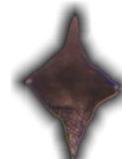




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

**ANDRESSA RIBEIRO DE QUEIROZ**

**ESTRUTURA DO MICROFITOPLÂNCTON NO  
ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO (Lat. 0056'2''  
N e Long. 2920'6'' W): ESTIMATIVA DA BIOMASSA EM  
CARBONO ATRAVÉS DO BIOVOLUME CELULAR**



RECIFE  
2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

**ESTRUTURA DO MICROFITOPLÂNCTON NO ARQUIPÉLAGO  
DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO (Lat. 00°56'2" N e Long. 29°20'6"  
W): ESTIMATIVA DA BIOMASSA EM CARBONO ATRAVÉS DO  
BIOVOLUME CELULAR**

**ANDRESSA RIBEIRO DE QUEIROZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Oceanografia.

**ORIENTADORA:**

Prof. (a) Dra. Maria Luise Koenig.

**CO-ORIENTADORES:**

Prof. Dr. Silvio José de Macedo.

Prof. Dr. Tarcísio Alves Cordeiro.

**RECIFE**  
**2011**

ANDRESSA RIBEIRO DE QUEIROZ

**ESTRUTURA DO MICROFITOPLÂNCTON NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E  
SÃO PAULO (Lat. 00°56'2" N e Long. 29°20'6" W): ESTIMATIVA DA BIOMASSA EM  
CARBONO ATRAVÉS DO BIOVOLUME CELULAR**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora

ORIENTADORA:

Maria Luise Koenig  
**Prof. Dra. Maria Luise Koenig**  
(Universidade Federal de Pernambuco - UFPE)

CO-ORIENTADORES:

Silvio José de Macedo  
**Prof. Dr. Silvio José de Macedo**  
(Universidade Federal de Pernambuco - UFPE)

Tarcísio Alves Cordeiro  
**Prof. Dr. Tarcísio Alves Cordeiro**  
(Universidade Federal da Paraíba - UFPB)

EXAMINADORES:

Enide Leça  
**Prof. Dra. Enide Eskinazi Leça**  
(Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE)

Denise Rivera Tenenbaum  
**Prof. Dra. Denise Rivera Tenenbaum**  
(Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ)

SUPLENTE:

Roberto Sassi  
**Prof. Dr. Roberto Sassi**  
(Universidade Federal da Paraíba - UFPB)

Manuel Flores Montes  
**Prof. Dr. Manuel Flores Montes**  
(Universidade Federal de Pernambuco - UFPE)

ANDRESSA RIBEIRO DE QUEIROZ

ESTRUTURA DO MICROFITOPLÂNCTON NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO (lat. 00°56'2" N e Long. 29°20'6" W): ESTIMATIVA DA BIOMASSA EM CARBONO ATRAVÉS DO BIOVOLUME CELULAR

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora

ORIENTADORA:

Prof.ª Dra. Maria Luise Koenig  
(Universidade Federal de Pernambuco - UFPE)

CO-ORIENTADORES:

Prof. Dr. João José de Macedo  
(Universidade Federal de Pernambuco - UFPE)

Prof. Dr. Francisco Alves Cordeiro  
(Universidade Federal de Paraíba - UFPB)

EXAMINADORES:

Prof.ª Dra. Elaine Eskindari Escob  
(Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE)

Catálogo na fonte

Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

Q3e

Queiroz, Andressa Ribeiro de.

Estrutura do microfitoplâncton no arquipélago de São Pedro e São Paulo (lat. 00°56'2" N e Long. 29°20'6" W): estimativa da biomassa em carbono através do biovolume celular / Andressa Ribeiro de Queiroz. - Recife: O Autor, 2011.

91 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Profª Dra. Maria Luise Koenig.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2011.

Inclui Referências e Anexos.

1. Oceanografia. 2. Ilhas Oceânicas. 3. Composição Florística. 4. Variáveis Hidrológicas. 5. Carbono Orgânico. I. Koenig, Maria Luise (orientadora). II. Título.

551.46 CDD (22. ed.)

UFPE

BCTG/2011-029

*“As palavras fogem  
Se você deixar  
O impacto é grande demais  
Cidades inteiras nascem a partir daí  
Violentam, enlouquecem, ou me fazem dormir  
Adoecem, curam ou me dão limites  
Vá com carinho no que vai dizer”  
(As palavras- Vanessa da Mata)*

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelas oportunidades proporcionadas nesta vida, pela proteção e a coragem concedidas para que cada dia seja uma batalha conquistada. Obrigado Senhor por me proporcionar tantas coisas maravilhosas, sendo que uma delas é este momento de término do mestrado, porque do contrário, mestrado novamente só na próxima encarnação.

Aos meus pais que sempre me ensinaram que devemos trabalhar com responsabilidade e dedicação para chegarmos ao objetivo almejado. Além dos meus irmãos, Amanda (você é uma luz nas nossas vidas) e Rodrigo (grande incentivador dos concursos). Vocês fazem muita falta, mas a distância física teve um motivo: a realização desse sonho.

À Anna Cristina de Araújo que, incentivou, acompanhou, estimulou e progrediu comigo, obrigada pelo apoio incessante, carinho, companheirismo e amizade.

Ao Professor Dr. Tarcísio Alves Cordeiro, que aceitou me orientar desde a graduação e possibilitou conhecer o mundo do Fitoplâncton e todos os desafios agregados a estes organismos. O meu respeito e minha sincera admiração.

À minha mãe científica, a Professora Dra. Maria Luise Koenig, que aceitou me orientar no mestrado. Muito obrigado pelo carinho, respeito, amizade, confiança e paciência até nos puxões de orelha e por ter me apoiado a desenvolver este estudo.

Aos professores da graduação Prof. Dr. Gilson Moura e Roberto Sassi, grandes incentivadores e sábios Professores que estimulam os estudos de Plâncton na Universidade Federal da Paraíba.

Minha profunda gratidão e sincero carinho à Professora Dra. Denise Rivera Tenenbaum e aos alunos que a acompanham no FITOMAR, que participaram deste estudo e me ajudaram a aprender e a desenvolver as técnicas do biovolume, além de proporcionarem conhecer o lindo Rio de Janeiro. Além do “pai da Nicole”, pelo auxílio na formulação dos cálculos dos “monstrinhos”.

Tudo isso me fez crescer profissionalmente e tornar uma pesquisadora mais independente.

À Universidade Federal de Pernambuco que me acolheu no mestrado sob a forma de professores, obrigada por todos os ensinamentos. E à secretária Myrna, obrigada por todo apoio e atenção.

Ao Prof. Silvio Macedo, co-orientador que cedeu os dados físico-químicos, além dos grandes ensinamentos na Oceanografia Química.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de Auxílio à Mobilidade Discente (AMD), fundamental para o bom desenvolvimento da minha dissertação.

Ao CNPQ, pela concessão da bolsa do mestrado, fundamental para a vinda ao Recife e para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao querido amigo Gilberto Faustino que é uma pessoa iluminada e que gosto muito, sempre disposto, alegre, divertido, criativo em me “aperriar”, me auxiliou nas estatísticas e facilitou a vida no Recife, tenha certeza da minha gratidão eterna e nunca hesite em me procurar se puder ajudá-lo.

A minha grande amiga Michelle Melo, por enfrentar desde o “bolo de cenoura com café” da UFPB, aos carangueijos da praia e a “riqueza” de hoje (rsrs), além da ajuda no inglês e em todas as barreiras passadas.

Aos Amigos Keyla Travassos, Marina Jales, Elisa, Gabriel e William estes foram colegas e hoje são amigos, moram no meu coração sem pagar aluguel. Muito obrigada a todos pela companhia, carinho, enfim por participarem de muitas alegrias no Recife.

## RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (lat. 00°56'2" N e long. 29°20'6" W), com o objetivo de descrever a estrutura da comunidade fitoplanctônica e a estimativa da biomassa através do biovolume celular. Um protocolo de análise de rotina laboratorial foi elaborado tentando contribuir e atualizar os modelos propostos na literatura, descrevendo as espécies fitoplanctônicas mais ocorrentes na área. Foram realizadas coletas em março/2008 (período chuvoso), em quatro transectos perpendiculares cada um possuindo quatro estações, com uma rede de plâncton de 45 µm de abertura de malha. Concomitantemente, foram obtidos dados físico-químicos: temperatura da água, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, sais nutrientes (amônia, nitrito, nitrato, fosfato e silicato) e transparência da água. A composição específica do microfitoplâncton esteve constituída por 110 táxons representados por quatro divisões taxonômicas: Cyanobacteria, Dinoflagellata, Bacillariophyta e Heterokontophyta, sendo 12 espécies consideradas novas ocorrências para a região (*Phalacroma mitra* Schütt, *Gonyaulax birostris* Stein, *Ceratium belone* Cleve, *C. declinatum* var. *angusticornum* (Karsten) Jørgensen, *C. karstenii* Pavillard, *C. pentagonum* var. *longisetum* Jørgensen, *Spiraulax kofoidii* Graham, *Protoperdinium oceanicum* Vanhøffen). O número de táxons por amostra variou de 31 a 48 (40±12 táxons). A ocorrência da endossimbiose entre a cianobactéria unicelular diazotrófica *Richelia intracellularis* Schmidt e as diatomáceas *Rhizosolenia imbricata* Brightwell e *Guinardia delicatula* Cleve (Hasle) é considerada o primeiro registro para o ASPSP. Há uma forte interligação entre as espécies fitoplanctônicas encontradas no arquipélago e a plataforma continental brasileira através da presença de algumas espécies indicadoras da Corrente do Brasil (*Ceratium candelabrum* var. *candelabrum* Stein, *C. contortum* Gourret, *C. declinatum* var. *declinatum* Jørgensen, *C. teres* Kofoid e *C. vultur* Cleve, *Goniodoma polyedricum* (Pouchet) Jørgensen, *Ornithocercus quadratus* Scütt, *Ornithocercus thumii* Schmidt e *Phalacroma argus* Stein). Os valores encontrados para as variáveis físico-químicas são característicos de regiões oceânicas oligotróficas. A análise dos componentes principais demonstrou uma correlação direta da cianofíceia *T. erythraeum* com o fosfato e dos dinoflagelados com o nitrato. Para o biovolume foram selecionadas 33 espécies. O protocolo formulado contém quatro formas simples, três formas combinadas e três formas novas sugeridas neste estudo. O uso do biovolume foi utilizado para padronizar medidas morfológicas, adequar formas geométricas as espécies mais complexas, expor as dimensões e padronizar fórmulas afim de obter a biomassa. Os menores e maiores valores de biovolume e biomassa em carbono foram para a espécie *Histioneis milneri* Murray et Whitting (2.485 µm<sup>3</sup> e 333 pgC.µm<sup>-3</sup> respectivamente), e para *Pyrocystis noctiluca* Murray ex Haeckel (21.269.151 µm<sup>3</sup> e 1.641.388 pgC.µm<sup>-3</sup>, respectivamente). Os dinoflagelados e diatomáceas se destacaram em termos de biodiversidade, porém as cianobactérias predominaram em termos de densidade relativa com a dominância de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont indicando uma composição florística característica de ambiente estável, de águas transparentes e oligotróficas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ilhas oceânicas, composição florística, variáveis hidrológicas, carbono orgânico.

## ABSTRACT

This work was developed in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (00°56'2" N and 29°20'6" W), aiming to describe the structure of the phytoplankton community and the biomass estimation by cell biovolume. A protocol for routine laboratory analysis was drawn up trying to contribute and update the models proposed by the literature describing the most representative phytoplankton species in the area. Collections were accomplished in March/2008 (rainy season) in four perpendicular transects containing four stations each, using a 45µm mesh size plankton net. Concomitantly physicochemical data were obtained: water temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, nutrients (ammonia, nitrite, nitrate, phosphate and silicate) and water transparency. A total of 110 taxa were identified for the microphytoplankton specific composition, represented by four taxonomic divisions: Cyanobacteria, Dinoflagellata, Bacillariophyta and Heterokontophyta, with 12 species being considered new records for the region (*Phalacroma mitra* Schütt, *Gonyaulax birostris* Stein, *Ceratium belone* Cleve, *C. declinatum* var. *angusticornum* (Karsten) Jørgensen, *C. karstenii* Pavillard, *C. pentagonum* var. *longisetum* Jørgensen, *Spiraulax kofoidii* Graham, *Protoperidinium oceanicum* Vanhøffen). The number of taxa per sample ranged from 31 to 48 ( $40 \pm 12$  taxa). The occurrence of endosymbiosis between unicellular diazotropic cyanobacteria *Richelia intracellularis* Schmidt and the diatoms *Rhizosolenia imbricata* Brightwell and *Guinardia delicatula* Cleve (Hasle) is considered the first record to SPSPA. There is a strong link between phytoplankton species found in the archipelago and the brazilian continental shelf, through the presence of some indicator species of the Brazil Current (*Ceratium candelabrum* var. *candelabrum* Stein, *C. contortum* Gourret, *C. declinatum* var. *declinatum* Jørgensen, *C. teres* Kofoid, *C. vultur* Cleve, *Goniodoma polyedricum* (Pouchet) Jørgensen, *Ornithocercus quadratus* Schütt, *Ornithocercus thumii* Schmidt and *Phalacroma argus* Stein). The values found for the physicochemical parameters are characteristic of oligotrophic oceanic regions. The principal components analysis showed a direct correlation of the cyanobacteria *T. erythraeum* with the phosphate and the dinoflagellates with the nitrate. For the determination of the cell biovolume, 33 species were selected. The protocol contains four simple shapes, three combined shapes and three new suggested in this study. The cell biovolume was used to standardize morphological measurements, suit geometric shapes for the complex species, expose the dimensions and standardize formulas to obtain biomass indexes. The lowest and the highest values of cell biovolume and biomass index were found for the species *Histioneis milneri* Murray et Whitting ( $2,485 \mu\text{m}^3$  and  $333 \text{pgC} \cdot \mu\text{m}^{-3}$  respectively), and for *Pyrocystis noctiluca* Murray ex Haeckel ( $21,269,151 \mu\text{m}^3$  and  $1,641,388 \text{pgC} \cdot \mu\text{m}^{-3}$ , respectively). Dinoflagellates and diatoms stood out in terms of biodiversity, but the cyanobacteria predominated in terms of relative density with the dominance of *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont indicating a floristic composition characteristic of stable, transparent and oligotrophic waters.

**KEY WORDS:** Oceanic island, floristic composition, hydrological variables, organic carbon.

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1-</b> Fotografia no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e sua Estação Científica. Fonte: SECIRM (2009)	<b>21</b>
<b>Figura 2-</b> Arquipélago de São Pedro e São Paulo, situando as 4 ilhotas maiores, a estação científica (ECASPSP) e o farol, tendo como base a carta náutica n° 11 da DHN. As setas representam os transectos e os pontos em preto os locais onde foram realizadas as coletas. Fonte: Modificado de Melo et al. (2010).	<b>25</b>
<b>Figura 3-</b> Riqueza de espécies em relação as amostras no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	<b>31</b>
<b>Figura 4-</b> Dendrograma das associações das espécies fitoplânctônicas mais frequentes no Arquipélago São Pedro e São Paulo.	<b>46</b>
<b>Figura 5-</b> Análise dos Componentes Principais (ACP) entre as variáveis físico-químicas e as espécies microfitoplanctônicas com frequência igual a 100% no Arquipélago São Pedro e São Paulo.	<b>48</b>

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1-</b> Lista dos 33 táxons mais representativos do microfitoplâncton no Arquipélago São Pedro e São Paulo com formas associadas baseados na literatura e a proposta deste estudo.	<b>40</b>
<b>Tabela 2-</b> Valores de biovolume e biomassa a partir dos das associações das formas celulares às formas geométricas dos 33 táxons mais representativos no Arquipélago São Pedro e São Paulo.	<b>43</b>
<b>Tabela 3-</b> Variação dos parâmetros físico-químicos registrados no Arquipélago São Pedro e São Paulo em maio de 2008 (período chuvoso).	<b>44</b>
<b>Tabela 4-</b> Contribuição dos táxons e parâmetros ambientais aos três primeiros componentes principais no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	<b>47</b>
<b>Tabela 5-</b> Dados comparativos em relação ao biovolume celular entre Olenina et al. (2006) e este estudo.	<b>57</b>

## LISTA DE ANEXOS

	Página
<b>Anexo 1-</b> O microfitoplâncton no Arquipélago São Pedro e São Paulo: Composição, Abundância relativa (%), R- raro; A- abundante; D- Dominante), Frequência de ocorrência (E- Esporádica; F- Frequente; MF- Muito frequente), Distribuição (Oc- oceânica; C- costeira; N- nerítica; CB- Corrente do Brasil); Trofia (H- heterotrófico; A- Autotrófico); *- novas ocorrências; x presença.	74
<b>Anexo 2-</b> Protocolo com as formas geométricas e espécies associadas para o cálculo do biovolume das espécies com frequência superior a 30% ocorrentes no Arquipélago São Pedro e São Paulo. As formas foram desenhadas abrangendo a terceira dimensão e em seções transversais.	80
<b>Anexo 3-</b> Estatística descritiva dos dados morfométricos das espécies no ASPSP selecionadas para o biovolume.	85

## LISTA DE PRANCHAS

	Página
<b>Prancha 1-</b> A- <i>Katagnymene pelágica</i> ; B- <i>Trichodesmium erythraeum</i> ; C- <i>Trichodesmium thiebautii</i> ; D- <i>Ceratocorys horrida</i> ; E- <i>Gonyaulax polygramma</i> ; F- <i>Gonyodoma polyedricum</i> ; G- <i>Histioneis milneri</i> ; H- <i>Ceratium belone</i> ; I- <i>Ceratium candelabrum</i> var. <i>candelabrum</i> .	36
<b>Prancha 2-</b> A- <i>Ceratium cotortum</i> ; B- <i>Ceratium declinatum</i> var. <i>declinatum</i> ; C- <i>Ceratium digitatum</i> ; D- <i>Ceratium fusus</i> ; E- <i>Ceratium gibberum</i> ; F- <i>Ceratium lineatum</i> ; G- <i>Ceratium macroceros</i> ; H- <i>Ceratium massiliense</i> . I- <i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>longisetum</i> .	37
<b>Prancha 3-</b> A- <i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>tenerum</i> ; B- <i>Ceratium teres</i> ; C- <i>Ceratium tripos</i> ; D- <i>Ceratium trichoceros</i> ; E- <i>Ceratium vultur</i> ; F- <i>Ornithocercus magnificus</i> ; G- <i>Ornithocercus quadratus</i> ; H- <i>Phalacroma doryphorum</i> ; I- <i>Protoperidinium depressum</i> .	38
<b>Prancha 4-</b> A- <i>Protoperidinium ovum</i> ; B- <i>Pyrocystis fusiformis</i> ; C- <i>Pyrocystis noctiluca</i> ; D- <i>Spiraulax kofoidii</i> ; E- <i>Hemiaulus membranaceus</i> ; F- <i>Hemiaulus sinensis</i> .	39

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>5</b>
<b>RESUMO</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE APÊNDICES</b>	<b>11</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
2.1 Geral	17
2.2 Específico	17
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>18</b>
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
<b>5.1 Área de estudo</b>	<b>21</b>
<b>5.2 Desenho amostral</b>	<b>24</b>
<b>5.3 Amostragem do Fitoplâncton</b>	<b>25</b>
<b>5.4 Análise qualitativa do Fitoplâncton</b>	<b>25</b>
<b>5.5 Tratamento numérico dos dados</b>	<b>26</b>
5.5.1 Abundância relativa	26
5.5.2 Frequência de ocorrência	27
<b>5.6 Medição e Biovolume celular</b>	<b>27</b>
5.6.1 Associação das formas celulares às formas geométricas	28
<b>5.7 Biomassa em Carbono</b>	<b>29</b>
<b>5.8 Parâmetros físico-químicos</b>	<b>29</b>
<b>5.9 Análise multivariada</b>	<b>29</b>
5.9.1 Análise de Agrupamento das espécies	29
5.9.2 Análise dos Componentes Principais (ACP)	30
<b>5.10 Normalização do Texto</b>	<b>30</b>
<b>6. RESULTADOS</b>	<b>31</b>
<b>6.1 Composição florística, Densidade relativa e Frequência de ocorrência</b>	<b>31</b>
6.1.1 Divisão Cyanobacteria	32
6.1.2 Divisão Dinoflagellata	32
6.1.3 Divisão Bacillariophyta	34
6.1.4 Divisão Heterokontophyta	35
<b>6.2 Associação dos táxons selecionados às formas geométricas</b>	<b>35</b>
<b>6.3 Biovolume celular e Biomassa em Carbono</b>	<b>41</b>
<b>6.4 Parâmetros físico-químicos</b>	<b>43</b>
<b>6.5 Análise multivariada</b>	<b>45</b>
6.5.1 Análise de Agrupamento das espécies	45
6.5.2 Análise dos Componentes Principais (ACP)	46
<b>7. DISCUSSÃO</b>	<b>49</b>

**8. CONCLUSÕES**

**59**

**9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**60**

## 1. INTRODUÇÃO

O fitoplâncton marinho compõe-se de organismos clorofilados que constituem a base da cadeia alimentar, definem o fluxo e a ciclagem da matéria orgânica para a cadeia trófica e são considerados bons indicadores biológicos da qualidade do ambiente, em virtude de suas especificidades ambientais relacionadas, por exemplo, às massas de água (LASTERNAS et al. 2008; SIMON et al. 2009).

A maioria das espécies do fitoplâncton são organismos fotossintetizantes microscópicos com tamanho variando entre 0,2 e 200  $\mu\text{m}$  (REYNOLDS, 2006; SIMON et al. 2009). Atualmente é reconhecido que os componentes da fração do microfitoplâncton, classificado por Sieburth (1978) está concentrada entre >20 até 200  $\mu\text{m}$ , composto basicamente de diatomáceas, dinoflagelados, silicoflagelados além das cianofíceas e clorofíceas.

A dinâmica e distribuição dos organismos fitoplanctônicos no ambiente marinho é consequência de complexas interações entre recursos ambientais e as variações espaciais e temporais de fatores climatológicos, hidrológicos, hidrodinâmicos, químicos refletindo diretamente no comportamento da comunidade fitoplanctônica, determinando, portanto, alterações na produção primária e conseqüentemente na transferência de energia, na forma de carbono, para os demais níveis tróficos, inclusive os organismos de relevância econômica (SANTOS, 2008).

A ocorrência de alterações na dinâmica fitoplanctônica tais como o aumento da produtividade e da biomassa ao redor de ilhas oceânicas tem sido relatada por Doty e Oguri (1956) que documentaram um enriquecimento da biota sob o efeito hidrográfico ao redor da Ilha Oahu (Hawaii, Oceano Pacífico), a esse fenômeno natural foi denominado "efeito ilha".

Na região oceânica ao longo da costa Nordeste do Brasil, o Arquipélago de São Pedro e São Paulo se destaca por apresentar topografia bem definida, sofrendo a influência da Corrente Sul equatorial e que segundo Ekau e Knoppers, (1999) condiciona a formação de uma ressurgência topográfica devido à ascensão de águas profundas ricas em nutrientes.

Apesar de uma aceitação comum de que a produtividade primária é alterada próximo às ilhas, (GILMARTIN e REVELANTE, 1974) e que há uma expectativa de se obter pescarias produtivas, sabe-se que há uma influência direta entre a hidrografia e a produtividade, como observado nas ilhas britânicas Scilly e St. Kilda (Oceano Pacífico)

(SIMPSON et al. 1982.; SIMPSON e TETT, 1986). As dificuldades de acesso em águas mais afastadas da costa, no entanto, tem limitado as pesquisas que envolvem as variáveis ambientais interagindo com os processos biológicos em áreas oceânicas, em especial, com o fitoplâncton no Atlântico tropical e equatorial, tornando-se fundamental o conhecimento e o desenvolvimento de pesquisas na área (HEYWOOD et al. 1990; SKIELKA et al. 2006).

Diversos são os métodos citados na literatura que estimam a biomassa algal, estes métodos são considerados automáticos ou semi-automáticos e trazem consigo vantagens e desvantagens metodológicas consideráveis debatidas na literatura (SUN e LIU, 2003, HILLEBRAND et al. 1999; VADRUCI et al. 2007).

Esses parâmetros, entretanto, não permitem a diferenciação entre a contribuição dos diferentes grupos taxonômicos e não podem ser usados para comparar diferentes espécies de uma comunidade diversa ou da mesma espécie sob diferentes condições ambientais.

A forma encontrada na literatura para observar os parâmetros sob o ponto de vista ecológico e fisiológico tais como: ciclo de vida, dinâmica populacional, crescimento, fotossíntese, respiração, assimilação e herbivoria referentes ao fitoplâncton no ambiente marinho, estão relacionados aos estudos de biomassa em carbono através do biovolume celular (SOURNIA, 1981; HILLEBRAND et al. 1999).

O biovolume celular pode ser definido como uma análise descritiva que se utiliza de medidas do tamanho e das formas celulares capazes de estimar os valores de biomassa em carbono de forma confiável e torna-se de fundamental interesse para a obtenção de uma imagem mais precisa do conteúdo de carbono contido nas células, definindo o status do ambiente (SUN e LIU, 2003; OLENINA et al. 2006; VADRUCI et al. 2007).

A compreensão e modelagem ambiental do ecossistema aquático não é possível sem o conhecimento da composição de espécies, dos valores da produtividade e da biomassa em carbono do fitoplâncton (OLENINA et al. 2006).

Adotar a metodologia do biovolume celular torna-se mais confiável por contar as células, eliminando as partículas detriticas (VERITY et al. 1992; MONTAGNES et al. 1994), sendo vista na literatura como uma análise quantitativa de relevante uso que utiliza-se de modelos geométricos apropriados à associação a forma celular, contemplando a vasta gama de classes de tamanho da comunidade fitoplanctônica que

variam muito entre os diferentes gêneros e mesmo entre os diferentes indivíduos (HILLEBRAND e SOMMER, 1996; ROTT et al. 2007).

O presente trabalho tem como meta, obter os valores de biomassa em carbono orgânico através do biovolume celular. Estudos sob essa ótica são inéditos na região do Arquipélago São Pedro e São Paulo e tem como objetivos descrever as espécies fitoplanctônicas mais representativas e formular um protocolo que facilite a rotina laboratorial tentando contribuir e atualizar os modelos propostos por Hillebrand et al. (1999), Sun e Liu, (2003), Olenina et al. (2006) e Vadrucci et al. (2007).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral:**

Caracterizar a estrutura da comunidade microfitoplanctônica no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e avaliar os valores de carbono orgânico através do cálculo da biomassa, utilizando o biovolume celular.

### **2.2 Objetivos Específicos:**

- Determinar a biodiversidade microfitoplanctônica;
- Determinar a abundância relativa e a frequência de ocorrência das espécies;
- Caracterizar a distribuição espacial da comunidade microfitoplanctônica;
- Descrever a influência dos parâmetros físico-químicos e ambientais nas espécies mais frequentes;
- Correlacionar à variabilidade das unidades amostrais pela análise estatística e multivariada;
- Estimar o biovolume do microfitoplâncton através da associação às formas geométricas;
- Caracterizar o referido ecossistema através dos valores de carbono.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estudos sobre o microfitoplâncton em ilhas oceânicas brasileiras são relativamente escassos. Os primeiros estudos sobre o plâncton no Brasil são datados do início do século XIX, quando da passagem de expedições internacionais por águas brasileiras, tais como a expedição oceanográfica com o navio alemão “Meteor” na década de 20 que possibilitaram a coleta de amostras de plâncton ao longo de transectos perpendiculares à costa brasileira desde a região norte até o sul

Um dos primeiros trabalhos com a comunidade fitoplanctônica foi o de Müller-Melchers (1953, 1955) que publicou uma lista de 182 espécies de diatomáceas com base em material coletado em Santos, Cananéia, Rio Grande do Sul e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Durante a Comissão Leste II do NOc. "Almirante Saldanha", em 1967/1968 na operação Nordeste II, as amostras foram coletadas na região da plataforma, em áreas oceânicas dominadas pela Corrente do Brasil e nas proximidades do Banco de Abrolhos. Os resultados mostraram que, apesar da maior diversidade em espécies de diatomáceas e cocolitoforídeos, os dinoflagelados dominaram quantitativamente, numa situação típica de águas oligotróficas (MACEDO-SAIDAH e MOREIRA-FILHO, 1977).

Posteriormente, o embarque de pesquisadores em navios de pesca como o “Canopus” entre 1965 e 1967, possibilitaram vários estudos na plataforma continental de Pernambuco, como o de Passavante (1979) sobre dinoflagelados e o de Silva-Cunha e Eskinazi-Leça (1990) sobre as diatomáceas, Passavante et al. (1982) também estudaram os dinoflagelados coletados na plataforma do Ceará. Outros estudos qualitativos do fitoplâncton foram realizados entre 1983-84 na plataforma norte de Pernambuco (Teixeira, 1986).

Estudo sobre a produção e plâncton das águas da plataforma continental nordeste e leste do Brasil foram desenvolvidos através de um programa de cooperação bilateral entre o Brasil (Ministério das Ciências e Tecnologia) e a Alemanha (Zentrum für Marine Tropenökologie-ZMT) sobre a geomorfologia, clima, regime hidrográfico, incluindo o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha, bancos da cadeia norte brasileira e Atol das Rocas (EKAU e KNOPPERS, 1999).

No mesmo período, estudando a biomassa e produtividade fitoplanctônica, Gaeta et al. (1999) observaram que o Banco de Abrolhos mostrou-se oligotrófico, apresentando baixas concentrações de nutrientes, biomassa em termos de clorofila *a* e produtividade primária, enquanto que, na periferia do vórtice de Vitória os resultados foram até duas vezes mais elevados. Já Susini-Ribeiro (1999) avaliou a distribuição da biomassa do pico, nano e microfitoplâncton na plataforma continental de Abrolhos e concluiu que, em relação à contribuição dos diferentes grupos taxonômicos para o total da biomassa em termos de carbono, as cianobactérias representaram 33%, os flagelados 33%, bactérias heterotróficas 31%, diatomáceas 2%, dinoflagelados 1% e cocolitoforídeos 0,1%.

Na área entorno do Arquipélago e na mesma época, Bröckel e Meyerhöfer (1999) realizaram um estudo nos Rochedos de São Pedro e São Paulo, para melhor compreender a influência destes na concentração de organismos, especialmente na composição e biomassa das comunidades do fitoplâncton. Os autores ressaltaram que as regiões oceânicas tropicais distantes da influência continental, são consideradas como desertos com baixa produção primária e vida marinha. Entretanto, as áreas que possuem uma termoclina permanente, como em torno de ilhas e montes, uma vida marinha mais rica pode ser encontrada. As águas brasileiras em torno do Arquipélago São Pedro e São Paulo (ASPSP), com sua tradicional pesca de atuns e outros peixes, tornam-se um típico exemplo deste fenômeno.

Na Plataforma Continental de Pernambuco foram desenvolvidos alguns estudos sobre a comunidade fitoplanctônica que mencionam as diatomáceas e dinoflagelados, com destaque para as espécies do gênero *Ceratium*, como organismos bem representativos na área (PASSAVANTE et al. 1989; ESKINAZI-LEÇA et al. 1997; KOENING e LIRA, 2005; KOENING et al. 2009).

Na Zona Econômica exclusiva do Nordeste foi identificado que os valores de biomassa secundária tendem a aumentar nas áreas adjacentes a áreas insulares, tais como no Arquipélago de São Pedro e São Paulo devido à ressurgências topográficas, mas de uma maneira geral o Nordeste é considerado uma região de baixa produtividade primária, imprimindo valores em um intervalo de 0,02 – 0,2 de  $\text{gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , (CHAVES et al. 2006; MAFALDA JÚNIOR et al. 2009).

No Atol das Rocas, apenas um estudo foi realizado relacionado à biomassa fitoplanctônica e os resultados demonstram que o teor de clorofila *a* variou desde 0,64 a 1,10mg.m<sup>-3</sup> e em relação às contribuições das diferentes frações que compõem a comunidade fitoplanctônica do Atol das Rocas verificou-se que o nanofitoplâncton e o microfitoplâncton foram as frações dominantes (FEITOSA; PASSAVANTE, 2001).

Trabalhos mais recentes sobre o Arquipélago de São Pedro e São Paulo indicam a maior diversidade específica de dinoflagelados e a dominância de *Trichodesmium thiebautii* como uma composição florística característica de ambiente oligotrófico (SILVA, 2009; KOENING e OLIVEIRA, 2009).

Estudos sobre biomassa em carbono e biovolume celular em relação ao microfitoplâncton para áreas oligotróficas tropicais, como as ilhas oceânicas brasileiras são inexistentes, sendo o presente trabalho inédito para a área do Arquipélago São Pedro e São Paulo.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Área de estudo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) está localizado no Oceano Atlântico tropical entre as coordenadas 00°56'2" N e 29°20'6" W (Fig. 1) sendo formado por um conjunto de 15 ilhotas rochosas, originadas de um afloramento do manto sub-oceânico (CAMPOS et al. 2005).



Figura 1 - Fotografia no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e sua Estação Científica. Fonte: SECIRM (2009).

Constitui-se numa falha da Cordilheira Meso-Atlântica, de forma alongada na direção leste-oeste que se encaixa paralelamente ao bordo norte da zona de fratura transformante de São Paulo, próxima à região limítrofe das placas tectônicas divergentes sul-americana e africana (CAMPOS et al. 2009). Exatamente por estar situado em uma falha transformante, o ASPSP é, também, um dos pontos do território brasileiro com maior atividade sísmica sendo considerada, portanto, a única ilha oceânica de origem não vulcânica (EDWARDS e LUBBOCK, 1983).

Está distante cerca de 330 milhas náuticas do Arquipélago de Fernando de Noronha (PE) e 510 milhas náuticas do Cabo Calcanhar no Rio Grande do Norte. Apresenta a sua base a 4.000 m de profundidade sendo o único arquipélago oceânico brasileiro localizado no Hemisfério Norte, pois se localiza a cerca de 100 km (62,14 milhas náuticas) a norte da linha do Equador (CAMPOS et al. 2009). A extensão da área

emersa fica em torno de 17.000 m<sup>2</sup> e a distância entre pontos extremos, que se situa entre as rochas Sacadura Cabral e Graça Aranha, é de 420 m.

O relevo emerso do ASPSP é acidentado, e seus pontos culminantes situam-se na Ilhota São Pedro (18 m de altitude), na Ilha Belmonte (16 m de altitude) e na Ilhota São Paulo (14 m de altitude). As ilhotas apresentam contornos sinuosos irregulares e reentrantes, e suas encostas possuem fortes declives (>80°). As quatro ilhotas maiores: Belmonte, São Paulo, São Pedro e Barão de Teffé estão separadas entre si por estreitos canais, formando uma enseada em forma de ferradura, com dimensões médias de 100 m de comprimento, 50 m de largura e 8 m de profundidade. O fundo desta enseada é constituído por sedimentos provenientes da atividade biológica e de desagregamento das rochas que constituem o arquipélago (EDWARDS e LUBBOCK, 1983).

Está inserido na zona Econômica Exclusiva Brasileira (ZEE) se estende desde o limite exterior do Mar Territorial, de 12 milhas de largura, até 200 milhas náuticas da costa, constituindo 3,5 milhões de km e cobre 8% da superfície da terra, 25% da produtividade global e 90% das capturas totais de peixes.

As áreas dominadas por ilhas oceânicas estão inseridas entre a região Nordeste e Central da ZEE. A ZEE da região Nordeste do Brasil se estende entre a foz do rio Parnaíba até Salvador, incluindo o Arquipélago de Fernando de Noronha, o Atol das Rocas. Após seis anos de habitação no Arquipélago São Pedro e São Paulo (ASPSP), em 2004, o Brasil oficializou, na ONU, o traçado da ZEE em torno do ASPSP, acrescentando, dessa forma, uma área de 450.000 km<sup>2</sup> à sua ZEE original, o que equivale a aproximadamente 15% de toda a ZEE brasileira ou 6% do território nacional. (CHAVES et al. 2006).

Os sistemas pelágicos do Nordeste e do Leste do Brasil devem ser considerados como um sistema único, controlado principalmente pelo impacto de águas oligotróficas da Corrente Equatorial do Sul (CSE) e correntes derivadas (MACEDO-SAIDAH e MOREIRA-FILHO, 1977; EKAU e KNOPPERS, 1999). Devido ao impacto da Corrente Sul Equatorial (EKAU; KNOPPERS, op. cite), o Nordeste é considerado uma região de baixa produtividade primária, que segundo Platt et al. (1983), são plausíveis para águas oceânicas tropicais. A CSE quando atinge a plataforma continental do Nordeste, entre 11°S e 15°S, se bifurca, originando a Corrente Norte do Brasil (CNB) e a Corrente do Brasil (CB). A CNB segue para o norte e é uma corrente de contorno oeste que fecha o giro do Atlântico Tropical, constituída por Água Equatorial Superficial (AES), se movimenta a uma velocidade de 30 m.s<sup>-1</sup>, no sentido sudeste-

noroeste (PETERSON e STRAMMA, 1991; TCHERNIA, 1980), com temperatura superficial entre 28 e 30°C e salinidade superficial entre 35,0 e 37,0 (MACEDO et al. 1998).

A CB segue para o sul transportando a Água Tropical (AT) se deslocando no sentido nordeste-sul, apresenta temperatura superficial média de 26°C e salinidade acima de 36 (CASTRO e MIRANDA, 1998; TCHERNIA, op. Cit.) no seu percurso em direção ao sul a CB encontra o parcel dos Abrolhos e em seguida, a cadeia de Vitória-Trindade (PETERSON e STRAMMA, 1991). Essa região, de clima tropical úmido, com altas temperaturas e regime irregular e escasso de chuvas, associadas a ventos alísios do nordeste apresenta características topográficas e oceanográficas peculiares (ADAS, 1991).

O ASPSP encontra-se inserido numa zona de influência direta da Corrente Sul-Equatorial, da Contra Corrente Equatorial e da Corrente Equatorial Submersa. Essa última é uma das mais rápidas, variáveis e menos conhecidas entre todas as correntes oceânicas do Atlântico, chegando a atingir velocidades superiores a 100 cm/s. Reúne características únicas, pelo que é possível compará-lo com um “oásis” em meio às águas do Oceano Atlântico (OMORI e IKEDA, 1984). Do ponto de vista científico, sua posição geográfica, entre os Hemisférios Norte e Sul e os continentes africano e americano, atribui ao ASPSP uma condição única para a realização de pesquisas em diversos ramos da ciência, sendo uma área de importância biológica, pois exerce papel relevante no ciclo de vida de várias espécies que têm no arquipélago etapa importante de suas rotas migratórias, quer como área de reprodução quer como zona de alimentação (PORTO, 2006).

Os ventos predominantes na região são os Alísios do sudeste (SE) principalmente durante o inverno austral (agosto) quando o centro de alta pressão de Santa Helena encontra-se na sua posição mais setentrional e é mais intenso já entre fevereiro e abril a média mensal da direção do vento apresenta componente na direção nordeste (SKIELKA et al. 2006). Nessa época a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), apresenta um ciclo de aproximadamente um ano, estando entre 17°S e 8°N nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro e entre 2°N e 27°N nos meses de junho, julho e agosto, limite norte dos alísios do sudeste (SOARES et al. 2009). A intensidade do vento na região do ASPSP não varia muito e seu valor raramente ultrapassa 7 ms<sup>-1</sup>, sendo ligeiramente menor de janeiro a abril, aumentando no restante do ano.

As temperaturas do ar (TA) e da superfície do mar (TSM) nas proximidades do ASPSP apresentam um ciclo sazonal semelhante. A TA varia entre 26°C e 28°C, com maiores valores nos meses entre abril e maio, apresentando temperaturas mais baixas entre julho e setembro (CHAVES et al. 2006; SOARES et al. 2009). A TSM é sempre superior à temperatura do ar, variando de 27,0 a 27,2°C sendo que essa diferença raramente ultrapassa 1°C (MACEDO et al. 2009). Isso indica que o sentido do fluxo vertical turbulento de calor sensível é do oceano para a atmosfera como é comum nas regiões tropicais (SKIELKA et al. 2006).

A termoclina, assim como em toda a ZEE do Nordeste do Brasil, é permanente e situa-se entre 50 e 120 m de profundidade, ocorrendo termoclinas transitórias que se elevam próximas ao Arquipélago, provavelmente pela influência do relevo. É observado alto índice de transparência e a camada eufótica tem seu limite inferior entre 60 e 90 m de profundidade (MACEDO et al. 1998; BEZERRA Jr., 1999).

As regiões tropicais dos oceanos embora oligotróficas, por conter um mínimo de fluxo vertical de nutrientes e uma baixa produtividade biológica, são consideradas áreas com diversidades muito altas (LONGHURST e PAULY, 1987). Esse caráter oligotrófico é explicado pela existência de uma termoclina permanente na região, a qual não permite que águas profundas ricas em nutrientes se misturem com águas superficiais. Nestas áreas, as possíveis misturas ocorrentes na coluna de água são promovidas por mecanismos locais como ventos e interações entre as correntes oceânicas e/ou o relevo submarino (TRAVASSOS et al. 1999).

## **5.2 Desenho Amostral**

Foram realizadas coletas em março/2008 (período chuvoso), em quatro transectos perpendiculares ao arquipélago, sob as orientações norte (N), sul (S), leste (E) e oeste (W), cada um possuindo quatro estações, distando uma da outra aproximadamente 926 m, correspondendo a 0,5 milhas náuticas (Fig. 2).

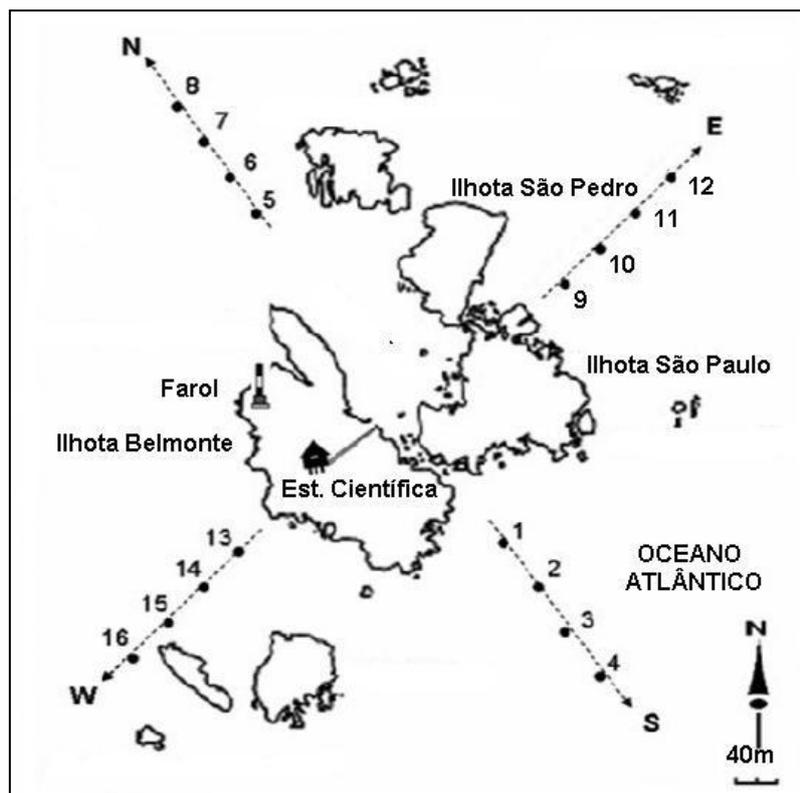


Figura 2 - Arquipélago de São Pedro e São Paulo, situando as 4 ilhotas maiores, a estação científica (ECASPSP) e o farol, tendo como base a carta náutica nº 11 da DHN. As setas representam os transectos e os pontos em preto os locais onde foram realizadas as coletas. Fonte: Modificado de Melo et al. (2010).

### 5.3 Amostragem do fitoplâncton

As coletas foram efetuadas com uma rede de plâncton de 45 $\mu$ m de abertura de malha e o material coletado foi armazenado em potes plásticos de 200 mL. As amostras coletadas foram fixadas em solução de formaldeído (4% volume), tamponado com tetraborato de sódio e encontram-se depositadas no Laboratório de Fitoplâncton do Departamento de Oceanografia da UFPE.

### 5.4 Análise qualitativa do fitoplâncton

As amostras foram homogeneizadas e destas retiradas cinco subamostras de 0,5 mL para a análise da composição, densidade relativa, com a identificação e contagem dos táxons feitas por meio do microscópio Motic (modelo BA-300) com objetivas de 10x e 20x acoplado a câmera fotográfica CANON A620.

A identificação das espécies baseou-se em Cupp (1943), Silva (1982), Silva-Cunha e Eskinazi-Leça (1990), Round et al. (1992), para Bacillariophyta; Drebes (1974), Balech (1975; 1988), Passavante (1979), Licea et al. (1995), Tomas (1997), Koenig e Lira (2005), Tenenbaum (2006), Koenig et al. (2009); para Dinoflagellata; Anagnostidis e Komárek (1988, 1990) Komárek (1991), Komárek e Anagnostidis (2005), para Cyanobacteria.

Os táxons encontrados foram organizados de acordo com os seguintes sistemas de classificação: Round et al. (1992) para Bacillariophyta, Gómez, (2005) para Dinoflagellata, Komárek (2005) para Cyanobacteria e os critérios de refinamento da identificação e os nomes científicos de espécies foram checados junto ao banco de dados internacional ALGAEBASE (<http://www.algaebase.org/>).

Para confirmação dos sinônimos das espécies de Bacillariophyta, foram consultados os catálogos de Round et al. (1992), Lange et al. (1992) e Hasle e Syvertsen (1997) e para os Dinoflagellata a obra de Steidinger e Tangen (1997).

## 5.5 Tratamento numérico dos dados

### 5.5.1 Abundância relativa

A abundância relativa de cada táxon foi calculada a partir da contagem direta dos organismos, e os resultados transformados em porcentagens através da fórmula:

$$A = \frac{N \times 100}{N_a}$$

Sendo,

N = numérico total de organismo de cada táxon na amostra;

N<sub>a</sub> = numérico total de organismos na amostra.

Para a interpretação dos resultados da abundância relativa seguiu-se o critério de Lobo e Leighton (1986):

- **Dominante** – espécie cuja ocorrência numérica foi superior a 50% do número total de indivíduos da amostra;

- **Abundante** – espécie cuja ocorrência superou o valor médio de indivíduos da amostra;
- **Raro** – espécies cuja ocorrência foi inferior ao valor médio de indivíduos da amostra.

### 5.5.2 Frequência de ocorrência

A frequência de ocorrência dos táxons será expressa também em termos de porcentagem, segundo Mateucci e Colma (1982), através da seguinte fórmula:

$$F = \frac{P \times 100}{p}$$

Onde:

F = frequência de ocorrência

P = número de amostras contendo a espécie

p = número total de amostras coletadas

Em função do valor de F, ou seja, do grau de frequência de ocorrência, as espécies foram classificadas nas seguintes categorias:

Esporádica  $\leq 10\%$ ; Frequente  $>10$  a  $\leq 50\%$  e Muito frequente  $>50\%$ .

### 5.6 Medição e Biovolume celular

Para o cálculo do biovolume celular selecionaram-se as espécies mais representativas com frequência de ocorrência superior a 30%.

Alguns aspectos metodológicos foram considerados antes de serem feitas as medidas morfológicas:

- 1) As células foram medidas em alta ampliação (x 100, x 200, x 400) do microscópio, evitando distorções na forma celular, halos de luz, superestimativas ou subestimativas do volume celular (OLENINA et al. 2006).
- 2) Foram utilizadas subamostras para fotografar os organismos em diversas vistas (lateral, apical, dorsal, ventral e etc.), incluindo imagens da terceira dimensão. Espécies mais frequentes são vistas com maior ocorrência a partir

de diferentes pontos de vista de modo que, cada dimensão é fotografada e medida. Em casos que as espécies são vistas com uma posição fixa na amostra, foi utilizada uma pinça (SUN e LIU, 2003) que ao tocar levemente a lamínula permite a movimentação da célula, sendo possível a captura de imagens de outras vistas do organismo.

- 3) As medidas foram feitas sob as fotografias, utilizando uma régua manual e os dados em cm foram convertidos em  $\mu\text{m}$ .

Aproximadamente 20 medições foram efetuadas de cada espécie a partir da captura de imagens (HILLEBRAND et al. 1999).

As células foram medidas na fase vegetativa evitando alterações na forma celular e a unidade de contagem foi à célula independente de formas em cadeias ou coloniais, a exceção foi para espécies filamentosas onde foram medidos os tricomas (ROUND et al. 1992; VADRUCCI et al. 2007).

Para a padronização das medidas foi levado em consideração às seguintes medidas: CT- Comprimento Total; CC- Comprimento Celular; H<sub>1</sub>- Altura da elipsóide; H<sub>2</sub>- Altura do monorafidióide; h<sub>1</sub>- Altura do cilindro; h<sub>2</sub>- Altura do cone 1; h<sub>3</sub>- Altura do cone 2 e do cone truncado 1; h<sub>4</sub>- Altura do cone 3 e do cone truncado 2; L<sub>1</sub>- Largura da elipsóide; L<sub>2</sub>- Diâmetro menor do monorafidióide; D- Diâmetro maior do monorafidióide; d<sub>1</sub>- Diâmetro cilindro; d<sub>2</sub>- Diâmetro da esfera; d<sub>3</sub>- Diâmetro elipsóide; d<sub>4</sub>- Diâmetro cone truncado 1 e do cone 1; d<sub>5</sub>- Diâmetro maior do cone truncado e do cone 2; d<sub>6</sub>- Diâmetro menor do cone truncado 2 e do cone 3; d<sub>7</sub>- Diâmetro menor do cone truncado 2; d<sub>8</sub>- Diâmetro do cone. Min- mínima; Max- máxima; C.V.- Coeficiente de Variação; D.P.- Desvio Padrão; X- Média; med- Mediana. (Anexo 2).

### **5.6.1 Associação das formas celulares às formas geométricas**

A seleção de formas geométricas neste modelo foi baseada em Hillebrand et al. (1999), Sun e Liu (2003), Olenina et al. (2006) e Vadrucchi et al. (2007)

Para o cálculo do biovolume celular utilizou-se o valor da média de um conjunto de células e não o valor individual como proposto por Wilén (1976) e Hillebrand et al. (1999).

As medidas morfológicas foram comparadas com Hasle e Syvertsen (1997), Steidinger e Tangen (1997), Therriault et al. (1999), Tenenbaum et al. (2004, 2006), Anagnostidis e Komárek (2005) e Avancini et al. (2006).

### 5.7 Biomassa em Carbono

A extrapolação para carbono orgânico aplicou-se os seguintes fatores de conversão:

Dinoflagelados:  $\text{pgC} = 0,216 * \text{BV}^{0,939}$  Menden-Deuer e Lessard, (2000).

Bacillariophyta:  $\text{pgC} = 0,288 * \text{BV}^{0,811}$  Menden-Deuer e Lessard, (2000).

Cyanobacteria:  $\text{pgC} = 0,436 * \text{BV}^{0,863}$  Verity et al. (1993).

### 5.8 Parâmetros físico-químicos

Os dados físico-químicos foram cedidos pelo Laboratório de Química do departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco. Foram efetuadas *in situ* as seguintes determinações: temperatura e transparência da água através de termômetro manual e disco de Secchi, respectivamente.

As amostras de água foram coletadas com auxílio da garrafa de Niskin. As análises realizadas em laboratório foram: para salinidade o método de Mohr-Knudsen; e para o oxigênio dissolvido, os métodos de Winkler foram descritos por Strickland e Parsons (1972). A taxa de saturação do oxigênio dissolvido foi obtida, utilizando-se a International Oceanographic Tables (UNESCO, 1973), correlacionando-se com valores de temperatura e salinidade.

O pH foi obtido através do pH-metro de bancada GEHAKA e para a determinação das concentrações dos sais nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato) foram empregadas às técnicas descritas por Strickland e Parsons (1972) e silicato Grasshoff et al. (1983).

## **5.9 Análise multivariada**

### **5.9.1 Análise de agrupamento das espécies**

Foram utilizados os táxons com frequência de ocorrência maior que 30% para a associação das espécies. Na análise de agrupamento foi utilizado o índice de similaridade de Jaccard com resultado mais ajustado, tanto para as amostras, como para as espécies. Na construção do dendrograma a classificação foi a aglomerativa hierárquica do “peso proporcional” (Weighted Pair Group Method Average Arithmetics – WPGMA). Realizou-se uma análise cofenética para medir o bom ajuste dos dados, cujo valor  $>0,8$  está bem ajustado (ROHF; FISHER, 1968). Todos estes cálculos foram realizados utilizando-se o programa computacional NTSYSpc 2,2 (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) da Metagraphics Software Corporation, Califórnia – USA).

### **5.9.2 Análise dos Componentes Principais (ACP)**

A análise dos componentes principais foi baseada nas espécies com frequência igual a 100% e para os parâmetros hidrológicos foi aplicado o coeficiente de correlação momento-produto de Pearson. Foram também extraídos o autovalor dos três componentes principais e o auto vetor, para realização deste foi utilizado o programa computacional NTSYSpc 2,2 (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) da Metagraphics Software Corporation, Califórnia – USA).

### **5.10 Normatização do texto**

Para a normatização do texto, das citações e referências bibliográficas foram empregadas as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2002; 2003a, b e c; 2005a, b).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Composição florística, abundância relativa e frequência de ocorrência

A composição específica do microfitoplâncton do Arquipélago São Pedro e São Paulo esteve constituída por 110 táxons representados por quatro divisões taxonômicas, distribuída entre 85 dinoflagelados (Divisão Dinoflagellata), 18 diatomáceas (Divisão Bacillariophyta), seis cianofíceas (Divisão Cyanobacteria) e um silicoflagelado (Divisão Heterokontophyta).

Apenas as espécies do gênero *Trichodesmium* foram dominantes. Dos táxons identificados 21% foram considerados muito frequentes, 48% frequentes e 31% esporádicas. Estas informações assim como aspectos de abundância, frequência de ocorrência, distribuição e classificação trófica estão apresentadas no Anexo 1.

O número de táxons por amostra (Fig. 3), ou seja, a riqueza de espécies variou de 31 a 48 ( $40 \pm 12$  táxons).

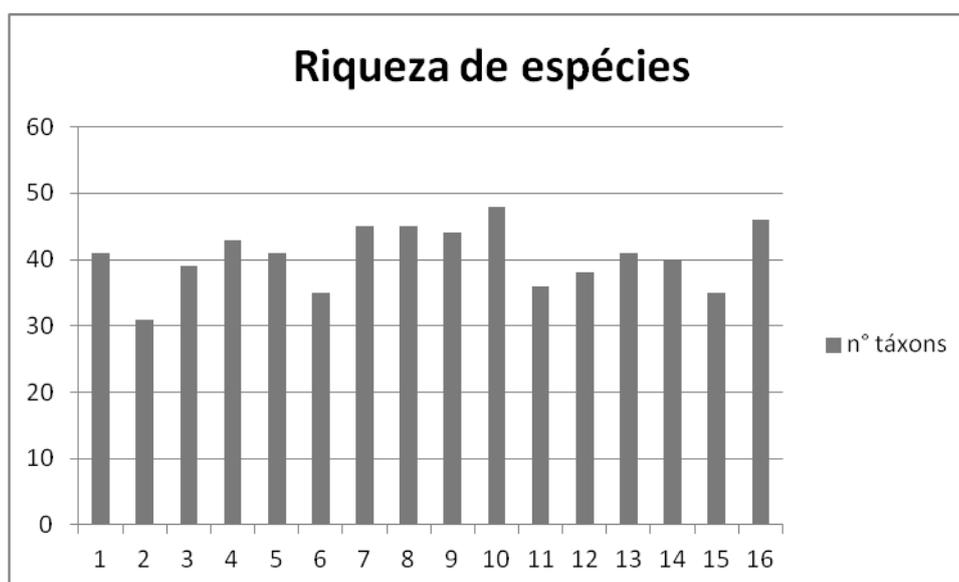


Figura 3- Riqueza de espécies em relação às amostras no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Os Dinoflagellata (77%) e as Bacillariophyta (16%) constituíram as divisões mais expressivas em unidades taxonômicas, enquanto que, as Cyanobacteria e Heterokontophyta representaram respectivamente 6% e 1%.

Do total de táxons registrados, 12 espécies foram consideradas novas ocorrências para a região: *Trichodesmium tenue* Wille, *Katagnymene spiralis*

Lemmermann, *Katagnymene pelagica* Lemmermann e *Richellia intracellularis* Schmidt, *Phalacroma mitra* Schütt, *Gonyaulax birostris* Stein, *Ceratium belone* Cleve, *C. declinatum* var. *angusticornum* (Karsten) Jørgensen, *C. karstenii* Pavillard, *C. pentagonum* var. *longisetum* Jørgensen, *Spiraulax kofoidii* Graham, *Protopteridinium oceanicum* Vanhøffen.

### 6.1.1 Divisão Cyanobacteria

Representada pela classe taxonômica Cyanophyceae, distribuída em duas famílias (Phormidiaceae e Nostocaceae) e seis espécies.

Na família Phormidiaceae, *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont contribuiu com uma abundância relativa superior a 60% entre as estações 1 e 9 e *T. erythraeum* Ehrenberg ex Gomont contribuiu com uma abundância relativa superior a 50% entre as estações 10 e 16, ambas foram consideradas dominantes na amostra. Representando a mesma família, as espécies *Katagnymene pelagica* Lemmermann, *Trichodesmium erythraeum* e *Trichodesmium thiebautii* foram muito frequentes e dominantes nas amostras (>50%).

Na família Nostocaceae, *Richellia intracellularis* Schmidt esteve presente apenas na análise qualitativa, ou seja, esteve presente no estudo, mas não foi quantificada.

Foram consideradas novas ocorrências para a região do Arquipélago São Pedro e São Paulo e para Pernambuco, *Trichodesmium tenue* Wille, *Katagnymene spiralis* Lemmermann, *Katagnymene pelagica* Lemmermann e *Richellia intracellularis* Schmidt.

### 6.1.2 Divisão Dinoflagellata

Esteve constituída apenas por uma Classe Taxonômica (Dinophyceae) distribuída em seis ordens, 13 famílias, 19 gêneros e 77 espécies e sete variedades.

Na classe Dinophyceae, a ordem Dinophysiales esteve representada pela família Dinophysiaceae com 16 espécies entre os gêneros *Amphisolenia*, *Dinophysis*, *Histioneis*, *Ornithocercus* e *Phalacroma*, apresentando uma baixa abundância relativa (<1%) e uma ampla distribuição espacial (>50% das amostras).

Na ordem Gonyaulacales foram catalogadas cinco famílias (Ceratiaceae, Ceratocoryaceae, Gonyaulacaceae, Goniodomataceae e Oxytoxaceae).

A família Ceratiaceae esteve representada exclusivamente pelo gênero *Ceratium* presente em todas as amostras, contribuindo com 30 espécies e sete variedades.

Apesar de muito frequente este gênero contribuiu com uma abundância relativa de até 6%, destacando-se *Ceratium candelabrum* Ehrenberg var. *candelabrum* Stein, *C. contortum* Gourret, *C. declinantum* var. *declinatum* Jørgensen, *C. fusus* Ehrenberg, *C. lineatum* Ehrenberg, *C. macroceros* Ehrenberg, *C. pentagonum* var. *longisetum* Jørgensen, *C. pentagonum* var. *tenerum* Jørgensen, *C. teres* Kofoid e *C. vultur* Cleve.

Na família Ceratocoryaceae, *Ceratocorys horrida* Stein se destacou, apesar de contribuir com uma baixa abundância relativa (<1%) sendo rara, foi também considerada muito frequente nesse estudo.

Na família Gonyaulacaceae, destacou-se *Gonyaulax polygrama* Stein que obteve uma baixa contribuição em termos de abundância (<1%), porém foi encontrada em todas as amostras sendo considerada muito frequente.

A família Goniodomataceae representada exclusivamente por *Goniodoma polyedricum* (Pouchet) Jørgensen, foi frequente e apresentou a maior contribuição em termos de abundância relativa ( $\leq 18\%$ ) sendo abundante na amostra.

A única representante da família Oxytoxaceae foi *Oxytoxum scolopax* Stein, sendo considerada rara, porém frequente.

Na ordem Gymnodiniales houve a presença da família Gymnodiniaceae com dois gêneros presentes, o gênero *Gymnodinium* e *Gyrodinium*, mas em termos de abundância relativa foram pouco representativos.

A ordem Pyrocystales foi representada exclusivamente por uma família (Pyrocystaceae) com cinco espécies, entre elas o gênero *Pyrocystis* (*Pyrocystis fusiformis* (Wyville-Thomson) Blackman, *P. noctiluca* Murray ex Haeckel, *P. robusta* Kofoid e *Pyrocystis* sp. 1) e *Dissodinium* (*Dissodinium pseudolunula* Swift ex Elbrächter & Drebes) foi considerado frequente com abundância relativa nunca maior que 1%.

A ordem Peridinales esteve representada pela família Podolampadaceae com duas espécies do gênero *Podolampas* (*Podolampas bipes* Stein e *P. palmipes* Stein) e por *Spiraulax kofoidii* Graham, ainda com família incerta, é considerada pela literatura uma espécie oceânica e nesse estudo, como rara e frequente.

A ordem Prorocentrales foi representada por duas famílias: Prorocentraceae e a Protoperidiniaceae. A família Prorocentraceae possui como representantes três espécies do gênero *Prorocentrum*: *Prorocentrum balticum* (Lohmann) Loeblich III, *P. gracile* Schütt e *P. sigmoides* Böhm, pouco representativas nesse estudo.

A família Protoperidiniaceae esteve representada por 11 espécies do gênero *Protoperidinium*. Contribuíram com uma abundância relativa baixa ( $\leq 2\%$ ) sendo raras na amostragem e apenas *Protoperidinium depressum* (Bailey) Balech e *Protoperidinium ovum* Balech ocorreram em todas as amostras.

A ordem Noctilucales foi constituída apenas pela família Noctilucaceae representada por *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid, considerada esporádica nas amostragens.

Foram consideradas novas ocorrências para a região do ASPSP: *Phalacroma mitra* Schütt, *Gonyaulax birostris* Stein, *Ceratium belone* Cleve, *C. declinatum* var. *angusticornum* (Karsten) Jørgensen, *C. karstenii* Pavillard, *C. pentagonum* var. *longisetum* Jørgensen, *Spiraulax kofoidii* Graham, *Protoperidinium oceanicum* Vanhøffen.

### 6.1.3 Divisão Bacillariophyta

Esta divisão está representada por três classes taxonômicas (Coscinodiscophyceae, Chaetoceratophyceae, Bacillariophyceae) distribuídas em 10 famílias e 18 espécies.

A classe Coscinodiscophyceae destacou-se com três ordens (Coscinodiscales, Triceratiales e Rhizosoleniales).

A ordem Coscinodiscales está representada por uma família (Hemidiscaceae) e por uma espécie (*Hemidiscus* sp.). A ordem Triceratiales foi representada pela família Triceratiaceae com duas espécies do gênero *Triceratium* (*Triceratium favus* Ehrenberg e *Triceratium* sp.), ambas foram representativas apenas na análise qualitativa do estudo.

A ordem Rhizosoleniales está também representada pela família Rhizosoleniaceae com duas espécies, *Rhizosolenia imbricata* Brightwell que foi considerada rara e frequente e *Guinardia delicatula* Cleve (Hasle) que só foi representativa na análise qualitativa.

Na classe Chaetoceratophyceae destacou-se três ordens (Chaetocerotales, Biddulphiales e Hemiaulales). A ordem Chaetocerotales está constituída da família

Chaetocerotaceae sendo representada por dois gêneros: *Bacteriastrum* e *Chaetoceros*. A ordem Biddulphiales foi representada família Biddulphiaceae sendo *Biddulphia biddulphina* (Smith) Boyer como representante considerada esporádica. A ordem Hemiaulales foi representada pela família Hemiaulacaceae com três espécies do gênero *Hemiaulus*, sendo *Hemiaulus membranaceus* Cleve e *Hemiaulus sinensis* Grenville presentes em todas as estações, apesar de baixa abundância relativa ( $\leq 4\%$ ) e *Hemiaulus hauckii* Grunow foi considerada rara e esporádica.

A classe Bacillariophyceae foi representada pela ordem Licmophorales e duas famílias, na família Licmophoraceae, *Licmophora* sp. 1 foi a única representante e na família Bacillariaceae a única espécie representativa foi *Nitzschia longissima* (Brèbisson) Ralfs, ambas foram consideradas raras e esporádicas.

A única representante da família Climacospheniaceae, da ordem Climacospheniales foi *Climacosphaenia moniligera* Ehrenberg considerada de frequência esporádica e abundância relativa baixa ( $<1\%$ ).

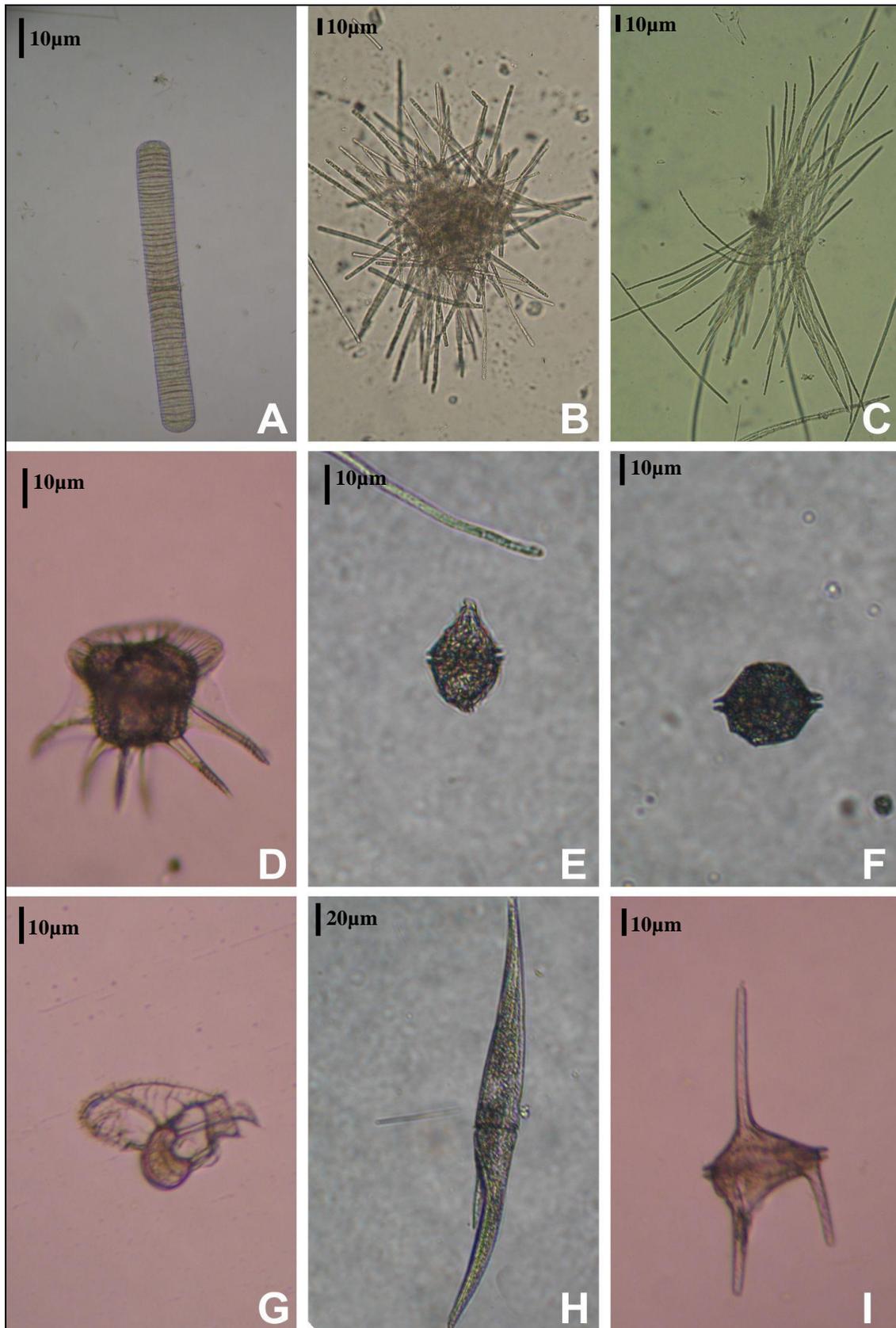
A ordem Naviculales foi representada pela família Naviculaceae com a presença de duas espécies *Navicula* sp. 1 e *Navicula* sp. 2, que foram consideradas frequentes, mas com abundância relativa inferior a 2%.

#### **6.1.4 A Divisão Heterokontophyta**

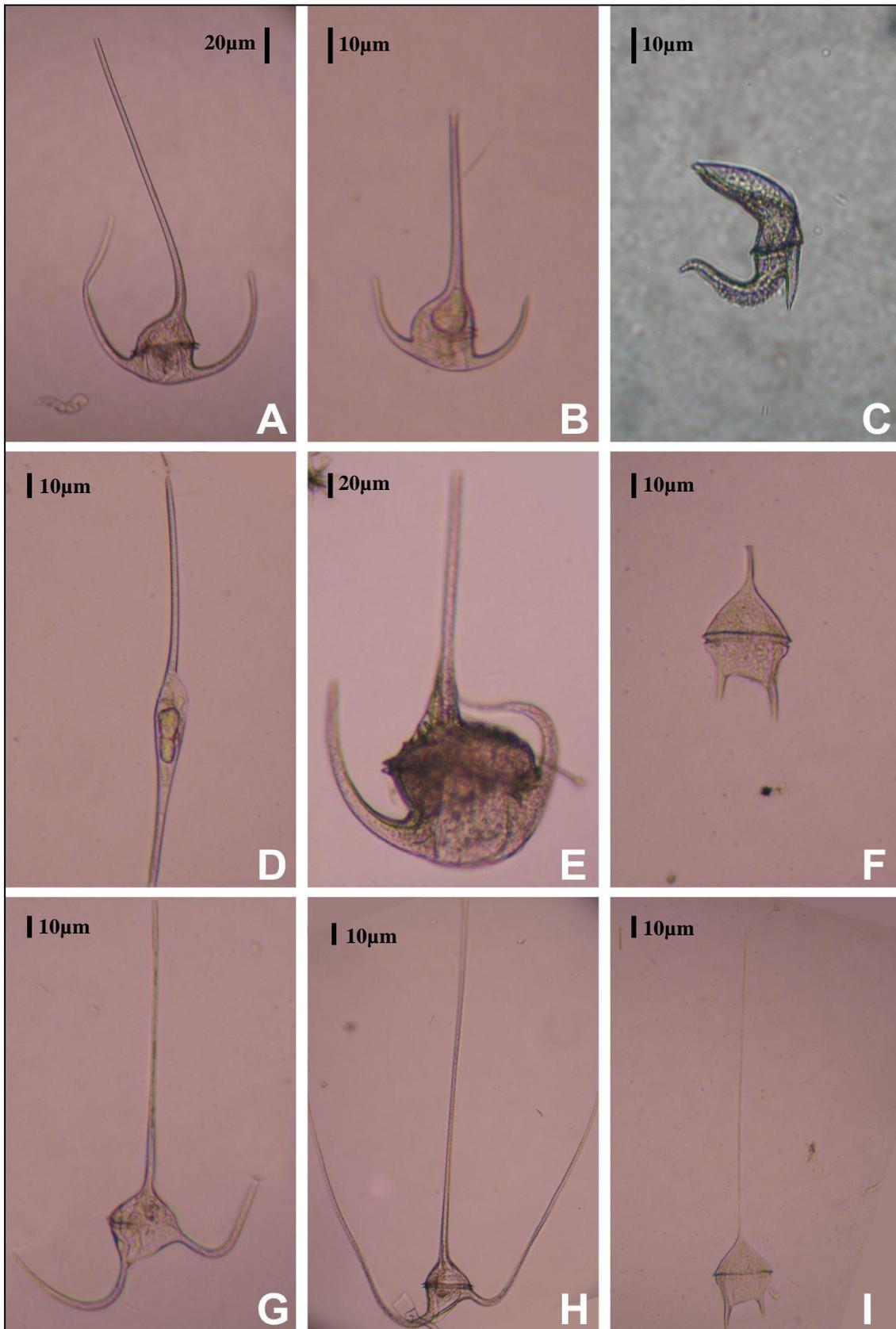
A espécie *Dictyocha fibula* foi à única representante sendo considerada frequente com abundância relativa inferior a 1%.

#### **6.2 Associação dos táxons selecionados às formas geométricas**

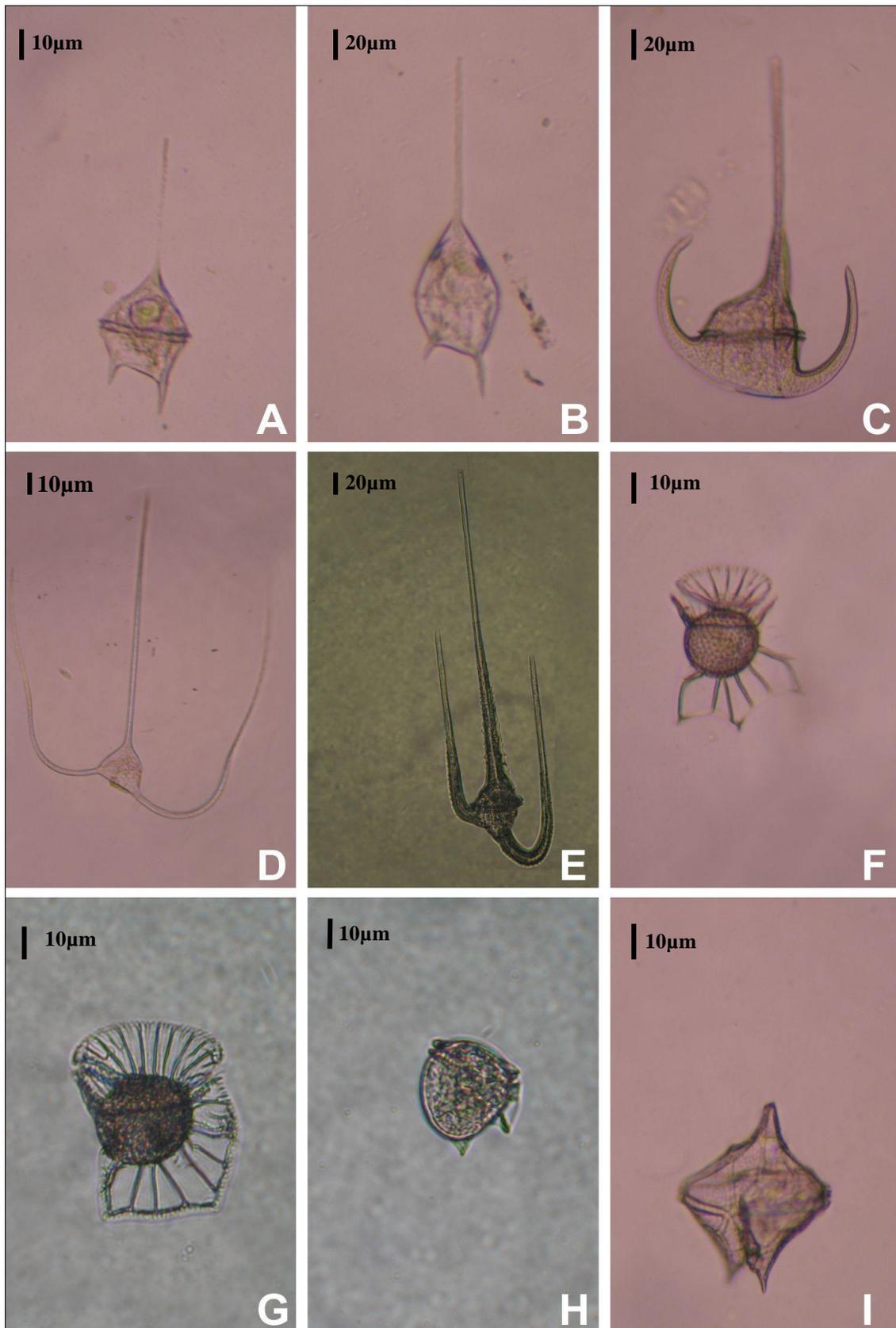
Para o estudo do biovolume celular foram confeccionadas fotomicrofotografias de 33 táxons correspondendo aos táxons com frequência de ocorrência superior a 30%, representados nas pranchas 1 a 4.



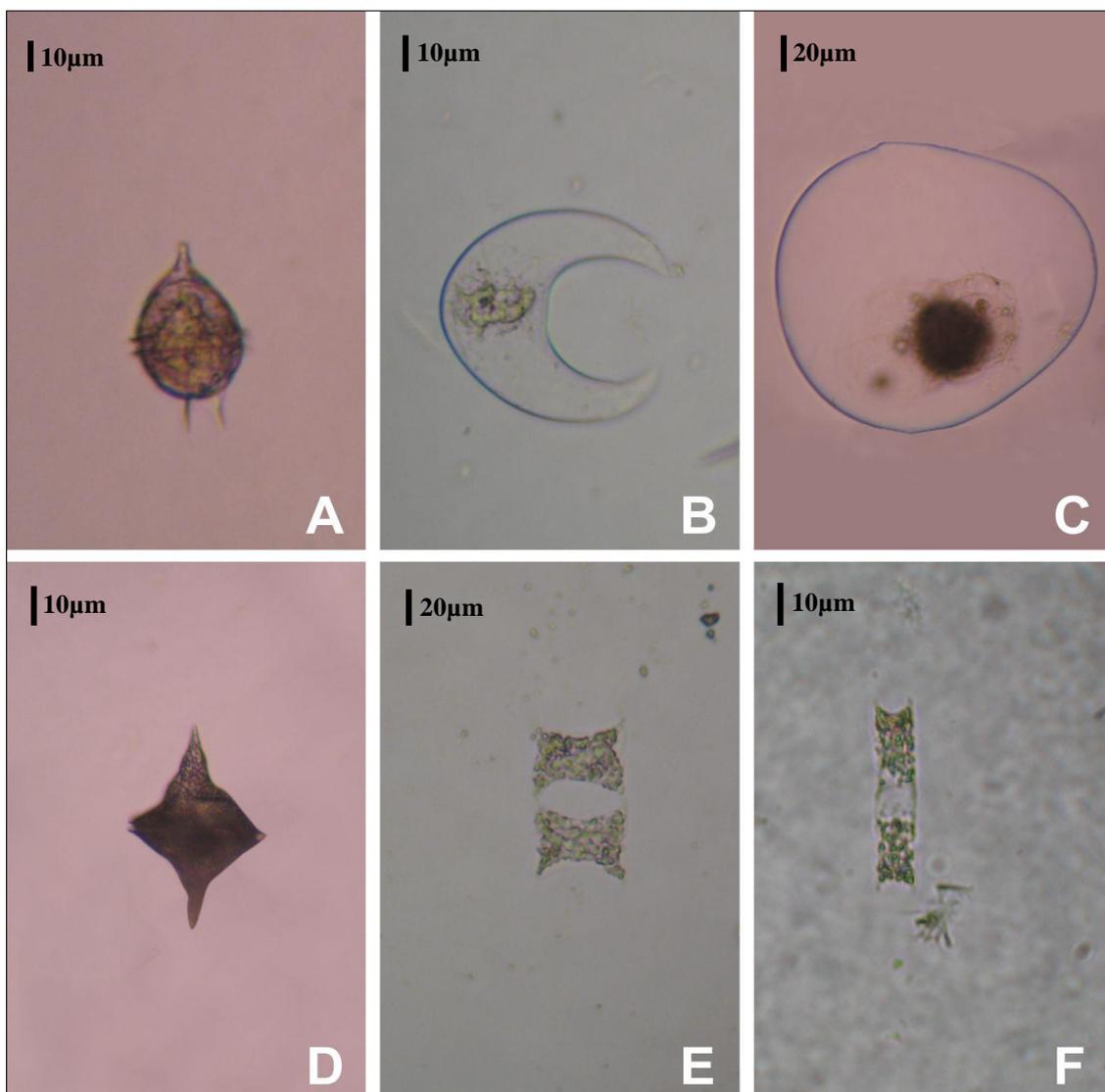
Prancha 1 - **A-** *Katagnymene pelagica* **B-** *Trichodesmium erythraeum*; **C-** *Trichodesmium thiebautii*; **D-** *Ceratocorys horrida*; **E-** *Gonyaulax polygramma*; **F-** *Gonyodoma polyedricum*; **G-** *Histioneis milneri*; **H-** *Ceratium belone*; **I-** *Ceratium candelabrum* var. *candelabrum*;



Prancha 2 - **A-** *Ceratium cotortum*; **B-** *Ceratium declinatum* var. *declinatum*; **C-** *Ceratium digitatum*; **D-** *Ceratium fusus*; **E-** *Ceratium gibberum*; **F-** *Ceratium lineatum*; **G-** *Ceratium macroceros*; **H-** *Ceratium massiliense*. **I-** *Ceratium pentagonum* var. *longisetum*.



Prancha 3 - A- *Ceratium pentagonum* var. *tenerum*; B- *Ceratium teres*; C- *Ceratium tripus*; D- *Ceratium trichoceros*; E- *Ceratium vultur*; F- *Ornithocercus magnificus*; G- *Ornithocercus quadratus*; H- *Phalacroma doryphorum*; I- *Protoperidinium depressum*.



Prancha 4 - **A-** *Protoperidinium ovum*; **B-** *Pyrocystis fusiformis*; **C-** *Pyrocystis noctiluca*; **D-** *Spiraulax kofoidii*; **E-** *Hemiaulus membranaceus*; **F-** *Hemiaulus sinensis*.

Visando identificar as formas geométricas que melhor se associam as formas celulares, foi realizado um estudo comparativo entre os autores e àquelas que foram adotadas neste estudo (Tabela 1).

Tabela 1 - Lista dos 33 táxons mais representativos do microfitoplâncton no Arquipélago São Pedro e São Paulo com formas associadas baseados na literatura e a proposta deste estudo.

<b>Autores</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Cyanobacteria</b>					
<i>Katagnymene pelagica</i>	C	C	C	C	C
<i>Trichodesmium erythraeum</i>	C	C		C	C
<i>Trichodesmium thiebautii</i>	C	C		C	C
<b>Dinoflagellata</b>					
<i>Ceratocorys horrida</i>	ES/2	ES/2			E
<i>Gonyaulax polygramma</i>	2 CO	2 CO	CO + ES/2	CO + ES/2	CO + ES/2
<i>Goniodoma polyedricum</i>	ES	ES		ES	ES
<i>Histioneis milneri</i>	E	E			E
<i>Ceratium belone</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	3 CO
<i>Ceratium candelabrum</i> var. <i>candelabrum</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	E + 2 CO + C
<i>Ceratium cotortum</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	E + 2 CO + C
<i>Ceratium declinatum</i> var. <i>declinatum</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	E + 2 CO + C
<i>Ceratium digitatum</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	E + COT+ MO + CO
<i>Ceratium fusus</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		2 CO	2 CO
<i>Ceratium gibberum</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	E + 2 CO + C
<i>Ceratium lineatum</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	C + CO + COT
<i>Ceratium macroceros</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	E + 2 CO + C
<i>Ceratium massiliense</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	E + 2 CO + C
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>longisetum</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	C + CO + COT
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>tenerum</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	C + CO + COT
<i>Ceratium teres</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	C + CO + COT
<i>Ceratium tripos</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	E + 2 CO + C
<i>Ceratium trichoceros</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	E + 2 CO + C
<i>Ceratium vultur</i>	E + 2 CO + C	E + 2 CO + C		E + 2 CO + C	E + 2 CO + C
<i>Ornithocercus magnificus</i>	ES/2	ES/2			ES
<i>Ornithocercus quadratus</i>	ES/2	ES/2			ES
<i>Phalacroma doryphorum</i>	E	E		E	E
<i>Protoperidinium depressum</i>	2 CO	2 CO	EA -20%	2 CO	3 CO
<i>Protoperidinium ovum</i>	2 CO	2 CO		2 CO	CO + ES/2
<i>Pyrocystis fusiformis</i>	E	E	MO		MO
<i>Pyrocystis noctiluca</i>	E	E	MO		ES
<i>Spiraulax kofoidii</i>	2 CO	2 CO			2 CO
<b>Bacillariophyta</b>					
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	PBE	PBE		C	C
<i>Hemiaulus sinensis</i>	PBE	PBE		C	C

Legenda: 1- Hillebrand et al. (1999); 2- Sun e Liu, (2003); 3- Olenina et al. (2006); 4- Vadrucchi et al. (2007); 5- Queiroz, (2011). ES- esfera; ES/2- meia esfera; E- elipsóide; C- cilindro; CO- cones; COT- cone truncado; MO- monorafidíóide; EA- Elipse achatada; PBE- Prisma com base elíptica.

As Cyanobacteria *Katagnymene pelagica*, *Trichodesmium erythraeum*, *T. thiebautii* são características de um padrão geométrico cilíndrico.

Dentre os Dinoflagellata, foi modificado o padrão geométrico da espécie *Ceratocorys horrida* optando-se por elipsóide. Para a espécie *Gonyaulax polygramma* a forma geométrica associada também foi modificada considerando a forma cone + meia esfera.

Para a complexidade morfológica das espécies do gênero *Ceratium* que não se enquadraram no padrão proposto pela literatura (*Ceratium belone*, *C. digitatum*, *C. lineatum*, *C. pentagonum* var. *longisetum*, *C. pentagonum* var. *tenerum*, *C. teres*) foi elaborado três formas geométricas combinadas (3 cones; elipsóide + 2 cones + cilindro; elipsóide + cone truncado + monorafidióide + cone cilindro + cone + cone truncado, respectivamente).

O gênero *Ornithocercus* foi considerado como esfera e não como meia esfera apesar de não acarretar mudanças na estrutura morfométrica.

A espécie *Protoperidinium depressum* foi considerada como uma forma combinada entre três cones e não dois cones. Já *Protoperidinium ovum* foi considerada como a forma combinada entre cone + meia esfera e não 2 cones.

Apesar de serem utilizadas formas geométricas adaptadas aos gêneros, há espécies que fogem a regra como: *Pyrocystis fusiformis* e *Pyrocystis noctiluca* que possuem formatos celulares distintos optando-se por associá-las as formas geométricas monorafidióide e esfera respectivamente.

Em relação à Bacillariophyta, o gênero *Hemiaulus* apresentou divergências entre os autores, porém este protocolo seguiu Vadrucchi et al. (2007).

Foram aplicadas para o cálculo do biovolume quatro formas simples (cilindro, esfera, elipsóide, monorafidióide), três formas combinadas já aplicadas em estudos anteriores (cone + meia esfera, 2 cones e elipsóide + 2 cones + cilindro) e três formas sugeridas neste estudo (3 cones, cilindro + cone + cone truncado, elipsóide + cone truncado + meia lua + cone) apresentadas no Anexo 2, junto com a forma geométrica, o número de dimensões, a fórmula, o volume com legenda, bem como as espécies associadas.

### **6.3 Biovolume celular e Biomassa em carbono**

A partir dos valores de biovolume celular foram aplicados os cálculos da biomassa em carbono em relação às espécies selecionadas (Tabela 2).

Na Divisão Cyanobacteria a espécie que apresentou maior biovolume celular e biomassa em carbono ( $284.603 \mu\text{m}^3$  e  $22.207 \text{pgC}.\mu\text{m}^{-3}$ , respectivamente) foi a espécie *Katagnymene pelagica*.

Em relação à Divisão Dinoflagellata, *Histioneis milneri* apresentou o menor biovolume celular e biomassa em carbono ( $2.485 \mu\text{m}^3$  e  $333 \text{pgC}.\mu\text{m}^{-3}$ , respectivamente). Já os maiores valores foram encontrados em *Pyrocystis noctiluca* ( $21.269.151 \mu\text{m}^3$  e  $1.641.388 \text{pgC}.\mu\text{m}^{-3}$ , respectivamente) e entre as espécies do gênero *Ceratium*, *Ceratium pentagonum* var. *longisetum* se destacou com os maiores valores de biovolume celular e biomassa em carbono ( $518.579 \mu\text{m}^3$  e  $50.251 \text{pgC}.\mu\text{m}^{-3}$ , respectivamente).

Já para a Divisão Bacillariophyta, *Hemiaulus membranaceus* obteve o maior valor biovolume celular e biomassa em carbono ( $92.813 \mu\text{m}^3$  e  $3.077 \text{pgC}.\mu\text{m}^{-3}$ , respectivamente).

Tabela 2 - Valores de biovolume e biomassa a partir dos das associações das formas celulares às formas geométricas dos 33 táxons mais representativos no Arquipélago São Pedro e São Paulo.

<b>Espécies</b>	<b>Biovolume(<math>\mu\text{m}^3</math>)</b>	<b>Biomassa (pgC. <math>\mu\text{m}^{-3}</math>)</b>
<b>Cyanobacteria</b>		
<i>Katagnymene pelagica</i>	284.603	22.207
<i>Trichodesmium erythraeum</i>	5.950	789
<i>Trichodesmium thiebautii</i>	10.254	1.262
<b>Dinoflagellata</b>		
<i>Ceratocorys horrida</i>	472.994	46.041
<i>Gonyaulax polygramma</i>	3.505	460
<i>Goniodoma polyedricum</i>	121.626	12.862
<i>Histioneis milneri</i>	2.485	333
<i>Ceratium belone</i>	130.849	13.775
<i>Ceratium candelabrum</i> var. <i>candelabrum</i>	61.938	6.825
<i>Ceratium cotortum</i>	53.157	5.912
<i>Ceratium declinatum</i> var. <i>declinatum</i>	28.081	3.247
<i>Ceratium digitatum</i>	257.983	26.058
<i>Ceratium fusus</i>	34.294	3.918
<i>Ceratium gibberum</i>	61.703	6.801
<i>Ceratium lineatum</i>	72.492	7.912
<i>Ceratium macroceros</i>	14.490	1.745
<i>Ceratium massiliense</i>	20.604	2.428
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>longisetum</i>	518.579	50.251
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>tenerum</i>	125.259	13.222
<i>Ceratium teres</i>	71.301	7.789
<i>Ceratium tripos</i>	135.669	14.251
<i>Ceratium trichoceros</i>	20.604	2.428
<i>Ceratium vultur</i>	274.135	27.587
<i>Ornithocercus magnificus</i>	208.137	21.300
<i>Ornithocercus quadratus</i>	69.393	7.594
<i>Phalacroma doryphorum</i>	133.811	14.068
<i>Protoperidinium depressum</i>	238.304	24.187
<i>Protoperidinium ovum</i>	27.162	3.147
<i>Pyrocystis fusiformis</i>	484.139	47.059
<i>Pyrocystis noctiluca</i>	21.269.151	1.641.388
<i>Spiraulax kofoidii</i>	265.103	26.733
<b>Bacillariophyta</b>		
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	92.813	3.077
<i>Hemiaulus sinensis</i>	23.918	1.025

#### 6.4 Parâmetros Físico-Químicos

Os parâmetros físico-químicos coletados concomitantemente com amostras do microfitoplâncton estão apresentados na Tabela 3.

Os teores de salinidade variaram de 34,21 a 35,53 com uma média geral de 34,87 e amplitude da ordem de 1,32.

A temperatura da água manteve-se estável, em torno de 28°C e amplitude térmica de 0,4. Os valores do pH foram sempre alcalinos apresentando um valor médio de 8,21 e uma amplitude da ordem de 0,31.

Em relação ao oxigênio dissolvido, o menor valor foi de 4,53 ml.L<sup>-1</sup> e o máximo de 5,38 ml.L<sup>-1</sup>, com média de 4,96 ml.L<sup>-1</sup> e amplitude da ordem de 0,85.

As concentrações de nitrito variaram de não detectáveis a 0,03 µM, já as concentrações de nitrato variaram de não detectáveis a 0,35 µM, respectivamente e a amônia de 0,01 a 0,08 µM. O valor médio das concentrações de nitrato foi de 0,14 µM e da amônia de 0,04 µM respectivamente.

O teor de fosfato variou de 0,01 a 0,16 µM, com valor médio de 0,06 µM e o silicato um teor médio de 2,43 µM com valores oscilando entre 1,44 a 3,73 µM.

Os valores de transparência alcançaram uma média de 28,7m, atingindo valor mínimo de 25,05 m e máximo de 33,40 m.

Tabela 3 - Variação dos parâmetros físico-químicos registrados no Arquipélago São Pedro e São Paulo em maio de 2008 (período chuvoso).

Est.	Lat(N)	Long(W)	Sal.	O.D.	Temp.	pH	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	Si	Transp.
1	00°54'871"	29°20'674"	34,74	4,89	28.3	8,26	0,01	0,29	0,08	0,10	3,08	31,73
2	00°54'512"	29°20'550"	34,21	4,98	28.3	8,21	0,01	0,19	0,03	0,01	1,74	28,39
3	00°54'071"	29°20'516"	35,27	5,05	28.3	8,23	0,01	0,35	0,04	0,06	2,14	25,05
4	00°53'658"	29°20'411"	34,74	5,09	28.2	8,10	0,00	0,16	0,06	0,07	2,19	25,05
5	00°55'106"	29°20'813"	35,53	4,53	28.2	8,27	0,00	0,09	0,03	0,04	3,28	26,72
6	00°55'622"	29°20'797"	35,53	4,73	28.2	8,10	0,00	0,09	0,00	0,08	2,09	28,39
7	00°56'080"	29°20'959"	34,47	4,94	28.1	8,00	0,00	0,01	0,01	0,06	2,34	28,39
8	00°56'550"	29°21'046"	34,74	5,01	28.1	8,36	0,00	0,11	0,01	0,07	1,79	30,06
9	00°55'069"	29°20'571"	35,00	4,84	28.3	8,06	0,01	0,17	0,00	0,16	2,94	30,06
10	00°55'175"	29°20'158"	34,74	4,91	28.3	8,27	0,01	0,26	0,01	0,07	2,19	28,39
11	00°55'186"	29°19'777"	35,27	5,38	28.4	8,22	0,01	0,13	0,02	0,06	2,64	30,06
12	00°55'428"	29°19'368"	35,00	4,98	28.5	8,31	0,01	0,13	0,01	0,04	3,43	33,40
13	00°54'843"	29°20'908"	34,47	5,18	28.3	8,20	0,01	0,16	0,03	0,05	2,04	31,73
14	00°54'707"	29°21'291"	34,74	4,88	28.4	8,18	0,01	0,01	0,04	0,04	3,73	26,72
15	00°54'582"	29°21'755"	35,00	5,02	28.4	8,27	0,03	0,06	0,07	0,06	1,89	28,39
16	00°55'477"	29°22'228"	34,47	4,98	28.5	8,29	0,01	0,06	0,07	0,02	1,44	26,72

Legenda: Est.- Estação; Lat.- Latitude; Long.-Longitude; Sal.- Salinidade; O. D.- Oxigênio Dissolvido; Temp.- Temperatura(°C); pH- potencial hidrogeniônico; NO<sub>2</sub>- Nitrito(µM); NO<sub>3</sub>- Nitrato(µM); NH<sub>3</sub>- Amônia(µM); PO<sub>4</sub>-Fosfato(µM); Si- Silicato (µM); Transp.-Transparência da água(m).

## 6.5 Análise Multivariada

### 6.5.1 Análise de agrupamento das espécies

A análise de agrupamento dos dados por espécie teve índice de ajustamento dos dados por análise cofenética de  $r = 0,95$ , demonstrando, portanto, o ajustamento dos grupos formados (Fig. 3).

A análise da associação das espécies permitiu evidenciar a formação de três agrupamentos principais com 50% de explicação, assim distribuídos:

O **Grupo A**: observou-se uma associação de 25 espécies sendo dividido em dois subgrupos (A1 e A2).

O subgrupo A1 foi o maior, associando 17 espécies, na seguinte ordem: *Katagnymene pelagica*, *Trichodesmium erythraeum*, *Trichodesmium thiebautii*, *Hemiaulus sinensis*, *Ceratium candelabrum* var. *candelabrum*, *Ceratium cotortum*, *Protoperidinium depressum*, *Ceratium declinatum* var. *declinatum*, *Ceratium fusus*, *Ceratium lineatum*, *Ceratium macroceros*, *Ceratium pentagonum* var. *longisetum*, *Ceratium pentagonum* var. *tenerum*, *Ceratium teres*, *Ceratocorys horrida*, *Ceratium gibberum* e *Ceratium vultur* na sua maioria características de regiões oceânicas e neríticas/oceânicas, autotróficas com o maior número de espécies indicadoras da Corrente do Brasil. É nesse grupo que se enquadraram as espécies com 100% de frequência na região do ASPSP.

O subgrupo A2 é menor, com cinco espécies: *Gonyaulax polygramma*, *Goniodoma polyedricum*, *Spiraulax kofoidii*, *Hemiaulus membranaceus* e *Protoperidinium ovum*. São espécies tipicamente oceânicas/neríticas e autotróficas.

As espécies *Pyrocystis noctiluca*, *Ceratium tricoceros* e *Ornithocercus magnificus* também estiveram neste grupo compartilhando as mesmas características (oceânica, nerítica, autotrófica).

O **Grupo B**: Associou apenas três espécies representantes da Divisão Dinoflagellata, sendo *Histioneis milneri* e *Pyrocystis fusiformis* oceânicas, neríticas e heterotróficas enquanto que *Ceratium digitatum* é oceânica e autotrófica.

O **Grupo C**: Foi o menor grupo constituído por apenas duas espécies da Divisão Dinoflagellata. São consideradas tipicamente neríticas, porém *Ceratium massiliense* é autotrófica enquanto que *Phalacroma doryphorum* é heterotrófica.

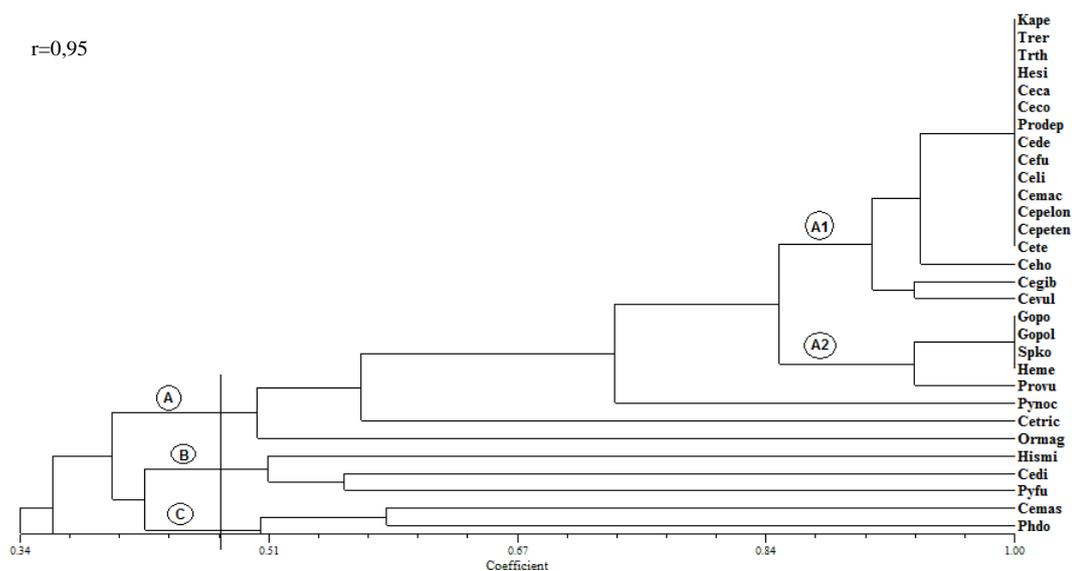


Figura 4 - Dendrograma das associações das espécies fitoplânctônicas mais frequentes no Arquipélago São Pedro e São Paulo.

### 6.5.1 Análise dos Componentes Principais (ACP)

De acordo com a ACP os três primeiros fatores explicaram a seguinte variação: Fator 1 explicou 26,71%, o Fator 2 destacou-se explicando 13,99% e o Fator 3 explicou 11,53% da variação dos dados (Tabela 4).

Tabela 4- Contribuição dos táxons e parâmetros ambientais aos três primeiros componentes principais no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Espécies/Parâmetros Abióticos	Abreviações	Fatores		
		F1- 26,71%	F2- 13,99%	F3- 11,53%
<i>Katagnymene pelagica</i>	<i>Kape</i>	0,261	0,161	<b>0,636</b>
<i>Trichodesmium erythraeum</i>	<i>Trer</i>	-0,378	<b>0,788</b>	-0,068
<i>Trichodesmium thiebautii</i>	<i>Trth</i>	<b>0,776</b>	-0,381	0,305
<i>Ceratium candelabrum</i> var. <i>candelabrum</i>	<i>Ceca</i>	0,316	-0,025	<b>-0,458</b>
<i>Ceratium contortum</i>	<i>Ceco</i>	<b>0,791</b>	-0,212	-0,285
<i>Ceratium declinatum</i> var. <i>declinatum</i>	<i>Cede</i>	<b>0,722</b>	-0,488	-0,099
<i>Ceratium macroceros</i>	<i>Cemac</i>	<b>0,550</b>	-0,506	-0,215
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>longisetum</i>	<i>Cepelon</i>	<b>0,555</b>	0,028	-0,395
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>tenerum</i>	<i>Cepeten</i>	<b>0,700</b>	-0,450	-0,160
<i>Ceratium teres</i>	<i>Cete</i>	<b>0,609</b>	0,598	-0,032
<i>Protoperidinium depressum</i>	<i>Prde</i>	<b>0,667</b>	-0,132	-0,129
<i>Hemiaulus sinensis</i>	<i>Hesi</i>	0,185	0,332	<b>-0,652</b>
Salinidade	Sal	0,270	-0,397	<b>-0,422</b>
Oxigênio Dissolvido	OD	<b>-0,496</b>	0,349	0,316
Temperatura	Temp	<b>-0,807</b>	0,154	-0,133
Potencial Hidrogeniônico da água	pH	-0,236	<b>0,272</b>	-0,185
Nitrito	NO <sub>2</sub>	<b>-0,751</b>	0,117	0,247
Nitrato	NO <sub>3</sub>	-0,197	-0,496	<b>0,572</b>
Fosfato	PO <sub>4</sub>	0,056	<b>0,535</b>	0,458
Amônia	NH <sub>3</sub>	<b>-0,334</b>	-0,086	0,115
Silicato	Si	-0,013	-0,142	<b>-0,351</b>
Transparência da água	Transp.	<b>-0,352</b>	-0,327	-0,099

O Fator 1 associou as espécies *Trichodesmium thiebautii*, *Ceratium contortum*, *C. declinatum* var. *declinatum*, *C. macroceros*, *C. pentagonum* var. *longisetum*, *C. pentagonum* var. *tenerum*, *C. teres*, *Protoperidinium depressum*, as quais tiveram relação inversamente proporcional com os seguintes parâmetros abióticos: oxigênio dissolvido, temperatura, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> e transparência da água.

O Fator 2 explicou a associação diretamente proporcional entre o pH e fosfato (PO<sub>4</sub>) e a espécie *Trichodesmium erythraeum*.

O Fator 3 explicou a associação entre *Katagnymene pelagica*, *Ceratium candelabrum* var. *candelabrum*, *Hemiaulus sinensis* sendo relacionadas de maneira direta com o Nitrato (NO<sub>3</sub>) e inversamente proporcional à salinidade e o silicato (Si).

De acordo com a projeção bidimensional os parâmetros que regem o crescimento das espécies são: nitrato ( $\text{NO}_3$ ), fosfato ( $\text{PO}_4$ ) e pH, em ordem decrescente de importância.

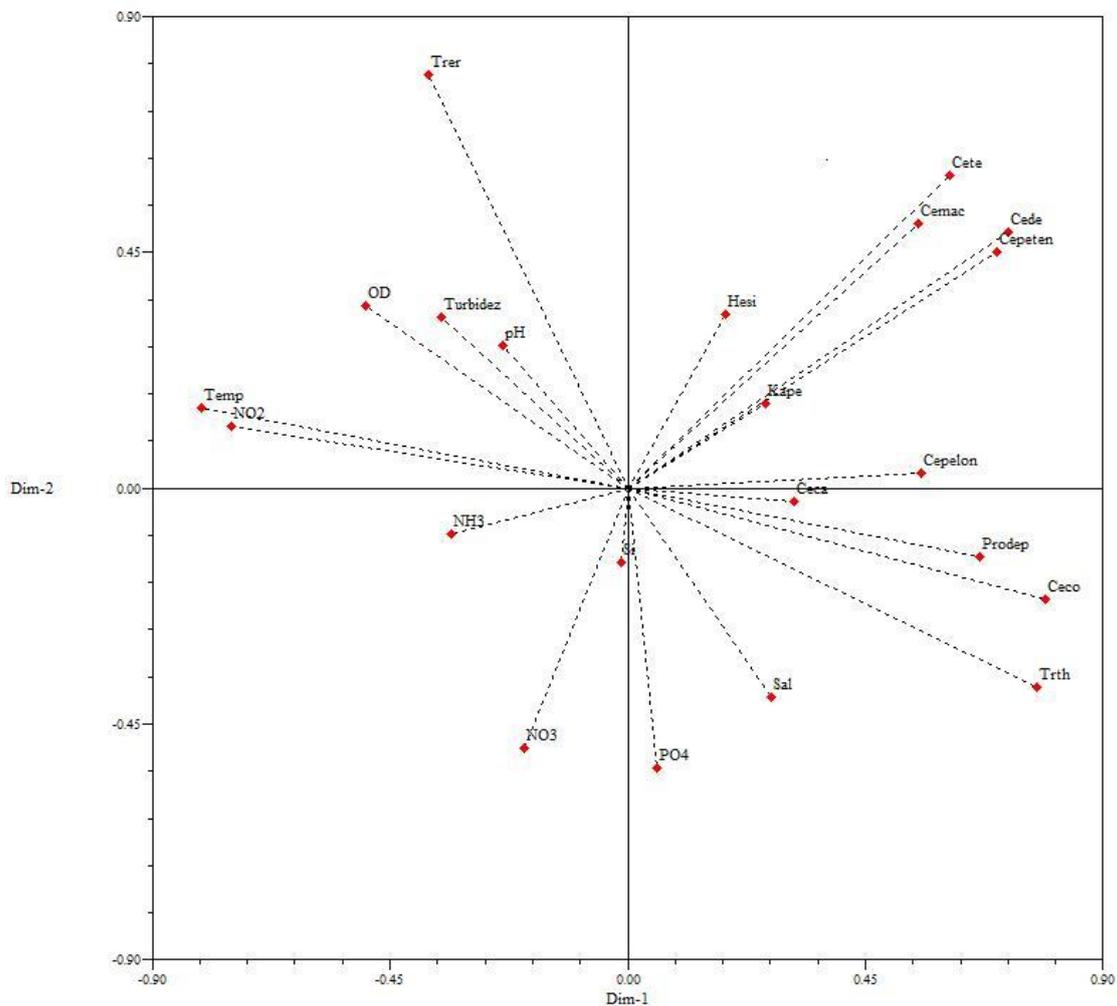


Figura 5 - Análise dos Componentes Principais (ACP) entre as variáveis físico-químicas e as espécies microfitoplanctônicas com frequência igual a 100% no Arquipélago São Pedro e São Paulo.

## 7. DISCUSSÃO

Ilhas e bancos submarinos são as principais feições topográficas do fundo oceânico, considerados importantes ecossistemas para a biota de regiões afastadas do continente e considerados verdadeiros “oásis” por apresentarem um aumento na produtividade biológica e diversidade faunística (CALDER, 2000). Um exemplo de feição que modifica a hidrodinâmica na região oceânica do nordeste do Brasil é o Arquipélago São Pedro e São Paulo.

Diversas são os estudos como os realizados no Arquipélago de Galápagos (SWEET et al. 2007), no monte submarino de Cobb (COMEAU et al. 1995), na área dos bancos e ilhas oceânicas do Sistema Vitória-Trindade e monte submarino no nordeste do Pacífico (FURUYA et al. 1995) que propõem, no entorno destas províncias insulares, o aumento da riqueza biológica.

Há também estudos que relatam alterações na atividade pesqueira e na produtividade primária produzidas pelas modificações do fluxo das correntes oceânicas proporcionando a disponibilização de nutrientes que são soerguidos de camadas mais profundas capaz de provocar o chamado “efeito ilha” (BOEHLERT, 1988; SANDER, 1991).

Tal fenômeno estimula a ocorrência de correntes de recirculação e ressurgência, além de ampliar a geração de turbulências, vórtices e outros fenômenos aumentando a capacidade de retenção de organismos e de nutrientes, sejam de origem alóctone ou autóctone (excremento de aves migratórias) que, por conseguinte, ocasionam a atração de predadores de diferentes ordens da cadeia trófica (GENIN, 2004).

Em estudos realizados no ASPSP, Travassos et al. (1999) afirmam que não foram encontradas evidências de ressurgências resultantes da interação correntes-topografia, e nos estudos de Zagaglia (1998), Von Bröckel e Meyerhöfer (1999), Flores-Montes (2003) e Macedo et al. (2009) foi verificada uma termoclina permanente que impede o afloramento de águas mais profundas.

No entanto, Araújo e Cintra (2009) em estudos sobre o sistema de correntes no Atlântico equatorial e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, relatam que a interação das correntes com a topografia do ASPSP pode ocasionar processos físicos como a produção de vórtices, turbulência, perturbações da estrutura termoalina e possíveis mecanismos de ressurgências locais que proporcionam maior tempo de residência de águas junto a montes submarinos.

Um possível indicador de alterações nas influências hidrológicas no Arquipélago e dos mecanismos promotores do “efeito ilha” podem estar interligadas à presença da espécie do gênero *Amphisolenia* (*Amphisolenia bidentata* Schröder), associada à ressurgência e dos gêneros *Licmophora* e *Navicula* que são indicativas de fenômenos de ressuspensão provocados por turbulências (AVANCINI et al. 2006). Estas características são coerentes com as condições hidrológicas da região do Arquipélago, no entanto, tais resultados são ainda insuficientes para afirmar se há uma condição de modificação da comunidade microplactônica por efeito da topografia da área.

O número de táxons identificados se assemelha aos obtidos na mesma área de estudo por Koenig e Oliveira (2009); Silva (2009) e em estudos realizados na plataforma continental do Nordeste do Brasil (ESKINAZI-LEÇA e PASSAVANTE 1972; PASSAVANTE, 1979; KOENING e MACÊDO, 1999; MEDEIROS et al. 1999; GALVÃO, 2000; ESKINAZI-LEÇA et al. 2002; KOENING e LIRA 2005; KOENING et al. 2009). O valor médio de espécies demonstrou um padrão de distribuição homogêneo dos organismos entre as amostras analisadas.

A predominância de espécies da divisão Cyanobacteria associadas à fixação do  $N_2$  como *Richelia* (*Richelia intracellularis* Schmidt) e *Trichodesmium* (*Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg ex Gomont e *T. thiebautii* Gomont ex Gomont) em águas oligotróficas levanta a questão de como tais espécies se adaptam a este ambiente, aproveitando ao máximo o regime de alta luminosidade nos trópicos com uma taxa de crescimento relativamente baixa, associada a um aparato fotossintético adaptado e a ausência de pastadores permite-se que as cianobactérias se mantenham no ambiente com uma densidade relativa alta como também uma alta quantidade de indivíduos (CAPONE et al. 1997).

Diversos estudos reportam a presença constante do gênero *Trichodesmium* que se beneficia das condições ambientais para realizar constantes florações como na Plataforma Continental de Pernambuco (SATÔ et al. 1963; KOENING e MACÊDO, 1999 e MEDEIROS et al. 1999; ESKINAZI-LEÇA et al. 2004) e subtropicais (GIANESELLA-GALVÃO et al. 1995; FERNANDES e BRANDINI, 1999; SIQUEIRA et al. 2006; CARVALHO et al. 2008). Além de sua presença, por exemplo, no Caribe (HAWER et al. 1992), no mar da Arábia (PADMAKUMAR et al. 2010b), Austrália (NEGRI et al. 2004) Caraíbas e mares do Sul da China (CARPENTER 1983, MARUMO e ASAOKA, 1974).

Florações do gênero *Trichodesmium* tem sido observadas a área de estudo, tal fenômeno resulta da interação de fatores físicos, químicos e bióticos, caracterizadas por um crescimento explosivo, auto limitante e de curta duração dos microorganismos de uma ou poucas espécies, frequentemente produzindo colorações visíveis nos corpos de águas naturais afetando diretamente na biota marinha (TORGAN, 1989; MATTHIENSEN et al. 1999).

Outra capacidade adaptativa das cianobactérias é a simbiose que comumente descreve uma estreita relação e muitas vezes as interações são de longo prazo entre as diferentes espécies biológicas (LI, 2009) este tipo de associação é frequente em algumas espécies microfitoplanctônicas, como por exemplo, a endossimbiose entre a cianobactéria unicelular diazotrófica *Richelia intracellularis* Schmidt e as diatomáceas *Rhizosolenia imbricata* Brightwell e *Guinardia delicatula* Cleve (Hasle) que ficou identificada como o primeiro registro para o ASPSP.

Os representantes dos dinoflagelados encontrados apresentam ampla diversidade morfológica, nutricional e de habitats incluindo espécies cosmopolitas, de águas tropicais e subtropicais presentes em sistemas oceânicos e neríticos (LICEA et al. 1995; STEIDINGER e TANGEN, 1997; SMAYDA e REYNOLDS, 2003; TENENBAUM, 2004; GÓMEZ, 2003, 2005).

A dominância deste grupo foi reportada em águas brasileiras na região do banco de Abrolhos e Ilhas Trindade e Martin-Vaz (SUSINI-RIBEIRO, 1999; TENENBAUM et al. 2007) além de expressiva dominância na flora do Mar do Caribe (WOOD, 1968) e Mar Mediterrâneo (LASTERNAS et al. 2008).

A capacidade dos dinoflagelados de realizarem heterotrofia e autotrofia além de apresentarem espécies com vários mecanismos de ingerirem presas favorece a competição, como estratégia adaptativa, ao longo da cadeia alimentar (ELBRACHTER, 1991) além de determinarem direta e indiretamente a fertilidade do mar (BALECH, 1988).

Um exemplo de capacidade adaptativa são as espécies componentes da família Dinophysiaceae que possui uma alta diversidade de gêneros, com espécies autotróficas, mixotróficas e heterotróficas outras contendo endossimbiontes ou ainda produtoras de ficotoxinas (TAYLOR et al. 2003; CARPENTER, 2004; NAGAI et al. 2008)

No presente trabalho, foram encontradas espécies exclusivamente heterotróficas representadas pelo gênero *Protoperidinium*, comuns em águas tropicais, temperadas, com distribuição oceânica e costeira (WOOD, 1968; SOURNIA, 1973). Foram

caracterizadas também espécies tipicamente autotróficas como os representantes do gênero *Ceratium*.

A diversidade encontrada para o gênero *Ceratium* se confirmou quando comparado aos estudos encontrados na Plataforma Continental de Pernambuco onde foram identificadas 43 espécies do gênero, sendo 16 referidas pela primeira vez para o Brasil (PASSAVANTE, 1979) enquanto em áreas adjacentes foram individualizados 27 espécies, 24 variedades, quatro subespécies e três formas, totalizando 58 táxons, dos quais 27 são novas ocorrências para Pernambuco (KOENING e LIRA, 2005).

A contribuição deste estudo foi adicionar *Ceratium belone* Cleve; *C. declinatum* var. *angusticornum* (Karsten) Jørgensen; *C. karstenii* Pavillard; *C. pentagonum* var. *longisetum* Jørgensen a lista de táxons relacionados a região do ASPSP.

Através da avaliação da composição florística é possível definir zonas biogeográficas funcionais (BOLTOVSKOY, 1986), bem como identificar a origem, caminho e o grau de mistura de diferentes correntes e massas de água (BALECH, 1986).

Na área estudada, o domínio dos dinoflagelados e cianobactérias se destacaram entre o microfitoplâncton em termos de biodiversidade, identificando uma comunidade típica de regiões oceânicas como indício de uma condição de zona biogeográfica tropical.

A maioria dos autores atuais tende a tratar as ilhas oceânicas do Atlântico Sul (ASPSP, Atol das Rocas, Fernando de Noronha, Ilhas Trindade e Martin-Vaz, Ascensão, St. Helena, Tristão da Cunha e Gough) com um enfoque dispersionista, isto é, eles se preocupam em estudá-las em conjunto, destacando a relação entre suas faunas e apontando rotas de dispersão, mas evitando discutir o assunto em termos de províncias (MANNING e HOLTHUIS, 1981; EDWARDS e LUBBOCK, 1983).

Essas ilhas são fortemente influenciadas pelo Giro do Atlântico Sul que ocorre devido à propulsão exercida pela Corrente de Benguela e Corrente Sul Equatorial e Corrente do Brasil e em todas as ilhas há um grande número de espécies anfiatlânticas. Entretanto, o componente faunístico comum não é endêmico, sendo composto por espécies amplamente distribuídas, tipicamente tropicais e oligotróficas.

Um bom exemplo de conexão entre correntes e entre as ilhas que compõem o Atlântico Sul é a forte interligação entre as espécies fitoplanctônicas encontradas no arquipélago e a plataforma continental brasileira através da presença de algumas espécies indicadoras da Corrente do Brasil (*Ceratium candelabrum* var. *candelabrum* Stein, *C. contortum* Gourret, *C. declinatum* var. *declinatum* Jørgensen, *C. teres* Kofoid

e *C. vultur* Cleve, *Goniodoma polyedricum* (Pouchet) Jorgensen, *Ornithocercus quadratus* Scütt, *Ornithocercus thumii* Schmidt e *Phalacroma argus* Stein) inicialmente originada da bifurcação da CSE, demonstrando a interligação entre os ambientes.

Esse padrão de distribuição de espécies fitoplanctônicas pode ser assemelhado ao padrão de distribuição de peixes do ASPSP que, pelo fato das espécies brasileiras serem transportadas ao arquipélago pela Contra Corrente Equatorial de sub superfície (40 a 150 metros), o tempo de dispersão das larvas de peixes até o arquipélago por esta corrente é de cerca de três semanas, enquanto pela Corrente Sul Equatorial é de sete a 13 semanas, fazendo com que as espécies da costa brasileira tenham mais sucesso de colonização em relação às africanas (EDWARDS e LUBBOCK, 1983). Há também correlação de espécies entre o litoral de Pernambuco, Arquipélagos de Fernando Noronha, de Trindade e ASPSP em relação à flora de rodófitas (BURGOS et al. 2009).

No entanto, estudos que aprofundem o conhecimento do sistema de correntes do giro do Atlântico Sul, da composição, diversidade da comunidade fitoplanctônica e outros fatores biológicos relacionados, por exemplo, a dispersão, resistência de esporos, larvas e zigotos faz-se necessários para se estabelecer e definir o grau de conectividade entre as zonas biogeográficas estabelecidas pelas ilhas oceânicas (COWEN et al. 2000, 2007).

A Divisão Bacillariophyta constituiu o segundo grupo mais representativo destacando-se a espécie *Hemiaulus membranaceus* e diferentemente dos dinoflagelados, são mais importantes em regiões costeiras e estuarinas onde chegam a constituir mais de 80% do fitoplâncton de rede (ROUND et al. 1990; ESKINAZI-LEÇA et al. 2004). Este padrão foi confirmado pelos estudos de Fernandes e Brandini (1999) em águas subtropicais da plataforma e área oceânica do sul do Brasil.

A representação exclusiva da Divisão Heterokontophyta foi à espécie *Dictyocha fibula* Ehrenberg. Considerada como organismos unicelulares e flagelados, uma vez caracterizados pela presença esqueleto silicoso em forma de polígono, com ampla distribuição em todos os oceanos do mundo (AVANCINI et al. 2006).

Na área de estudo, foram registrados valores de salinidade, comparáveis àqueles referidos para a Zona Exclusiva Econômica (35,59), Atol das Rocas (35,29), Plataforma Continental de Pernambuco (36,50) e ASPSP (34,99) e justificado pelo fato da região estar localizada entre os trópicos onde a evaporação excede à precipitação. (MACEDO

et al. 2004, FEITOSA e PASSAVANTE, 2004; CHAVES et al. 2006; KOENING et al. 2009 e MACEDO et al. 2009)

A variação de temperatura foi discreta na camada superficial, não ultrapassando os 28,5°C divergindo um pouco dos dados encontrados por Macedo et al. (2009), mas coerente com os estudos de Chaves et al. (2006) e Koenig et al. (2009) que apresentou média de 27,1°C, mas é explicável pelo fato da coleta ter sido realizada no período chuvoso. Assim, os valores de temperatura e salinidade foram característicos da massa de Água Tropical, ou seja, superiores a 20 °C e 36.

Os valores de oxigênio dissolvido foram considerados próximos da saturação, e coerentes com regiões tipicamente oceânicas como encontrados nos estudos de Macedo et al. (2009) que obtiveram uma média de 4,85 mL.L<sup>-1</sup> e Rezende et al. (2007) de 4,88 mL.L<sup>-1</sup>. Uma possível explicação estaria associada aos processos físicos advectivos e difusivos, ou seja, o fluxo de oxigênio originado da interface ar-água que é um fator físico intensificado pela turbulência da quebra das ondas, muito comum na área, controlado principalmente pelo nível de saturação e da solubilidade do oxigênio na camada superficial (BOYER et al. 1999).

Os valores associados ao pH estiveram na mesma faixa de dados encontrados por Niencheski et al. (1999); Resende et al. (2007) e Macedo et al. (2009), para regiões oceânicas que oscilam em torno de 8,2, sendo considerado alcalino. O pH da água do mar é principalmente estabelecido pela presença do sistema carbonático, portanto, modificações nas concentrações de gás carbônico e carbonatos através da fotossíntese, respiração, trocas oceano-atmosfera e precipitação podem acarretar em alterações nos níveis desse parâmetro abiótico, em específico, nas camadas superficiais, a elevada taxa fotossintética reduz a concentração de dióxido de carbono da água que influenciam no aumento do pH.

Os teores médios de silicato e fosfato seguiram os padrões encontrados por Macedo et al. (2009) sendo o silicato observado em maior concentração se comparado com os outros parâmetros abióticos. O silicato é de grande importância para o desenvolvimento de certos organismos fitoplanctônicos (diatomáceas) que utilizam este elemento nutritivo na produção de suas carapaças (REZENDE et al. 2007).

O agente limitante da produtividade primária e dos processos oceânicos em áreas tropicais de águas oceânicas em geral é o nitrogênio, estando distribuído principalmente como nitrato, nitrito e amônia, em especial para a região do nordeste brasileiro como já diagnosticados por Flores-Montes (2003).

O nitrito é conhecido por intermediar entre os processos de nitrificação e denitrificação, já a amônia é geralmente baixa, porém onipresente como subproduto do metabolismo dos organismos heterotróficos. O baixo teor de nitrito e amônia foram semelhantes aos encontrados no mar do Caribe por Corredor et al. (1984).

Os valores de nitrato encontrados foram baixos para a camada superficial, mas seguiram a tendência avaliada por Niencheski et al. (1999), Rezende et al. (2007) e Macedo et al. (2009), com um padrão característico de regiões oceânicas oligotróficas.

A ACP identifica dois agrupamentos importantes em ambientes oceânicos. O primeiro é o consumo do fosfato pela espécie *Trichodesmium erythraeum*. A cianofíceia se utiliza da enzima fosfatase alcalina que remove as substâncias inorgânicas do radical do  $PO_4$ , consumindo-o (YENTSCH et al. 1972).

O segundo, é a relação entre a maioria das espécies indicadoras da Corrente do Brasil (*C. declinatum* var. *declinatum*, *C. contortum*, *C. pentagonum* var. *tenerum*, *C. pentagonum* var. *longisetum*, *C. teres*, *C. macroceros* *Protoberidinium depressum* e *Trichodesmium thiebautii*) que são pertencentes ao subgrupo 1A do dendrograma, e visualizadas agrupando-se e se relacionando com a turbidez, oxigênio dissolvido,  $NO_2$ ,  $NH_3$ , consumindo os nutrientes e sofrendo a influência direta dos parâmetros abióticos.

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo apresenta características oceanográficas descritas pelas variáveis abióticas que propiciam o pleno desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica, no entanto, os dados apresentados refletem apenas condições encontradas em águas superficiais onde a disponibilidade de luz faz com que o fitoplâncton se concentre, principalmente, neste estrato da coluna de água, em consequência disto, as concentrações dos nutrientes na superfície são baixas, devido ao seu constante consumo pelos produtores primários.

O biovolume celular foi detalhado minuciosamente com as medições morfológicas das dimensões celulares, em nível de espécie, a partir da associação da forma da célula às formas geométricas simples ou compostas. A comparação entre as formas celulares utilizadas pelos autores que dão suporte a este estudo serviu para padronizar inicialmente quais e quantas medidas deveriam ser aplicadas para cada espécie estudada, bem como desenvolver formas geométricas combinadas àquelas espécies que apresentam complexidade morfológica e que não possuíam um padrão morfométrico na literatura.

Assim, deu-se especial atenção às espécies *Ceratium digitatum*, *C. belone*, *C. lineatum*, *C. pentagonum* var. *longisetum*, *C. pentagonum* var. *longisetum*, *C. teres* e *Protoperidinium depressum*.

Foi observada também a carência, na literatura, de medidas mais precisas das dimensões celulares de determinados organismos, ou seja, há dados que incluem diâmetro e comprimentos totais, mas não há, por exemplo, a largura do *Protoperidinium depressum* ou o comprimento da hipoteca do *Ceratium digitatum*, tais medidas são imprescindíveis no estudo do biovolume e apenas o protocolo de Olenina et al. (2006) aborda com discreto detalhamento tais medidas.

Os valores morfométricos expostos (valores de mínimos e máximos das dimensões, a média encontrada, o desvio-padrão, o coeficiente de variância e a mediana) foram elaborados no intuito de, com os dados morfológicos de cada organismo fosse possível contribuir com estudos posteriores relacionados ao ciclo de vida, a morfologia, ou seja, em busca do aprofundando do conhecimento das espécies estudadas bem como da região do Arquipélago.

Foram observadas diferenças entre os autores seguidos nas fórmulas das formas geométricas monorafidióide, cone + meia esfera e elipsóide + 2 cones + cilindro (Anexo 5) e essa falta de padronização permitiu se visualizar distintos resultados, dificultando a escolha da forma mais adequada a ser utilizada visto que, também não há explicações sobre as alterações que cada autor faz para cada protocolo, então, seguiu-se a idéia de utilizar para cada forma geométrica adotada a respectiva fórmula geométrica.

Em relação aos valores do biovolume obtidos, o único trabalho em que se pôde comparar foi organizado por Olenina et al. (2006) no Mar Báltico, onde existiram algumas divergências (Tabela 5).

As espécies citadas por Olenina et al. (2006) encontram-se em condições adversas de um ambiente semi fechado com grande descarga de nutrientes dos países entorno do Mar Báltico o que pode influenciar diretamente na morfologia celular. A autora ainda cita que a variabilidade e a instabilidade no tamanho dos organismos dependem da influência ambiental, por exemplo, luz e disponibilidade de nutrientes, mas também sobre o modo e o ciclo de vida dos diferentes grupos fitoplanctônicos.

As espécies também foram divididas por Olenina et al. (2006) em classes de tamanho, por conseguinte para cada classe há um biovolume, sendo expostos na tabela os valores do biovolume da classe menor e da maior com exceção da espécie *Gonyaulax polygramma*. Esta espécie obteve um valor inferior ao encontrado por Olenina et al.

(2006), porém os valores do diâmetro ( $\pm 58$ ) e comprimento total ( $\pm 77$ ) estão de acordo com os padrões de Licea et al. (1995) e Hallegraeff (1991).

As formas geométricas adotadas por Olenina et al. (2006) para as espécies do gênero *Ceratium* não foram expostas em seu trabalho, assim, os dados para comparação de formas geométricas e fórmulas do biovolume são considerados insuficientes, mesmo que as medidas das dimensões estejam nos padrões de Licea et al. (1995) e Steidinger e Tangen (1996).

A forma geométrica da espécie *Protoperidinium depressum* divergiu da forma adotada por Olenina et al. (2006) o que implica de forma direta no resultado, mesmo que ainda se enquadre entre os valores comparados.

Tabela 5 - Dados comparativos em relação ao biovolume celular entre Olenina et al. (2006) e este estudo.

	Olenina et al. (2006)	Queiroz (2011)
<i>Gonyaulax polygramma</i>	10.598	3.506
<i>Ceratium fusus</i>	12.000-27.000	34.294
<i>Ceratium lineatum</i>	9.000-28.000	72.492
<i>Ceratium macroceros</i>	41.258-60.000	14.490
<i>Ceratium tripos</i>	23.200-210.000	135.669
<i>Protoperidinium depressum</i>	148.731-546.766	238.304

A biomassa em carbono é comumente utilizada por produzir valores estatísticos, expresso em termos de peso de carbono celular por volume a partir da densidade celular de cada organismo amostrado (SNOEIJIS, 1997; HILLEBRAND et al. 1999), além de servir para quantificar o metabolismo da comunidade na tentativa de observar o fluxo de carbono, ou seja, o destino da biomassa da comunidade fitoplanctônica (SMAYDA, 1978).

Assim, a espécie *Katagnymene pelagica* foi à espécie que possuiu o maior biovolume e biomassa em relação às demais espécies da Divisão Cyanobacteria devido principalmente ao comprimento do tricoma que obteve uma média de 351  $\mu\text{m}$ .

Estes valores são diretamente proporcionais com as dimensões celulares, não significa necessariamente que contribuam em maior ou em menor escala na biomassa. Seria esperada uma maior contribuição em termos de biomassa para o gênero *Trichodesmium* sendo diretamente proporcional com a densidade relativa, no entanto, como foram medidos os tricomas, tornou-se imensurável a contribuição do conjunto de filamentos em termos de biomassa para o ambiente.

Já para a Divisão Dinoflagellata a espécie *Pyrocystis noctiluca* obteve os maiores valores em relação à biomassa e biovolume devido em especial ao diâmetro que possui, uma média de 344 $\mu$ m. Já em relação ao gênero *Ceratium*, a espécie *Ceratium pentagonum* var. *longisetum* também possuiu os maiores valores de biomassa e biovolume se comparado as demais espécies do gênero, em especial devido ao prolongamento da epiteca que apresenta uma média de altura de 328 $\mu$ m.

Em relação à Divisão Bacillariophyta, a espécie *Hemiaulus membranaceus* possuiu um biovolume e biomassa superior a *Hemiaulus sinensis*, devido principalmente ao diâmetro celular que teve média de 51 $\mu$ m.

Espera-se que a aplicação das recomendações aqui propostas sobre os modelos geométricos para a estimativa do biovolume celular do fitoplâncton venha encorajar estudos nesta área, e aumentar a precisão na determinação do biovolume.

## 8. CONCLUSÕES

- 1- A maior riqueza de táxons de dinoflagelados e a dominância das espécies *Trichodesmium erythraeum* e *T. thiebautii* indicam uma composição florística característica de ambiente estável, de águas transparentes e oligotróficas.
- 2- As espécies *Trichodesmium erythraeum* e *T. thiebautii* dominaram em todas as amostras sendo consideradas espécies chave e oportunistas, ou seja, r-estrategista em virtude de suas altas concentrações na área estudada.
- 3- O registro de *Trichodesmium tenue* Wille, *Katagnymene spiralis* Lemmermann, *Katagnymene pelagica* Lemmermann, *Richellia intracellularis* Schmidt, *Phalacroma mitra* Schütt, *Gonyaulax birostris* Stein, *Ceratium belone* Cleve, *C. declinatum* var. *angusticornum* (Karsten) Jørgensen, *C. karstenii* Pavillard, *C. pentagonum* var. *longisetum* Jørgensen, *Spiraulax kofoidii* Graham, *Protoperidinium oceanicum* Vanhøffen no ASPSP constituem novas ocorrências para a região oceânica do Nordeste do Brasil.
- 4- Um protocolo com três novos descritores morfométricos foi elaborado e sugerido para aprimoramento e padronização de formas geométricas no intuito de calcular o biovolume celular.
- 5- Dados de biomassa bem como de medidas morfológicas são inéditos em protocolos relacionados à estudos biovolumétricos, gerando um leque de oportunidades que servirão como contribuição e base de aprimoramento para estudos futuros em regiões oceânicas brasileiras.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAGNOSTIDIS, K, KOMÁREK, J. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5: Stigonematales. **Algological Studies**, Stuttgart, 1 - 73 p. 1988.

\_\_\_\_\_. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3: Oscillatoriales. **Algological Studies**, Stuttgart, 157 - 226 p. 1990.

ARAUJO, M.; CINTRA, M. **Modelagem matemática da circulação oceânica na região equatorial**. In: O arquipélago São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação científica/ Orgs. Daniele de Liam Viana [et al.,] Brasília, DF: SECIRM. 348p. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **Informação e documentação – citações em documentos– apresentação: NBR 10520:2002**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – numeração progressiva das seções de um documento escrito – apresentação: NBR 6024:2003**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – sumário – apresentação: NBR 6027:2003**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – resumo – apresentação: NBR 6028: 2003**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informações e documentação – referências – apresentação: NBR 6023: 2005**. Rio de Janeiro: ABNT. 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informações e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação: NBR 14724: 2005**. 2 Ed. Rio de Janeiro: ABNT. 2005b.

AVANCINI, M.; CICERO, A. M.; GIROLAMO, I.; INNAMORATI, M; MAGALETTI E.; ZUNINI, T. S. **Guida al riconoscimento del plâncton dei mari italiani**. Volume I Fitoplancton Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero. Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare – DPN ICRAM - Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare. 263p. 2006.

- BALECH, E. **Some norwegian Dinophysis species (Dinoflagellata)**. Sarsia, 61 p. 1975.
- BALECH, E. **Los dinoflagelados del Atlantico Sudoccidental**. Madrid: Instituto Español de Oceanografía, 310 p. 1988.
- BECKER, M. **Hidrologia dos Bancos e Ilhas oceânicas do Nordeste Brasileiro, uma Contribuição ao Programa REVIZEE**. São Carlos, 2001, 151f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos.
- BEZERRA Jr., J. L. **Comunidade planctônica de nêuston: malaco e ictiofauna, na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (REVIZEE)**. 126 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 1999.
- BOYER, T.; CONKRIGHT, M. E.; LEVITUS, S. Seasonal variability of dissolved oxygen, percent oxygen saturation and apparent oxygen utilization in the Atlantic and Pacific oceans. **Deep-Sea Research I**, Oxford, v.46, p. 1593-1613, 1999.
- BOLTOVSKOY, D. Biogeography of the Southwestern Atlantic: overview, current problems and prospects, 14-24p. In: A. C. Pierrot-Bulls (ed.) **Pelagic biogeography**. Proc. Of an Internacional Conference, The Netherlands. UNESCO Technical Papers in Marine Sciencens, Paris, v. 49, 300p. 1986.
- BRÖCKEL, K. V; MEYERHÖFER, M. Impact of the Rocks of São Paulo and São Pedro upon the quantity and quality os suspended particulate organic matter. **Archive of Fishery and Marine Research**, v. 47, n. 2/3, p. 223 – 238. 1999.
- BURGOS, D. C.; PEREIRA, S. M. B. BANDEIRA-PEDROSA, M. E. Levantamento florístico das Rodofíceas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) – Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo n. 23, v. 4, p. 1110-1118. 2009.
- CALDER, D. R. Assemblages of hydroids (Cnidaria) from three seamounts near Bermuda in the western North Atlantic. **Deep- Sea Research**. v. 1, n. 47, p. 1125-1139. 2000.
- CAMPOS, T. F. C. et al. **Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico**. In: Winge, M. *et al* (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 2005.
- CAMPOS, T. F. C.; PETTA, R. A.; THEYE, T; SICHEL, S. E.; SIMÕES, L. S. A.; SRIVASTAVA, N. K. S; A. A. M.; NETO, J. V.; ANDRADE, F. G. G. **Posição ímpar do Arquipélago São Pedro e São Paulo na diversidade ecológica da Terra**. O

arquipélago São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação científica/ Orgs. Daniele de Liam Viana [et al.,] Brasília, DF: SECIRM. 2009.

CAPONE, D. G.; ZEHR, J.; PAERL, H. W.; BERGMAN, B. & CARPENTER, E. J. *Trichodesmium*, a globally significant marine Cyanobacterium. **Science**, v. 276, p. 1221-1229. 1997.

CARVALHO, M.; GIANESELLA, S. M. F.; SALDANHA-CORREA, F. M. P. *Trichodesmium erythraeum* Bloom on the Continental Shelf off Santos, Southeast Brazil. **Brazilian Journal Oceanography** [online] v. 56, n. 4, p. 307-311. 2008.

CARPENTER, E. J.; SUBRAMANIAM, A.; & CAPONE, D.G. Biomass and primary productivity of the cyanobacterium *Trichodesmium* spp. in the tropical N Atlantic ocean. **Deep-Sea Research I** v. 51, p. 173-203. 2004.

CHAVES, T. B. C.; MAFALDA JR, P.; SANTOS, C.; SOUZA, C. S.; MOURA, G.; SAMPAIO, J.; MELO, G.; PASSAVANTE, J. Z. O.; FEITOSA, F. A. N. Biomassa Planctônica E Hidrografia Na Zona Econômica Exclusiva Do Nordeste Do Brasil. **Tropical Oceanography** (Revista online), Recife, n. 34, v. 1, p.12-30. 2006.

CORREDOR, J. E.; MORELL, J.; MENDEZ, A. Dissolved Nitrogen, Phytoplankton Biomass And Island Mass Effects In The Northeastern Caribbean Sea. **Caribbean Journal Science**, n. 20, v.(3-4). 1984.

COMEAU, L. A., VEZINA, A. F. BOURGEOIS, M.; JUNIPER, S. K. Relationship between phytoplankton production and the physical structure of the water column near Cobb Seamount, northeast Pacific. **Deep-sea Research I**, n. 6, v.42, p. 993-1005, 1995.

CUPP, E. E. **Marine plankton diatoms oh the west coast of north America**. Los Angeles: University of California, 237p. 1943.

DOTY, M. S; OGURI, M. The island mass effect. **Journal de Conseil Permanente International pour l'Exploration de La Mer**, v. 22, p.33-37. 1956.

DREBES, G. **Marine phytoplankton**. Stuttgart. Thieme. 186 p. 1974.

EDWARDS, A. J.; LUBBOCK, H. R. The ecology of Saint Paul's Rockls (Equatorial Atlantic). **The Zoological Society of London**, v. 200, p. 51-69. 1983.

EKAU, W.; KNOPPERS, B. An introduction to the pelagic system of the north-east and east Brazilian shelf. **Archive Fisheries Marine Research**, n. 47, v. 2-3, p. 113-132, 1999.

ESKINAZI-LEÇA, E.; PASSAVANTE, J. Z. O. Estudo da Plataforma Continental na Área do Recife (Brasil) IV. Aspectos Quantitativos do Fitoplâncton. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 13, p. 83-106, 1972.

ESKINAZI-LEÇA, E; SILVA-CUNHA, M. G. G; KOENING, M. L; MACEDO, S. J.; COSTA, K. M. Variação espacial e temporal do fitoplâncton na plataforma continental de Pernambuco – Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 25, p.1-16, 1997.

ESKINAZI-LEÇA, E; SILVA-CUNHA, M. G. G; KOENING, M. L. **Microalgas marinhas de Pernambuco: A vegetação que você não vê.** In: Araújo, *et al.*, (eds.). Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. Recife: Sociedade Botânica do Brasil, p. 186-187. 2002.

FEITOSA, F. A. N.; PASSAVANTE, J. Z. O. Produção e biomassa fitoplanctônica do Atol das Rocas. **Revista de Biologia Aquática Tropical**, Natal, v. 11, 2001.

FERNANDES, L. F.; BRANDINI, F. P.; GUTSEIT, K. S.; FONSECA, A. L.; PELIZZARI, F. M. Benthic diatoms growing on glass slides in the Paranaguá Bay, Southern Brazil: taxonomic structure and seasonal variation. **Insula**. 28, p. 53-100. 1999.

FLORES-MONTES, M. J. **Fatores que influenciam na produtividade dos oceanos: A importância do fluxo de difusão dos nutrientes para a biomassa do fitoplâncton na região oceânica do nordeste brasileiro.** 179f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia, Recife. 2003.

FURUYA, K.; ODATE, T.; TAGUCHI, K. Effects of a seamount on phytoplankton production in the western Pacific Ocean. **Biogeochemical Processes and Ocean Flux in the Western Pacific**, p. 255-273, 1995.

GAETA, S.A; LORENZZETTI, J. A.; MIRANDA, L. B.; SUSINI-RIBEIRO, S. M. M.; POMPEU, M.; ARAUJO, C. E. S. The Vitoria eddy and its relation to the phytoplankton biomass and productivity primary during austral fall of 1995. **Archive of Fishery and Marine Research**, n. 47, v. 2/3, 253-270. 1999.

GALVÃO, I. B. O Nanoplâncton e o micropoplâncton da zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil (REVIZEE–NEII). Recife, 2000. 176f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Oceanografia. 2000.

GENIN, A. Bio-physical coupling in the formation of zooplankton and fish aggregations over abrupt topographies. *Journal of Marine Systems*. v. 50, p 3-20. 2004.

GÓMEZ, F. Checklist of Mediterranean Free-living Dinoflagellates. **Botanica Marina**. v. 46, p. 215–242. 2003.

GÓMEZ, F. A list of free-living dinoflagellate species in the world's oceans. **Acta Botanica Croatia**, n. 64, v. 1, p. 129–212. 2005.

GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F; COSTA, M. P. F. & KUTNER, M. B. B.. Bloom de *Oscillatoria (Trichodesmium) erythraeum* (Ehrenberg) Kutzing in coastal waters of the Southwest Atlantic. **Publicação Especial Instituto Oceanográfico** v. 11, p. 133-140. 1995.

GILMARTIN, M.; N. REVELANTE. The island mass effect on the phytoplankton and primary production of the Hawaiian islands. **Journal Expedition Marine Biology Ecology**, v. 16, p. 181-204. 1974.

GRASSOHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of seawater analysis**. 2<sup>nd</sup>. Rev. extended. Ed. New York: Verlag Chemie, 317p. 1983.

HALLEGRAEFF, G. M. **Aquaculturists Guide to Harmful Australian Microalgae**. Fishing Industry Training Board of Tasmania/CSIRO Division of Fisheries, Hobart, 111 pp. 1991.

HASLE G. R.; SYVERTSEN E. E. **Marine Diatoms**. In: Tomas, C.R. (ed.), Identifying marine phytoplankton. Academic Press a division of Harcourt Brace and Company, San Diego, USA, chapter 2, p. 5-385. 1997.

HAWSER, S.P.; O'NEIL, J.M., ROMAN, M. R.; CODDL G.A. Toxicity of blooms of the cyanobacterium *Trichodesmium* to zooplankton. **Journal of Applied Phycology** v. 4, p. 79-86, 1992.

HEYWOOD, K. J.; BARTONL, E. D. SIMPSON, J. H. I. The effects of flow disturbance by an oceanic island. **Journal of Marine Research**. v. 48, p. 55-73, 1990.

HILLEBRAND, H.; SOMMER, U. Nitrogenous nutrition of the potential toxic diatom *Pseudonitzschia pungens f. multiseriis* Hasle. **Journal Plankton Research**. v. 18, p. 295-301. 1996.

HILLEBRAND, H.; DÜRSELEN, C. D.; KIRSCHTEL, D.; POLLINGHER, D.; ZOHARY, T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **Journal of Phycology**. n. 35, v. 2, p. 403-424. 1999.

KOENING, M. L.; MACEDO, S. J. Hydrology and phytoplankton community structure at Itamaracá-Pernambuco (Northeast Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, n. 2, p. 381-392. 1999.

KOENING, M. L.; LIRA, C. G. O gênero *Ceratium* Schrank (Dinophyta) na plataforma continental e águas oceânicas do Estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, n.19, v. 2, p. 391-397. 2005.

KOENING, M. L.; OLIVEIRA, M. S. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica**. O arquipélago São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação científica/ Orgs. Daniele de Liam Viana [et al.,] Brasília, DF: SECIRM. 348p. 2009.

KOENING, M. L.; WANDERLEY, B. E.; MACEDO, S. J. Microphytoplankton structure from the neritic and oceanic regions of Pernambuco State – Brazil. **Brazilian Journal Biology**, n. 69, v. 4, p. 1037-1046. 2009.

KOMÁREK, J. A review of Water-bloom forming. In: Microcystis: species, with regard to populations from Japan. **Algological Studies**, Stuttgart, v. 64, p. 115 – 127. 1991.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 2. teil: Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. **Elsevier Spektrum Ak. Verlag. Alemanha**, v. 19, 752 p. 2005.

LASTERNAS, S.; TUNIN-LEY, A.; IBÁÑEZ, F.; ANDERSEN, V.; PIZAY, M.-D.; LEMÉE. R. Dynamics of microphytoplankton abundance and diversity in NW Mediterranean Sea during late summer condition (DYNAPROC 2 cruise; September–October, 2004). **Biogeosciences Discussions**, v. 5, p. 5163–5202. 2008.

LANGE, C. B; HASLE, G. R; SYVERSTEN, E. E. Seasonal cycle of diatoms in the Skagerrak, North Atlantic, with emphasis on the period 1980. **Sarsia**, Oslo, 173 -187 p. 1992.

LICEA, L.; MORENO, J. L.; SANTOYO, H.; FIGUEROA, G. **Dinoflagelados del Golfo de California**. Universidad Autonoma de Baja California Sur. 166p. 1995.

LI, Z. **Advances in Marine Symbiotic Cyanobacteria**. In: Handbook On Cyanobacteria. Ed.: P. M. GAULT AND H. J. MARLER. NOVA SCIENCE PUBLISHERS, INC. CHAPTER 16. 2009.

LONGHURST, A. R.; PAULY E. D. **Ecology of Tropical Oceans**. San Diego: Academic Press. 1987.

LOBO, E. A.; LEIGHTON, G. Estructura de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar.**, Santiago, v. 22, n. 1, p. 143 – 170. 1986.

MACEDO-SAIDAH, F. E.; MOREIRA-FILHO, H. Composição e distribuição do microfitoplâncton nas águas do Atlântico Leste do Brasil (Região de Cabo de São Tome – RJ a Maceió – AL). **Publicação do Instituto de Pesquisa Marinha**. v. 107, p. 1-12, 1977.

MACEDO, S. J. et al. Phytoplankton nyctemeral variation at the Santa Cruz Channel, Itamaracá - Pernambuco - Brazil. **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, p. 858-871. 1998.

MACEDO, S. J.; FLORES MONTES, M. J.; COSTA, K. M. P. 2009. **Hidrologia**. In: O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica/ Orgs. Danielle de Lima Viana... [*et al.*]. -- Brasília, DF: SECIRM, 348 p. 2009.

MAFALDA JÚNIOR, P.O., MOURA, G.F., MELO, G.S., SAMPAIO, J.A.A., FEITOSA, F.A.N., PASSAVANTE, J.Z., MOREIRA, O.P. & SOUZA, C.S. **Biomassa fitoplanctônica na ZEE da região Nordeste do Brasil**. In: Programa Revizee - Score Nordeste (F.H.V. Hazin).Fortaleza: Editora Martins & Cordeiro, p. 11-26. 2009.

MARUMO, R.; ASAOKA, O. *Trichodesmium* in the east China Sea. **Journal of Oceanographical Society of Japan** v. 30, p. 298-303. 1974.

MATTHIENSEN, A.; YUNES, J. S.; CODD, G. A. Ocorrência, distribuição e toxicidade de cianobactérias no estuário da Lagoa dos Patos, RS. **Revista Brasileira de Biologia** [online]. n.3, v. 59, p. 361-376. 1999.

MATEUCCI, S. D.; COLMA, A. **La Metodologia para el Estudio de la Vegetacion**. [s.l.]. Coleccion de Monografias Cientificas. Ser. Biología, 1982. 168 p.

MEDEIROS, C.; MACÊDO, S.; FEITOSA, F.; KOENING, M. L. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of north-east Brazilian waters. **Arch. Fish. Mar. Res.**, (47): 2/3, p. 133-151. 1999.

MENDEN-DEUER, S.; LESSARD, E. J. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms and other protist plankton. **Limnology and Oceanography**, n. 45, v. 33, p. 569-579. 2000.

MELO, M. A. F.; KOENING, M. L.; MACEDO, S. J.; GASPAR, F. L. **Nova ocorrência de *Podolampas Bipes* var. *Reticulata* em Áreas Oceânicas do Brasil**. III Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO’2010 Rio Grande (RS), 2010.

MONTAGNES, D. J. S.; BERGES, J. A.; HARRISON, P. J.; TAYLOR, F. J. Estimating carbon, nitrogen, protein, and chlorophyll *a* from volume in marine phytoplankton. **Limnology and Oceanography**, v. 39, p. 1044-1060. 1994.

MÜLLER-MELCHERS, F. C. Las diatomáceas del plâncton marino de las costas del Brasil. **Boletim Instituto Oceanográfico**, São Paulo, p. 93-142. 1955.

NEGRI, A. P.; BUNTER, O.; JONESC, B.; LLEWELLYNA, L. Effects of the bloom-forming alga *Trichodesmium erythraeum* on the pearl oyster *Pinctada maxima*. **Aquaculture** v. 232, p. 91-102. 2004.

NIENCHESKI, L. F.; BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROSO, R. H.; BASTOS, L. A. P. **Oceanografia Química**- levantamento bibliográfico e identificação do estado atual do conhecimento. Graflin Ed., RJ: Brasil 171 p. 1999.

OLENINA, I.; HAJDU, S.; EDLER, L.; ANDERSSON, A.; WASMUND, N.; BUSCH, S.; GÖBEL, J.; GROMISZ, S.; HUSEBY, S.; HUTTUNEN, M.; JAANUS, A.; KOKKONEN, P.; LEDAINE, I.; NIEMKIEWICZ, E. Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. HELCOM Balt. Sea Environ. Proc. No. 106, 144. 2006.

OMORI, M.; IKEDA, T. **Methods in Marine Zooplankton Ecology**. New York: John Wiley & Sons. 331p. 1984.

PADMAKUMAR, K. B. 1; MENON, N. R.; SANJEEVAN, V. N. Occurrence of endosymbiont *Richelia intracellularis* (Cyanophyta) within the diatom *Rhizosolenia hebetate* in Northern Arabian Sea. **Institute J. Biodiversity Conservation**, v. 4, n. 2, p. 70-74. 2010a.

PADMAKUMAR, K. B.; SMITHA, B. R. ; THOMAS, L. C.; FANIMOL, C. L. ; SREERENJIMA, G. ; MENON, N. R.; SANJEEVAN, V. N. Blooms of *Trichodesmium erythraeum* in the south eastern arabian sea during the onset of 2009 summer monsoon. **Ocean Science Journal**, n. 45, v. 3, p.151-157. 2010b.

PASSAVANTE, J. Z. O. Contribuição ao estudo dos dinoflagelados da plataforma continental de Pernambuco - (Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 14, p. 31-54. 1979.

PASSAVANTE, J. Z. O.; KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E. Dinoflagelados da plataforma continental do Ceará. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**. v. 17, p. 47-66. 1982.

PASSAVANTE, J. Z. O.; FEITOSA, F. A. N. **Hidrologia e plâncton da plataforma continental de Pernambuco**. 2. Biomassa primária do fitoplâncton. In: Morais, J. O.

(ed.): III Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro. Univ. Federal do Ceará, Fortaleza, Anais. p. 363-371. 1989.

PETERSON, R. G.; STRAMMA, L. Upper-level circulation in the south Atlantic ocean. **Progress in Oceanography**, v. 26, p. 1-75. 1991.

PORTO, M. A. C. Arquipélago de São Pedro e São Paulo. In: SERAFIM, C. F. S. (Org.). **O mar no espaço geográfico brasileiro**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, p. 74-80. 2006.

REYNOLDS, C. **Ecology of phytoplankton: Ecology, biodiversity and conservation**. Cambridge press. 2006. 550p.

REZENDE, C. E.; ANDRADE, L. SUZUKI, M. S.; FARO, B. C. M. T.; GONZALEZ, A. S. M.; PARANHOS, R. **Hidroquímica**. In: Valentin, J. L. (Ed.) Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). Brasília: Ideal Gráfica e Editora. P. 31-60 (Série Documentos REVIZEE-SCORE Central) 2007.

ROTT, E.; SALMASO, N.; HOEHN, E. Quality control of Utermöhl-based phytoplankton counting and biovolume estimates—an easy task or a Gordian knot? **Hydrobiologia**, v. 578, p. 141-146. 2007.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. **The Diatoms Biology e Morfology of the Genera**. Cambridge: University Press, 1992. 747 p.

ROHF, F. J.; FISHER, D. L. Test for hierarchical structure in random data sets. **Systematic Zool.** v. 17, 1968. p. 407-412.

SANDER, E. A preliminary assessment of the main causative mechanism of the “Island Mass” effect of Barbados. *Marine Biology*, v. 64, p. 199-205. 1991.

SANTOS, M. L. M. N. Estrutura e dinâmica do fitoplânctone bacterioplâncton em cultivos de camarão no Rio Grande do Norte-Brasil: Impacto sobre o ambiente natural / 139 f. Margarida de Lourdes Melo Nelson dos Santos. – Natal [RN], 2008.

SATÔ, S.; PARANAGUÁ, M. N. & ESKINAZI, E. On the mechanism of red tide of *Trichodesmium* in the Recife, northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease, “Tamandaré Fever”, **Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade Recife** v. 5/6, p.7- 49. 1963.

SECIRM. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/secirm/>> Acesso em: 22/11/2010.

SMAYDA, T. J. **From phytoplankton to biomass**. In: Sournia, A. [Ed.] *Phytoplankton Manual*. Monographs on Oceanographic Methodology 6. UNESCO, Paris, p. 273–9. 1978.

SMAYDA, T. J.; REYNOLDS C. S. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. **Journal of Sea Research** v. 49, p. 95-106. 2003.

SILVA, A. S. X. **Variação diurna da comunidade do microfitoplâncton do arquipélago de São Pedro e São Paulo (nordeste do Brasil)**. 2008. 51f. Monografia (Especialização em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

SILVA, E. I. L. Ecology of Phytoplankton in Tropical Waters: Introduction to the Topic and Ecosystem Changes from Sri Lanka. **Asian Journal of Water, Environment and Pollution**, Vol. 4, No. 1, pp. 25-35. 2006.

SILVA-CUNHA, M. G. G; ESKINAZI-LEÇA E. **Catálogo das Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Plataforma Continental de Pernambuco**. Recife: SUDENE-DPG/PRN/RPE – UFPE, 318 p. 1990.

SIMON, N.; CRAS, A. L.; FOULON E.; LEMÉE R. Diversity and evolution of marine phytoplankton. **Compter Rendus Biologies** v. 332, p. 159–170. 2009.

SIEBURTH, J. M. S. **Sea microbes**. Oxford University Press, New York. 1978.

SIMPSON, J. H. P. B.; TETT, M. L.; ARGOTE-ESPINOZA, A.; EDWARDS, K. J.; JONES SAVIDGE, G.. Mixing and phytoplankton growth around an island in a stratified sea. **Continetal Shelf Research**, v. I. p. 15-31. 1982.

SIMPSON, J. H.; TETT, P. B. **Island stirring effects on phytoplankton growth**. In: *Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies*, 17, Tidal Mixing and Plankton Dynamics, J. Bowman, M. Yentsch and W. T. Peterson, eds., Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, p. 41-76. 1986.

SIQUEIRA, A.; KOLM, H. E. BRANDINI, F. P. Offshore Distribution Patterns of the Cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg and Associated Phyto- and Bacterioplankton in the Southern Atlantic Coast (Paraná, Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, n. 2, v. 49, p. 323-337, 2006.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A practical handbook of seawater analysis. **Bulletin and the Fisheries Research Board Canada**, v. 167, p. 1-311. 1972.

STEIDINGER, K. A.; TANGEN, K. **Dinoflagellates**. In: C.R. Tomas. *Identifying Marine Phytoplankton*. San Diego, Academic Press. p. 387-589. 1997.

SKIELKA, U.; SOARES, J.; OLIVEIRA, A. P. Investigação dos fluxos turbulentos na interface no arquipélago de São Pedro e São Paulo. Santa Catarina. In: **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Pp. 6. 2006.

SOURNIA, A. **Catalogue des espèces et taxons infraspécifiques de Dinoflagellés marins actuels**. Beih. Nova Hedwigia., v. 48, 1973. p.1-92.

SOURNIA, A. Morphological base of competition and succession. **Canadian Bulletin Fisheries Aquatic Science**, v. 210, p. 339-346. 1981.

SOURNIA, A. **Atlas du phytoplancton marine**: Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées. Paris: Centre National da le Recherche Scientifique. v. 1, 1986. 220 p.

SOARES, J.; OLIVEIRA, A. P.; SKIELKA, U. T. SERVIAN, J. **O Ar**. In: O arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica/ Orgs. Danielle de Lima Viana... [*et al.*]. -- Brasília, DF: SECIRM, 348p. 2009.

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

SUSINI-RIBEIRO, S. M. M. Biomass distribution of pico, nano and micro-phytoplankton on the continental shelf of Abrolhos, East Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, n. 2/3, v. 47, p. 271-284. 1999.

SWEET, W.V.; MORRISON, J.M.; KAMYKOWSKIA, D.; SCHAEFFERA, B.A.; BANKSC, S.; MCCULLOCH, A. Water mass seasonal variability in the Galápagos Archipelago. **Deep-Sea Research**, I 54, p. 2023–2035. 2007.

TAYLOR, F. J. R.; FKUYO, Y.; LARSEN, J.; HALLEGRAEFF, G. M. **Taxonomy Of Harmful Dinoflagellates**. IN: Manual on Harmful Marine Microalgae. (Eds.): G.M. Hallegraeff et al., PARIS: UNESCO-IOC, p. 389-432. 2003.

TENENBAUM, D. R.; VILLAC, M. C.; VIANA, S. C.; MATOS, M.; HATHERLY, M.; LIMA, I. V.; MENEZES, M. **Phytoplankton Atlas of Sepetiba Bay**, Rio de Janeiro. IMO, LONDON. (GLOBALLAST MONOGRAPH SERIES, 16). 2004.

TENENBAUM, D. R. **Dinoflagelados e Tintínídeos da região central da Zona Econômica exclusiva brasileira**: guia de identificação/org. Denise R. Tenenbaum – Rio de Janeiro: Museu Nacional, 288p. 2006.

TENENBAUM D. R.; GOMES E. A. T.; GUIMARÃES, G. P. **Microorganismos Planctônicos: Pico, Nano e Micro**. In: VALENTIN, J. L. (Ed.) Características

hidrológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). Brasília: Série Documentos REVIZEE/SCORE Central), p.83-124. 2007.

TEIXEIRA, I. A. 1986. Microfitoplâncton da costa norte do Estado de Pernambuco. Monografia de Bacharelado, Univ. Fed. Pernambuco, 94p.

TORGAN, L. C. Floração de algas: composição, causas e conseqüências. Florianópolis, **Ínsula** n. 19, v. 15-34. 1989.

TOMAS, C. R. **Identifying marine phytoplankton**. San Diego: Academic Press, 858 p. 1997.

TCHERNIA, P. **Descriptive Regional Oceanography**. London: Pergamon Press, 253p. 1980.

TERRIAULT, L. B; POULIN, M; BOSSÉ, L. Guide d'identification du phytoplankton marin de l'estuaire et du golfe du Saint- Laurent. **Publication special canadienne des sciences halieutiques et aquatiques**. 128. 387p. 1999.

TRAVASSOS, P.; HAZIN, F. H. V.; ZAGAGLIA, J. R.; ADVINCULA, R.; SCHOBBER, J. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**. v. 47, n. 2/3, p. 211-222. 1999.

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

VERITY, P. G.; ROBERTSON, C. Y.; TRONZO, C. R.; ANDREWS, M. G.; NELSON, J. R.; SIERACKI, M. E. Relationships between cell volume and the carbon and nitrogen content of marine photosynthetic nanoplankton. **Limnology and Oceanography**. n. 37, p. 1434-1446. 1992.

VON BRÖCKEL K.; MEYERHÖFER M. Impact of the Rocks of Sao Pedro and Sao Paulo upon the quantity and quality of suspended particulate organic matter. **Archive of Fishery and Marine Research**. n.47, v.2-3, p. 223-238. 1999.

WOOD, E. J. F. **Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas**. Univ. Miami, Coral Gables, Florida, USA. 1968.143p.

YENTSCH, C. M.; YENTSCH, C. S.; PERRAS, J. P. Alkaline phosphatase activity in the tropical marine blue-green alga, *Oscillatoria erythraeum* ("*Trichodesmium*"). **Limnology Oceanography**, v. 17, p. 772-774, 1972.

ZAGAGLIA, J. R. **Caracterização da estrutura termoalina da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste Brasileiro.** 1998. 127f. Monografia de graduação. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de pesca, Recife.

## **ANEXOS**

Anexo 1- O microfitoplâncton no Arquipélago São Pedro e São Paulo: Composição, Abundância relativa (%R- raro; A- abundante; D- Dominante), Frequência de ocorrência (E- Esporádica; F- Frequente; MF- Muito frequente), Distribuição (Oc- oceânica; C- costeira; N- nerítica; CB- Corrente do Brasil); Trofia (H-heterotrófico; A- Autotrófico); \*- novas ocorrências; x presença.

Continua...

Táxons/Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	A	F	O	T
<b>DIVISÃO CYANOBACTERIA</b>																				
<b>Classe Cyanophyceae</b>																				
<b>Ordem Oscillatoriales</b>																				
<b>Família Phormidiaceae</b>																				
<i>Trichodesmium erythraeum</i> Ehrenberg ex Gomont	3,83	6,42	7,97	1,26	1,18	3,93	3,37	9,03	3,47	68,91	68,18	65,32	59,84	68,94	50,48	58,59	D	MF	Oc	A
<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont	77,8	87,8	72,29	79,48	76,75	78,3	61,55	68,9	65,5	57,30	5,23	11,06	2,87	27,83	19,23	2,43	D	MF	Oc	A
<i>Trichodesmium tenue</i> Wille*		x		x	x		x								0,41	0,37	R	F	Oc	A
<i>Katagnymene spiralis</i> Lemmermann*	x		x				x									x			Oc	A
<i>Katagnymene pelagica</i> Lemmermann*	1,6	2,2	0,9	0,7	1,0	0,5	0,7	0,5	x	0,7	0,7	1,4	1,3	0,8	1,4	1,3	D	F	Oc	A
<b>Ordem Nostocales</b>																				
<b>Família Nostocaceae</b>																				
<i>Richelia intracellularis</i> Schmidt	x			x	x							x							Oc	
<b>DIVISÃO DINOFLAGELLATA</b>																				
<b>Classe Dinophyceae</b>																				
<b>Ordem Dinophysiales</b>																				
<b>Família Dinophysiaceae</b>																				
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder													x		x	0,19	R	E	Oc/N	
<i>Dinophysis hastata</i> Stein					0,05				0,22								R	F	N	H
<i>Dinophysis rapa</i> (Stein) Balech	0,32	0,10	x					x	0,22		x			x			R	F		H
<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède & Lachmann				0,21					0,22	0,23							R	F		H
<i>Histioneis megalocopa</i> Stein					x														Oc	H
<i>Histioneis milneri</i> Murray et Whitting			x	0,07			0,09	x	0,07		0,12	0,07			x		R	F	Oc	H
<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein	0,16	x	0,51	0,07		x		x				0,07	0,14	x	x		A	F	Oc/N	H
<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt		0,10	0,08		0,05	0,09	0,09		0,22	x		x		0,14			R	F	Oc/CB	H
<i>Ornithocercus</i> sp. 1				0,11					x		0,23	x		x			R	F		H
<i>Ornithocercus splendidus</i> Schütt	0,32	x					x					x					R	E	Oc/N	H
<i>Ornithocercus steineii</i> Schütt		x	x	0,07	0,32	x	0,28	x	x	0,33			x				R	F	Oc/N	H
<i>Ornithocercus thumii</i> Schmidt		x		0,14	x		x			0,16							R	F	Oc/N/CB	H
<i>Phalacroma argus</i> Stein							0,28										R	E	Oc/CB	H
<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein	0,16					0,09	0,09	x		0,16	x	x	x	0,14		x	R	F		H
<i>Phalacroma hindmarchii</i> Whitting		0,10		x													R	E		H
<i>Phalacroma mitra</i> (Schütt) Abé vel Balech*			0,08														R	E		H

Anexo 1- O microfítotoplâncton no Arquipélago São Pedro e São Paulo: Composição, Abundância relativa (%), R- Raro; A- Abundante; D- Dominante), Frequência de ocorrência (E- Esporádica; F- Frequente; MF- Muito frequente), Distribuição (Oc- oceânica; C- costeira; N- nerítica; CB- Corrente do Brasil); Trofia (H- heterotrófico; A- Autotrófico); \*- novas ocorrências; x presença. Continua...

Táxons/Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	A	F	O	T		
<b>Ordem Gonyaulacales</b>																						
<b>Família Ceratiaceae</b>																						
<i>Ceratium arietinum</i> Cleve	x	x																	Oc/N	A		
<i>C. belone</i> Cleve *		0,10					0,09	0,13	0,22	x					x	0,19	R	F	Oc	A		
<i>C. breve</i> Ostenfeld et Schmidt						0,09		0,06		x									R			
<i>C. breve</i> var. <i>parallellum</i> Jørgensen					x	0,09		0,06											R	F		
<i>C. candelabrum</i> Ehrenberg var. <i>candelabrum</i> Stein	x	x	0,25	0,14	0,38	0,18	0,19	0,06	0,87	0,49	0,23		0,29	0,27	0,83	0,37	A	MF	Oc/N/CB	A		
<i>C. candelabrum</i> var. <i>depressum</i> Jørgensen						x														Oc		
<i>C. carriense</i> Gourret				x												0,19	R	E	Oc/N	A		
<i>C. contortum</i> Gourret	0,16	0,10	0,08	0,14	0,22	0,27	0,19	0,13	0,43	0,16		0,12			0,14	0,37	R	MF	Oc/N/CB	A		
<i>C. contrarium</i> Gourret			0,08			0,27													R	F	Oc/N	A
<i>C. declinatum</i> var. <i>declinatum</i> Jørgensen	1,44	0,39	2,12	2,86	2,48	2,76	4,21	2,02	4,12	4,44	2,73	3,46	4,02	4,22	3,04	2,99	A	MF	Oc/CB	A		
<i>C. declinatum</i> var. <i>angusticornum</i> *			0,08																R	E	Oc	A
<i>C. deflexum</i> Kofoid				x			x				x	0,23	0,14	x					R	F		
<i>C. digitatum</i> Schütt			0,08	0,07				0,06		0,16		0,12		0,14					A	F	Oc	A
<i>C. euarcuratum</i> Jørgensen			x																	Oc/N	A	
<i>C. extensum</i> Gourret					0,05					x			0,14	0,27	0,14	x			R	F		
<i>C. falcatifforme</i> Jørgensen												0,12	x	x					R	E		
<i>C. fusus</i> Ehrenberg	0,16	0,10	0,08	0,14	0,22	0,27	0,19	0,13	0,43	1	1	0,12	1	1	0,27	1	A	MF	Oc/C	A		
<i>C. geniculatum</i> Lemmermann								0,06											R	E	Oc	A
<i>C. gibberum</i> Gourret	0,16			0,07	0,27	0,18	0,09	x	x	x			0,07	x	0,14				R	F	Oc/C	A
<i>C. hexacanthum</i> Gourret	x																			Oc/C		
<i>C. inflatum</i> Kofoid												0,12				0,37			R	F	Oc	
<i>C. lineatum</i> Ehrenberg	0,48	x	0,51	0,98	0,97	0,62	0,94	0,57	0,22	0,82	0,68	0,23	1,08	0,68	0,28	0,56	A	MF	Oc/N	A		
<i>C. limulus</i> Gourret				x																Oc	A	
<i>C. longirostrum</i> Gourret				0,05	0,27				x										R	E	Oc	A
<i>C. karstenii</i> Pavillard		x									x										A	
<i>C. macroceros</i> Ehrenberg	0,16	0,99	0,34	0,42	0,54	0,89	0,75	0,95	0,65	1,32	1,36	1,04	0,65	0,95	0,41	0,93	A	MF	Oc/N	A		
<i>C. massiliense</i> Gourret	x		x				0,09	0,13			0,23	x		0,41	0,14	0,19	R	F	Oc/N	A		

Anexo 1- O microfítotoplâncton no Arquipélago São Pedro e São Paulo: Composição, Abundância relativa (%), R- Raro; A- Abundante; D- Dominante), Frequência de ocorrência (E- Esporádica; F- Frequente; MF- Muito frequente), Distribuição (Oc- oceânica; C- costeira; N- nerítica; CB- Corrente do Brasil); Trofia (H- heterotrófico; A- Autotrófico); \*- novas ocorrências; x presença. Continua...

Táxons/Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	A	F	O	T
<i>C. paradoxides</i> Cleve				0,07													R	E	Oc	A
<i>C. pentagonum</i> var. <i>longisetum</i> Jørgensen	x	0,10	0,85	0,49	0,38	0,18	0,47	0,32		0,33	0,23	0,58	0,29	0,27	0,14	0,93	A	MF	Oc	A
<i>C. pentagonum</i> var. <i>tenerum</i> Jørgensen	0,96	x	x	0,91	0,81	0,71	1,40	1,39	1,52	1,32	1,59	1,15	0,93	0,82	0,97	0,93	A	MF	Oc/N	A
<i>C. pulchellum</i> Schröder			0,08			x						x		x		x	R	E	Oc	A
<i>C. reflexum</i> Cleve	x				0,05	0,09					x	0,12	0,07	x		x	R	F	Oc	A
<i>C. symmetricum</i> Pavillard									x										Oc/N	A
<i>C. teres</i> Kofoid	0,64	0,10	2,29	2,30	2,31	3,02	5,61	2,91	2,82	2,14	1,36	1,38	5,89	4,50	3,18	5,79	A	MF	Oc/N/CB	A
<i>C. tripos</i> Müller							0,19			0,33	0,23	0,12	x			0,37	A	F	Oc/N	A
<i>C. trichoceros</i> Ehrenberg		0,20		0,07	0,43	x	0,65	x	x	0,16			0,50			x	R	F	Oc/N	A
<i>C. vultur</i> Cleve	0,16	x	0,20	0,88	0,84	0,18	2,36	0,19	0,87	0,16		x	x	0,54	x	x	A	MF	Oc/N/CB	A
<b>Família Ceratocoryaceae</b>																				
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid	0,16	0,10			0,05					x							R	F	Oc/N	A
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein	x	0,20	0,08	x	0,05	0,18	0,09	0,13	0,65	0,16		0,23	0,14	x	0,14	0,19	R	MF	Oc/N	A
<b>Família Gonyaulacaceae</b>																				
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	0,80		0,17	0,35	0,70	0,71	0,75	0,44	x	0,49	1,14	0,46	0,86	0,68	0,55	0,56	A	MF	Oc/N	A
<i>Gonyaulax birostris</i> Stein*						x		0,13									R	E		
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing								x											Oc/N	A
<b>Família Goniodomataceae</b>																				
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen	5,90		8,47	5,09	7,00	8,09	13,47	8,09	8,46	9,21	9,32	9,91	17,89	9,40	11,62	13,83	A	MF	Oc/N/CB	A
<b>Família Oxytoxaceae</b>																				
<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein				0,07				0,06	0,22				x	0,14			R	F	Oc	A
<b>Ordem Gymnodiniales*</b>																				
<b>Família Gymnodiniaceae</b>																				
<i>Gymnodinium</i> sp. 1				0,07						0,23							R	F		
<i>Gyrodinium</i> sp. 1			x							x										
<b>Ordem Pyrocystales</b>																				
<b>Família Pyrocystaceae</b>																				
<i>Dissodinium pseudolumula</i> Swift ex Elbrächter & Drebes					x		x		x						x	x				
<i>Pyrocystis fusiformis</i> (Wyville-Thomson) Blackman				0,07		0,09		0,06		0,07	x			0,10	0,14	0,37	R	F	Oc/N	H
<i>Pyrocystis noctiluca</i> Murray ex Haeckel			x	0,07		0,09	x	0,06		0,16	x		x	0,14	0,14	0,37	R	F	Oc/N	H
<i>Pyrocystis robusta</i> Kofoid	0,32	0,39		0,14	0,11	x			x	0,16		0,12			0,28	x	R	F	Oc/N	H
<i>Pyrocystis</i> sp. 1												0,12					R	E		

Anexo 1- O microfítotoplâncton no Arquipélago São Pedro e São Paulo: Composição, Abundância relativa (%), R- Raro; A- Abundante; D- Dominante), Frequência de ocorrência (E- Esporádica; F- Frequente; MF- Muito frequente), Distribuição (Oc- oceânica; C- costeira; N- nerítica; CB- Corrente do Brasil); Trofia (H- heterotrófico; A- Autotrófico); \*- novas ocorrências; x presença. Continua...

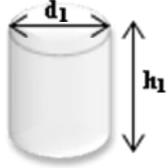
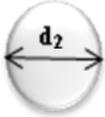
Táxons/Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	A	F	O	T
<b>Ordem Peridinales</b>																				
<b>Família Podolampadaceae</b>																				
<i>Podolampas bipes</i> Stein			0,08			x		x		0,33			x		x	R	F		A	
<i>Podolampas palmipes</i> Stein				x															Oc	A
<i>Spiraulax kofoidii</i> Graham *	0,64		0,08	0,07	0,11	x	x	0,13		0,16	x	0,23		x	x	x	A	F	Oc	
<b>Ordem Prorocentrales</b>																				
<b>Família Prorocentraceae</b>																				
<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich III	0,48		0,25														R	F	Oc/N	A
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt				0,14		x			0,22	x						x	R	F	N	A
<i>Prorocentrum sigmoides</i> Böhm	x																			A
<b>Família Protopteridiniaceae</b>																				
<i>Protopteridinium cerasus</i> (Paulsen) Balech															x					
<i>Protopteridinium claudicans</i> (Paulsen) Balech	0,32			x	0,05												R	F	Oc/C	H
<i>Protopteridinium depressum</i> (Bailey) Balech	1,28	0,10	0,93	1,12	0,75	0,53	0,65	0,63	0,87	1,97	0,91	0,23	0,65	0,68	0,97	0,75	A	MF	Oc/C	H
<i>Protopteridinium pentagonum</i> (Gran) Balech								x		x	x		x		0,28	0,19	R	F	C	H
<i>Protopteridinium oceanicum</i> Vanhöffen*							0,09										R	E	Oc/C	H
<i>Protopteridinium ovum</i> Balech	0,32		0,17	0,28	0,16		x	0,13	0,22	0,16	0,23	0,81	0,79	0,54	0,41	0,37	A	MF		
<i>Protopteridinium quarnerense</i> Schröder				x			0,09	x									R	E	Oc	
<i>Protopteridinium</i> sp. 1	0,16			x	0,16		0,65			x							R	F		
<i>Protopteridinium</i> sp. 2								0,06			x						R	E		
<i>Protopteridinium</i> sp. 3													0,07	0,14			R	F		
<i>Protopteridinium</i> sp. 4											x				0,14		R	E		
<b>Ordem Noctilucales</b>																				
<b>Família Noctilucaceae</b>																				
<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid								0,28		x	0,16							E	N	H
<b>DIVISÃO HETEROKONTOPHYTA</b>																				
<b>Classe Dictyochophyceae</b>																				
<b>Ordem Dictyochales</b>																				
<b>Família Dictyochaceae</b>																				
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg						x								x	0,14	0,19	R	F	Oc	A

Anexo 1- O microfítotoplâncton no Arquipélago São Pedro e São Paulo: Composição, Abundância relativa (%), R- Raro; A- Abundante; D- Dominante), Frequência de ocorrência (E- Esporádica; F- Frequente; MF- Muito frequente), Distribuição (Oc- oceânica; C- costeira; N- nerítica; CB- Corrente do Brasil); Trofia (H- heterotrófico; A- Autotrófico); \*- novas ocorrências; x presença. Continua...

Táxons/Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	A	F	O	T	
<b>DIVISÃO BACILLARIOPHYTA</b>																					
<b>Classe Coscinodiscophyceae</b>																					
<b>Ordem Coscinodiscales</b>																					
<b>Família Hemidiscaceae</b>																					
<i>Hemidiscus</i> sp.	x																				
<b>Ordem Triceratiales</b>																					
<b>Família Triceratiaceae</b>																					
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg									x	x											
<i>Triceratium</i> sp.		x																			
<b>Ordem Rhizosoleniales</b>																					
<b>Família Rhizosoleniaceae</b>																					
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell															0,41	0,37	R	F		A	
<i>Guinardia delicatula</i> Cleve (Hasle)										x	x	x	x							A	
<b>Classe Chaetocerotophyceae</b>																					
<b>Ordem Chaetocerotales</b>																					
<b>Família Chaetocerotaceae</b>																					
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	x															0,19	R	E	Oc	A	
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder					0,16													R	E	Oc	A
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow					0,22						x	x						R	E	Oc/N	A
<b>Ordem Biddulphiales</b>																					
<b>Família Biddulphiaceae</b>																					
<i>Biddulphia biddulphiana</i> (Smith) Boyer												3,47						A	E		
<b>Ordem Hemiaulales</b>																					
<b>Família Hemiaulaceae</b>																					
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow								0,28										R	E	Oc	A
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	x		0,42	0,28	0,32	0,36	0,28	0,38	0,22	0,33	2,27	0,12	0,22	0,68	0,69	1,87	A	MF	Oc/N	A	
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	0,32	0,10	0,17	0,84	0,75	1,07	0,94	1,52	2,17	1,97	1,59	0,81	0,43	2,86	4,15	2,43	A	MF	Oc/N	A	
<b>Classe Bacillariophyceae</b>																					
<b>Ordem Licmophorales</b>																					
<b>Família Licmophoraceae</b>																					
<i>Licmophora</i> sp. 1			x								0,99	x						R	E		A

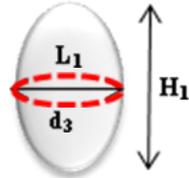
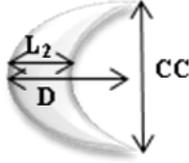


Anexo 2- Protocolo com as formas geométricas e espécies associadas para o cálculo do biovolume das espécies com frequência superior a 30% ocorrentes no Arquipélago São Pedro e São Paulo. As formas foram desenhadas abrangendo a terceira dimensão e em seções transversais. Continua..

Forma geométrica	CILINDRO	ESFERA
		
Tipo de forma	Simples	Simples
Dimensões	2	1
Volume	$\pi/4*d_1^2*h_1$	$\pi/6*d_2^3$
Legenda	h <sub>1</sub> - Altura do cilindro d <sub>1</sub> - Diâmetro cilindro	d <sub>2</sub> - Diâmetro da esfera
Espécies	<i>Hemiaulus membranaceus</i> <i>Hemiaulus sinensis</i> <i>Katagnymene pelagica</i> <i>Trichodesmium erythraeum</i> <i>Trichodesmium thiebautii</i>	<i>Goniodoma polyedricum</i> <i>Pyrocystis noctiluca</i> <i>Ornithocercus magnificus</i> <i>Ornithocercus quadratus</i>

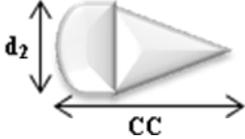
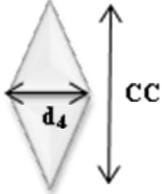
Anexo 2- Protocolo com as formas geométricas e espécies associadas para o cálculo do biovolume das espécies com frequência superior a 30% ocorrentes no Arquipélago São Pedro e São Paulo. As formas foram desenhadas abrangendo a terceira dimensão e em seções transversais.

Continua..

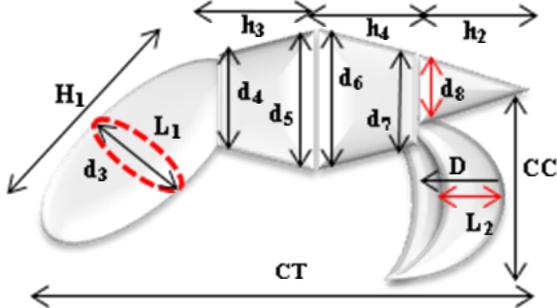
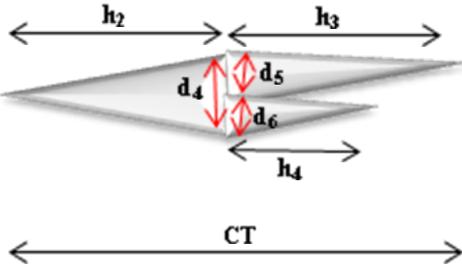
Forma geométrica	ELIPSÓIDE	MONORAFIDIÓIDE
		
Tipo de forma	Simples	Simples
Dimensões	3	3
Volume	$\pi/6*d_3*L_1*H_1$	$D^2/8*(2L_2-D+H_2)*(\pi^2/6 +1)$
Legenda	<p>H<sub>1</sub>- Altura da elipsóide  d<sub>3</sub>- Diâmetro elipsóide  L<sub>1</sub>- Largura</p>	<p>H<sub>2</sub>- Altura do monorafidióide  CC- Comprimento celular  L<sub>2</sub>- Diâmetro menor</p>
Espécies	<p><i>Histioneis milneri</i>  <i>Phalacroma doryphorum</i>  <i>Ceratocorys horrida</i></p>	<i>Pyrocystis fusiformis</i>

Anexo 2- Protocolo com as formas geométricas e espécies associadas para o cálculo do biovolume das espécies com frequência superior a 30% ocorrentes no Arquipélago São Pedro e São Paulo. As formas foram desenhadas abrangendo a terceira dimensão e em seções transversais.

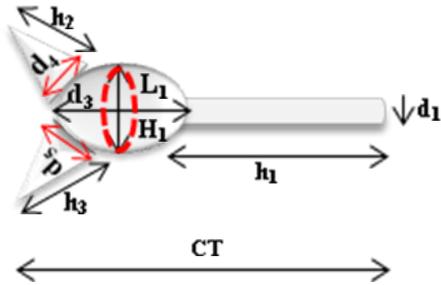
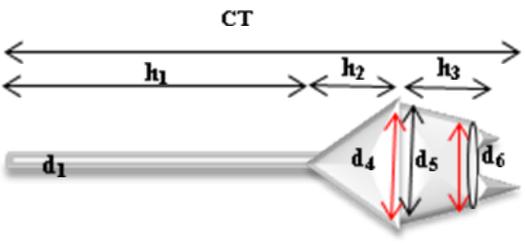
Continua..

Forma geométrica	CONE + MEIA ESFERA	2 CONES
		
Tipo de forma	Combinada	Combinada
Dimensões	2	2
Volume	$\pi/4*CC^2*d_2$	$\pi/6*d_4^2*CC$
Legenda	CC- Comprimento celular d <sub>2</sub> - Diâmetro da esfera	CC- Comprimento celular d <sub>4</sub> - Diâmetro cone 1
Espécies	<i>Gonyaulax polygramma</i> <i>Protoperdinium ovum</i>	<i>Ceratium fusus</i> <i>Spiraulax kofoidii</i>

Anexo 2- Protocolo com as formas geométricas e espécies associadas para o cálculo do biovolume das espécies com frequência superior a 30% ocorrentes no Arquipélago São Pedro e São Paulo. As formas foram desenhadas abrangendo a terceira dimensão e em seções transversais. Continua..

Forma geométrica	ELIPSÓIDE + CONE TRUNCADO + MONORAFIDIÓIDE + CONE	3 CONES
		
<p>Tipo de forma Dimensões Volume Legenda</p>	<p>Combinada 15 <math>\pi/6 * H_1 * d_3 * L_1 + \pi/12 * h_3 * (d_4^2 + d_4 * d_5 + d_5^2) + \pi/12 * h_4 * (d_6^2 + d_6 * d_7 + d_7^2) + (D^2/8) * (2 * D - L_2 + CC) * (\pi^2/6 + 1)</math> CT- Comprimento Total CC- Comprimento celular H<sub>1</sub>- Altura do elipsóide L<sub>1</sub>- Largura do elipsóide d<sub>3</sub>- Diâmetro do elipsóide d<sub>4</sub>- Diâmetro menor do cone truncado 1 d<sub>5</sub>- Diâmetro maior do cone 1 d<sub>6</sub>- Diâmetro menor do cone truncado 2 d<sub>7</sub>- Diâmetro menor do cone truncado d<sub>8</sub>- Diâmetro do cone D- Diâmetro maior do monorafidióide L<sub>2</sub>- Diâmetro menor do monorafidióide h<sub>2</sub>- Altura do cone h<sub>3</sub>- Altura do cone truncado 1 h<sub>4</sub>- Altura do cone truncado 2</p>	<p>Combinada 7 <math>\pi/12 * h_2 * d_4^2 + \pi/12 * h_3 * d_5^2 + \pi/12 * h_4 * d_6^2</math> CT- Comprimento Total d<sub>4</sub>- Diâmetro do cone 1 d<sub>5</sub>- Diâmetro do cone 2 d<sub>6</sub>- Diâmetro do cone 3 h<sub>2</sub>- Altura do cone 1 h<sub>3</sub>- Altura do cone 2 h<sub>4</sub>- Altura do cone 3</p>
Espécies	<i>Ceratium digitatum</i>	<i>Ceratium belone</i> <i>Protoperidinium depressum</i>

Anexo 2- Protocolo com as formas geométricas e espécies associadas para o cálculo do biovolume das espécies com frequência superior a 30% ocorrentes no Arquipélago São Pedro e São Paulo. As formas foram desenhadas abrangendo a terceira dimensão e em seções transversais.

Forma geométrica	ELIPSÓIDE + 2 CONES + CILINDRO	CILINDRO + CONE + CONE TRUNCADO
		
Tipo de forma Dimensões Volume Legenda	Combinada 10 $\pi/4 * h_1 * d_1 + \pi/12 * (d_4 + d_5) * d_1^2 + \pi/6 * H_1 * d_3 * d_1$ ( $d_1 = d_4 = d_5$ ) CT- Comprimento Total d <sub>1</sub> - Diâmetro do cilindro h <sub>1</sub> - Altura do cilindro d <sub>3</sub> - Diâmetro do elipsóide L <sub>1</sub> - Largura do elipsóide H- Altura do elipsóide d <sub>4</sub> - Diâmetro do cone 1 h <sub>2</sub> - Altura do cone 1 d <sub>5</sub> - Diâmetro do cone 2 h <sub>3</sub> - Altura do cone 2	Combinada 8 $\pi/4 * d_1^2 * h_1 + \pi/12 * h_2 * d_4^2 + \pi/12 * h_3 * (d_5^2 + d_5 * d_6 + d_6^2)$ CT- Comprimento Total d <sub>1</sub> - Diâmetro do cilindro h <sub>1</sub> - Altura do cilindro d <sub>4</sub> - Diâmetro do cone 1 h <sub>2</sub> - Altura do cone 1 h <sub>3</sub> - Altura do cone truncado d <sub>5</sub> - Diâmetro maior do cone truncado d <sub>6</sub> - Diâmetro menor do cone truncado
Espécies	<i>Ceratium contortum</i> <i>Ceratium candelabrum</i> var. <i>candelabrum</i> <i>Ceratium declinatum</i> var. <i>declinatum</i> <i>Ceratium gibberum</i> <i>Ceratium macroceros</i> <i>Ceratium massiliense</i> <i>Ceratium trichoceros</i> <i>Ceratium tripos</i> <i>Ceratium vultur</i>	<i>Ceratium lineatum</i> <i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>longisetum</i> <i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>tenerum</i> <i>Ceratium teres</i>



## Anexo 3- Estatística descritiva dos dados morfométricos das espécies do ASPSP selecionadas para o biovolume. Continua...

<i>Gonyaulax polygramma</i> n=21																				
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	D	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	h <sub>5</sub>	H <sub>1</sub>	CC	CT	
min-máx		48-68																	59-89	
X		58																	77	
DP		10																	15	
C.V. (%)		17																	19	
med.		60																	78	
<i>Histioneis milneri</i> n=13																				
min-máx			22-43							3-4									38-54	
X			31							4									42	
DP			6							1									5	
C.V. (%)			18							18									11	
med.			30							4									41	
<i>Ceratium belone</i> n=9																				
min-máx				23-44	10-38	5-14							205-307	108-217	90-123					374-497
X				38	27	10							253	175	69					431
DP				9	10	3							31	34	70					40
C.V. (%)				23	38	28							12	19	101					9
med.				41	30	11							243	184	44					432
<i>Ceratium candelabrum</i> n=29																				
min-máx	11-19		68-116	8-27	5-22					76-90		41-149	22-76	38-103					46-70	168-274
X	16		86	13	10					81		97	47	55					61	229
DP	2		8	5	4					5		28	18	12					7	29
C.V. (%)	14		9	42	38					7		29	39	21					11	13
med.	16		84	11	8					81		103	41	54					62	234
<i>Ceratium contortum</i> n=13																				
min-máx	5-16		54-103	11-19	9-23					54-61		284-392	108-181	135-230					70-119	365-489
X	9		77	16	15					55		320	143	178					91	409
DP	3		12	2	3					2		32	24	31					11	37
C.V. (%)	33		16	15	23					4		10	17	17					12	9
med.	8		81	16	16					54		311	149	173					92	414

## Anexo 3- Estatística descritiva dos dados morfométricos das espécies do ASPSP selecionadas para o biovolume. Continua...

<i>Ceratium declinatum</i> var. <i>declinatum</i> n=22																			
	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>d<sub>3</sub></b>	<b>d<sub>4</sub></b>	<b>d<sub>5</sub></b>	<b>d<sub>6</sub></b>	<b>d<sub>7</sub></b>	<b>d<sub>8</sub></b>	<b>D</b>	<b>L<sub>1</sub></b>	<b>L<sub>2</sub></b>	<b>h<sub>1</sub></b>	<b>h<sub>2</sub></b>	<b>h<sub>3</sub></b>	<b>h<sub>4</sub></b>	<b>h<sub>5</sub></b>	<b>H<sub>1</sub></b>	<b>CC</b>	<b>CT</b>
min- máx	8-14		42-61	8-14	8-11					5-8		114- 149	65-76	62-81			54-68		168- 203
X	11		47	10	9					6		136	70	70			57		192
DP	2		6	2	1					1		10	3	6			4		11
C.V. (%)	22		13	17	15					21		8	5	9			7		6
med.	11		43	9	8					5		138	68	69			57		193
<i>Ceratium digitatum</i> n=9																			
min- máx			35-60	46-78	43-65	38-57	11-16	19-32	16-32	8-11	19-32		27-60	24-41	19-43		92-149	68-136	122- 224
X			42	54	51	45	13	22	38	10	20		26	98	33		99	90	153
DP			8	10	8	7	2	5	6	1	5		7	19	5		20	13	40
C.V. (%)			19	19	15	15	17	22	16	14	24		28	19	16		20	14	26
med.			47	62	54	47	14	26	41	9	24		31	120	32		120	87	173
<i>Ceratium fusus</i> n=12																			
min- máx				14-24														324- 508	
X				18														395	
DP				3														68	
C.V. (%)				19														17	
med.				19														376	
<i>Ceratium gibberum</i> n=14																			
min- máx	5-11		87-119	16-35	14-30					51-70		60-224	92-149	54-122			87-124		116- 360
X	8		110	23	17					60		158	132	72			110		277
DP	1		9	6	4					6		63	18	19			10		78
C.V. (%)	15		8	27	23					11		40	14	27			9		28
med.	8		111	22	16					60		181	136	68			110		308
<i>Ceratium lineatum</i> n=20																			
min- máx	3-5			57-65	54-62	38-42						24-38	32-38	22-27					81-127
X	3			61	59	40						29	36	25					95
DP	1			2	3	1						4	3	2					10
C.V. (%)	30			3	5	2						14	7	6					10
med.	3			62	60	40						30	38	24					92

## Anexo 3- Estatística descritiva dos dados morfométricos das espécies do ASPSP selecionadas para o biovolume. Continua...

<i>Ceratium macroceros</i> n=24																			
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	D	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	h <sub>5</sub>	H <sub>1</sub>	CC	CT
min-máx	4-8		38-60	5-8	5-8					5-11		209-405	62-176	62-170			26-60		284-460
X	6		48	6	6					8		307	106	95			45		361
DP	1		7	1	1					2		54	28	31			11		50
C.V. (%)	26		15	20	19					23		18	27	32			24		14
med.	5		50	5	5					8		318	100	89			47		370
<i>Ceratium massiliense</i> n=30																			
min-máx	4-7		51-76	11-22	11-16					5-11		216-460	227-405	243-378			65-95		297-516
X	5		65	16	12					8		332	302	300			74		394
DP	1		9	4	2					2		69	62	54			9		64
C.V. (%)	13		14	25	18					23		21	21	18			12		16
med.	5		65	16	11					8		346	310	284			72		396
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>longisetum</i> n=24																			
min-máx	3-5			46-70	43-68	30-49						293-360	30-49	24-32					278-460
X	5			63	59	42						328	38	28					407
DP	1			5	6	5						20	4	3					47
C.V. (%)	24			8	10	12						6	11	10					11
med.	5			65	60	43						332	38	27					405
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>tenerum</i> n=31																			
min-máx	5-8			57-73	54-68	35-49						30-143	35-46	22-38					138-189
X	6			64	60	42						96	41	26					167
DP	1			4	4	3						21	3	3					20
C.V. (%)	23			7	7	8						22	7	13					12
med.	5			62	60	43						97	41	27					175
<i>Ceratium teres</i> n=21																			
min-máx	3-4			41-51	43-49	27-33						49-108	41-51	27-35					122-184
X	3			45	45	29						76	47	29					154
DP	1			3	2	2						23	3	3					22
C.V. (%)	19			6	4	5						30	6	9					14
med.	3			46	46	30						69	46	27					154





## Anexo 3- Estatística descritiva dos dados morfométricos das espécies do ASPSP selecionadas para o biovolume.

## Conclusão

<i>Spiraulax kofoidii</i> n=16																				
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	D	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	h <sub>5</sub>	H <sub>1</sub>	CC	CT	
min-máx				70-113															14-154	
X				92															119	
DP				11															37	
C.V. (%)				12															31	
med.				92															130	
<b>Bacillariophyceae</b>																				
<i>Hemiaulus sinensis</i> n=27																				
min-máx	14-35												35-100							
X	24												53							
DP	5												17							
C.V. (%)	22												31							
med.	24												49							
<i>Hemiaulus membranaceus</i> n=29																				
min-máx	27-81												19-73							
X	51												45							
DP	15												16							
C.V. (%)	29												35							
med.	49												43							

Legenda: Min- mínima; Max- máxima; C.V.- Coeficiente de Variação; D. P.- Desvio Padrão; X- média; med- Mediana; BV- Biovolume;

CT- Comprimento Total; CC- Comprimento Celular; H<sub>1</sub>- Altura da elipsóide; H<sub>2</sub>- Altura do monorafidióide; h<sub>1</sub>- Altura do cilindro; h<sub>2</sub>- Altura do cone 1; h<sub>3</sub>- Altura do cone 2 e do cone truncado 1; h<sub>4</sub>- Altura do cone 3 e do cone truncado 2; L<sub>1</sub>- Largura da elipsóide; L<sub>2</sub>- Diâmetro menor do monorafidióide; D- Diâmetro maior do monorafidióide; d<sub>1</sub>- Diâmetro cilindro; d<sub>2</sub>- Diâmetro da esfera; d<sub>3</sub>- Diâmetro elipsóide; d<sub>4</sub>- Diâmetro cone truncado 1 e do cone 1; d<sub>5</sub>- Diâmetro maior do cone truncado e do cone 2; d<sub>6</sub>- Diâmetro menor do cone truncado 2 e do cone 3; d<sub>7</sub>- Diâmetro menor do cone truncado 2; d<sub>8</sub>- Diâmetro do cone. Min- mínima; Max- máxima; C.V.- Coeficiente de Variação; D.P.- Desvio Padrão; X- Média; med- Mediana.