e o padrão de potabilidade da água para consumo humano em todo o território nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 jan. 1990. Seção 1, p. 1.651-1.654.

____. Ministério das Cidades. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014*. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212 p.

____. Ministério do Meio Ambiente. *Caderno setorial de recursos hídricos: saneamento*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2006. 68 p.

____. Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

____. Resolução CONAMA n° 274, de 29 de novembro de 2000a. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n.18, 25 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.

____. Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011a. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n. 92, 16 maio 2011. Seção 1, p. 89-89.

BRASIL, J.; HUSZAR, V. L. M. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental. *Oecologia Australis*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p. 799-834, 2011.

BREWING, R. J. W. et al. A three-component model of phytoplankton size class for the Atlantic Ocean. *Ecological Modelling*, [S.l.], v. 221, p. 1472-1483, 2010.

BULHÕES, M. Mancha avermelhada atinge praias da Região Oceânica. O *Fluminense*, Niterói, 04 ago. 2015. Disponível em: <<http://www.ofluminense.com.br/pt-br/cidades/mancha-avermelhada-atinge-praias-da-regi%C3%A3o-oce%C3%A2nica-de-niter%C3%B3i>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

BURKILL, P. H. et al. Dimethyl sulphide biogeochemistry within a coccolithophore bloom (DISCO): an overview. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, [S.l.], v. 49, n. 15, p. 2863-2885, 2002.

BUSHALL-NEWTON, K. L.; SELLNER, K. G. *Harmful Algal Blooms*. Silver Spring, MD: NOAA's State of the Coast Report, 1999. Disponível em: <http://state-of-coast.noaa.gov/bulletins/html/hab_14/hab.html>. Acesso em: 03 set. 2016.

BUTERA, R. et al. Ciguatera poisoning in early pregnancy and severe visual impairment in the child: a case report. *Clinical Toxicology*, [S.l.], v. 46, p. 407, 2008.

CALADO, L. et al. Eddy-induced upwelling off Cape São Tomé (22°S, Brazil). *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 30, p. 1181-1188, 2010.

____; GANGOPADHYAY, A.; SILVEIRA, I. C. A. Feature-oriented regional modeling and simulations (FORMS) for the western South Atlantic: Southeastern Brazil region. *Ocean Modelling*, [S.l.], v. 25, p. 48-64, 2008.

CALIMAN, A. Praia de Conceição da Barra apresenta coloração escura e espuma. *Gazeta Online*, Florianópolis, 02 fev. 2016. Disponível em: <http://www.gazetaonline.com.br/_conteudo/2016/02/noticias/norte/3926983-praia-de-conceicao-da-barra-apresenta-coloracao-escura-e-espuma.html>. Acesso em: 10 abr. 2016.

CALJON, A. *Brackish-water phytoplankton of the Flemish lowland*. Netherlands: Junk Publishers, 1983. 272 p.

CAMPOS, E. J. D. et al. Interannual variability of the sea surface temperature in the South Brazil Bight. *Geophysical Research Letters*, [S.l.], v. 26, n. 14, p. 2061-2064, 1999.

CANADÁ. Ministério da Justiça. *Food and Drug Regulations*, C.R.C., c. 870. Alteração de 13 de junho de 2015. [S.l., s.n.], 2015. 1254 p. Disponível em: <<http://laws-lois.justice.gc.ca>>. Acesso em: 01 set. 2015.

CANDIDA, S. Secretaria nega que manchas na Lagoa sejam causadas por poluição. *O Globo*, Rio de Janeiro, 16 set. 2013. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/secretaria-nega-que-manchas-na-lagoa-sejam-causadas-por-poluicao-9993294>>. Acesso em: 22 set. 2013.

CAO, W.; WONG, M. H. Current status of coastal zone issues and management in China: A review. *Environment International*, [S.l.], v. 33, p. 985-992, 2007.

CARBONEL, C. A. A.; VALENTIN, J. L. Numerical modelling of phytoplankton bloom in the upwelling ecosystem of Cabo Frio (Brazil). *Ecological Modelling*, [S.l.], v. 116, p. 135-148, 1999.

CARON, D. A. et al. Harmful algae and their potential impacts on desalination operations off southern California. *Water Research*, [S.l.], v. 44, n. 2, p. 385-416, 2010.

CAROPPO, C.; CONGESTRI, R.; BRUNO, M. Dynamics of *Dinophysis* sensu lato species (Dinophyceae) in a coastal Mediterranean environment (Adriatic Sea). *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 21, p. 1839-1854, 2001.

CARRETO, J. I. et al. Algal pigment patterns and phytoplankton assemblages in different water masses of the Río de la Plata maritime front. *Continental Shelf Research*, [S.I.], v. 28, n. 13, p. 1589-1606, 2008.

CARSTENSEN, J.; KLAIS, R.; CLOERN, J. E. Phytoplankton blooms in estuarine and coastal waters: Seasonal patterns and key species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S.I.], v. 162, p. 98-109, 2015.

CASTRO, B. M. et al. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. B.; MADUREIRA, L. S.-P. (Eds.). *O ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: EDUSP, 2006. p. 11-120.

CASTRO, N. O. *Distribuição espacial do pico e ultraplâncton na plataforma continental e talude entre Cabo Frio (RJ) e Ubatuba (SP) e sua relação com a hidrodinâmica local: inverno de 2010*. 2012. 191 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

____; MOSER, G. A. O. Florações de algas nocivas e seus efeitos ambientais. *Oecologia Australis*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 235-264, 2012.

CELLAMARE, M. et al. Using functional approaches to study phytoplankton communities in a temperate region exposed to tropical species dispersal. *Hydrobiologia*, [S.I.], v. 702, p. 267-282, 2013.

CERDA, C.; CASTRO, B. M. Hydrographic climatology of South Brazil Bight shelf waters between São Sebastião (24°S) and Cabo SãoTomé (22°S). *Continental Shelf Research*, [S.I.], v. 89, p. 5-14, 2014.

CERMEÑO, P. et al. Phytoplankton size structure and primary production in a highly dynamic coastal ecosystem (Ría de Vigo, NW-Spain): Seasonal and short-time scale variability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S.I.], v. 67, p. 251-266, 2006.

CHEN, M. et al. The dynamics of temperature and light on the growth of phytoplankton. *Journal of Theoretical Biology*, [S.I.], v. 385, p. 8-19, 2015.

CHORUS, I. *Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries*. Germany: Federal Environment Agency, 2012. Disponível em: <<http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4390.html>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

____; BARTRAM, J. *Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management*. London: E&FN Spon, 1999. 416 p.

CHRISTOFFERSEN, K. S.; WARMING, T. P. Denmark: Occurrence, Monitoring, and Management of Cyanobacteria and their Toxins in Danish Water Bodies. In: CHORUS, I. (Coord.). *Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk*

management and regulations in different countries. Germany: Federal Environment Agency, 2012. p. 49-53. Disponível em: <<http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4390.html>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

CIOTTI, A. M. et al. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Continental Shelf Research*, v. 15, n. 14, p. 1737-1756, 1995.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth, UK: Natural Environmental Research Council (UK), 1994. 144 p.

COELHO, H. Mortandade de peixes na Lagoa Rodrigo de Freitas incomoda turistas. *Portal G1*, Rio de Janeiro, 17 abr. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/04/mortandade-de-peixes-na-lagoa-rodrigo-de-freitas-incomoda-turistas.html>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

COMISSÃO EUROPEIA. *A Comissão Europeia: Informações gerais*. [S.l.], 2015. Disponível em: <http://ec.europa.eu/about/index_pt.htm>. Acesso em: 02 ago. 2015.

COMISSÃO OCEANOGRÁFICA INTERGOVERNAMENTAL. *Harmful Algal Bloom Programme*. Belgium: UNESCO, 2015. Disponível em: <http://hab.ioc-unesco.org/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=0>. Acesso em: 14 set. 2015.

COMISSÃO OSPAR. *Informações sobre a Convenção para a Proteção do Meio Marinho do Atlântico Nordeste*. London, 2015. Disponível em: <<http://www.ospar.org/>>. Acesso em: 14 set. 2015.

COMITÊ DE COORDENAÇÃO REGIONAL DE ALGAS (Austrália). *Algal contacts*. Sydney: Department of Primary Industries, [2015]. Disponível em: <<http://www.water.nsw.gov.au/water-management/water-quality/algal-information/algal-contacts>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

COMMITTEE ON ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES. *National assessment of harmful algal blooms in US waters*. Washington, USA: National Science and Technology Council Committee on Environment and Natural Resources, 2000. 45 p.

_____. *Scientific Assessment of Hypoxia in U.S. Coastal Waters*. Washington, USA: Interagency Working Group on Harmful Algal Blooms, Hypoxia, and Human Health of the Joint Subcommittee on Ocean Science and Technology, 2010. 154 p.

CONTI, L. A.; ARAÚJO, C. A. S. Aspectos da distribuição de padrões de temperatura superficial da água associados à topografia da plataforma continental do estado de São Paulo através da integração de Imagens LANDSAT e Modelos Digitais de Terreno. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. *Anais...*, Natal: INPE, 2009. p. 6431-6438.

CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O DIREITO DO MAR. Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Versão encontrada na Resolução da Assembléia da República de Portugal nº 60B/97. *Diário da República de Portugal*, n.º 238/97, Lisboa, 14 out. 1997. Série IA. Suplemento 1.

COPELAND, G. et al. Water quality in Sepetiba Bay, Brazil. *Marine Environmental Research*, [S.l.], v. 55, p. 385-408, 2003.

CORCORAN, A. A. et al. Spatiotemporal development of physical, chemical, and biological characteristics of stormwater plumes in Santa Monica Bay, California (USA). *Journal of Sea Research*, [S.l.], v. 63, p. 129-142, 2010.

CULLEN, J. J. et al. Patterns and prediction in microbial oceanography. *Oceanography*, [S.l.], v. 20, p. 34-46, 2007.

_____. et al. Physical influences on marine ecosystem dynamics. In: ROBINSON, A. R.; McCARTHY, J. J.; ROTHSCHILD, B. J. (Eds.). *The Sea*. v. 12, New York: John Wiley & Sons, 2002. p. 297-336.

CUNHA, C. L. N. et al. Hydrodynamics and water quality models applied to Sepetiba Bay. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 26, p. 1940-1953, 2006.

DAGG, M. et al. Transformation of dissolved and particulate materials on continental shelves influenced by large rivers: plume processes. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 24, p. 833-858, 2004.

DAI, M. et al. Effects of an estuarine plume-associated bloom on the carbonate system in the lower reaches of the Pearl River estuary and the coastal zone of the northern South China Sea. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 28, p. 1416-1423, 2008.

DALE, B.; MURPHY, M. A retrospective appraisal of the importance of high-resolution sampling for harmful algal blooms: Lessons from long-term phytoplankton monitoring at Sherkin Island, S.W. Ireland. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 40, p. 23-33, 2014.

DAVID, V. et al. Spatial and long-term changes in the functional and structural phytoplankton communities along the French Atlantic coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S.l.], v. 108, p. 37-51, 2012.

DAVIDSON, K. et al. Harmful algal blooms: How strong is the evidence that nutrient ratios and forms influence their occurrence?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S.l.], v. 115, p. 399-413, 2012.

DAVIES, P. Nutrient processes and chlorophyll in the estuaries and plume of the Gulf of Papua. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 24, p. 2317-2341, 2004.

DE LÉO, F. C.; PIRES-VANIN, A. M. S. Benthic megafauna communities under the influence of the South Atlantic Central Water intrusion onto the Brazilian SE shelf: A comparison between an upwelling and a non-upwelling ecosystem. *Journal of Marine Systems*, [S.l.], v. 60, p. 268-284, 2006.

DEPARTAMENTO DE CONSERVAÇÃO DO AMBIENTE DO ESTADO DE NOVA YORK. *Blue-Green Harmful Algal Blooms*. New York: Department of Environmental Conservation, 2015. Disponível em: <<http://www.dec.ny.gov/chemical/77118.html>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

DEPARTAMENTO DE PARQUES E VIDA SELVAGEM DO TEXAS. *Harmful Algal Blooms (HABs)*. Austin: Texas Parks and Wildlife Department, 2015. Disponível em: <<https://tpwd.texas.gov/landwater/water/environconcerns/hab/>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

DEPARTAMENTO DE SAÚDE DO ESTADO DE WASHINGTON. *Shellfish*. Washington, USA: Washington State of Health, [2015]. Disponível em: <<http://www.doh.wa.gov/CommunityandEnvironment/Shellfish>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

DIAZ, F. et al. Biogeochemical and ecological functioning of the low-salinity water lenses in the region of the Rhone River freshwater influence, NW Mediterranean Sea. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 28, p. 1511-1526, 2008.

DODGE, J. D. *Marine dinoflagellates of British Isle*. London: Her Majesty's Stationary Office, 1982. 303 p.

DÖRR, F. A. et al. Microcystins in South American aquatic ecosystems: occurrence, toxicity and toxicological assays. *Toxicon*, [S.l.], v. 56, n. 7, p. 1247-1256, 2010.

DOU-DING, L.; GOEBEL, J. Five red tide species in genus *Prorocentrum* including the description of *Prorocentrum donghaiense* Lu sp. Nov. from the East China Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, [S.l.], v. 19, n. 4, p. 337-344, 2001.

DURBIN, E. et al. North Atlantic right whales, *Eubalaena glacialis*, exposed to paralytic shellfish poisoning (PSP) toxins via a zooplankton vector, *Calanus finmarchicus*. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 1, p. 243-251, 2002.

EGLER, C. A. G.; GUSMÃO, P. P. Coastal management and climate change adaptation: the case of Rio de Janeiro Metropolitan Region, Brazil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 65-80, 2014.

EKAU, W.; KNOPPERS, B. An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. *Archive of Fishery and Marine Research*, [S.l.], v. 47, n. 2/3, p. 113-132, 1999.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Guidelines and Recommendations - Nutrient Pollution Policy and Data*. Washington (USA), 2015. Disponível em:

<<http://www2.epa.gov/nutrient-policy-data/guidelines-and-recommendations>>. Acesso em: 02 ago. 2015.

ESRI. *Mapas Apresentados de Atlas em Tempo Real*. São Paulo: Imagem Geosistemas e Comércio Ltda., 2016. Disponível em: <<https://www.arcgis.com/home/gallery.html#c=esri&t=maps&o=modified>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

FAASSEN, E. J. et al. First report of (homo)anatoxin-a and dog neurotoxicosis after ingestion of benthic cyanobacteria in The Netherlands. *Toxicon*, [S.l.], v. 60, p. 378-384, 2012.

FALKOWSKI, P. G. Light-shade adaptation in marine phytoplankton. In: _____. *Primary Productivity in the Sea*. New York: Plenum Press, 1980. p. 99-119.

FAUST, M. A. Morphology and life cycle events in *Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall et Dale (Dinophyceae). *Journal of Phycology*, [S.l.], v. 34, p. 173-179, 1998.

FEITOSA, A. Manchas escuras na água do mar assustam turistas nas praias de Fortaleza. *UOL*, Fortaleza, 08 jan. 2012. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2012/01/08/manchas-assustam-turistas-nas-praias-de-fortaleza.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

FENCHEL, T. The microbial loop - 25 years later. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, [S.l.], v. 366, p. 99-103, 2008.

_____; HANSEN, P. J. Motile behaviour of the bloom-forming ciliate *Mesodinium rubrum*. *Marine Biology Research*, [S.l.], v. 2, p. 33-40, 2006.

FENG, J. et al. Contrasting correlation patterns between environmental factors and chlorophyll levels in the global ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, [S.l.], v. 29, p. 2095-2107, 2015.

FENÔMENO natural: Mancha na praia chama atenção. *Macaé News*, Macaé, 17 abr. 2014. Disponível em: <<http://www.macaenews.com.br/noticia/3483-fenomeno-natural-mancha-na-praia-chama-atencao>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

FERNANDES, L. F.; FRASSÃO-SANTOS, E. K. Mucilaginous species of *Thalassiosira* Cleve emend. Hasle (Diatomeae) in South Brazilian waters. *Acta Botanica Brasílica*, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 31-42, 2011.

FERREIRA, J. G. et al. Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S.l.], v. 93, p. 117-131, 2011.

FIRE, S. E. et al. Domoic acid exposure in pygmy and dwarf sperm whales (*Kogia* spp.) from southeastern and mid-Atlantic U.S. waters. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 8, n. 5, p. 658-664, 2009.

FISTAROL, G. O. et al. Environmental and sanitary conditions of Guanabara Bay, Rio de Janeiro. *Frontiers in Microbiology*, [S.I.], v. 6, p. 1232-1264, 2015.

FLYNN, K. J. Attack is not the best form of defense: lessons from harmful algal bloom dynamics. *Harmful Algae*, [S.I.], v. 8, p. 129-139, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Marine biotoxins*. Rome, 2004. 53 p.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Natural Toxins. In: _____. Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance. Silver Spring, 2011. p. 99-112. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/ucm2018426.htm>>. Acesso em: 05 set. 2015.

FOUKAL, N. P.; THOMAS, A. C. Biogeography and phenology of satellite-measured phytoplankton seasonality in the California current. *Deep-Sea Research I*, [S.I.], v. 92, p. 11-25, 2014.

FROLOV, S.; KUDELA, R. M.; BELLINGHAM, J. G. Monitoring of harmful algal blooms in the era of diminishing resources: A case study of the U.S. West Coast. *Harmful Algae*, [S.I.], v. 21-22, p. 1-12, 2013.

GAETA, S. A.; RIBEIRO, S. M. S. Environmental forcing on phytoplankton biomass and primary productivity of the coastal ecosystem in Ubatuba region, southern Brazil. *Revista brasileira de oceanografia*, São Paulo, v. 47, n. 1, p. 11-27, 1999.

GALVÃO, C. Maré dissipa microorganismo na praia do Francês. *Alagoas 24 horas*, Maceió, 26 out. 2007. Disponível em: <<http://www.alagoas24horas.com.br/816681/mare-dissipa-microorganismo-na-praia-do-frances/>>. Acesso em: 13 set. 2015.

GARABINI, T. Mortandade de peixes na Lagoa Araruama é investigada. *Jornal Online Terceira Via*, Campos dos Goytacazes, 23 mai. 2015. Disponível em: <http://www.jornalterceiravia.com.br/noticias/estado_do_rj/69882/mortandade-de-peixes-na-lagoa-araruama-e-investigada...>. Acesso em: 22 ago. 2015.

GARCIA, C. A. E. et al. Chlorophyll variability and eddies in the Brazil-Malvinas Confluence region. *Deep-Sea Research Part II*, [S.I.], v. 51, p. 159-172, 2004.

GARCIA, M.; ODEBRECHT, C. Chave dicotômica ilustrada para a identificação de espécies de *Thalassiosira* Cleve (diatomácea) no estuário da Lagoa dos Patos e área costeira adjacente (Rio Grande do Sul, Brasil). *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 239-253, 2009a.

_____. Morphology and ecology of *Thalassiosira* Cleve (Bacillariophyta) species rarely recorded in Brazilian coastal waters. *Brazilian Journal of Biology*, [S.I.], v. 69, n. 4, p. 1059-1071, 2009b.

GARMENDIA, M. et al. Phytoplankton composition indicators for the assessment of eutrophication in marine waters: Present state and challenges within the European directives. *Marine Pollution Bulletin*, [S.l.], v. 66, p. 7-16, 2013.

GAYOSO, A. M.; PODESTÁ, G. P. Surface hydrography and phytoplankton of the Brazil-Malvinas currents confluence. *Journal of Plankton Research*, [S.l.], v. 18, n. 6, p.941-951, 1996.

GERBASE, F. Lagoa da Tijuca, na Barra, está coberta por algas. *O Globo*, Rio de Janeiro, 08 out. 2012. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/lagoa-da-tijuca-na-barra-esta-coberta-por-algas-6343345>>. Acesso em: 22 set. 2013.

GIBBONS, M. J. Pelagic biogeography of the South Atlantic Ocean. *Marine Biology*, [S.l.], v. 129, p. 757-768, 1997.

GIGLIOTTI, E. D. et al. Um método automático para a caracterização de vórtices oceânicos em imagens de satélite da Confluência Brasil-Malvinas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 3., 2008, Fortaleza. *Cd de resumos...*, Fortaleza: AOCEANO, 2008. p. 1-3.

GLIBERT, P. M. Margalef revisited: A new phytoplankton mandala incorporating twelve dimensions, including nutritional physiology. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 55, p. 25-30, 2016.

GOES, J. I. et al. Influence of the Amazon River discharge on the biogeography of phytoplankton communities in the western tropical north Atlantic. *Progress in Oceanography*, [S.l.], v. 120, p. 29-40, 2014.

GOMES, E. A. T. et al. Protozooplankton characterization of two contrasting sites in a tropical coastal ecosystem (Guanabara Bay, RJ). *Brazilian Journal of Oceanography*, São Paulo, v. 55, n. 1, p. 29-38, 2007.

GOMES, F. C. et al. Metal concentrations, fluxes, inventories and chronologies in sediments from Sepetiba and Ribeira Bays: A comparative study. *Marine Pollution Bulletin*, [S.l.], v. 59, p. 123-133, 2009.

GOMES, P. D. F. *A comunidade fitoplanctônica em dois pontos distintos de qualidade ambiental na Baía de Guanabara: variação espaço-temporal (2011 a 2014)*. 2016. 74 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

GÓMEZ, F.; SOUSSI, S. Unusual diatoms linked to climatic events in the northeastern English Channel. *Journal of Sea Research*, [S.l.], v. 58, p. 283-290, 2007.

GONÇALVES-ARAÚJO, R. et al. Brazil-Malvinas confluence: effects of environmental variability on phytoplankton community structure. *Journal of Plankton Research*, [S.I.], v. 34, n. 5, p. 399-415, 2012.

GONZALEZ, A. M. et al. Bacterial production in Guanabara Bay (Rio de Janeiro, Brazil) evaluated by ³H-leucine incorporation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 43, n. 5, p. 493-500, 2000.

GONZALEZ-SILVEIRA, A. et al. Biogeographical regions of the tropical and subtropical Atlantic Ocean off South America: classification based on pigment (CZCS) and chlorophyll-a (SeaWiFS) variability. *Continental Shelf Research*, [S.I.], v. 24, n. 9, p. 983-1000, 2004.

GOWEN, R. J.; TETT, P.; SMAYDA, T. J. Phytoplankton and the balance of nature: An opinion. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S.I.], v. 113, p. 317-323, 2012.

GRANÉLI, E.; WEBERG, M.; SALOMON, P. S. Harmful algal blooms of allelopathic microalgal species: the role of eutrophication. *Harmful Algae*, [S.I.], v. 8, n. 1, p. 94-102, 2008.

GRIME, J. P. Evidence for existence of 3 primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, [S.I.], v.111, p. 1169-94, 1977.

GROSSI, S. Algas tóxicas tingem de verde as águas das lagoas e praia da Barra. *Jornal do Brasil*, Rio de Janeiro, 27 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.jb.com.br/rio/noticias/2014/12/27/algas-toxicas-tingem-de-verde-as-aguas-das-lagoas-e-praia-da-barra/>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

GRUPO DE TAREFAS SOBRE ALGAS POTENCIALMENTE NOCIVAS DA CAROLINA DO SUL. *Algal bloom reporting*. Charleston, SC: South Carolina Task Group on Harmful Algae, 2015. Disponível em: <<http://www.scseagrant.org/hab/>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

GUENTHER, M.; VALENTIN, J. L. Bacterial and phytoplankton production in two coastal systems influenced by distinct eutrophication processes. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 172-178, 2008.

GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication. Galway: National University of Ireland, 2016. Disponível em: <<http://www.algaebase.org/>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

GUSTAFSON, D. E. et al. Cryptophyte algae are robbed of their organelles by the marine ciliate *Mesodinium rubrum*. *Nature*, [S.I.], v. 405, n. 29, p. 1049-1052, 2000.

HALLEGRAEFF, G. M. Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: a formidable predictive challenge. *Journal of Phycology*, [S.I.], v. 46, p. 220-235, 2010.

HALLEGRAEFF, G. M.; ANDERSON, D. M.; CEMBELLA, A. D. (Eds.). *Manual on harmful marine microalgae*. 2. ed. Paris: UNESCO, 2003. 793 p.

HAMMER, Ø. *Paleontological Statistics (PAST): 1999-2015*. Oslo: University of Oslo, Natural History Museum, 2015. 244 p. Relatório técnico.

HANSEN, P. J. et al. Acquired phototrophy in *Mesodinium* and *Dinophysis* – A review of cellular organization, prey selectivity, nutrient uptake and bioenergetics. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 28, p. 126-139, 2013.

HARAGUCHI, L.; ODEBRECHT, C. Dinophysiales (Dinophyceae) no extremo Sul do Brasil (inverno de 2005, verão de 2007). *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 101-114, 2010.

HARRED, L. B.; CAMPBELL, L. Predicting harmful algal blooms: a case study with *Dinophysis ovum* in the Gulf of Mexico. *Journal of Plankton Research*, [S.l.], p. 1-12, 2014.

HEISLER, J. et al. Eutrophication and harmful algal blooms: A scientific consensus. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 8, p. 3-13, 2008.

HENRY, T. Senate reauthorizes algae act. *The Blade*, Toledo, 15 fev. 2014. Disponível em: <<http://www.toledoblade.com/Politics/2014/02/15/Senate-reauthorizes-algae-act.html>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

HENSE, I.; BECKMANN, A. Towards a model of cyanobacteria life cycle-effects of growing and resting stages on bloom formation of N₂-fixing species. *Ecological Modelling*, [S.l.], v. 195, n. 3-4, p. 205-218, 2006.

HERNANDEZ-BECERRIL, D. U.; ALTAMIRANO, R. C.; ALONSO, R. The dinoflagellate genus *Prorocentrum* along the coasts of the Mexican Pacific. *Hydrobiologia*, [S.l.], v. 418, p. 111-121, 2000.

HERNÁNDEZ FARIÑAS, T. et al. Assessing phytoplankton realized niches using a French national phytoplankton monitoring network. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S.l.], v. 159, p. 15-27, 2015.

HILLEBRAND, H. et al. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*, [S.l.], v. 35, p. 403-424, 1999.

HO, J. C.; MICHALAK, A. M. Challenges in tracking harmful algal blooms: A synthesis of evidence from Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research*, [S.l.], v. 41, p. 317-325, 2015.

HOOKER, S. B.; REES, N. W.; AIKEN, J. An objective methodology for identifying oceanic provinces. *Progress in Oceanography*, [S.l.], v. 45, p. 313-338, 2000.

HUDNELL, H. K. The state of U.S. freshwater harmful algal blooms assessments, policy and legislation. *Toxicon*, [S.l.], v. 55, p. 1024-1034, 2010.

HUETE-ORTEGA, M. et al. Effect of environmental forcing on the biomass, production and growth rate of size-fractionated phytoplankton in the central Atlantic Ocean. *Journal of Marine Systems*, [S.l.], v. 88, p. 203-213, 2011.

IBAMA confirma que mancha em praias de São Francisco são algas. *A Notícia*, Joinville, 29 out. 2010. Disponível em:

<<http://www.clicrbs.com.br/anoticia/jsp/default.jsp?uf=2&local=18§ion=Geral&newsID=a3092008.htm>>. Acesso em: 30 dez. 2015.

IBELINGS, B. W. et al. Netherlands: Risks of toxic cyanobacterial blooms in recreational waters and guidelines. In: CHORUS, I. (Coord.). *Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries*. Germany: Federal Environment Agency, 2012. p. 82-96. Disponível em: <<http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4390.html>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

IMAGEM da Nasa mostra mancha de algas no litoral do Sul e Sudeste. *Portal G1*, São Paulo, 30 jan. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/01/imagem-da-nasa-mostra-mancha-de-algas-no-litoral-do-sul-e-sudeste.html>>. Acesso em: 03 fev. 2014.

INEA analisará amostras de água das praias da Barra e de São Conrado. *O Globo*, Rio de Janeiro, 23 nov. 2012a. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/inea-analisara-amostras-de-agua-das-praias-da-barra-de-sao-conrado-6815164>>. Acesso em: 22 set. 2013.

INEA vai vistoriar Lagoa de Marapendi para investigar mortandade de peixes. *Portal G1*, Rio de Janeiro, 11 dez. 2012b. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2012/12/inea-vai-vistoriar-lagoa-de-marapendi-para-investigar-mortandade-de-peixes.html>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil*. Rio de Janeiro, 2011. 176 p.

_____. Dimensão ambiental: Oceanos, mares e áreas costeiras. In: _____. *Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2004*. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/oceanos.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA DA COMISSÃO DE CONSERVAÇÃO DE PESCA E VIDA SELVAGEM DA FLÓRIDA. *Red Tide*. Tallahassee, FL: Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, 1999-2016. Disponível em: <<http://myfwc.com/research/redtide/>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (Rio de Janeiro). *Diagnóstico do setor costeiro da baía da Ilha Grande*: subsídios à elaboração do Zoneamento Ecológico-

Econômico Costeiro. 1 v. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdcz/~edisp/inea0073532.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

INSTITUTO FINLANDÊS DO AMBIENTE. *Algal reviews*. Helsinki: SYKE, 2015. Disponível em: <http://www.syke.fi/en-US/SYKE_Info/Communications_material/Algal_reviews>. Acesso em: 24 abr. 2016.

IRWIN, A. J.; NELLES, A. M.; FINKEL, Z. V. Phytoplankton niches estimated from field data. *Limnology Oceanography*, [S.l.], v. 57, n. 3, p. 787-797, 2012.

ISLABÃO, C. A.; ODEBRECHT, C. Dinoflagelados (Peridiniales, Prorocentrales) do microplâncton na plataforma continental e talude do extremo sul do Brasil (inverno 2005, verão 2007). *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 153-166, 2011.

ITO, R. G.; SCHNEIDER, B.; THOMAS, H. Distribution of surface fCO₂ and air-sea fluxes in the Southwestern subtropical Atlantic and adjacent continental shelf. *Journal of Marine Systems*, [S.l.], v. 56, p. 227-242, 2005.

JAKOBSEN, H. H. et al. Development of phytoplankton communities: Implications of nutrient injections on phytoplankton composition, pH and ecosystem production. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, [S.l.], v. 473, p. 81-89, 2015.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (Japão). *The Study on Recuperation of the Guanabara Bay Ecosystem*. 8 v. Tokyo: Kokusai Kogyo, 1994. 797 p.

JESTER, R. et al. A shift in the dominant toxin-producing algal species in central California alters phycotoxins in food webs. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 291-298, 2009.

JIANG, Z. et al. Controlling factors of summer phytoplankton community in the Changjiang (Yangtze River) Estuary and adjacent East China Sea shelf. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 101, p. 71-84, 2015.

JOCHEM, F.; BABENERD, B. Naked *Dictyocha speculum* - a new type of phytoplankton bloom in the Western Baltic. *Marine Biology*, [S.l.], v. 103, p. 373-379, 1989.

JOCHIMSEN, E. M. et al. Liver failure and death after exposure to microcystins at a hemodialysis center in Brazil. *The New England Journal of Medicine*, [S.l.], v. 338, n. 13, p. 873-878, 1998.

JOHNSON, M. D.; STOECKER, D. K.; MARSHALL, H. G. Seasonal dynamics of *Mesodinium rubrum* in Chesapeake Bay. *Journal of Plankton Research*, [S.l.], v. 0, n. 0, p. 1-17, 2013.

KINGSFORD, M. J.; SUTHERS, I. M. Dynamic estuarine plumes and fronts: importance to small fish and plankton in coastal waters of NSW, Australia. *Continental Shelf Research*, [S.I.], v. 14, n. 6, p. 655-672, 1994.

KIØRBOE, T. Turbulence, Phytoplankton Cell Size, and the Structure of Pelagic Food Webs. *Advances in Marine Biology*, [S.I.], v. 29, p. 1-72, 1993.

KJERFVE, B. et al. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental Shelf Research*, [S.I.], v. 17, n. 13, p. 1609-1643, 1997.

____; LACERDA, L. D. DE; DIAS, G. T. M. Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. In: SEELIGER, U.; KJERFVE, B. (Eds.). *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Ecological Studies. Berlin: Springer Verlag Heidelberg, 2001. p. 107-117.

KOIKE, K. et al. Occurrence of Okadaic Acid-producing *Prorocentrum lima* on the Sanriku Coast, Northern Japan. *Toxicon*, [S.I.], v. 36, n. 12, p. 2039-2042, 1998.

KOWALEWSKI, M. et al. Abundant Brachiopods on a Tropical, Upwelling-Influenced Shelf (Southeast Brazilian Bight, South Atlantic). *PALAIOS*, [S.I.], v. 17, p. 277-286, 2002.

KRISHNAN, A. A.; KRISHNAKUMAR, P. K.; RAJAGOPALAN, M. *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg) bloom along the southwest coast of India (Arabian Sea) and its impact on trace metal concentrations in seawater. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S.I.], v. 71, p. 641-646, 2007.

KUREKIN, A. A.; MILLER, P. I.; VAN DER WOERD, H. J. Satellite discrimination of *Karenia mikimotoi* and *Phaeocystis* harmful algal blooms in European coastal waters: Merged classification of ocean colour data. *Harmful Algae*, [S.I.], v. 31, p. 163-176, 2014.

KWONG, R. W. M. et al. The uptake, distribution and elimination of paralytic shellfish toxins in mussels and fish exposed to toxic dinoflagellates. *Aquatic Toxicology*, [S.I.], v. 80, n. 1, p. 82-91, 2006.

LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. Phytoplankton and primary production. In: ____ . *Biological Oceanography: An Introduction*. 1. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd., 1995. p. 39-73.

LAZARI, M. Acúmulo de algas provoca mancha escura no mar da Praia do Futuro em Fortaleza. *O Povo Online*, Fortaleza, 06 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/app/fortaleza/2013/03/06/noticiafortaleza,3017824/acumul-o-de-algas-provoca-mancha-escura-no-mar-da-praia-do-futuro-em-fo.shtml>>. Acesso em: 22 set. 2015.

- LEANDRO, L. F. et al. The copepod *Calanus finmarchicus*: A potential vector for trophic transfer of the marine algal biotoxin, domoic acid. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, [S.l.], v. 382, n. 2, p. 88-95, 2010.
- LEITE, R. Água escura e com cheiro forte afasta banhistas de praias no Rio. *O Globo*, Rio de Janeiro, 02 jan. 2014. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/agua-escura-com-cheiro-forte-afasta-banhistas-de-praias-no-rio-11196490>>. Acesso em: 03 fev. 2015.
- LELES, S. G. *Caracterização ecológica da comunidade fitoplanctônica em um estuário prístino e transporte de células entre os sistemas*. 2013. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- _____. et al. Short-term phytoplankton dynamics in response to tidal stirring in a tropical estuary (Southeastern Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, [São Paulo], v. 62, n. 4, p. 341-349, 2014.
- LEMOS, A. Mancha escura volta a aparecer no mar de Camburi. *Gazeta Online*, Vitória, 25 ago. 2015. Disponível em: <http://www.gazetaonline.com.br/_conteudo/2015/08/noticias/cidades/3906835-mancha-escura-volta-a-aparecer-no-mar-de-camburi.html>. Acesso em: 10 abr. 2016.
- LEVASSEUR, M. et al. Pelagic and epiphytic summer distributions of *Prorocentrum lima* and *P. mexicanum* at two mussel farms in the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Aquatic Microbial Ecology*, [S.l.], v. 30, p. 283-293, 2003.
- LEWANDOWSKA, A. M. et al. The importance of phytoplankton trait variability in spring bloom formation. *ICES Journal of Marine Science*, [S.l.], 09 abr. 2015. Disponível em: <<http://icesjms.oxfordjournals.org/content/early/2015/04/09/icesjms.fsv059>>. Acesso em: 13 jun. 2016.
- LEWITUS, A. J. et al. Harmful algal blooms along the North American west coast region: History, trends, causes, and impacts. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 19, p. 133-159, 2012.
- LI, H. -M. et al. Increased nutrient loads from the Changjiang (Yangtze) River have led to increased Harmful Algal Blooms. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 39, p. 92-101, 2014.
- LÍNGUA verde corre em praia de Búzios e pode prejudicar saúde de banhistas e moradores. *O Globo*, Rio de Janeiro, 27 jan. 2011. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/participe/mat/2011/01/27/lingua-verde-corre-em-praia-de-buzios-pode-prejudicar-saude-de-banhistas-moradores-923623099.asp>>. Acesso em: 02 out. 2014.

LINS DA SILVA, N. M.; VALENTIN, J. L.; BASTOS, C.T.B. O microfitoplâncton das águas costeiras do litoral fluminense (Estado do Rio de Janeiro): lista de espécies e aspectos ecológicos. *Boletim Instituto Oceanográfico*, São Paulo, v. 36, n. 1/2, p. 1-16, 1988.

LITCHMAN, E. et al. Linking traits to species diversity and community structure in phytoplankton. *Hydrobiologia*, [S.l.], v. 653, p. 15-28, 2010.

_____. et al. The role of phytoplankton functional traits in structuring phytoplankton communities: scaling from cellular to ecosystem level. *Ecology Letters*, [S.l.], v. 10, p. 1170-1181, 2007.

_____; KLAUSMEIER, C. A. Trait-Based Community Ecology of Phytoplankton. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, [S.l.], v. 39, p. 615-39, 2008.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitárias de lãs fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, Valparaíso, v. 22, n. 1, p. 1-29, 1986.

LOHRENZ, S. E. et al. Variations in phytoplankton pigments, size structure and community composition related to wind forcing and water mass properties on the North Carolina inner shelf. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 23, p. 1447-1464, 2003.

LONGHURST, A. *Ecological Geography of the Sea*. San Diego: Academic Press, 1998. 398 p.

LÓPEZ ABBATE, M. C. et al. Microplankton dynamics under heavy anthropogenic pressure. The case of the Bahía Blanca Estuary, southwestern Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, [S.l.], v. 95, p. 305-314, 2015.

LUGOLI, F. et al. Application of a new multi-metric phytoplankton index to the assessment of ecological status in marine and transitional waters. *Ecological Indicators*, [S.l.], v. 23, p. 338-355, 2012.

LUIZ, O. J. et al. Ecological traits influencing range expansion across large oceanic dispersal barriers: insights from tropical Atlantic reef fishes. *Proceedings of the Royal Society B*, [S.l.], v. 279, p. 1033-1040, 2012.

MACHADO, P.; JÚNIOR, J. Mancha no mar causa interdição em praia de Jauá. *Portal A Tarde*, Bahia, 12 fev. 2014. Disponível em: <<http://atarde.uol.com.br/materias/1568480-mancha-no-mar-causa-interdicao-em-praia-de-jaua>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

MAGALHÃES, V. F. et al. Microcystins (cyanobacteria hepatotoxins) bioaccumulation in fish and crustaceans from Sepetiba Bay (Brasil, RJ). *Toxicon*, [S.l.], v. 42, p. 289-295, 2003.

MAHIQUES, M. M. et al. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off southeast Brazil. *Deep-Sea Research I*, [S.I.], v. 24, p. 1685-1697, 2004.

MALVIYA, S. et al. Insights into global diatom distribution and diversity in the world's ocean. *PNAS*, [S.I.], p. E1516-E1525, 2016.

MANCHA em Copacabana foi causada por 'encontro de águas', diz Inea. *Portal G1*, Rio de Janeiro, 10 fev. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/02/mancha-no-mar-de-copacabana-foi-causada-encontro-de-aguas-diz-inea.html>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

MANCHA em Ponta Negra é chamada de Maré Vermelha. *Tribuna do Norte*, [S.I.], 23 jan. 2008. Disponível em: <<http://tribunadonorte.com.br/noticia/mancha-em-ponta-negra-e-chamada-de-mare-vermelha/64896>>. Acesso em: 20 set. 2015.

MANCHA que apareceu em Búzios, RJ, foi formada por microalgas, diz Inea. *Portal G1*, Região dos Lagos, 14 mai. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2014/05/mancha-que-apareceu-em-buzios-rj-foi-formada-por-microalgas-diz-inea.html>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

MANKIEWICZ-BOCZEK, J. et al. Poland: Management and Regulation of Toxic Cyanobacteria. In: CHORUS, I. (Coord.). *Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries*. Germany: Federal Environment Agency, 2012. p. 109-114. Disponível em: <<http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4390.html>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

MARÉ vermelha causa proibição de venda de ostras em SC. *Folha Online*, [S.I.], 09 abr. 2008. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u390412.shtml>>. Acesso em: 02 out. 2015.

MARGALEF, R. Life forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologia Acta*, [S.I.], v. 1, p. 493-509, 1978.

_____. Turbulence and marine life. *Scientia Marina*, [S.I.], v. 61, v. 1, p. 109-123, 1997.

MARICÁ: Mortandade de peixes afasta banhistas de lagoa na Barra. *Maricá Info*, Maricá, 17 jan. 2015. Disponível em: <<http://maricainfo.com/2015/01/17/marica-mortandade-de-peixes-afasta-banhistas-de-lagoa-na-barra.html>>. Acesso em: 02 set. 2015.

MARINESQUE, S.; KAPLAN, D. M.; RODWELL, L. D. Global implementation of marine protected areas: Is the developing world being left behind?. *Marine Policy*, [S.I.], v. 36, p. 727-737, 2012.

MARTINS, T. Maré vermelha na praia da Barra do Ceará assusta população. *Tribuna do Ceará*, 07 nov. 2013. Disponível em:

<<http://tribunadoceara.uol.com.br/noticias/ceara/mare-vermelha-na-praia-da-barrado-ceara-assusta-populacao/>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

MASÓ, M.; GARCÉS, E. Harmful microalgae blooms (HAB); problematic and conditions that induce them. *Marine Pollution Bulletin*, [S.l.], v. 53, n. 10-12, p. 620-630, 2006.

MASUDA, L. S. M. *Composição e distribuição dos organismos fitoplanctônicos na região do banco dos Abrolhos, Bahia*. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos Tropicais) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2009.

MATTOS NASCIMENTO, S. et al. *Ostreopsis ovata* blooms on Rio de Janeiro coast. *Harmful Algae News*, [S.l.], v. 37, p. 1-4, 2008.

MILICI, M. et al. Bacterioplankton Biogeography of the Atlantic Ocean: A Case Study of the Distance-Decay Relationship. *Frontiers in Microbiology*, [S.l.], v. 7, n. 590, p. 1-15, 2016.

MENDES, T.; LIMA, L. Espuma densa que cobre o mar afasta banhistas na Zona Sul. *O Globo*, Rio de Janeiro, 06 jan. 2014. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/espuma-densa-que-cobre-mar-afasta-banhistas-na-zona-sul-11217901>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

MESMO após mancha, banhistas nadam na Praia do Perequê, em SC. *G1 SC*, Florianópolis, 18 jan. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/verao/2016/noticia/2016/01/mesmo-apos-mancha-banhistas-nadam-na-praia-do-pereque-em-sc.html>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

MESQUITA, P.; RODRIGUES, C. Desobstrução de galerias pluviais leva água suja para a praia da Ponta Verde. *Portal G1*, Maceió, 05 mai. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2015/05/desobstrucao-de-galerias-pluviais-leva-agua-suja-para-praia-da-ponta-verde.html>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

METZLER, P. M. et al. New and regenerated production in the South Atlantic off Brazil. *Deep-Sea Research Part I*, [S.l.], v. 44, n. 3, p. 363-384, 1997.

MICROALGAS fazem surgir mancha escura na Praia de São Conrado. *O Globo*, Rio de Janeiro, 14 mar. 2014. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/microalgas-fazem-surgir-mancha-escura-na-praia-de-sao-conrado-11887692>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

MICROALGAS inofensivas ao meio ambiente são as responsáveis por coloração amarelada na Lagoa da Conceição. *Diário Catarinense*, Florianópolis, 30 jul. 2013. Disponível em: <<http://diariocatarinense.clicrbs.com.br/sc/geral/noticia/2013/07/microalgas-inofensivas-ao-meio-ambiente-sao-as-responsaveis-por-coloracao-amarelada...>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

MOELLER, H. V.; JOHNSON, M. D.; FALKOWSKI, P. G. Photoacclimation in the phototrophic marine ciliate *Mesodinium rubrum* (Ciliophora). *Journal of Phycology*, [S.l.], v. 47, p. 324-332, 2011.

MOESTRUP, Ø. et al. *Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae*. Belgium: IOC-UNESCO, 2009. Disponível em: <<http://www.marinespecies.org/HAB>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

MOSER, G. A. O. et al. Changes in phytoplankton composition in response to tides, wind-induced mixing conditions, and freshwater outflows in an urbanised estuarine complex. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 72, n. 1, p. 97-111, 2012.

_____. et al. Phytoplankton spatial distribution on the Continental Shelf off Rio de Janeiro, from Paraíba do Sul River to Cabo Frio. *Hydrobiologia*, [S.l.], v. 728, n. 1, p. 1-21, 2014.

_____. et al. The influence of surface low-salinity waters and cold subsurface water masses on picoplankton and ultraplankton distribution in the continental shelf off Rio de Janeiro, SE Brazil. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 120, p. 82-95, 2016.

_____; GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F. Biological and oceanographic upwelling indicators at Cabo Frio (RJ). *Revista brasileira de oceanografia*, São Paulo, v. 45, n. 1/2, p. 11-23, 1997.

NARAYANA, S. et al. Toxicity studies of *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg, 1830) bloom extracts, from Phoenix Bay, Port Blair, Andamans. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 40, p. 34-39, 2014.

NASELLI-FLORES, L.; PADISÁK, J.; ALBAY, M. Shape and size in phytoplankton ecology: do they matter? *Hydrobiologia*, [S.l.], v. 578, p. 157-161, 2007.

NATIONAL CENTERS FOR COASTAL OCEAN SCIENCE. *Harmful Algal Blooms*. Silver Spring, MD: NOAA, 2015. Disponível em: <<http://coastalscience.noaa.gov/research/habs/default>>. Acesso em: 07 set. 2015.

NATIONAL INSTITUTE OF MENTAL HEALTH. *NIH Image*. Maryland: National Institutes of Health, 2015. Disponível em: <<http://rsb.info.nih.gov/nih-image/>>. Acesso em: 21 nov. 2015.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. *NOAA Harmful Algal Bloom Operational Forecast System (HAB-OFS): Harmful Algal Bloom (Red Tide) Health Information*. Silver Spring, MD: NOAA, [2015]. Disponível em: <https://tidesandcurrents.noaa.gov/hab/hab_health_info.html>. Acesso em: 24 abr. 2016.

OLENINA, I. et al. *Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea*. Helsinki: Baltic Sea Environment Proceedings, n. 106, 2006. 144 p.

OLIVEIRA, M. R. L.; NICOLODI, J. L. Coastal Management in Brazil and ten years of the Orla Project. An analysis from the government's standpoint. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 91-100, 2012.

OLIVEIRA, S. Alerta de mar perigoso é ignorado por banhistas na Praia do Futuro. *O Povo Online*, Fortaleza, 22 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2014/12/22/noticiasjornalcotidiano,3366584/alerta-de-mar-perigoso-e-ignorado-por-banhistas-na-praia-do-futuro.shtml>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

OLIVER, M. J.; IRWIN, A. J. Objective global ocean biogeographic provinces. *Geophysical Research Letters*, [S.l.], v. 35, p. 1-6, 2008.

OMACHI, C. Y.; TAMANAHA, M. S.; PROENÇA, L. A. O. Bloom of *Alexandrium fraterculus* in coastal waters off Itajaí, SC, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, [S.l.], v. 55, n. 1, p. 57-61, 2007.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Coastal and fresh waters*. Geneva, 2003. 253 p.

OTAÑO, S. et al. Argentina: Cyanobacteria and Cyanotoxins: Identification, Toxicology, Monitoring and Risk Assessment. In: CHORUS, I. (Coord.). *Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries*. Germany: Federal Environment Agency, 2012. p. 16-20. Disponível em: <<http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4390.html>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

ÖZMAN-SAY, A. N.; BALKIS, N. Phytoplankton assemblages in the coastal zone of the Gulf of Iskenderun - North Eastern Mediterranean. *Pakistan Journal of Botany*, [S.l.], v. 44, n. 5, p. 1785-1798, 2012.

PAPPAS, J. L. Phytoplankton assemblages, environmental influences and trophic status using canonical correspondence analysis, fuzzy relations, and linguistic translation. *Ecological Informatics*, [S.l.], v. 5, p. 79-88, 2010.

PARAQUETTI, H. H. M. et al. Mercury distribution, speciation and fluxes in the Sepetiba Bay, tributaries, SE Brazil. *Water Research*, [S.l.], v. 38, p. 1439-1448, 2004.

PAREDES, M. A. et al. Update of risk assessments of main marine biotoxins in the European Union. *Toxicon*, [S.l.], v. 58, p. 336-354, 2011.

_____; MONTECINO, V. Size diversity as an expression of phytoplankton community structure and the identification of its patterns on the scale of fjords and channels. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 31, p. 272-281, 2011.

PARLAMENTO EUROPEU. Regulamento n° 853, de 29 de abril de 2004. Estabelece as regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios. *Official Journal of the European Union*, [S.l.], 30 abr. 2004. L 139/55.

PEIXES aparecem mortos na Praia dos Amores na Lagoa de Araruama, no RJ. *Portal G1*, Região dos Lagos, 18 fev. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2015/02/peixes-aparecem-mortos-na-praia-dos-amores-na-lagoa-de-araruama-no-rj.html>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

PEPERZAK, L. et al. Phytoplankton sinking rates in the Rhine region of freshwater influence. *Journal of Plankton Research*, [S.l.], v. 25, n. 4, p. 365-383, 2003.

PEREIRA, G. C.; EBECKEN, N. F. F. Knowledge discovering for coastal waters classification. *Expert Systems with Applications*, [S.l.], v. 36, p. 8604-8609, 2009.

PHYTO'PEDIA. *The Phytoplankton Encyclopaedia Project*. Vancouver: Department of Earth and Ocean Sciences /University of British Columbia, 2012. Disponível em: <<http://www.eos.ubc.ca/research/phytoplankton>>. Acesso em: 05 fev. 2015.

PLATT, T.; SUBBA RAO, D. V.; IRWIN, B. Photosynthesis of picoplankton in the oligotrophic ocean. *Nature*, [S.l.], v. 301, p. 702 - 704, 1983.

PRATES, A. P. L.; GONÇALVES, M. A.; ROSA, M. R. *Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil*. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2012. 152 p.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO E ALERTA DE FLORAÇÕES ALGAIS NOCIVAS DA CALIFÓRNIA. *The California Harmful Algal Bloom Monitoring and Alert Program (CalHABMAP)*. [S.l., 2015]. Disponível em: <<http://www.habmap.info/>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

PROGRAMA GloBallast. Programa desenvolvido como parceria entre o Fundo Global para o Meio Ambiente, o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas e a Organização Marítima Internacional sobre os problemas ambientais causados pela água de lastro. Disponível em: <<http://globallast.imo.org>>. Acesso em: 14 set. 2015.

PUMARIEGA, R. B. H.; MULLINGS, A. O. H. Ciguatera: posible transmisión sexual. A propósito de um caso. *Revista de Toxicología*, España, v. 25, n. 1-3, p. 67-68, 2008.

RAMALHO, S. Enorme mancha avermelhada surge na orla de Copacabana. *O Globo*, Rio de Janeiro, 27 dez. 2013. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/enorme-mancha-avermelhada-surge-na-orla-de-copacabana-11169242>>. Acesso em: 03 fev. 2014.

RAPALA, J. et al. Finland: Guidelines for monitoring of cyanobacteria and their toxins. In: CHORUS, I. (Coord.). *Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries*. Germany: Federal Environment Agency, 2012. p. 54-62. Disponível em: <<http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4390.html>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

REGUERA, B. et al. Harmful Dinophysis species: A review. *Harmful Algae*, [S.I.], v. 14, p. 87-106, 2012.

REHM, M. Mancha provocada por algas em praia de Santa Catarina é positiva para o meio ambiente. *Grupo Band RS*, [S.I.], 28 mai. 2010. Disponível em: <<http://www.bandrs.com.br/noticias/index.php?p=255&n=13732&PHPSESSID=540b529d9eb906abdf0851c2dad47f0>>. Acesso em: 21 dez. 2011.

RELLÁN, S. et al. First detection of anatoxin-a in human and animal dietary supplements containing cyanobacteria. *Food and Chemical Toxicology*, [S.I.], v. 47, p. 2189-2195, 2009.

RESENDE, P. et al. Distribution and ecological preferences of diatoms and dinoflagellates in the west Iberian Coastal zone (North Portugal). *Acta Oecologica*, [S.I.], v. 32, p. 224-235, 2007.

REYGONDEAU, G. et al. Dynamic biogeochemical provinces in the global ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, [S.I.], v. 27, p. 1046-1058, 2013.

REYNOLDS, C. S. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In: SANDGREN, C. D. (Ed.). *Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 1988. p. 388-433.

_____. Phytoplankton assemblages and their periodicity in stratifying lake systems. *Holarctic Ecology*, [S.I.], v. 3, p. 141-159, 1980.

_____. Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biology*, [S.I.], v. 14, p. 111-142, 1984a.

_____. Plant life of the pelagic. *Proceedings of the International Association for Theoretical and Applied Limnology*, [S.I.], v. 26, p. 97-113, 1996.

_____. *The Ecology of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 1984b. 384 p.

_____. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2006. 550 p.

_____. et al. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, [S.I.], v. 24, p. 417-428, 2002.

_____; PADISÁK, J. Plankton, Status and Role of. *Encyclopedia of Biodiversity*, [S.I.], v. 6, p. 24-38, 2013.

RIEGMAN, R. et al. Size-differential control of phytoplankton and the structure of plankton communities. *Netherlands Journal of Sea Research*, [S.I.], v. 31, p. 255-265, 1993.

RIVIÈRE, P.; PONDAVEN, P. Phytoplankton size classes competitions at sub-mesoscale in a frontal oceanic region. *Journal of Marine Systems*, [S.l.], v. 60, p. 345-364, 2006.

ROCHA, C. Algas chegam ao mar da Barra. *O Globo*, Rio de Janeiro, 07 fev. 2012. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/algas-chegam-ao-mar-da-barra-3902782>> Acesso em: 22 set. 2013.

RODRIGUES, A. M. T. A gestão ambiental e a zona costeira: como operar nesta área complexa, onde se sobrepõem tantos usos e conflitos?. *Contrapontos*, Itajaí, v. 3, n. 1, p. 97-105, 2003.

RODRIGUES, C.; GUSTAVO, D. Mancha escura volta a aparecer em praias de Maceió após tarde chuvosa. *G1 AL*, Maceió, 18 fev. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2016/02/manchaescuravoltaaparecerempriaisdemaceioapostardechuvosa.html>>. Acesso em: 05 mar. 2016.

RODRIGUES, P. P. G. W. *Aporte de Metais Pesados para a Baía de Sepetiba e seu Comportamento na Região Estuarina*. 1990. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1990.

RODRIGUES, R. R.; LORENZZETTI, J. A. A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on the Southeast Brazilian coastal upwelling. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 21, p. 371-394, 2001.

RODRIGUES, S. V. et al. Phytoplankton community structures in shelf and oceanic waters off southeast Brazil (20°-25°S), as determined by pigment signatures. *Deep-Sea Research I*, [S.l.], v. 88, p. 47-62, 2014.

SABETTA, L. et al. Body size-abundance distributions of nano- and micro-phytoplankton guilds in coastal marine ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [S.l.], v. 63, p. 645-663, 2005.

SACILOTTO DETONI, A. M. et al. Toxic *Trichodesmium* bloom occurrence in the southwestern South Atlantic Ocean. *Toxicon*, [S.l.], v. 110, p. 51-55, 2016.

SALMASO, N.; NASELLI-FLORES, L.; PADISÁK, J. Functional classifications and their application in phytoplankton ecology. *Freshwater Biology*, [S.l.], v. 60, p. 603-619, 2015.

SALZMAN, M.; MADSEN, J. M.; GREENBERG, M. I. Toxins: bacterial and marine toxins. *Clinics in Laboratory Medicine*, [S.l.], v. 26, n. 2, p. 397-419, 2006.

SANCHES, C. Mancha em praia de Maceió não pode ter surgido de causas naturais, diz IMA. *Portal G1*, Maceió, 05 mai. 2015. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2015/05/mancha-em-praia-de-maceio-nao-pode-ter-surgido-de-causas-naturais-diz-ima.html>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

SANTOS, V. S. et al. Auto- and heterotrophic nanoplankton and filamentous bacteria of Guanabara bay (RJ, Brazil): estimates of cell/filament numbers versus carbon content. *Brazilian Journal of Oceanography*, São Paulo, v. 55, n. 2, p. 133-143, 2007.

SATO, Y. et al. Photosensitizing hemolytic toxin in *Heterocapsa circularisquama*, a newly identified harmful red tide dinoflagellate. *Aquatic Toxicology*, [S.I.], v. 56, n. 3, p. 191-196, 2002.

SCHERER, M.; SANCHES, M.; NEGREIROS, D. H. Gestão das zonas costeiras e as políticas públicas no Brasil: um diagnóstico. In: BARRAGÁN MUÑOZ, J. M. (Coord.). *Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de Cambio*. Cádiz: Red IBERMAR (CYTED), 2010. p. 291-330.

SCHETTINI, C. A. F. et al. Variabilidade temporal das características oceanográficas e ecológicas da região de influência fluvial do rio Itajaí-Açu. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, [S.I.], v. 9, n. 2, p. 93-102, 2005.

SCHOFIELD, O. et al. Phytoplankton productivity in a turbid buoyant coastal plume. *Continental Shelf Research*, [S.I.], v. 63, p. S138-S148, 2013.

SCRIPTORE, J. S.; TONETO JÚNIOR, R. A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 46, n. 6, p. 1479-1504, 2012.

SELLNER, K. G.; DOUCETTE, G. J.; KIRKPATRICK, G. J. Harmful algal blooms: causes, impacts and detection. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, [S.I.], v. 30, p. 383-406, 2003.

SENADO (Brasil). *Orçamentos temáticos*. Orçamento do Meio Ambiente: extrato do orçamento da União contendo as ações que, segundo a metodologia adotada, promovem a pesquisa, preservação, defesa e recuperação ambiental nos meios urbano e rural do Brasil. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/orcamento/tematicoambiente>>. Acesso em: 15 set. 2015.

SILVA, L. C. F. et al. Gabarito tentativo para as massas de água da costa sudeste brasileira. *Anais Hidrográficos*, Rio de Janeiro, v. 41, p. 261-312. 1984.

SILVA, L. S.; MIRANDA, L. B. DE; CASTRO, B. M. Estudo numérico da circulação e da estrutura termohalina na região adjacente a ilha de São Sebastião (SP). *Revista Brasileira de Geofísica*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 197-221, 2004.

SILVA, N. C. S. M. *Fitoplâncton como descritor de setores oceanográficos no Atlântico Sul (20°S)*. 2012. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Biologia Marinha) - Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SILVEIRA, I. C. A. et al. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. *Revista brasileira de oceanografia*, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 171-183, 2000.

SMAYDA, T. J. Adaptive Ecology, Growth Strategies and the Global Bloom Expansion of Dinoflagellates. *Journal of Oceanography*, [S.l.], v. 58, p. 281-294, 2002.

____; REYNOLDS, C. S. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *Journal of Sea Research*, [S.l.], v. 49, p. 95-106, 2003.

SOARES-GOMES, A. et al. An environmental overview of Guanabara Bay, Rio de Janeiro. *Regional Studies in Marine Science*, [S.l.], 2016. No prelo.

SOLÉ, J. et al. Modelling allelopathy among marine algae. *Ecological Modelling*, [S.l.], v. 183, n.4, p. 373-384, 2005.

SOTERO-SANTOS, R. B. et al. Occurrence and toxicity of an Anabaena bloom in a tropical reservoir (Southeast Brazil). *Harmful Algae*, [S.l.], v. 7, n. 5, p. 590-598, 2008.

SOURNIA, A. Form and function in marine phytoplankton. *Biological Revue*, [S.l.], v. 57, p. 347-394, 1982.

SOUZA, R. B.; ROBINSON, I. S. Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current. *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 24, p. 241-262, 2004.

SOUZA, R. V.; PETCOV, H. F. D. *Comércio legal de moluscos bivalves*. Florianópolis: Epagri (Boletim Didático 95), 2013. 58 p.

SPALDING, M. D. et al. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience*, [S.l.], v. 57, n. 7, p. 573-583, 2007.

____. et al. Pelagic provinces of the world: A biogeographic classification of the world's surface pelagic waters. *Ocean & Coastal Management*, [S.l.], v. 60, p. 19-30, 2012.

STANCA, E.; CELLAMARE, M.; BASSET, A. Geometric shape as a trait to study phytoplankton distributions in aquatic ecosystems. *Hydrobiologia*, [S.l.], v. 701, p. 99-116, 2013.

STEVENSON, M. R. et al. How do cold water biota arrive in a tropical bay near Rio de Janeiro, Brazil? *Continental Shelf Research*, [S.l.], v. 18, p. 1595-1612, 1998.

- SUGUNAMA, M. et al. Okadaic acid: an additional mom-phorbol-12-tetradecanoate-13-acetate-type tumor promoter. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, [Washington, DC], v. 85, p. 1768-1771, 1988.
- SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, [S.I.], v. 25, n. 11, p. 1331-1346, 2003.
- SUSINI-RIBEIRO, S. M. M. et al. Topographical and hydrographical impacts on the structure of microphytoplankton assemblages on the Abrolhos Bank region, Brazil. *Continental Shelf Research*, [S.I.], v. 70, p. 88-96, 2013.
- SUZUKI, C. Assessing change of environmental dynamics by legislation in Japan, using red tide occurrence in Ise Bay as an indicator. *Marine Pollution Bulletin*, [S.I.], v. 102, n. 2, p. 283-288, 2016.
- TENENBAUM, D. R. et al. A “new” sight on microbial plankton ecology: coastal x oceanic system in Brazil. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 9, p. 133-152, 2001.
- _____. et al. *Phytoplankton Atlas, Sepetiba Bay, Brazil*. Londres: Globallast Monography series n° 16, 2004. 132 p.
- TIBURCIO, A. S. X. S. et al. A comunidade microfitoplanctônica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Atlântico Norte-Equatorial): variação diurna e espacial. *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 203-215, 2011.
- TINOCO, D. Mancha na Praia de Piratininga assusta banhistas. *O Globo*, Niterói, 21 dez. 2011. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/bairros/mancha-na-praia-de-piratininga-assusta-banhistas-3490307>>. Acesso em: 02 out. 2014.
- THOMAS, M. K.; KREMER, C. T.; LITCHMAN, E. Environment and evolutionary history determine the global biogeography of phytoplankton temperature traits. *Global Ecology and Biogeography*, [S.I.], v. 25, p. 75-86, 2016.
- THURMAN, C. L.; FARIA, S. C.; MCNAMARA, J. C. The distribution of fiddler crabs (*Uca*) along the coast of Brazil: implications for biogeography of the western Atlantic Ocean. *Marine Biodiversity Records*, [Reino Unido], v. 6, p. 1-21, 2013.
- TOMAS, C. R. *Identifying marine phytoplankton*. San Diego: Academic Press, 1997. 858 p.
- TOTTI, C. et al. Phytoplankton size-distribution and community structure in relation to mucilage occurrence in the northern Adriatic Sea. *Science of the Total Environment*, [S.I.], v. 353, p. 204-217, 2005.
- TRAINER, V. L.; BADEN, D. G. High affinity binding of red tide neurotoxins to marine mammal brain. *Aquatic Toxicology*, [S.I.], v. 46, p. 139-148, 1999.

TRIPATHY, S. C. et al. Deep chlorophyll maximum and primary productivity in Indian Ocean sector of the Southern Ocean: Case study in the Subtropical and Polar Front during austral summer 2011. *Deep-Sea Research II*, [S.I.], v. 118, p. 240-249, 2015.

TURKI, S. et al. Harmful algal blooms (HABs) associated with phycotoxins in shellfish: What can be learned from five years of monitoring in Bizerte Lagoon (Southern Mediterranean Sea)?. *Ecological Engineering*, [S.I.], v. 67, p. 39-47, 2014.

ULÉN, B. M.; WEYHENMEYER, G. A. Adapting regional eutrophication targets for surface waters-influence of the EU Water Framework Directive, national policy and climate change. *Environmental Science & Policy*, [S.I.], v. 10, p. 734-742, 2007.

UTERMÖHL, H. Perfeccionamiento del metodo cuantitativo del fitoplancton. *Comun. Assoc. Int. Limnol. Teor. Apl.*, Michigan, n. 9, p. 89, 1958.

VADRUCCI, M. R. et al. Ability of phytoplankton trait sensitivity to highlight anthropogenic pressures in Mediterranean lagoons: A size spectra sensitivity index (ISS-phyto). *Ecological Indicators*, [S.I.], v. 34, p. 113-125, 2013.

___; CABRINI, M.; BASSET, A. Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystems of Mediterranean Ecoregion. *Transitional Waters Bulletin*, [S.I.], v. 2, p. 83-102, 2007.

VALENTIN, J. L. et al. O sistema planctônico da Baía de Guanabara: síntese do conhecimento. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 9, p. 35-59, 1999.

VALLINA, S. M. et al. Global relationship between phytoplankton diversity and productivity in the ocean. *Nature Communications*, [S.I.], v. 5, n. 4299, p. 1-10, 2014.

VAN APELDOORN, M. E.; VAN EGMOND, H. P.; SPEIJERS, G. J. A. *Neurotoxic shellfish poisoning: a review*. Netherlands: National Institute of Public Health, 2001. 70 p.

VAN DEN BERGH, J. C. J. M. et al. Exotic harmful algae in marine ecosystems: an integrated biological-economic-legal analysis of impacts and policies. *Marine Policy*, [S.I.], v. 26, n. 1, p. 59-74, 2002.

VAN DOLAH, F. M. Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence. *Environmental Health Perspectives*, [S.I.], v. 108, p. 133-141, 2000.

VARONA-CORDERO, F.; GUTIERREZ-MENDIETA, F. J.; DEL CASTILLO, M. E. M. Phytoplankton assemblages in two compartmentalized coastal tropical lagoons (Carretas-Pereyra and Chantuto-Panzacola, Mexico). *Journal of Plankton Research*, [S.I.], v. 0, n. 0, p. 1-17, 2010.

VECCHIONE, M. et al. The effect of the North Atlantic Subpolar Front as a boundary in pelagic biogeography decreases with increasing depth and organism size. *Progress in Oceanography*, [S.I.], v. 138, p. 105-115, 2015.

VICHI, M. et al. The emergence of ocean biogeochemical provinces: A quantitative assessment and a diagnostic for model evaluation. *Global Biogeochemical Cycles*, [S.l.], v. 25, n. GB2005, p. 1-17, 2011.

VÍDEO mostra mortandade de peixes em lagoas da Zona Oeste do Rio. *Portal G1*, Rio de Janeiro, 22 ago. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2013/08/video-mostra-mortandade-de-peixes-em-lagoas-da-zona-oeste-do-rio.html>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

VIEITES, J. M.; LEIRA, F. S. Incidence of marine toxins on industrial activity. In: BOTANA, L. M. *Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology, and Detection*. Florida: CRC Press, 2000. p. 741-760.

VILA, M.; MASÓ, M. Phytoplankton functional groups and harmful algal species in anthropogenically impacted waters of the NW Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, [S.l.], v. 69, n. 1, p. 31-45, 2005.

VILLAC, M. C. et al. *Pseudo-nitzschia brasiliensis* (Bacillariophyceae), an opportunistic diatom on the coast of the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Atlântica*, Rio Grande, v. 27, n. 2, p. 139-145, 2005.

____; CABRAL-NORONHA, V. A. P.; PINTO, T. D. O. The phytoplankton biodiversity of the coast of the state of São Paulo, Brazil. *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 151-173, 2008.

____; TENENBAUM, D. R. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. I. Historical account of its biodiversity. *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 271-292, 2010.

WANG, Z. -H.; QI, Y. -Z.; YANG, Y. -F. Cyst formation: an important mechanism for the termination of *Scrippsiella trochoidea* (Dinophyceae) bloom. *Journal of Plankton Research*, [S.l.], v. 29, n. 2, p. 209-218, 2007.

WATLING, L. et al. A proposed biogeography of the deep ocean floor. *Progress in Oceanography*, [S.l.], v. 111, p. 91-112, 2013.

WEITHOFF, G. The concepts of 'plant functional types' and 'functional diversity' in lake phytoplankton – a new understanding of phytoplankton ecology?. *Freshwater Biology*, [S.l.], v. 48, p. 1669-1675, 2003.

WORD REGISTER OF MARINE SPECIES EDITORIAL BOARD. *World Register of Marine Species*. Base de dados de espécies. Disponível em: <<http://www.marinespecies.org>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

WYATT, T. Margalef's mandala and phytoplankton bloom strategies. *Deep-Sea Research II*, [S.l.], v. 101, p. 32-49, 2014.

YAN, F. et al. Feature of phytoplankton community and canonical correlation analysis with environmental factors in Xiaoqing River estuary in autumn. *Procedia Engineering*, [S.l.], v. 37, p. 19-24, 2012.

YANG, S. L. et al. Decline of Yangtze River water and sediment discharge: Impact from natural and anthropogenic changes. *Scientific Reports*, [S.l.], v. 5, n. 12581, p. 1-14, 2015.

YIH, W. et al. The red-tide ciliate *Mesodinium rubrum* in Korean coastal waters. *Harmful Algae*, [S.l.], v. 30S, p. S53-S61, 2013.

YU, W. et al. Phytoplankton community and environmental correlates in a coastal upwelling zone along western Taiwan Strait. *Journal of Marine Systems*, [S.l.], v. 154, p. 252-263, 2016.

ZHANG, H. et al. An improved ecological model and software for short-term algal bloom forecasting. *Environmental Modelling & Software*, [S.l.], v. 48, p. 152-162, 2013.

ZHANG, X. et al. Feeding characteristics of a golden alga (*Poteroochromonas* sp.) grazing on toxic cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Water Research*, [S.l.], v. 43, n. 12, p. 2953-2960, 2009.

APÊNDICE A - Estações e profundidades de coleta para a análise do fitoplâncton
(continua)

| Tran. | Est. | Data | Início (h) | Latitude | Longitude | Prof. (m) | Posição coluna |
|-------|------|------------|------------|---------------|---------------|-----------|----------------|
| T1 | 1 | 26/06/2010 | 01:00 | 23° 05' 07" S | 41° 59' 37" W | 3 50 | S PMC |
| | 2 | 26/06/2010 | 04:00 | 23° 13' 38" S | 41° 57' 17" W | 3 40 | S PMC |
| | 3 | 26/06/2010 | 07:12 | 23° 27' 52" S | 41° 54' 40" W | 3 50 | S PMC |
| | 4 | 26/06/2010 | 09:50 | 23° 39' 29" S | 41° 53' 19" W | 3 45 | S PMC |
| | 5 | 26/06/2010 | 12:00 | 23° 46' 14" S | 41° 52' 26" W | 3 42 | S PMC |
| | 6 | 26/06/2010 | 14:45 | 23° 57' 08" S | 41° 50' 49" W | 3 35 | S PMC |
| T2 | 7 | 27/06/2010 | 03:03 | 24° 13' 30" S | 42° 52' 50" W | 3 85 | S PMC |
| | 8 | 27/06/2010 | 08:05 | 23° 59' 26" S | 42° 55' 35" W | 3 58 | S PMC |
| | 9 | 27/06/2010 | 10:45 | 23° 52' 48" S | 42° 56' 46" W | 3 50 | S PMC |
| | 10 | 27/06/2010 | 13:52 | 23° 36' 28" S | 43° 00' 11" W | 3 47 | S PMC |
| | 11 | 27/06/2010 | 17:06 | 23° 19' 11" S | 43° 04' 02" W | 3 26 | S PMC |
| | 12 | 27/06/2010 | 19:02 | 23° 10' 13" S | 43° 05' 51" W | 3 23 | S PMC |
| | 13 | 27/06/2010 | 21:05 | 23° 01' 40" S | 43° 07' 11" W | 3 12 | S PMC |
| | 14 | 27/06/2010 | 23:00 | 22° 55' 21" S | 43° 08' 39" W | 3 10 | S PMC |
| T3 | 15 | 28/06/2010 | 07:30 | 23° 05' 29" S | 44° 04' 16" W | 3 10 | S PMC |
| | 16 | 28/06/2010 | 09:13 | 23° 13' 23" S | 44° 01' 48" W | 3 12 | S PMC |
| | 17 | 28/06/2010 | 11:13 | 23° 23' 35" S | 43° 56' 23" W | 3 30 | S PMC |
| | 18 | 28/06/2010 | 14:05 | 23° 40' 24" S | 43° 50' 47" W | 3 30 | S PMC |
| | 19 | 28/06/2010 | 21:15 | 23° 57' 23" S | 43° 45' 35" W | 3 35 | S PMC |

APÊNDICE A - Estações e profundidades de coleta para a análise do fitoplâncton
(conclusão)

| Tran. | Est. | Data | Início (h) | Latitude | Longitude | Prof. (m) | Posição coluna |
|-------|------|------------|------------|---------------|---------------|-----------|----------------|
| T3 | 20 | 29/06/2010 | 00:10 | 24° 12' 00" S | 43° 37' 37" W | 3 | S |
| | | | | | | 50 | PMC |
| | 21 | 29/06/2010 | 01:30 | 24° 18' 55" S | 43° 35' 55" W | 3 | S |
| | | | | | | 60 | PMC |
| | 22 | 29/06/2010 | 03:40 | 24° 26' 04" S | 43° 31' 58" W | 3 | S |
| | | | | | | 41 | PMC |
| OF | 23 | 29/06/2010 | 11:35 | 24° 53' 13" S | 44° 08' 08" W | 3 | S |
| | | | | | | 80 | PMC |
| | 24 | 29/06/2010 | 18:30 | 25° 02' 34" S | 44° 39' 22" W | 3 | S (n.a.) |
| | | | | | | 80 | PMC |
| | 25 | 29/06/2010 | 21:26 | 24° 53' 37" S | 44° 43' 49" W | 3 | S |
| | | | | | | 50 | PMC |
| T4 | 26 | 30/06/2010 | 01:55 | 24° 29' 17" S | 44° 52' 25" W | 3 | S |
| | | | | | | 38 | PMC |
| | 27 | 30/06/2010 | 04:25 | 24° 14' 58" S | 44° 54' 10" W | 3 | S |
| | | | | | | 25 | PMC |
| | 28 | 30/06/2010 | 08:35 | 23° 56' 01" S | 44° 56' 41" W | 3 | S |
| | | | | | | 20 | PMC |
| | 29 | 30/06/2010 | 11:42 | 23° 34' 57" S | 45° 03' 55" W | 3 | S |
| | | | | | | 10 | PMC |

Legenda: Tran. = Transecto, onde T1 = Transecto 1 (Cabo Frio); T2 = Transecto 2 (baía de Guanabara); T3 = Transecto 3 (baía de Sepetiba); T4 = Transecto 4 (baía de Ubatuba); OF = Estação offshore. Est. = Estação, Prof. = Profundidade de coleta (em metros), S = Superfície, PMC = Profundidade do máximo de clorofila, n.a. = amostra não-analisada.

Fonte: A autora, 2016.

APÊNDICE B - Listagem taxonômica (continua)

Domínio Prokaryota

Reino Eubacteria

Filo Cyanobacteria

Classe Cyanophyceae

Subclasse Nostocophycideae

Ordem Nostocales

Família Nostocaceae

Gênero *Anabaena*

Anabaena sp. 1

Anabaena sp. 2

Subclasse Oscillatoriophycideae

Ordem Oscillatoriales

Oscillatoriales sp. 1

Oscillatoriales sp. 2

Oscillatoriales sp. 3

Oscillatoriales sp. 4

Família Phormidiaceae

Subfamília Phormidioideae

Gênero *Trichodesmium*

Trichodesmium erythraeum Ehrenberg ex Gomont

Trichodesmium sp. 1

Domínio Eukaryota

Reino Chromista

Filo Ciliophora

Classe Ciliatea

Ordem Ciliatea ordo incertae sedis

Família Didiniidae

Gênero *Mesodinium*

Mesodinium rubrum Leegaard

Filo Dinophyta

Classe Dinophyceae

Ordem Actinisciales

Família Actiniscaceae

Gênero *Actiniscus*

Actiniscus pentasterias (Ehrenberg) Ehrenberg

Ordem Dinophysiales

Família Amphisoleniaceae

Gênero *Amphisolenia*

Amphisolenia bidentata Schröder

Família Dinophysaceae

Gênero *Dinophysis*

Dinophysis acuminata Claparède & Lachmann

Dinophysis cf. *argus* (Stein) Abé

Dinophysis caudata Saville-Kent

Dinophysis exigua Kofoid & Skogsberg

Dinophysis cf. *ovum* Schütt

APÊNDICE B - Listagem taxonômica (continuação)

- Dinophysis* sp. 1
- Gênero *Histioneis*
 - Histioneis megalocopa* Stein
- Família Oxyphysiaceae
- Gênero *Phalacroma*
 - Phalacroma* cf. *doryphorum* Stein
 - Phalacroma* cf. *mitra* F.Schütt
 - Phalacroma rotundatum* (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener
- Ordem Dinotrichales
- Família Dinotrichaceae
- Gênero *Gymnodinium*
 - Gymnodinium* sp. 1
 - Gymnodinium* sp. 2
 - Gymnodinium* sp. 3
 - Gymnodinium* sp. 4
 - Gymnodinium* sp. 5
 - Gymnodinium* sp. 6
- Ordem Gonyaulacales
- Família Ceratiaceae
- Gênero *Tripos*
 - Tripos azoricus* (Cleve) F.Gómez
 - Tripos furca* (Ehrenberg) F.Gómez
 - Tripos fusus* (Ehrenberg) F.Gómez
 - Tripos gibberus* (Gourret) F.Gómez
 - Tripos* cf. *horridus* (Cleve) F.Gómez
 - Tripos kofoidii* (Jörgenen) F.Gómez
 - Tripos* cf. *lineatus* (Ehrenberg) F.Gómez
 - Tripos* cf. *massiliensis* (Gourret) F.Gómez
 - Tripos teres* (Kofoid) F.Gómez
 - Tripos trichoceros* (Ehrenberg) Gómez
 - Tripos* sp. 1
- Família Goniodomataceae
- Gênero *Alexandrium*
 - Alexandrium* cf. *fraterculus* (Balech) Balech
 - Alexandrium* sp. 1
 - Alexandrium* sp. 2
 - Alexandrium* sp. 3
 - Alexandrium* sp. 4
- Gênero *Triadinium*
 - Triadinium polyedricum* (Pouchet) Dodge
- Família Gonyaulacaceae
- Gênero *Gonyaulax*
 - Gonyaulax* sp. Diesing
- Família Pyrophacaceae
- Gênero *Pyrophacus*
 - Pyrophacus horologium* F.Stein
 - Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall & Dale

APÊNDICE B - Listagem taxonômica (continuação)

- Ordem Gymnodiniales
 - Gymnodiniales sp. 1
 - Gymnodiniales sp. 2
 - Família Gymnodiniaceae
 - Gênero *Gyrodinium*
 - Gyrodinium* sp. 1
 - Gyrodinium* sp. 2
- Ordem Peridinales
 - Peridinales sp. 1
 - Família Heterocapsaceae
 - Gênero *Heterocapsa*
 - Heterocapsa* cf. *niei* (Loeblich III) Morrill & Loeblich III
 - Heterocapsa* cf. *rotundata* (Lohmann) G.Hansen
 - Heterocapsa* sp. 1
 - Família Oxytoxaceae
 - Gênero *Oxytoxum*
 - Oxytoxum* cf. *laticeps* Schiller
 - Oxytoxum* cf. *scolopax* Stein
 - Oxytoxum* *variabile* Schiller
 - Família Peridiniaceae
 - Subfamília Calciodinelloideae
 - Gênero *Scripsiella*
 - Scripsiella acuminata* (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S.Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling
 - Scripsiella spinifera* G.Honsell & M.Cabrini
 - Scripsiella* sp. 1
 - Família Peridinales incertae sedis
 - Gênero *Corythodinium*
 - Corythodinium belgicae* (Meunier) F.J.R.Taylor
 - Corythodinium* sp. 1
 - Família Podolampadaceae
 - Gênero *Podolampas*
 - Podolampas palmipes* Stein
 - Podolampas* sp. 1
 - Podolampas* sp. 2
 - Família Protopteridiniaceae
 - Gênero *Protopteridinium*
 - Protopteridinium* cf. *divergens* (Ehrenberg) Balech
 - Protopteridinium* cf. *parviventris* Balech
 - Protopteridinium steinii* (Jørgensen) Balech
 - Protopteridinium* sp. 1
 - Protopteridinium* sp. 2
 - Protopteridinium* sp. 3
 - Protopteridinium* sp. 4
 - Ordem Procentrales
 - Família Procentraceae
 - Gênero *Procentrum*
 - Procentrum* cf. *balticum* (Lohmann) Loeblich

APÊNDICE B - Listagem taxonômica (continuação)

Prorocentrum gracile Schütt
Prorocentrum cf. lima (Ehrenberg) F.Stein
Prorocentrum cf. mexicanum Osorio-Tafall
Prorocentrum micans Ehrenberg
Prorocentrum cf. scutellum Schröder
Prorocentrum sp. 1
Prorocentrum sp. 2

Ordem Pyrocystales

Família Pyrocystaceae

Gênero *Pyrocystis*

Pyrocystis lunula (Schütt) Schütt

Filo Haptophyta

Classe Coccolithophyceae

Coccolithophyceae sp. 1

Coccolithophyceae sp. 2

Subclasse Prymnesiophycidae

Ordem Coccolithales

Coccolithales sp. 1

Coccolithales sp. 2

Família Calcidiscaceae

Gênero *Umbilicosphaera*

Umbilicosphaera sp. Lohmann

Família Calyptosphaeraceae

Calyptosphaeraceae sp. 1

Calyptosphaeraceae sp. 2

Gênero *Calyptrolithophora*

Calyptrolithophora sp. Heimdal

Ordem Syracosphaerales

Syracosphaerales sp. 1

Syracosphaerales sp. 2

Syracosphaerales sp. 3

Família Calciosoleniaceae

Gênero *Calciosolenia*

Calciosolenia brasiliensis (Lohmann) J.R.Young

Calciosolenia murrayi Gran

Família Rhabdosphaeraceae

Gênero *Discosphaera*

Discosphaera sp. Haeckel

Família Syracosphaeraceae

Gênero *Michaelsarsia*

Michaelsarsia sp. Gran in J. Murray & Hjort

Gênero *Ophiaster*

Ophiaster sp. Gran in Murray & Hjort

Ordem Zygodiscales

Família Helicosphaeraceae

APÊNDICE B - Listagem taxonômica (continuação)

Gênero *Helicosphaera*

Helicosphaera sp. 1

Helicosphaera sp. 2

Filo Ochrophyta

Classe Coscinodiscophyceae

Coscinodiscophyceae sp. 1

Coscinodiscophyceae sp. 2

Coscinodiscophyceae sp. 3

Coscinodiscophyceae sp. 4

Ordem Asterolamprales

Família Asterolampraceae

Gênero *Asteromphalus*

Asteromphalus cf. *flabellatus* (Brébisson) Greville

Ordem Biddulphiales

Família Biddulphiaceae

Gênero *Biddulphia*

Biddulphia cf. *antediluviana* (Ehrenberg) Van Heurck

Ordem Chaetocerotales

Família Chaetocerotaceae

Gênero *Bacteriastrum*

Bacteriastrum delicatulum Cleve

Bacteriastrum hyalinum Lauder

Gênero *Chaetoceros*

Chaetoceros decipiens Cleve

Chaetoceros lorenzianus Grunow

Chaetoceros peruvianus Brightwell

Ordem Corethrales

Família Corethraceae

Gênero *Corethron*

Corethron sp. Castracane

Ordem Coscinodiscales

Família Coscinodiscaceae

Gênero *Coscinodiscus*

Coscinodiscus cf. *bouvet* Karsten

Coscinodiscus cf. *radiatus* Ehrenberg

Coscinodiscus sp. 1

Família Heliopeltaceae

Gênero *Actinoptychus*

Actinoptychus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg

Família Gossleriellaceae

Gênero *Gossleriella*

Gossleriella tropica Schütt

Ordem Hemiaulales

Família Hemiaulaceae

Gênero *Cerataulina*

APÊNDICE B - Listagem taxonômica (continuação)

- Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey
- Gênero *Climacodium*
- Climacodium frauenfeldianum* Grunow
- Gênero *Eucampia*
- Eucampia* sp. Ehrenberg
- Gênero *Hemiaulus*
- Hemiaulus hauckii* Grunow ex Van Heurck
- Hemiaulus membranaceus* Cleve
- Hemiaulus sinensis* Greville
- Ordem Lithodesmiales
- Família Lithodesmiaceae
- Gênero *Tropidoneis*
- Tropidoneis* sensu Tomas (1997)
- Gênero *Helicotheca*
- Helicotheca tamesis* (Shrubsole) M.Ricard
- Ordem Paraliales
- Família Paraliaceae
- Gênero *Paralia*
- Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve
- Ordem Rhizosoleniales
- Família Rhizosoleniaceae
- Gênero *Dactyliosolen*
- Dactyliosolen fragilissimus* (Bergon) Hasle
- Gênero *Guinardia*
- Guinardia flaccida* (Castracane) H.Peragallo
- Guinardia striata* (Stolterfoth) Hasle
- Guinardia* sp. 1
- Gênero *Neocalyptrella*
- Neocalyptrella robusta* (G.Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo
- Gênero *Proboscia*
- Proboscia* sp. Sundström
- Gênero *Rhizosolenia*
- Rhizosolenia* cf. *acuminata* (H.Peragallo) H.Peragallo
- Rhizosolenia setigera* f. *pungens* (A.Cleve) Brunel
- Rhizosolenia* sp. 1
- Rhizosolenia* sp. 2
- Rhizosolenia* sp. 3
- Ordem Thalassiosirales
- Família Stephanodiscaceae
- Gênero *Cyclotella*
- Cyclotella litoralis* Lange & Syvertsen
- Cyclotella stylorum* Brightwell
- Cyclotella* sp. 1
- Família Thalassiosiraceae
- Gênero *Thalassiosira*
- Thalassiosira* cf. *decipiens* (Grunow) E.G.Jørgensen
- Thalassiosira* cf. *delicatula* Ostenfeld

APÊNDICE B - Listagem taxonômica (continuação)

Thalassiosira cf. *gravida* Cleve

Thalassiosira cf. *leptopus* (Grunow ex Van Heurck) Hasle & G.Fryxell

Thalassiosira cf. *punctigera* (Castracane) Hasle

Thalassiosira sp. 1

Thalassiosira sp. 2

Thalassiosira sp. 3

Ordem Triceratiales

Família Triceratiaceae

Gênero *Odontella*

Odontella sp. 1

Odontella sp. 2

Classe Bacillariophyceae

Bacillariophyceae sp. 1

Bacillariophyceae sp. 2

Bacillariophyceae sp. 3

Bacillariophyceae sp. 4

Bacillariophyceae sp. 5

Bacillariophyceae sp. 6

Ordem Bacillariales

Família Bacillariaceae

Gênero *Ceratoneis*

Ceratoneis closterium Ehrenberg

Gênero *Fragilariopsis*

Fragilariopsis sp. Hustedt in Schmidt

Gênero *Nitzschia*

Nitzschia braarudi G.R.Hasle

Nitzschia morfotipo *nitzschiella*

Gênero *Pseudo-nitzschia*

Pseudo-nitzschia "delicatissima" sp. 1

Pseudo-nitzschia "seriata" sp. 1

Pseudo-nitzschia "seriata" sp. 2

Pseudo-nitzschia "seriata" sp. 3

Pseudo-nitzschia "seriata" sp. 4

Pseudo-nitzschia cf. *pungens* (Grunow ex Cleve) G.R.Hasle

Ordem Eunotiales

Família Eunotiaceae

Gênero *Eunotia*

Eunotia sp. Ehrenberg

Ordem Naviculales

Naviculales sp. 1

Naviculales sp. 2

Naviculales sp. 3

Naviculales sp. 4

Naviculales sp. 5

Naviculales sp. 6

Naviculales sp. 7

APÊNDICE B - Listagem taxonômica (continuação)

Naviculales sp. 8

Naviculales sp. 9

Naviculales sp. 10

Naviculales sp. 11

Naviculales sp. 12

Naviculales sp. 13

Naviculales sp. 14

Naviculales sp. 15

Naviculales sp. 16

Naviculales sp. 17

Naviculales sp. 18

Família Naviculaceae

Gênero *Meuniera*

Meuniera membranacea (Cleve) P.C.Silva

Gênero *Navicula*

Navicula cf. *distans* (W.Smith) Ralfs

Família Pleurosigmataceae

Gênero *Gyrosigma-Pleurosigma*

Gyrosigma-Pleurosigma sp. 1

Gyrosigma-Pleurosigma sp. 2

Gyrosigma-Pleurosigma sp. 3

Ordem Surirellales

Família Surirellaceae

Gênero *Psammodictyon*

Psammodictyon sp. D.G.Mann

Classe Fragilariophyceae

Ordem Thalassionematales

Família Thalassionemataceae

Thalassionemataceae sp. 1

Thalassionemataceae sp. 2

Thalassionemataceae sp. 3

Thalassionemataceae sp. 4

Thalassionemataceae sp. 5

Thalassionemataceae sp. 6

Thalassionemataceae sp. 7

Thalassionemataceae sp. 8

Gênero *Lioloma*

Lioloma pacificum (Cupp) Hasle

Lioloma sp. 1

Gênero *Thalassionema*

Thalassionema cf. *frauenfeldii* (Grunow) Tempère & Peragallo

Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky

Classe Dictyochophyceae

Ordem Dictyochales

Família Dictyochaceae

Gênero *Dictyocha*

APÊNDICE B - Listagem taxonômica (conclusão)

Dictyocha cf. antarctica Lohmann

Dictyocha crux Ehrenberg

Dictyocha fibula Ehrenberg

Dictyocha sp. 1

Classe Raphidophyceae

Raphidophyceae sp. 1

Reino Plantae

Filo Chlorophyta

Classe Chlorodendrophyceae

Ordem Chlorodendrales

Família Chlorodendraceae

Gênero *Tetraselmis*

Tetraselmis sp. 1

Tetraselmis sp. 2

Classe Pyramimonadophyceae

Ordem Pyramimonadales

Família Pyramimonadaceae

Gênero *Pyramimonas*

Pyramimonas sp. 1

Pyramimonas sp. 2

Reino Protozoa

Filo Euglenozoa

Classe Euglenophyceae

Euglenophyceae sp. 1

Euglenophyceae sp. 2

Euglenophyceae sp. 3

Euglenophyceae sp. 4

Euglenophyceae sp. 5

Flagelados nanoplanctônicos

Flagelado sp. 1

Flagelado sp. 2

Flagelado sp. 3

Flagelado sp. 4

Flagelado sp. 5

Flagelado sp. 6

Flagelado sp. 7

Flagelado sp. 8

Flagelado sp. 9

Flagelado sp. 10

Fonte: A autora, 2016.

APÊNDICE C - Relação dos formatos geométricos associados aos taxa frequentes e constantes com a bibliografia consultada sobre o tema (continua)

| Taxa | Formato | Referência formato | Observações⁶ |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---|
| <i>Anabaena</i> sp. 1 | Cilindro | Olenina et al. (2006) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| Coccolithales sp. 1 | Esfera | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| Coccolithophyceae sp. 1 | Esfera | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| Coccolithophyceae sp. 2 | Esfera | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Cyclotella</i> sp. 1 | Cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| Flagelado sp. 1 | Prisma em base elíptica | - | Elipsoide segundo Olenina et al. (2006) |
| <i>Helicosphaera</i> sp. 2 | Esfera | Hillebrand et al. (1999) | - |
| <i>Lioloma</i> sp. 1 | Paralelepípedo | Hillebrand et al. (1999) | Cilindro segundo Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Ophiaster</i> sp. | Esferoide prolado | Hillebrand et al. (1999) | - |
| <i>Oxytoxum variable</i> | Esferoide prolado | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Prorocentrum</i> sp. 1 | Cone + meia-esfera | - | Elipsoide segundo Hillebrand et al. (1999) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007). Para Olenina et al. (2006) classificado como elipsoide achatado ou cone 10% |
| <i>Prorocentrum</i> sp. 2 | Elipsoide achatado | Olenina et al. (2006) | Elipsoide segundo Hillebrand et al. (1999) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007). Para Olenina et al. (2006) classificado ainda como cone 10% |

⁶ Hillebrand et al. (1999), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) fazem, geralmente, considerações sobre os gêneros.

APÊNDICE C - Relação dos formatos geométricos associados aos taxa frequentes e constantes com a bibliografia consultada sobre o tema (conclusão)

| Taxa | Formato | Referência formato | Observações |
|--|--------------------------|---------------------------|---|
| <i>Pyrocystis lunula</i> | Prisma em forma de foice | - | Elipsoide segundo Hillebrand et al. (1999) e Sun e Liu (2003) |
| <i>Scrippsiella spinifera</i> | Cone + meia-esfera | Moser et al. (2014) | Elipsoide segundo Hillebrand et al. (1999) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> | Paralelepípedo | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| Thalassionemataceae sp. 1 | Paralelepípedo | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado por Hillebrand et al. (1999), Olenina et al. (2006) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) para a maioria dos gêneros da família |
| Thalassionemataceae sp. 2 | Paralelepípedo | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado por Hillebrand et al. (1999), Olenina et al. (2006) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) para a maioria dos gêneros da família |
| Thalassionemataceae sp. 4 | Paralelepípedo | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado por Hillebrand et al. (1999), Olenina et al. (2006) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) para a maioria dos gêneros da família |
| <i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i> | Cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006) - para <i>Thalassiosira</i> spp.- e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Thalassiosira</i> cf. <i>gravida</i> | Cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Thalassiosira</i> cf. <i>leptopus</i> | Cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006) - para <i>Thalassiosira</i> spp.- e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Umbilicosphaera</i> sp. | Esfera | Hillebrand et al. (1999) | - |

Fonte: A autora, 2016.

APÊNDICE D - Relação dos formatos geométricos associados às espécies potencialmente nocivas com a bibliografia consultada sobre o tema (continua)

| Taxa | Formato | Referência formato | Observações⁷ |
|--|-------------------------|---------------------------|--|
| <i>Alexandrium cf. fraterculus</i> | Elipsoide achatado | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Cerataulina pelagica</i> | Cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Ceratoneis closterium</i> | Esferoide + 2 cilindros | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007). Para Olenina et al. (2006) considerado como elipsoide rotacional |
| <i>Chaetoceros decipiens</i> | Prisma em base elíptica | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006) e Sun e Liu (2003). Para Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) considerado cilindro |
| <i>Chaetoceros lorenzianus</i> | Prisma em base elíptica | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006) e Sun e Liu (2003). Para Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) considerado cilindro |
| <i>Chaetoceros peruvianus</i> | Prisma em base elíptica | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Sun e Liu (2003). Para Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) considerado cilindro |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia "delicatissima"</i> sp. 1 | Prisma losângico | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) e Sun e Liu (2003). Para Olenina et al. (2006) considerado como paralelepípedo 10% |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia "seriata"</i> sp. 1 | Prisma losângico | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) e Sun e Liu (2003). Para Olenina et al. (2006) considerado como paralelepípedo 20% |

⁷ Hillebrand et al. (1999), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) fazem, geralmente, considerações sobre os gêneros.

APÊNDICE D - Relação dos formatos geométricos associados às espécies potencialmente nocivas com a bibliografia consultada sobre o tema (continuação)

| Taxa | Formato | Referência formato | Observações |
|--|---------------------------|-----------------------------------|--|
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia</i> "seriata" sp. 2 | Prisma losângico | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) e Sun e Liu (2003). Para Olenina et al. (2006) considerado como paralelepípedo 20% |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia</i> "seriata" sp. 3 | Prisma losângico | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) e Sun e Liu (2003). Para Olenina et al. (2006) considerado como paralelepípedo 20% |
| Complexo <i>Pseudo-nitzschia</i> "seriata" sp. 4 | Prisma losângico | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) e Sun e Liu (2003). Para Olenina et al. (2006) considerado como paralelepípedo 20% |
| <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> | Cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Dictyocha fibula</i> | Esfera | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Sun e Liu (2003) |
| <i>Dinophysis acuminata</i> | Elipsoide achatado | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Dinophysis caudata</i> | Elipsoide achatado + cone | Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) | Para Sun e Liu (2003) seria elipsoide achatado |
| <i>Dinophysis exigua</i> | Elipsoide achatado | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Dinophysis</i> cf. <i>ovum</i> | Elipsoide achatado | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |

APÊNDICE D - Relação dos formatos geométricos associados às espécies potencialmente nocivas com a bibliografia consultada sobre o tema (continuação)

| Taxa | Formato | Referência formato | Observações |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--|
| <i>Guinardia flaccida</i> | Cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Guinardia striata</i> | Cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Mesodinium rubrum</i> | Esfera | Olenina et al. (2006) | - |
| <i>Phalacroma cf. mitra</i> | Elipsoide achatado | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Phalacroma rotundatum</i> | Elipsoide achatado | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Prorocentrum cf. balticum</i> | Esferoide prolado | - | Para Hillebrand et al. (1999) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) seria elipsoide achatado, enquanto para Olenina et al. (2006) seria esfera 10% |
| <i>Prorocentrum cf. lima</i> | Elipsoide achatado | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também para Olenina et al. (2006), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Prorocentrum cf. mexicanum</i> | Elipsoide achatado | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Prorocentrum micans</i> | Cone + meia esfera | Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) | Para Olenina et al. (2006) seria elipsoide achatado |

APÊNDICE D - Relação dos formatos geométricos associados às espécies potencialmente nocivas com a bibliografia consultada sobre o tema (conclusão)

| Taxa | Formato | Referência formato | Observações |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| <i>Pseudo-nitzschia cf. pungens</i> | Prisma losângico | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) e Sun e Liu (2003). Para Olenina et al. (2006) seria paralelepípedo 20% |
| <i>Pyrophacus steinii</i> | Esferoide prolado | - | Para Hillebrand et al. (1999), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) seria elipsoide achatado |
| <i>Scrippsiella acuminata</i> | Cone + meia esfera | Olenina et al. (2006) | Para Hillebrand et al. (1999), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) seria elipsoide achatado |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> | Paralelepípedo | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Thalassiosira cf. delicatula</i> | Cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Olenina et al. (2006) - para <i>Thalassiosira</i> spp.- e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Trichodesmium erythraeum</i> | Cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Sun e Liu (2003) |
| <i>Tripes furca</i> | Elipsoide + 2 cones + cilindro | Hillebrand et al. (1999) | Assim considerado também em Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) |
| <i>Tripes fusus</i> | Cone duplo | Vadrucci, Cabrini e Basset (2007) | - |

Fonte: A autora, 2016.