



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AQUÁTICOS**  
**TROPICAIS**

**LORENA PEDREIRA CONCEIÇÃO**

**ASSEMBLEIA DE FLAGELADOS NANOPLANCTÔNICOS EM UM**  
**SISTEMA ESTUARINO TROPICAL URBANIZADO**

**ILHÉUS - BAHIA**

**2016**

**LORENA PEDREIRA CONCEIÇÃO**

**ASSEMBLEIA DE FLAGELADOS NANOPLANCTÔNICOS EM UM  
SISTEMA ESTUARINO TROPICAL URBANIZADO**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Santa Cruz como requisito para obtenção do título de Mestre em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Sylvia Maria Moreira  
Susini Ribeiro

**ILHÉUS - BAHIA**

**2016**

C744

Conceição, Lorena Pedreira

Assembleia de flagelados nanoplanctônicos em um sistema estuário tropical urbanizado / Lorena Pedreira Conceição. – Ilhéus, BA: UESC, 2016.

61 f.: il.

Orientadora: Sylvia Maria Moreira Susini Ribeiro.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Inclui referência.

1. Nanocompósitos (Materiais) – Ilhéus (BA). 2. Estuários. 3. Micronutrientes. 4. Rios. 5. Meio ambiente – Aspectos ambientais. I. Título.

CDD 547.23

**LORENA PEDREIRA CONCEIÇÃO**

**ASSEMBLEIA DE FLAGELADOS NANOPLANCTÔNICOS EM UM  
SISTEMA ESTUARINO TROPICAL URBANIZADO**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Santa Cruz como requisito para obtenção do título de Mestre em Sistemas Aquáticos Tropicais.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sylvia Maria Moreira Susini Ribeiro – Orientadora  
Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

---

Prof. Dr. Kaoli Pereira Cavalcante  
Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gleyci Aparecida Oliveira Moser  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Ilhéus-Bahia, 27/10/2016

## AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus em primeiro lugar, pelo dom da vida, pela força para trilhar esse caminho e pelas inúmeras demonstrações de que nada é por acaso e que nada acontece em minha vida sem Sua permissão divina.

À minha família que sempre esteve do meu lado em todas as minhas escolhas, sempre me apoiando incondicionalmente, em especial a minha avó Helena que cuidou de minha filha para que eu pudesse cumprir minhas obrigações acadêmicas e sempre me deu todo o amor e apoio do mundo em todos os momentos da minha vida. À minha mãe, meu pai, minha irmã e meu irmão por todo o apoio de sempre. À minha tia Elisia que me acolheu em sua casa durante esse período em Ilhéus. Enfim sem minha família não seria possível chegar até aqui.

Agradeço a minha orientadora Sylvia, pela oportunidade de ser aluna dela, pela paciência em me mostrar esse mundo novo para mim dos organismos marinhos e estuarinos, por sua persistência em acreditar que o trabalho daria certo mesmo quando nem eu acreditei, por todos os seus ensinamentos, pela compreensão, por tudo, muito obrigada.

Agradeço aos professores Pedro Melo, Marcelo Landim, Gecely Rocha e Kaoli Cavalcanti, pelas valiosas contribuições para o desenvolvimento desse trabalho ao longo dos seminários e qualificação. Em especial ao Prof. Pedro que pelo convívio próximo no laboratório sempre deu valiosas contribuições para o trabalho, sempre fez questionamentos que me ampliaram os horizontes, sempre me estimulando a ir além.

Agradeço aos professores Gleyci Moser e Kaoli Cavalcanti por aceitarem participar da banca de defesa da dissertação e pelas contribuições que serão de grande valia para a finalização deste trabalho.

Agradeço aos colegas que auxiliaram durante as coletas, ao Sr. Rui condutor do barco, à Prof<sup>a</sup>. Daniela pela parceria que possibilitou a realização do projeto, à Prof<sup>a</sup>. Maria Aparecida e ao Prof. Marcelo Landim pelos dados cedidos.

À secretária Lidiana por ser sempre solícita em resolver os eventuais problemas burocráticos que surgiram pelo caminho.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Aos colegas Caio, Mariane, Simone e Celimarcos, pela amizade e apoio durante o curso.

Às minhas amigas Monaliza, Kamilla e Layane que mesmo longe, sempre se fizeram perto e são minhas joias preciosas que a UFBA me deu.

À minha amiga Mariana por estar sempre do meu lado nos momentos em que mais precisei, por ser minha alma gêmea sempre.

Ao meu namorado Marcio Daniel, que está sempre ao meu lado me apoiando e me dando muito amor.

E agradeço infinitamente a Deus pela minha filha Laura, que mesmo tão bebezinha me deu tanto amor e tanta força para persistir, se adaptou a minha ausência e me recebeu todos os dias com o sorriso banguela, agora não tão banguela, mais lindo do mundo. Tudo sempre será por você e para você que é o grande amor da minha vida!

*Tudo tem o seu tempo determinado, e  
há tempo para todo o propósito  
debaixo do céu.*

*Eclesiastes 3:1*

## RESUMO

Os flagelados nanoplantônicos são responsáveis por canalizar os nutrientes dissolvidos e particulados para os níveis tróficos superiores através da alça microbiana, sendo de grande importância na rede trófica marinha e ocorrendo como fração majoritária no fitoplâncton marinho e estuarino. Além da tradicional identificação taxonômica, vários estudos demonstram que as características morfológicas dos organismos fitoplantônicos estão relacionadas com as propriedades funcionais que conferem adaptabilidade às condições ambientais. Este estudo visou caracterizar a assembleia de flagelados nanoplantônicos em termos de abundância e biomassa de carbono, atributos morfofuncionais e verificar a influência dos fatores ambientais no Sistema Estuarino do Rio Cachoeira (SERC), Ilhéus, Bahia. Foram feitas coletas nos meses de Março e Maio de 2014, em 7 pontos ao longo do sistema estuarino. Amostras de 1L foram filtradas em malha de 20  $\mu\text{m}$ , fixadas em solução de lugol e glutaraldeído e concentradas por sedimentação. Dados de temperatura, salinidade, pH, profundidade local, transparência da água e nutrientes inorgânicos dissolvidos (amônia, nitrito, nitrato e fosfato) foram considerados. O total de flagelados no SERC variou de  $8,73 \times 10^3$  a  $7,45 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup> e a biomassa de 0,07 a 750,11  $\mu\text{gC. L}^{-1}$  ao longo do estudo. Dinophyceae, Cryptophyceae, Raphidophyceae, Prasinophyceae, Euglenophyceae, Prymnesiophyceae e Choanoflagellida foram os grupos de flagelados identificados. As análises multivariadas mostraram que a assembleia dos flagelados foi fortemente determinada pelas variações de salinidade, temperatura e nutrientes nas diferentes zonas do estuário, pelas variações de marés e pela pluviosidade entre as campanhas. Em Maio, houve uma floração de *Scrippsiella trochoidea*, morfótipo *Oxyrrhis* e *Gyrodinium* na Zona de Rio e, em Março, houve um aumento de *Peridinium quinquecorne* nas Zonas de Mistura e Costeira do estuário. A abordagem morfofuncional aplicada à assembleia de flagelados nanoplantônicos no SERC confirmou o predomínio das espécies C-estrategistas nesta classe de tamanho independente do grupo filogenético considerado. O modelo de habitat utilizado permitiu classificar os flagelados em base funcional e visualizar, em trajetórias, as mudanças composicionais observadas nos dois períodos de estudo, em função da acessibilidade aos nutrientes e à luz na camada de mistura.

Palavras-chave: nanoflagelados, estuário, atributos morfofuncionais, nutrientes.



## ABSTRACT

The nanoplanktonic flagellates are responsible for providing dissolved and particulate nutrients to the upper trophic levels by the microbial loop, and are of great importance in the marine food web by occurring as major fraction in marine and estuarine phytoplankton. Besides the traditional taxonomic identification, several studies showed that morphological features of phytoplanktonic organisms are related to functional properties that provide adaptability to environmental conditions. This study aimed to characterize the assembly of nanoplanktonic flagellates by abundance and carbon biomass, evaluate the influence of environmental factors and the applicability of morpho-functional approach to flagellate assembly in the Estuarine System of Cachoeira River (SERC), Ilhéus, Bahia. Samples were collected in March and May 2014 – at seven stations along the estuarine system. One liter samples were filtered through plankton net 20  $\mu\text{m}$  mesh, fixed in Lugol and glutaraldehyde solution and concentrated by sedimentation. Temperature, salinity, pH, local depth, water transparency and dissolved inorganic nutrients (ammonium, nitrite, nitrate and phosphate) were considered. The total flagellates abundance in SERC ranged from  $8.73 \times 10^3$  to  $7.45 \times 10^5$  cells.L<sup>-1</sup> and the biomass from 0.07 to 750.11  $\mu\text{gC. L}^{-1}$  during the study. Dinophyceae, Cryptophyceae, Raphidophyceae, Prasinophyceae, Euglenophyceae, Prymnesiophyceae and Choanoflagellida were the flagellate taxonomic groups identified. Multivariate analysis showed that the assembly of flagellates was strongly determined by the variations of salinity, temperature and nutrients in different estuarine areas, and by tidal variations and rainfall between campaigns. In May, there was a bloom of *Scrippsiella trochoidea*, morphotype *Oxyrrhis* and *Gyrodinium* in River Zone, and in March, an increase of *Peridinium quinquecorne* in Mixing and Coastal Zones of the estuary. The morpho-functional approach applied to the assembly of nanoplanktonic flagellates on the SERC confirmed the predominance of C-strategist organisms in this size class, independent of their phylogenetic group. The habitat modeling used allowed to classify the flagellates on functional basis. It also permits compositional changes to be tracked in the two study periods, depending on the accessibility to nutrients and light in the mixing layer.

Key-words: nanoflagellates, estuary, morphofunctional features, nutrients.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa com a localização dos pontos de coleta ao longo das zonas no SERC, Ilhéus, Bahia. ETE- Estação de Tratamento de Esgotos. ....	24
Figura 2. Pluviosidade diária da semana anterior e na data da coleta (círculos), nos meses de Março/2014 e Maio/2014 no município de Ilhéus, Bahia (INMET, 2015). ....	28
Figura 3. Ordenação dos pontos amostrais do SERC em função das variáveis ambientais, no plano fatorial 1-2 da Análise de Componentes Principais. ....	30
Figura 4. Ordenação dos pontos amostrais do SERC em função das variáveis ambientais, no plano fatorial 1-3 da Análise de Componentes Principais. ....	31
Figura 5. Porcentagem dos diferentes grupos de flagelados no SERC e total de flagelados por amostra em Março e Maio de 2014 (SS: superfície, maré seca; FS: fundo, maré seca; SC: superfície, maré cheia; FC: fundo, maré cheia). ....	33
Figura 6. Porcentagem de contribuição dos diferentes grupos de flagelados para a biomassa total de carbono no SERC em Março e Maio de 2014 e biomassa total de carbono por amostra (SS: superfície, maré seca; FS: fundo, maré seca; SC: superfície, maré cheia; FC: fundo, maré cheia). ....	35
Figura 7. Ordenação (MDS) dos pontos amostrais ao longo das zonas baseada na abundância dos flagelados nas duas campanhas amostrais no SERC. ....	36
Figura 8. Diagrama de ordenação obtido na CCA dos dois primeiros eixos com os táxons de flagelados e as variáveis ambientais no SERC. TEM-Temperatura; AMO-Amônia; PRO – Profundidade; SAL-Salinidade; Rf-Raphidophyceae; Coa-Choanoflagellida; Dni-Dinoflagelados não identificados; Eu-Euglenophyceae; Py-Prymnesiophyceae; Pa-Prasinophyceae; Cr-Cryptophyceae; Pr- <i>Prorocentrum</i> ; Pq- <i>Peridinium quinquecorne</i> ; Sc- <i>Scrippsiella trochoidea</i> ; Al-Dinoflagelado tipo <i>Alexandrium</i> ; Gy-Dinoflagelado tipo <i>Gyrodinium</i> ; Gm-Dinoflagelado tipo <i>Gymnodinium</i> ; Ox-Dinoflagelado tipo <i>Oxyrrhis</i> ; F1-	

Flagelados não identificados de 2,5-5 $\mu\text{m}$ ; F2-Flagelados não identificados de 5-10 $\mu\text{m}$ ; F3-Flagelados não identificados de 10-20 $\mu\text{m}$ ; F4-Flagelados não identificados $>20 \mu\text{m}$ (Zonas: 1= ZR; 2=ZM; 3=ZC).....	39
Figura 9. Relação entre o número de flagelados observados e a razão S/V em Março e Maio de 2014 no SERC. ....	41
Figura 10. Relação entre o número de flagelados observados e a MDL em Março e Maio de 2014 no SERC. ....	42
Figura 11. Diagrama de dispersão dos morfótipos em função da razão S/V e do produto da MDL.S/V (em escala logarítmica) com o modelo de habitat (SMAYDA; REYNOLDS, 2001) sobreposto. O modelo representa a ampliação do canto esquerdo do diagrama de habitat para regiões marinhas, contendo as espécies C-estrategistas observadas no SERC tipicamente eutrofizado, devido ao despejo da ETE em sua porção mais interna. A seta vermelha representa a sequência observada em Maio, com maior disponibilidade de nutrientes, e a azul, em Março, mais diluída. ....	43

## LISTA TABELAS

Tabela 1. Fatores de conversão em biomassa de carbono para os grupos de flagelados identificados no SERC. ....	26
Tabela 2. Resumo dos dados ambientais (mínimo, máximo, média e desvio padrão) no SERC nos dois períodos de estudo, Março e Maio de 2014. ....	28
Tabela 3. Coeficiente de correlação linear das variáveis ambientais com os três primeiros eixos da Análise de Componentes Principais no SERC (Março/2014 e Maio/2014). Correlações significativas ( $P < 0,05$ ) marcadas em negrito. ....	29
Tabela 4. Resumo (mínimo, máximo, média e desvio padrão) da densidade de flagelados (cél. $L^{-1}$ ) por classe no SERC. ....	32
Tabela 5. Resultado da PERMANOVA para a abundância de flagelados no SERC no período de estudo. Valores de F significativos ( $p < 0,05$ ) em negrito. ....	36
Tabela 6. Testes pareados da PERMANOVA para a abundância de flagelados entre as zonas estuarinas (ZR, ZM e ZC) no SERC. Valores de F significativos ( $p < 0,05$ ) em negrito. ....	37
Tabela 7. Testes pareados da PERMANOVA para a abundância de flagelados entre o fator zona estuarina (ZR, ZM e ZC) em função dos meses de coleta (Março e Maio) e das marés (Seca e Cheia) no SERC. Valores de F significativos ( $p < 0,05$ ) em negrito. ....	37
Tabela 8. Testes pareados da PERMANOVA para a abundância de flagelados entre o fator meses de coleta (Março e Maio) e marés (Seca e Cheia) em função da zona estuarina (ZR, ZM e ZC) no SERC. Valores de F significativos ( $p < 0,05$ ) em negrito. ....	37
Tabela 9. Coeficientes canônicos das variáveis ambientais e os dois primeiros eixos da CCA. ....	38
Tabela 10. Características morfométricas dos táxons encontrados no SERC no período estudado (%: Porcentagem de cada táxons para o total). ....	40

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	17
2.	OBJETIVOS .....	22
	2.1. Objetivo geral .....	22
	2.2. Objetivos específicos .....	22
3.	MATERIAL E MÉTODOS .....	23
	3.1. Área de Estudo.....	23
	3.2. Delineamento amostral .....	24
	3.3. Tratamento Estatístico .....	26
4.	RESULTADOS .....	27
	4.1. Variáveis ambientais.....	27
	4.2. Abundância e biomassa dos flagelados .....	31
	4.3. Caracterização morfométrica dos flagelados .....	39
5.	DISCUSSÃO .....	44
6.	CONCLUSÕES .....	53
	REFERÊNCIAS .....	55

## 1. INTRODUÇÃO

No compartimento planctônico dos ambientes aquáticos estão os organismos que vivem na coluna de água e que são incapazes de se locomover contra as correntes, esses organismos podem ser classificados de acordo com o tipo de nutrição, com as categorias taxonômicas a qual pertencem, e também de acordo com o tamanho.

Dentre as classificações de tamanho dos organismos planctônicos está o nanoplâncton. Este compreende os organismos entre 2 a 20  $\mu\text{m}$  e é um importante componente das comunidades planctônicas dos oceanos, com densidades variando de  $10^5$  a  $10^6$  céls.L<sup>-1</sup> (THRONDSSEN, 1976). O picoplâncton (organismos entre 0,2 a 2,0  $\mu\text{m}$ ) e o nanoplâncton autotróficos/mixotróficos juntos são responsáveis por 60-90% da clorofila total dos oceanos e por grande parte da produtividade primária mundial (SIEBURTH; SMETACEK; LENZ, 1978; BIENFANG; TAKAHASHI, 1983). As espécies heterotróficas/mixotróficas têm importante papel na remineralização de nutrientes, uma vez que, ao se alimentarem de bactérias, canalizam o carbono orgânico dissolvido e particulado para os níveis tróficos mais elevados, por meio da alça microbiana (AZAM et al., 1983; LAYBOURN-PARRY; PARRY, 2000).

Os flagelados desempenham um papel importante na alça microbiana controlando a densidade das bactérias de vida livre, as quais devido ao pequeno tamanho e à elevada relação de superfície/volume podem absorver a matéria orgânica dissolvida disponível na água, exudada pelo fitoplâncton em baixas concentrações. Os flagelados nanoplânctônicos são predados pelo protozooplâncton, os quais por pertencerem à mesma faixa de tamanho do microfitoplâncton, apresentam biomassa suficiente para alimentar um organismo mesozooplanctônico, permitindo assim, o retorno da energia para a rede trófica de herbivoria (AZAM et al, 1983; THRONDSSEN, 1997).

De acordo com Thronsen (1997), pouco se conhece a respeito da importância das espécies nanoflageladas. Segundo esse autor, para o estudo destes organismos é necessário análise do material vivo, além de conhecimento prévio sobre as classes e ordens; o que resulta em um grande número de trabalhos nos quais os flagelados são citados como "não identificados".

A ocorrência majoritária da fração menor que 20  $\mu\text{m}$  no fitoplâncton oceânico e estuarino é relatada para várias partes do mundo, porém os estudos em sua maioria são

feitos avaliando a composição pigmentar, biomassa e produtividade primária, e não com o enfoque de identificar os organismos dessa fração de tamanho do plâncton (GÓMEZ et al., 2004; IRIARTE et al., 2007; TAYLOR et al., 2011; ARMBRETTCH et al., 2014).

Na costa brasileira, que é caracterizada como tropical e subtropical, as espécies nano- e picoplanctônicas são dominantes (RIBEIRO, 1996; GIANESELLA-GALVÃO et al., 2005; SANTOS et al., 2007; MASUDA; MOSER; BARRERA-ALBA, 2011). Na região Nordeste em Pernambuco, a fração < 20 µm vem sendo registrada como correspondente a mais de 90% da composição da biomassa fitoplanctônica em ambientes estuarinos (SANTOS-FERNANDES et al., 1998; FEITOSA; NASCIMENTO; COSTA, 1999; BRANCO, FEITOSA; MONTE, 2002; GREGO et al., 2009). Para o estado da Bahia, na região de Abrolhos, o nanoplâncton é responsável por 33% da biomassa de carbono, sendo que os flagelados variam de  $1,12 \times 10^3$  a  $4,93 \times 10^3$  cél.L<sup>-1</sup> (SUSINI-RIBEIRO, 1999), e na Baía de Camamu, 99,6% do total de organismos estava nesta fração de tamanho, composto principalmente por flagelados (SANTANA, 2012), a sua maioria ainda desconhecida.

Alguns trabalhos já foram realizados no estuário do Rio Cachoeira, em Ilhéus. Em cinco campanhas realizadas entre setembro de 2000 a agosto de 2001, o fitoplâncton variou de  $1,29 \times 10^5$  a  $7,70 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup> e o nanoplâncton representou de 84 a 99% deste total, com os flagelados contribuíram com cerca de 53 a 96% do total (TEDESCO; RIBEIRO, 2002). Em termos de biomassa, a contribuição do fitoplâncton no estuário do Rio Cachoeira variou de  $7,6 \times 10^3$  µgC. L<sup>-1</sup> a  $1,8 \times 10^6$  µgC. L<sup>-1</sup> e o nanoplâncton dominou a biomassa do fitoplâncton ( $1,5 \times 10^3$  a  $1,3 \times 10^6$  µgC. L<sup>-1</sup>) (SOUZA et al., 2005).

A concentração de flagelados não identificados varia entre  $10^5$ - $10^6$  céls.L<sup>-1</sup>, sendo predominantes em águas oceânicas e, nas águas costeiras, compartilham essa dominância com as diatomáceas e os dinoflagelados (BERGUESCH; ODEBRETCH, 2009). Dentre os nanoflagelados, as primnesiofíceas e prasinofíceas são apontadas como dominantes nas assembleias da costa brasileira (RODRIGUES et al., 2014). Os gêneros de flagelados autotróficos *Chrysochromulina*, *Prymnesium*, *Phaeocystis* e *Pyramimonas* são citados como freqüentes em águas de salinidade elevadas e, dentre os flagelados heterotróficos, *Paraphysomonas* é mais comum em águas de menor salinidade (BERGESCH; ODEBRECH; MOESTRUP, 2008 a, b; SEELIGER; ODEBRECHT, 2010). As criptofíceas também são relatadas como freqüentes em reservatórios e lagoas

costeiras brasileiras, porém há poucos estudos deste grupo para os ecossistemas marinhos (MENEZES; NOVARINO, 2003).

Os trabalhos com microscopia eletrônica de transmissão demonstram a diversidade específica dos flagelados nanoplanctônicos na costa brasileira (RIBEIRO, 1996; BERGESCH, ODEBRECHT; MOESTRUP, 2008 a, b), porém o conhecimento sobre esses organismos é escasso devido ao pequeno número de pesquisadores que trabalham com a taxonomia e a filogenia desses grupos.

Alguns estudos vêm mostrando que a abordagem taxonômica e filogenética não é a única forma de verificar a ocorrência de determinados grupos de organismos nos ambientes. Os papéis funcionais e adaptações estruturais das principais espécies podem ser utilizados para caracterizar a comunidade, considerando-as como produtoras ou consumidoras, competidoras ou tolerantes, se compartilham tolerâncias de acidez ou outras restrições ambientais, e assim por diante (REYNOLDS et al., 2002).

Essa forma de estudo proporciona maiores generalizações do que a abordagem baseada na filogenia dos organismos. A abordagem dos grupos funcionais considera que as condições ambientais do local atuam como filtros que favorecem grupos de espécies que compartilham características adaptativas semelhantes, mesmo que essas espécies não sejam filogeneticamente relacionadas (REYNOLDS, 1988; WEBB et al., 2002; DIAS; HUSZAR, 2011). Assim, os grupos funcionais podem ser definidos como um conjunto de espécies com ou sem afinidades filogenéticas, que compartilham traços funcionais e respostas similares às condições ambientais (LAVOREL et al., 1997; DIAS; HUSZAR, 2011).

Kruk et al. (2010) ressaltam que para o fitoplâncton, a classificação em grupos funcionais busca agrupar as espécies de acordo com suas características funcionais, como taxa de crescimento e constante de assimilação de nutrientes, taxa de mortalidade, de dispersão e consumo por predadores. Porém, as informações sobre características fisiológicas de espécies fitoplanctônicas marinhas são conhecidas para poucas espécies, dificultando tal abordagem.

Os mesmos autores ainda afirmam que as características morfológicas, tais como tamanho e forma dos organismos fitoplanctônicos, que são relativamente fáceis de obter, são características-chave relacionadas a propriedades funcionais específicas, conferindo adaptabilidade das espécies a determinadas forças ambientais. Segundo Naselli-Flores, Padisák e Albay (2007), as características morfológicas não só são bons



indicadores de padrões sazonais regulares, mas também refletem efeitos de perturbações e distúrbios ocasionais.

Um fator que é levado em consideração neste tipo de abordagem é a razão superfície/volume (S/V), pois está diretamente ligada à seleção das formas dos organismos fitoplanctônicos. Uma elevada relação S/V dá maior tolerância às variações de luz (intermitência na disponibilidade de luz) e reduz as taxas de sedimentação (LEWIS, 1976; REYNOLDS, 2006).

A razão S/V influencia a taxa de replicação dos organismos fitoplanctônicos, e esta é a principal medida de eficiência biológica. Partindo-se desse princípio, é estabelecido que os indivíduos menores crescem mais rapidamente do que os grandes e, que os organismos com maior razão S/V crescem mais rapidamente do aqueles com menor S/V. Sendo assim, células esféricas pequenas são metabolicamente mais ativas, sendo capazes de absorver e utilizar com maior eficiência os nutrientes e de se reproduzir mais rapidamente que as grandes (LEWIS, 1976; REYNOLDS, 2006; DIAS; HUSZAR, 2010).

A abordagem de grupos funcionais proposta por Reynolds (1988) sugere que as espécies podem ser classificadas em três diferentes estratégias de vida: espécies C-estrategistas (competidoras) são organismos de tamanho pequeno, crescimento rápido e elevadas razões S/V – dominam em águas com elevadas concentrações de nutrientes e disponibilidade de luz; espécies R-estrategistas (ruderais) possuem a forma alongada, com elevadas razões S/V – levam vantagem em condições de elevada concentração de nutrientes e disponibilidade de luz intermitente; e espécies S-estrategistas (estresse-tolerantes) são grandes com baixa razão S/V e crescimento lento – dominantes em condições oligotróficas com elevada disponibilidade de luz. Dentro dessa classificação das estratégias de vida, os flagelados nanoplanctônicos são C-estrategistas, devido a seu pequeno tamanho e rápido crescimento.

Reynolds (1988) propôs a aplicação das estratégias de vida C-S-R para o fitoplâncton de água doce baseado no modelo proposto por Grime (1979) para as plantas terrestres. Anos depois, Reynolds et al. (2002) definiram os grupos funcionais para o fitoplâncton de água doce, apresentando uma lista composta de 31 grupos funcionais baseados nos traços funcionais dos organismos e nas condições ambientais nas quais as espécies ocorrem. Nesta classificação, os flagelados nanoplanctônicos foram reunidos nos grupos X e Y que diferem pelo volume, onde um agrupa organismos

com volume celular  $>10^3 \mu\text{m}^3$  e outro é caracterizado pelo volume celular entre  $10^3$ -  $10^4 \mu\text{m}^3$ , respectivamente.

Conforme este conceito foi sendo difundido, outros autores foram propondo atualizações dos grupos e novos modelos de agrupamento. Salmaso e Padisák (2007) propuseram grupos morfofuncionais, adotando critérios como motilidade, capacidade para obter carbono e nutrientes por mixotrofia, requerimentos específicos de nutrientes, tamanho e forma, e presença de mucilagem, resultando na separação de 31 grupos, dentre estes, os flagelados formavam três grupos.

Outra proposta recente foi feita por Kruk et al. (2010), baseando-se apenas em caracteres morfológicos como volume, área de superfície, MDL, razão S/V, presença de mucilagem, flagelos, aerótopos, heterocitos e demanda por sílica, sendo definidos 7 grupos morfofuncionais neste trabalho, sendo três grupos de flagelados.

Os trabalhos que fundamentam o conceito dos grupos funcionais foram realizados primeiramente em ambientes dulciaquícolas (REYNOLDS, 1988), e posteriormente os conceitos foram validados para o ambiente marinho (SMAYDA; REYNOLDS, 2001, 2003, ALVES-DE-SOUZA; GONZÁLEZ; IRIARTE, 2008, BUCCI, 2013). Em ambiente estuarino, o trabalho de Costa et al. (2009), realizado no estuário do Rio Paraíba do Sul, foi pioneiro em demonstrar a utilização dos grupos funcionais neste tipo de ambiente. Recentemente Leles et al. (2014) fizeram um estudo no estuário Barra Grande e utilizaram a abordagem das estratégias C-S-R.

O conhecimento a respeito dos flagelados nanoplantônicos é pequeno em vista de sua importância dentro da comunidade planctônica, assim o presente trabalho visa aprofundar o estudo desta assembleia em um sistema estuarino urbanizado e aplicar a abordagem morfofuncional para análise destes organismos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Caracterizar a assembleia de flagelados nanoplanctônicos em termos de abundância e biomassa de carbono, verificar a influência dos fatores ambientais e aplicar a abordagem morfofuncional para esta assembleia no sistema estuarino do Rio Cachoeira (Ilhéus, BA).

### **2.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar a assembleia de flagelados nanoplanctônicos no sistema estuarino do Rio Cachoeira em abundância e biomassa de carbono;
- Relacionar a distribuição dos flagelados nanoplanctônicos no sistema estuarino do Rio Cachoeira com as variáveis ambientais;
- Aplicar a abordagem morfofuncional para a assembleia de flagelados nanoplanctônicos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo

O Sistema Estuarino do Rio Cachoeira (SERC) está situado entre 14°46' - 14°50' S e 39°05' - 39°01' W, com área de aproximadamente 16 km<sup>2</sup> e manguezais que cobrem 13 km<sup>2</sup> (SOUZA, 2005).

Este sistema estuarino é formado pela junção dos Rios Cachoeira (o principal), Fundão e Santana, que deságuam na área chamada “Coroa Grande”. O Rio Cachoeira recebe efluentes de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) em sua porção mais interna, que trata parte do esgoto doméstico da cidade de Ilhéus a nível primário, com elevadas concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos. Além de receber esgotos domésticos não tratados das cidades Ilhéus e Itabuna e efluentes industriais tratados de Itabuna, que são transportados como insumos fluviais para o estuário (SILVA et al., 2013). O Rio Fundão recebe efluentes industriais e domésticos do distrito industrial de Ilhéus, resíduos sólidos e efluentes domésticos dos bairros Jardim Savoia (lançados diretamente no manguezal), Vila Manguezal e Teotônio Vilela. No Rio Santana há lançamentos de efluentes domésticos e resíduos sólidos dos bairros Nelson Costa e Nossa Senhora da Vitória (FIDELMAN, 1999).

Este sistema estuarino é classificado como eutrófico/hipereutrófico, em sua porção interna, em função das concentrações de nutrientes e clorofila-*a* sob a influência direta dos insumos fluviais e dos efluentes da ETE, e como mesotrófico na área externa, sob maior influência da água marinha (SILVA; SOUZA; ABREU, 2015).

A região costeira e estuarina de Ilhéus é do tipo meso-maré, com característica semi-diurna, podendo alcançar altura máxima de 2,3 m em marés de sizígia e mínima de 0,0 m (DHN, 2016). O clima da região é classificado como tropical quente e úmido, com temperatura média de 24,6°C e precipitação média anual entre 1500 mm de Itabuna e 2134 mm de Ilhéus (ROCHA FILHO, 1976).

A média de descarga fluvial do rio Cachoeira é de 24,6 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, porém já foram registradas vazões 0,2 e 1460 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (LIMA et al., 2010).

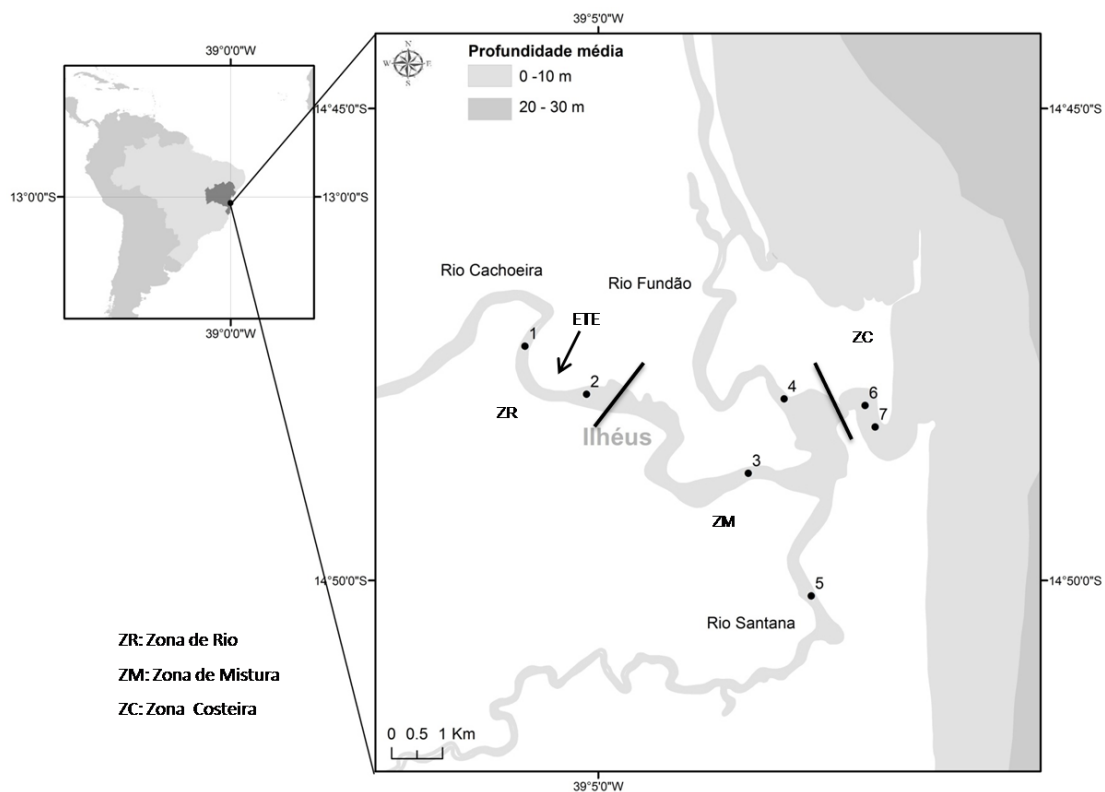


Figura 1. Mapa com a localização dos pontos de coleta ao longo das zonas no SERC, Ilhéus, Bahia. ETE- Estação de Tratamento de Esgotos.

### 3.2. Delineamento amostral

Foram realizadas duas campanhas de doze horas cada (um ciclo de maré), em Março (28) e Maio (27) de 2014. As amostras foram coletadas com garrafas de Van Dorn de 5 L, em duas profundidades (superfície e fundo), em sete pontos amostrais ao longo do sistema estuarino do Rio Cachoeira, durante as marés seca e cheia, totalizando 56 amostras. Os pontos amostrais foram distribuídos ao longo do sistema estuarino da seguinte maneira: os pontos 1 e 2 na Zona de Rio (ZR) do Rio Cachoeira; os pontos 3, 4 e 5 na Zona de Mistura (ZM) dos Rios Cachoeira, Rio Fundão e Rio Santana, respectivamente, e; os pontos 6 e 7, na Zona Costeira (ZC) do sistema (Fig. 1).

Os dados de temperatura (C°), salinidade, pH e profundidade local (m), de cada ponto de coleta foram obtidos com sonda multiparâmetros e a transparência da água foi estimada com disco de Secchi (m). Os dados de nutrientes inorgânicos dissolvidos: amônia (NH<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), nitrato (NO<sub>3</sub>) e fosfato (PO<sub>4</sub>), em µM, foram cedidos pelo

Laboratório de Biogeoquímica Aquática da UESC<sup>1</sup>. A partir destes dados, a relação N:P foi calculada.

Os dados climatológicos de pluviosidade diária na semana que antecedeu cada uma das datas de coleta, em Março e Maio de 2014, foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015).

Amostras de 1L foram coletadas a bordo para estudo dos flagelados planctônicos. Em seguida, foram filtradas em malha de 20  $\mu\text{m}$  para retirar as células microplancônicas e fixadas com uma mistura de solução de lugol e de glutaraldeído (concentração final de lugol na amostra de 1% e de glutaraldeído 0,25%) em frascos escuros (JENSEN, 1998).

No laboratório, as amostras foram concentradas por sedimentação durante, no mínimo, 48 horas. Após este período, o sobrenadante foi removido por gravidade e o material concentrado armazenado em frascos escuros de 125 mL, a 4°C.

Para o estudo quantitativo ( $\text{cel.L}^{-1}$ ), as células foram concentradas em cubetas de 2 ou 10 mL, dependendo da concentração na amostra, e os flagelados foram contados ao microscópio óptico invertido em 4 transectos diametrais. O total de flagelados contados por amostra variou de 100 a 1000 indivíduos, correspondendo a um erro de 20% a 5% (LUND; KILPLING; LE CREN, 1958).

Os flagelados foram contados, mensurados e separados ao menor nível taxonômico possível. Os morfótipos foram mensurados e desenhados, em escala, em papel quadriculado para posterior caracterização dos tipos. A diferenciação entre os morfótipos dos dinoflagelados daqueles dos demais flagelados foi feita através da visualização dos núcleos corados com alaranjado de acridina, em microscópio de epifluorescência. O grande núcleo dos dinoflagelados permitiu a diferenciação dos morfótipos deste grupo.

Para a caracterização morfométrica dos flagelados foram considerados os seguintes medidas: a área de superfície celular (S) em  $\mu\text{m}^2$ , o volume celular (V) em  $\mu\text{m}^3$ , a relação superfície/volume (S/V) e a máxima dimensão linear (MDL) em  $\mu\text{m}$ . Os cálculos da superfície e volume celular foram baseados nas fórmulas estereométricas

---

<sup>1</sup>Projeto “Fluxos de carbono e nutrientes no estuário do rio Cachoeira, Ilhéus-BA, Edital DCR FAPESB, Pedido N° 7070/2012, inserido no Projeto “Diagnóstico Ambiental da Baía do Pontal: uma avaliação da água, sedimento e pescado”.

das espécies segundo Sun et al. (2003) e de Edler et al. (1979). Com estes resultados dos foram calculadas as razões S/V.

A biomassa total dos flagelados em termo de carbono ( $\mu\text{gC.L}^{-1}$ ) foi estimada através da somatória dos volumes individuais de cada táxon multiplicado pelo fator de conversão para carbono característico para cada grupo (Tabela 1) e pela densidade de cada táxon.

Tabela 1. Fatores de conversão em biomassa de carbono para os grupos de flagelados identificados no SERC.

<b>Grupo taxonômico</b>	<b>Fator de Conversão</b>	<b>Literatura</b>
Flagelados <1000 $\mu\text{m}^3$	$0,433 \times V^{0,863}$	Verity et al., 1992
Flagelados 1000-3000 $\mu\text{m}^3$	$0,261 \times V^{0,860}$	Menden-Deuer e Lessard, 2000
Flagelados >3000 $\mu\text{m}^3$	$0,216 \times V^{0,939}$	Menden-Deuer e Lessard, 2000
Dinoflagelados	$0,444 \times V^{0,864}$	Menden-Deuer e Lessard, 2000

Os valores obtidos das razões S/V e das MDL foram plotados em um gráfico de dispersão em escala logarítmica, cujos eixos eram S/V e MDL.S/V, segundo REYNOLDS (2006).

Visando caracterizar as duas campanhas em função da morfometria dos flagelados observados, tanto a razão S/V como a MDL foram plotadas em função das densidades dos flagelados, em gráficos separados. Foram calculadas classes de MDL e classes de S/V através da Regra de Sturges [ $k = 1 + 3,322(\log_{10} n)$ ] onde n é o numero de observação do conjunto de dados. O intervalo de cada classe foi calculado através da equação [ $w = R/k$ ] onde W é obtido pela divisão do valor da diferença entre o maior e o menor valor do conjunto de dados, R, pelo número de intervalos k.

### 3.3. Tratamento Estatístico

Na análise exploratória dos dados ambientais e dos dados biológicos quantitativos foram utilizadas medidas de tendência central (média, desvio padrão, mínimo e máximo) visando verificar a distribuição dos dados.

O teste de Kolgomorov-Smirnov ( $P < 0,05$ ) foi utilizado para verificar a normalidade dos dados. Para verificar se haviam diferenças significativas na distribuição espacial (entre superfície e fundo e entre as zonas do sistema estuarino) e temporal (entre marés seca e cheia e entre campanhas) dos dados bióticos e abióticos

foram utilizados análise de variância ANOVA, para os dados normais, e os testes não paramétricos de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis, quando a distribuição dos dados não era normal. Essas análises foram feitas no software SigmaPlot 11.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada com os dados ambientais visando verificar a ordenação dos pontos amostrais em função das variáveis ambientais. A matriz de dados utilizada foi reduzida (Temperatura, Salinidade, Profundidade local, amônia e relação N:P), uma vez que foram retiradas as variáveis com elevada dependência (correlação linear). Os dados foram transformados em  $\log(x+1)$  e normalizados, utilizando-se a distância euclidiana como medida de dissimilaridade. A regra de Kaiser foi utilizada para considerar a significância dos eixos.

A análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) foi feita com os dados biológicos quantitativos através da matriz de similaridade dos táxons transformadas  $\log(x+1)$  utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis, visando verificar a distribuição espacial das amostras em função dos taxa presentes. A partir da matriz de similaridade dos dados biológicos de abundância foi feita a análise PERMANOVA, para testar os fatores zona, mês, maré e profundidade e a interação entre esses fatores. Nos casos em que foram significativos os resultados, foram realizados testes pareados. As análises multivariadas acima foram feitas utilizando o software PRIMER V.6 (CLARKE; GORLEY, 2006).

Para verificar possíveis correlações entre a abundância de flagelados e as variáveis ambientais, foi realizada a Análise de Correspondência Canônica (CCA), com os dados de abundância e os dados ambientais, previamente transformados por  $\log(x+1)$ , usando o teste de permutação de Monte Carlo (999 permutações). Esta análise foi realizada no software PCOrd.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Variáveis ambientais**

A pluviosidade diária acumulada na semana que antecedeu, incluindo a data da coleta, foi de 36 mm no mês de Março e de 5 mm no mês de Maio, onde não houve precipitação no dia da coleta (Fig. 2).



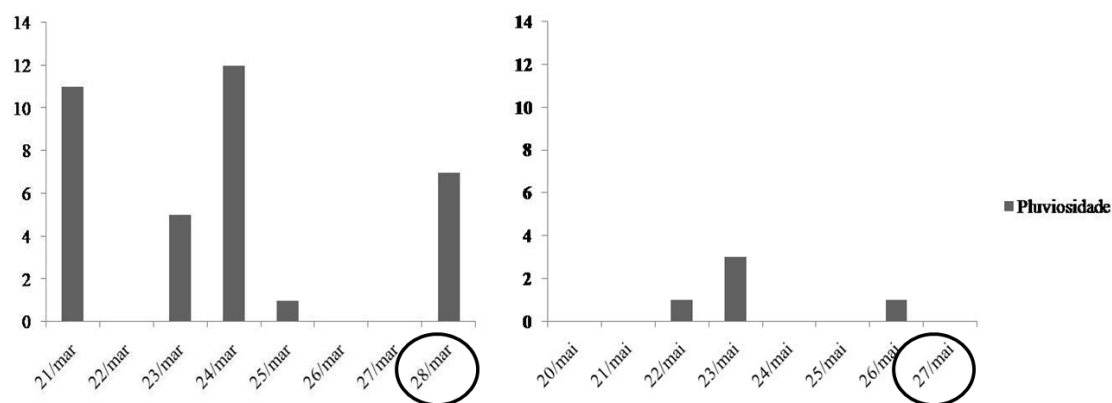


Figura 2. Pluviosidade diária da semana anterior e na data da coleta (círculos), nos meses de Março/2014 e Maio/2014 no município de Ilhéus, Bahia (INMET, 2015).

A temperatura média da água não diferiu entre as campanhas (Tabela 2). Porém, diferiu significativamente em função das marés para todo o período de estudo (Mann-Whitney,  $P=0,001$ ) e entre as marés de Março (Mann-Whitney,  $P<0,001$ ), não diferindo em Maio. Este parâmetro também diferiu significativamente (Kruskal-Wallis,  $P<0,001$ ) entre as ZR e ZC e entre ZR e ZM, para todo o período de estudo, assim como para cada campanha separadamente (Kruskal-Wallis, Março- $P=0,001$ ; Maio- $P=0,003$ ).

Tabela 2. Resumo dos dados ambientais (mínimo, máximo, média e desvio padrão) no SERC nos dois períodos de estudo, Março e Maio de 2014.

Campanha	Março/2014				Maio/2014			
	Mín.	Máx.	$\bar{x}$	$\pm$ DP	Mín.	Máx.	$\bar{x}$	$\pm$ DP
<b>T (°C)</b>	27,6	29,2	28,3	0,4	26,7	30,1	27,8	0,7
<b>Sal</b>	0,2	35	16,9	12,6	7,1	35,9	23,5	10,2
<b>Pro. (m)</b>	1,4	24,3	9,4	6,6	1	24,3	9	6,5
<b>Trans. (m)</b>	0,5	1,4	1	0,3	0,4	1,5	1,1	0,3
<b>pH</b>	6,9	8,1	7,6	0,4	7,2	8,7	7,8	0,3
<b>NO<sub>2</sub> (µM)</b>	0	6,1	1,7	1,6	0	4,8	1,5	1,5
<b>NO<sub>3</sub> (µM)</b>	0	102,7	23	28,1	0	90,6	19,6	23,7
<b>NH<sub>3</sub> (µM)</b>	0,7	46,2	9,3	9,8	2,5	46,7	18,2	13,8
<b>PO<sub>4</sub> (µM)</b>	0,1	3,4	1	0,9	0,1	3,8	1,2	1,1
<b>N:P (µM)</b>	0,7	64,6	25,9	20,7	3,9	443,5	53	84,1

A salinidade, o pH e a profundidade da coluna de água refletiram a entrada da água costeira no sistema estuarino, assim a salinidade diferiu significativamente entre as ZC e ZR e entre ZM e ZR (Kruskal-Wallis,  $P<0,001$ ), entre as marés (Mann-Whitney,  $P<0,001$ ) e entre as campanhas (Mann-Whitney,  $P=0,040$ ). Já o pH diferiu

significativamente entre as marés (Mann-Whitney,  $P < 0,001$ ) e entre as ZC e ZR (Kruskal-Wallis,  $P = 0,004$ ). E a profundidade da coluna de água diferiu significativamente entre as marés (Mann-Whitney,  $P < 0,001$ ).

A transparência média da água, estimada com o disco de Secchi, foi de 1,04 m no sistema estuarino. De modo geral, as maiores transparências foram registradas nas marés cheias, exceto nos pontos localizados na área interna do estuário.

O teor de amônia diferiu significativamente entre as campanhas (Mann-Whitney,  $P = 0,004$ ) com médias de  $9,3 \pm 9,8 \mu\text{M}$  e de  $18,2 \pm 13,8 \mu\text{M}$ , respectivamente para Março e Maio. Também houve diferenças entre as áreas, ZR e ZC e entre ZR e ZM (Kruskal-Wallis,  $P < 0,001$ ), quando consideramos as duas campanhas juntas, e entre as ZR e ZC em Março (Kruskal-Wallis,  $P = 0,001$ ), e entre ZR e ZC e entre ZR e ZM em Maio (Kruskal-Wallis,  $P < 0,001$ ).

A relação N:P diferiu significativamente entre ZR e ZC e entre ZR e ZM (Kruskal-Wallis,  $P < 0,001$ ) para todo o período estudado e em cada campanha. Este parâmetro também diferiu entre marés (Mann-Whitney,  $P < 0,001$ ) para o período de estudo e também para Março (Mann-Whitney,  $P = 0,006$ ).

O resultado da Análise de Componentes Principais explicou 91,0% da variabilidade dos dados ambientais nos três primeiros eixos, sendo o primeiro eixo responsável por 52,3%, o segundo por 25,5% e o terceiro por 13,2% da explicação dos dados.

Tabela 3. Coeficiente de correlação linear das variáveis ambientais com os três primeiros eixos da Análise de Componentes Principais no SERC (Março/2014 e Maio/2014). Correlações significativas ( $P < 0,05$ ) marcadas em negrito.

Variável	Componente 1 52,3%	Componente 2 25,5%	Componente 3 13,2%
Amônia (AMO)	<b>-0,516</b>	0,017	<b>0,616</b>
Salinidade (SAL)	<b>0,480</b>	<b>-0,278</b>	<b>0,533</b>
Temperatura (TEMP)	<b>-0,146</b>	<b>0,818</b>	-0,096
Profundidade (PROF)	<b>0,400</b>	<b>0,490</b>	<b>0,505</b>
N:P	<b>-0,568</b>	<b>-0,116</b>	<b>0,270</b>

A análise mostra (Fig. 3) que os pontos coletados na Zona de Rio do SERC estão localizados no lado esquerdo do eixo 1, com maiores concentrações de formas nitrogenadas (amônia e relação N:P) e baixa salinidade caracterizando uma área com

maior influência da água continental; enquanto os pontos da Zona de Mistura foram localizados no centro do eixo e os pontos da Zona Costeira estão localizados no lado oposto deste eixo, com salinidade e profundidades mais elevadas, e menores concentrações de nitrogênio, evidenciando a influência da água marinha nessas áreas do sistema. Portanto, o componente 1 representa a distribuição espacial das amostras ao longo do estuário.

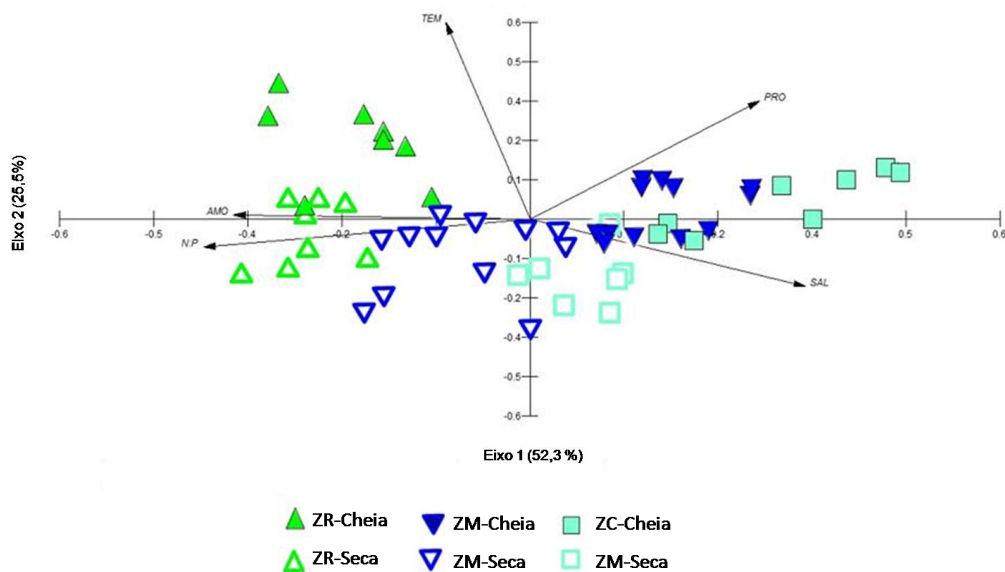


Figura 3. Ordenação dos pontos amostrais do SERC em função das variáveis ambientais, no plano fatorial 1-2 da Análise de Componentes Principais.

O segundo eixo representa a variação temporal em função da maré. Os pontos amostrais coletados na maré cheia estão localizados no lado positivo do eixo 2, com maiores profundidades locais, temperaturas mais elevadas, enquanto as amostras coletadas na maré baixa estão localizadas no lado negativo deste eixo, com menores profundidades, temperatura mais baixas devido à menor influência da água marinha.

O terceiro eixo representa a variação temporal em função das campanhas, as amostras coletadas em março estão localizadas no lado negativo deste eixo, associadas a águas com salinidades mais baixas e menores concentrações de amônia, enquanto aquelas coletadas em maio, localizadas no lado positivo, estão associadas às salinidades e profundidades mais elevadas e maiores concentrações de amônia (Fig. 4).

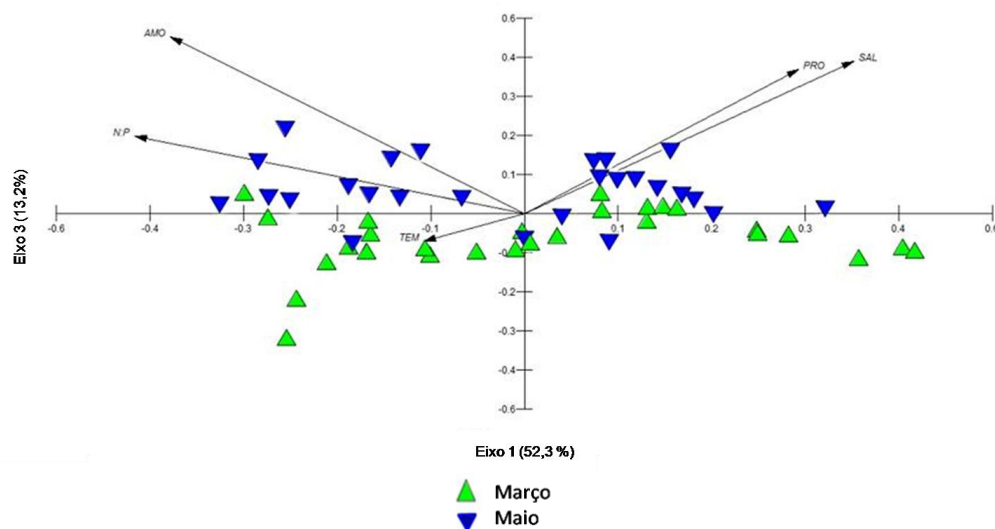


Figura 4. Ordenação dos pontos amostrais do SERC em função das variáveis ambientais, no plano fatorial 1-3 da Análise de Componentes Principais.

#### 4.2. Abundância e biomassa dos flagelados

O total de flagelados no sistema estuarino do Rio Cachoeira variou de  $8,73 \times 10^3$  a  $7,45 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup> ( $\bar{x}=1,18 \pm 1,65 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup>) ao longo do estudo. Os flagelados não identificados representaram em média 37,%. A classe Dinophyceae foi a mais abundante, representando em média 48,1% do total de nanoflagelados, diferindo significativamente entre marés (Mann-Whitney,  $P=0,047$ ) e entre campanhas (Mann-Whitney,  $P=0,019$ ). Cryptophyceae representou em média 10,2% e diferiu significativamente entre as campanhas (Mann-Whitney,  $P<0,001$ ) e entre superfície e fundo (Mann-Whitney,  $P=0,026$ ). Raphidophyceae representou em média 2,7%, diferindo significativamente entre as zonas do estuário (Kruskal-Wallis,  $P=0,006$ ). Prasinophyceae correspondeu a 1,6%, diferindo significativamente entre as zonas ZC e ZR e entre ZM e ZR (Kruskal-Wallis,  $P<0,001$ ). Euglenophyceae, Prymnesiophyceae e Choanoflagellida representaram juntas em média 0,2% do total. Euglenophyceae diferiu significativamente entre as campanhas (Mann-Whitney,  $P=0,029$ ) e Prymnesiophyceae diferiu entre as zonas ZR e ZC (Kruskal-Wallis,  $P=<0,001$ ). A abundância média dos flagelados em Março foi inferior ao observado em Maio (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo (mínimo, máximo, média e desvio padrão) da densidade de flagelados (céls.L<sup>-1</sup>) por classe no SERC.

Campanha	Março/2014				Maio/2014			
	Mín.	Máx.	$\bar{x}$	$\pm$ DP	Mín.	Máx.	$\bar{x}$	$\pm$ DP
<b>Dinophyceae</b>	0	6,49x10 <sup>3</sup>	1,49x10 <sup>3</sup>	1,92x10 <sup>3</sup>	0	7,26x10 <sup>5</sup>	1,12x10 <sup>5</sup>	1,93x10 <sup>5</sup>
<b>Cryptophyceae</b>	0	1,75x10 <sup>5</sup>	1,96x10 <sup>4</sup>	4,18x10 <sup>4</sup>	0	7,97x10 <sup>4</sup>	4,41x10 <sup>3</sup>	1,53x10 <sup>4</sup>
<b>Raphidophyceae</b>	0	1,13x10 <sup>5</sup>	6,11x10 <sup>3</sup>	2,15x10 <sup>4</sup>	0	5,31x10 <sup>3</sup>	2,15x10 <sup>2</sup>	1,00x10 <sup>3</sup>
<b>Prasinophyceae</b>	0	1,18x10 <sup>4</sup>	2,98x10 <sup>3</sup>	3,71x10 <sup>3</sup>	0	6,02x10 <sup>3</sup>	8,43x10 <sup>2</sup>	1,58x10 <sup>3</sup>
<b>Prymnesiophyceae</b>	0	1,53x10 <sup>3</sup>	1,52x10 <sup>2</sup>	3,50x10 <sup>2</sup>	0	5,90x10 <sup>2</sup>	2,95x10 <sup>1</sup>	1,19x10 <sup>2</sup>
<b>Euglenophyceae</b>	0	2,36x10 <sup>3</sup>	2,87x10 <sup>2</sup>	5,36x10 <sup>2</sup>	0	3,54x10 <sup>2</sup>	2,53x10 <sup>1</sup>	7,43x10 <sup>1</sup>
<b>Choanoflagellida</b>	0	5,90x10 <sup>2</sup>	2,53x10 <sup>1</sup>	1,13x10 <sup>2</sup>	0	5,90x10 <sup>2</sup>	2,11x10 <sup>1</sup>	1,11x10 <sup>2</sup>
<b>Flagelados não identificados</b>	9,44x10 <sup>3</sup>	2,53x10 <sup>5</sup>	5,34x10 <sup>4</sup>	4,79x10 <sup>4</sup>	1,77x10 <sup>3</sup>	1,54x10 <sup>5</sup>	3,42x10 <sup>4</sup>	4,21x10 <sup>4</sup>
<b>Total</b>	1,18x10 <sup>4</sup>	2,76x10 <sup>5</sup>	8,40x10 <sup>4</sup>	7,47x10 <sup>4</sup>	8,73x10 <sup>3</sup>	7,45x10 <sup>5</sup>	1,52x10 <sup>5</sup>	2,18x10 <sup>5</sup>

Em Março, os flagelados não identificados representaram 63,5% do total; seguido das Cryptophyceae representando 23,3% e diferindo entre a ZM e a ZC (Mann-Whitney, P=0,007); Raphidophyceae contribuiu com 7,3% e diferiu entre as zonas do estuário (Kruskal-Wallis, P=0,023); Prasinophyceae representou 3,6% e diferindo entre ZC e ZR e entre ZM e ZR (Kruskal-Wallis, P=0,005); e Dinophyceae contribuiu com somente 1,8%. As classes Euglenophyceae, Prymnesiophyceae e Choanoflagellida representaram juntas 0,5% do total. Esta figura mostra que os flagelados não identificados foram os organismos mais abundantes, exceto na estação 3, em superfície e fundo, na maré seca, na qual as Cryptophyceae dominaram. Prasinophyceae também foram freqüentes nas amostras das zonas mais externas (ZM e ZC) do sistema estuarino, principalmente nas amostras de maré cheia. Na estação 2, em superfície, na maré cheia houve um aumento na abundância com grande contribuição das Raphidophyceae e Cryptophyceae (Fig. 5).

Em Maio, a classe Dinophyceae foi a mais abundante, representando em média 73,8% e diferindo entre ZR e ZC e entre ZR e ZM (Kruskal-Wallis, P=<0,001); seguido pelos flagelados não identificados perfazendo 22,6%; Cryptophyceae contribuindo com 2,9% e diferindo entre superfície e fundo (Mann-Whitney, P=0,009); enquanto as classes Prasinophyceae, Raphidophyceae, Prymnesiophyceae, Euglenophyceae e Choanoflagellida representaram juntas 0,7% (Fig. 5).

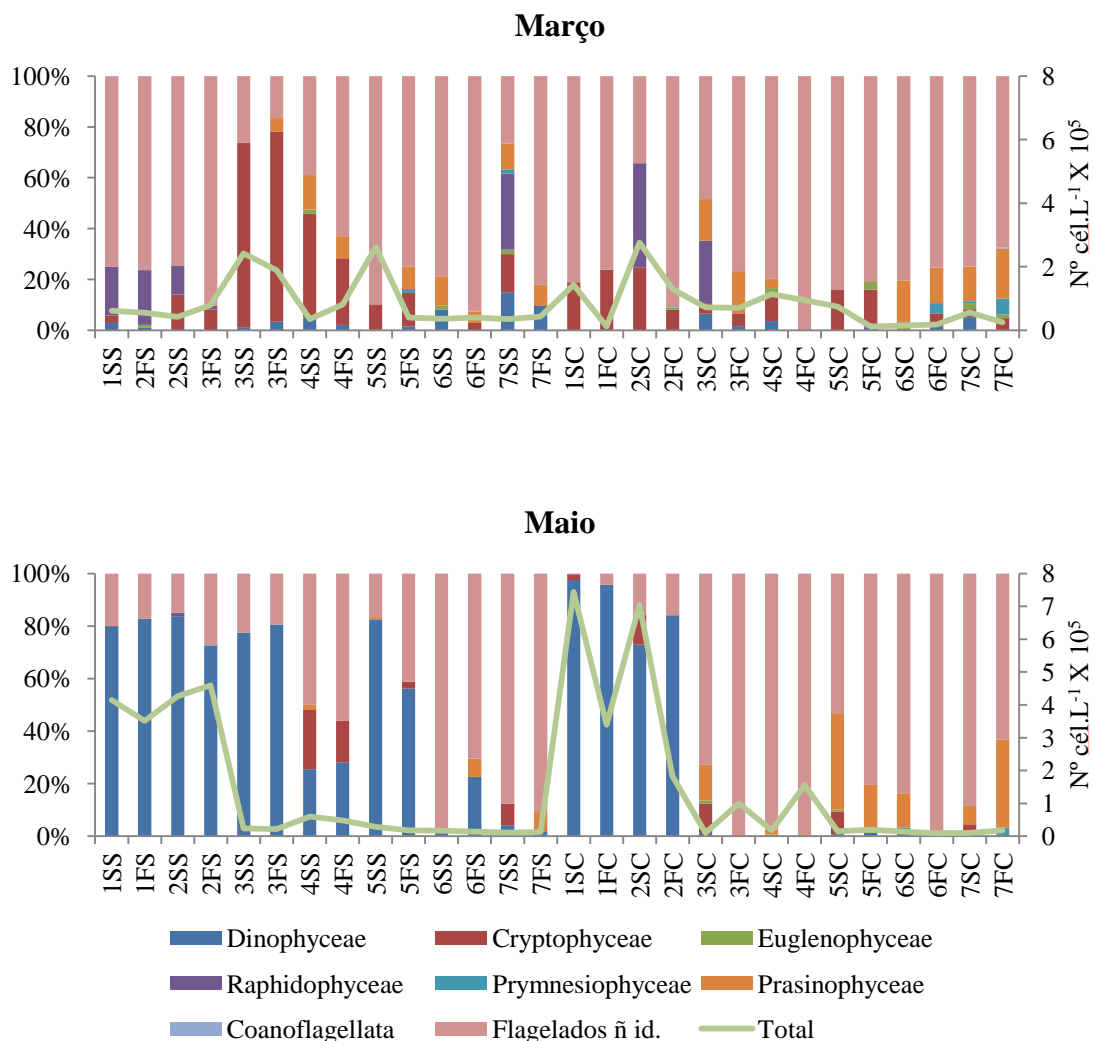


Figura 5. Porcentagem dos diferentes grupos de flagelados no SERC e total de flagelados por amostra em Março e Maio de 2014 (SS: superfície, maré seca; FS: fundo, maré seca; SC: superfície, maré cheia; FC: fundo, maré cheia).

Nesta campanha ocorreu uma floração de *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich III, com densidade de 0 a  $7,26 \times 10^5$  céls.L<sup>-1</sup> ( $\bar{x} = 9,42 \times 10^4 \pm 1,81 \times 10^5$  céls.L<sup>-1</sup>) para toda a campanha, na zona interna do estuário, representado pelos picos de dinoflagelados, principalmente, nas estações 1 e 2 nas duas marés em amostras de superfície, principalmente, e fundo. Além da *S. trochoidea*, também foram observados nestas amostras da floração, um dinoflagelado semelhante à *Oxyrrhis* ( $\bar{x} = 1,61 \times 10^4 \pm 3,55 \times 10^4$  céls.L<sup>-1</sup>) e *Gyrodinium* não identificado ( $\bar{x} = 1,40 \times 10^3 \pm 4,48 \times 10^3$  céls.L<sup>-1</sup>). Cryptophyceae foram mais representadas na estação 4, na maré seca, em superfície e fundo, e Prasinophyceae nas zonas de mistura e costeira do sistema estuarino (Fig. 5).

Em relação à biomassa de carbono os flagelados variaram de 0,07 a 750,11 µgC. L<sup>-1</sup> por amostra, com média de  $50,46 \pm 129,32$  µgC. L<sup>-1</sup> para todo o período de estudo. A

fração não identificada representou em média 4,5% da biomassa total ( $\bar{x}=2,28 \pm 3,51 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ). Dinophyceae foi a classe que mais contribuiu com a biomassa de carbono ( $\bar{x}=46,11 \pm 128,46 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ), representando em média 91,4%, seguido das Cryptophyceae ( $\bar{x}=1,54 \pm 4,76 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) representando em média 3,1%. As classes Raphidophyceae ( $\bar{x}=0,43 \pm 3,51 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ), Prasinophyceae ( $\bar{x}=0,06 \pm 0,13 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ), Euglenophyceae ( $\bar{x}=0,04 \pm 0,12 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ), Prymnesiophyceae ( $\bar{x}=0,001 \pm 0,003 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) e Choanoflagellida ( $\bar{x}=0,0003 \pm 0,002 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) representaram juntas cerca de 1%.

Na campanha de Março ( $\bar{x}=7,18 \pm 9,72 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) a biomassa dos flagelados foi uma ordem de grandeza inferior comparada à observada em Maio ( $\bar{x}=93,75 \pm 1855,89 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) (Fig. 6). Em Março, os flagelados não identificados ( $\bar{x}=2,97 \pm 3,98 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) representaram em média 41,4% da biomassa total; seguidos por Cryptophyceae ( $\bar{x}=2,44 \pm 6,25 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) totalizando 34,0%, Dinophyceae ( $\bar{x}=0,80 \pm 1,01 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) contribuindo com 11,1% e Raphidophyceae ( $\bar{x}=0,79 \pm 3,04 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) representando 11,1%. As classes Prasinophyceae ( $\bar{x}=0,10 \pm 0,17 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ), Euglenophyceae ( $\bar{x}=0,07 \pm 0,17 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ), Prymnesiophyceae ( $\bar{x}=0,002 \pm 0,004 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) e Choanoflagellida ( $\bar{x}=0,0003 \pm 0,0015 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) representaram juntas 2,4% do total. As maiores biomassas foram observadas na estação 2, marés seca e cheia, com maiores contribuições de Cryptophyceae e Raphidophyceae (Fig. 6).

Em Maio, o grupo de mais contribuiu em biomassa de carbono foi Dinophyceae ( $\bar{x}=91,43 \pm 1477,67 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) representando em média 97,5% do total; seguido pelos flagelados não identificados ( $\bar{x}=1,60 \pm 25,75 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) correspondendo a 1,7%; por Cryptophyceae ( $\bar{x}=0,63 \pm 10,27 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) contribuindo com 0,7% e; as demais classes Raphidophyceae ( $\bar{x}=0,06 \pm 0,95 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ), Prasinophyceae ( $\bar{x}=0,02 \pm 0,34 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ), Euglenophyceae ( $\bar{x}=0,01 \pm 0,19 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ), Choanoflagellida ( $\bar{x}=0,0003 \pm 0,005 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) e Prymnesiophyceae ( $\bar{x}=0,0002 \pm 0,003 \mu\text{gC. L}^{-1}$ ) representaram juntas 0,1%. Nesta campanha, Dinophyceae contribuiu com a maior parte da biomassa das amostras coletadas na maré seca e das amostras da ZR na maré cheia; enquanto os outros grupos (Prasinophyceae, Euglenophyceae, Cryptophyceae e Raphidophyceae) tiveram contribuição na ZM e ZC durante a maré cheia. Os picos de biomassa corresponderam às estações da ZR onde ocorreu a floração de *Scrippsiella trochoidea* (Fig. 6).

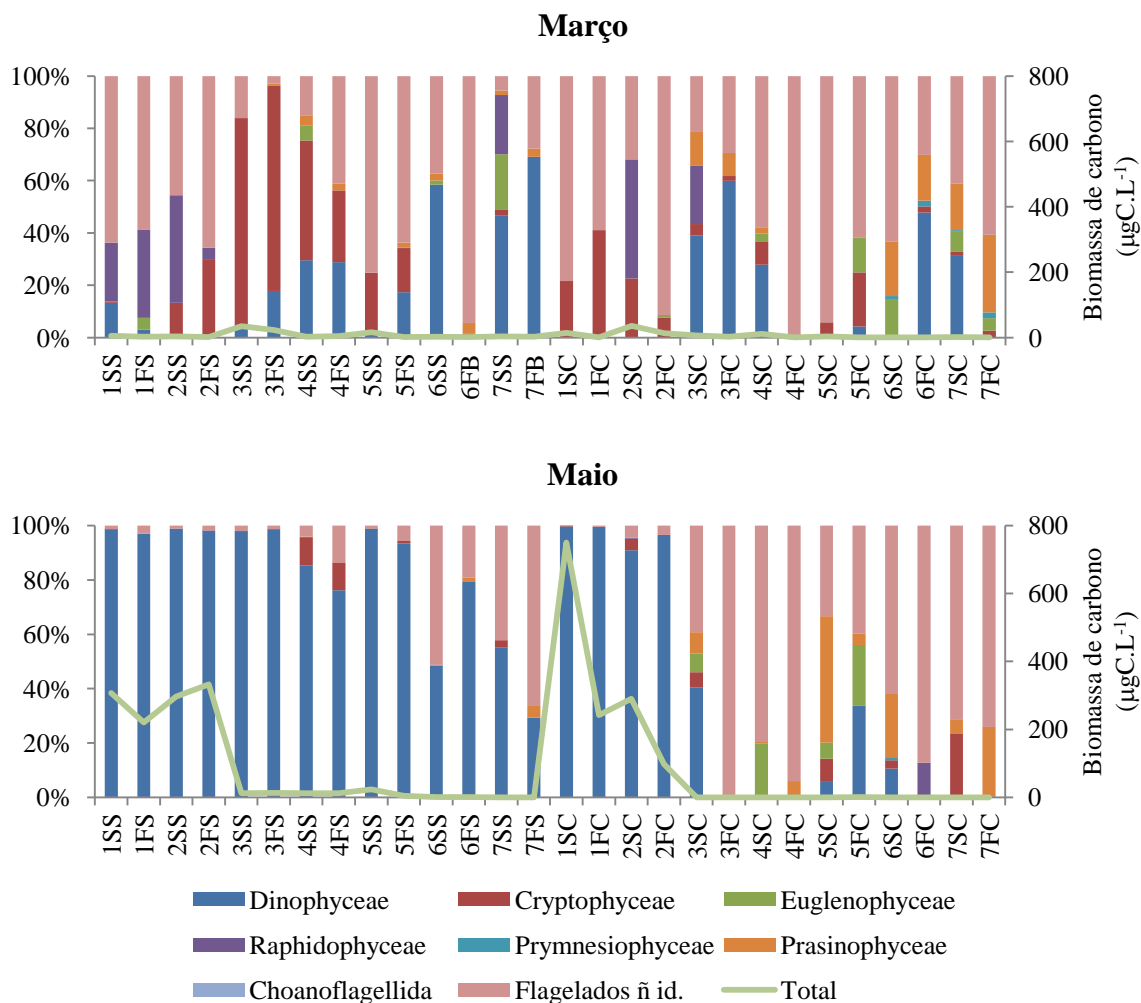


Figura 6. Porcentagem de contribuição dos diferentes grupos de flagelados para a biomassa total de carbono no SERC em Março e Maio de 2014 e biomassa total de carbono por amostra (SS: superfície, maré seca; FS: fundo, maré seca; SC: superfície, maré cheia; FC: fundo, maré cheia).

O escalonamento multidimensional (MDS) dos pontos amostrais em função dos dados de densidade dos flagelados durante todo o período de estudo mostrou o mesmo padrão observado na PCA das variáveis ambientais, a concentração de pontos da ZR no lado esquerdo do plano, seguidos por aqueles da ZM, enquanto os da ZC estão localizados mais à direita do plano multidimensional (Fig. 7).



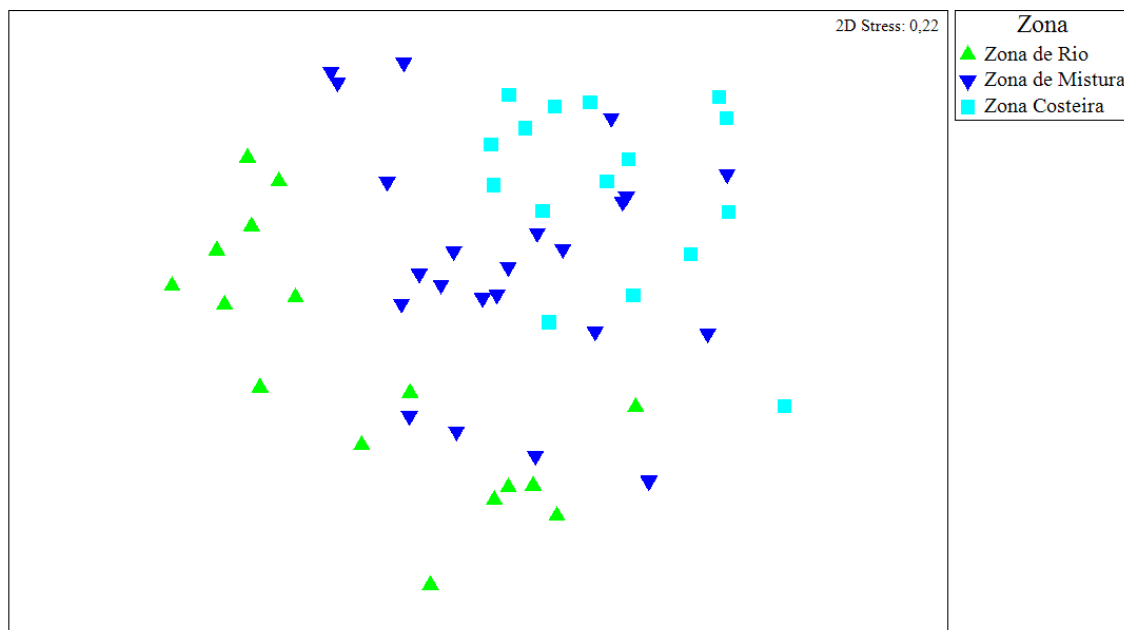


Figura 7. Ordenação (MDS) dos pontos amostrais ao longo das zonas baseada na abundância dos flagelados nas duas campanhas amostrais no SERC.

A PERMANOVA mostrou que houve diferença significativa na abundância dos flagelados entre os meses, as zonas, as marés e a profundidade. Assim como, nas interações entre os fatores mês e zona, entre mês e maré e entre zona e maré.

Tabela 5. Resultado da PERMANOVA para a abundância de flagelados no SERC no período de estudo. Valores de F significativos ( $p < 0,05$ ) em negrito.

Fator	df	MS	Pseudo-F	P(MC)
Mês	1	13640	<b>8,188</b>	0,001
Zona	2	10120	<b>6,075</b>	0,001
Maré	1	8170	<b>4,866</b>	0,001
Profundidade	1	4030,3	<b>2,419</b>	0,008
Mês X Zona	2	5046,8	<b>3,029</b>	0,001
Mês X Maré	1	4607,5	<b>2,765</b>	0,005
Mês X Profundidade	1	2924,2	1,755	0,076
Zona X Maré	2	2869,4	<b>1,722</b>	0,031
Zona X Profundidade	2	1536,2	0,922	0,584
Maré X Profundidade	1	1990,9	1,195	0,293
Mês X Zona X Maré	2	2589,1	1,554	0,072
Mês X Zona X Profundidade	2	2025,5	1,215	0,222
Mês X Maré X Profundidade	1	2444,7	1,467	0,156
Zona X Maré X Profundidade	2	1509,1	0,906	0,586
Mês X Zona X Maré X Profundidade	2	1519,4	0,912	0,569
Resíduos	32	1665,9		
Total	55			

Os testes pareados *a posteriori* evidenciaram a separação das três zonas do sistema estuarino, com todas as zonas diferindo entre si (Tabela 6). Nas duas campanhas, as zonas também diferiram significativamente entre os meses de coleta e entre as marés de coleta (Tabela 7). Porém, ZM e ZC que não diferiram em Maio, e não diferiram entre seca e cheia (Tabela 8).

Tabela 6. Testes pareados da PERMANOVA para a abundância de flagelados entre as zonas estuarinas (ZR, ZM e ZC) no SERC. Valores de F significativos ( $p < 0,05$ ) em negrito.

<i>Grupos</i>	<i>t</i>	<i>P(MC)</i>
ZR, ZM	<b>2,734</b>	0,001
ZR, ZC	<b>2,959</b>	0,001
ZM, ZC	<b>1,508</b>	0,017

Tabela 7. Testes pareados da PERMANOVA para a abundância de flagelados entre o fator zona estuarina (ZR, ZM e ZC) em função dos meses de coleta (Março e Maio) e das marés (Seca e Cheia) no SERC. Valores de F significativos ( $p < 0,05$ ) em negrito.

Fator	ZR		ZM		ZC	
Grupos	t	P (MC)	t	P (MC)	t	P (MC)
Março, Maio	<b>2,669</b>	0,002	<b>1,675</b>	0,01	<b>1,953</b>	0,013
Seca, Cheia	<b>1,618</b>	0,04	<b>1,928</b>	0,001	<b>1,372</b>	0,001

Tabela 8. Testes pareados da PERMANOVA para a abundância de flagelados entre o fator meses de coleta (Março e Maio) e marés (Seca e Cheia) em função da zona estuarina (ZR, ZM e ZC) no SERC. Valores de F significativos ( $p < 0,05$ ) em negrito.

<i>Fator</i>	<i>Março</i>		<i>Maio</i>	
<i>Grupos</i>	<i>t</i>	<i>P (MC)</i>	<i>t</i>	<i>P (MC)</i>
ZR, ZM	<b>1,608</b>	0,008	<b>3,032</b>	0,001
ZR, ZC	<b>1,919</b>	0,005	<b>3,367</b>	0,001
ZM, ZC	<b>1,421</b>	0,043	1,161	0,235
<i>Fator</i>	<i>Seca</i>		<i>Cheia</i>	
<i>Grupos</i>	<i>t</i>	<i>P (MC)</i>	<i>t</i>	<i>P (MC)</i>
ZR, ZM	<b>2,065</b>	0,002	<b>2,357</b>	0,001
ZR, ZC	<b>2,088</b>	0,003	<b>2,387</b>	0,001
ZM, ZC	1,243	0,140	1,345	0,063

Os autovalores dos dois primeiros eixos da Análise de Correspondência Canônica (0,193 e 0,124 - respectivamente) explicaram 18,3% da variância total dos dados. A análise mostrou correlações significativas entre as variáveis ambientais e os flagelados de 0,779 e 0,807 (Monte Carlo,  $P = 0,002$ ), respectivamente para os dois

primeiros eixos. A composição do eixo 1 está relacionada principalmente com a relação N:P e a amônia, positivamente, e com a profundidade no lado negativo. O eixo 2 está correlacionado, principalmente, com a salinidade no lado negativo e com a temperatura no lado positivo (Tabela 9).

Tabela 9. Coeficientes canônicos das variáveis ambientais e os dois primeiros eixos da CCA.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
Amônia	0,325	-0,087
Salinidade	0,258	-0,551
Temperatura	0,042	0,219
Profundidade	-0,120	-0,131
N:P	0,428	-0,192

O diagrama de ordenação dos dois primeiros eixos com os táxons obtidos da CCA (Fig. 8) revela que o gradiente de salinidade ao longo do sistema estuarino e as variações das marés foram as principais variáveis responsáveis pela distribuição dos flagelados nos dois eixos. No eixo 1, *Scrippsiella trochoidea*, dinoflagelados tipo *Oxyrrhis*, dinoflagelados tipo *Gymnodinium* e flagelados maiores que 20  $\mu\text{m}$  estavam associados com concentrações mais elevadas de amônia e relação N:P observados na zona de rio do sistema; enquanto Prasinophyceae e Prymnesiophyceae estavam mais associados a salinidades mais elevadas e poucos nutrientes observados a zona costeira do sistema. Os táxons distribuídos ao longo do eixo 2, foram influenciados principalmente com as variações de temperatura e salinidade decorrentes das variações das marés, Prymnesiophyceae, Prasinophyceae, *Prorocentrum* e flagelados  $>5 \mu\text{m}$  estiveram associados as marés cheias, e Raphidophyceae, *Peridinium quinquecorne*, Cryptophyceae, dinoflagelados não identificados e flagelados entre 10-20  $\mu\text{m}$  foram associados a temperaturas mais elevadas observadas nas marés secas.

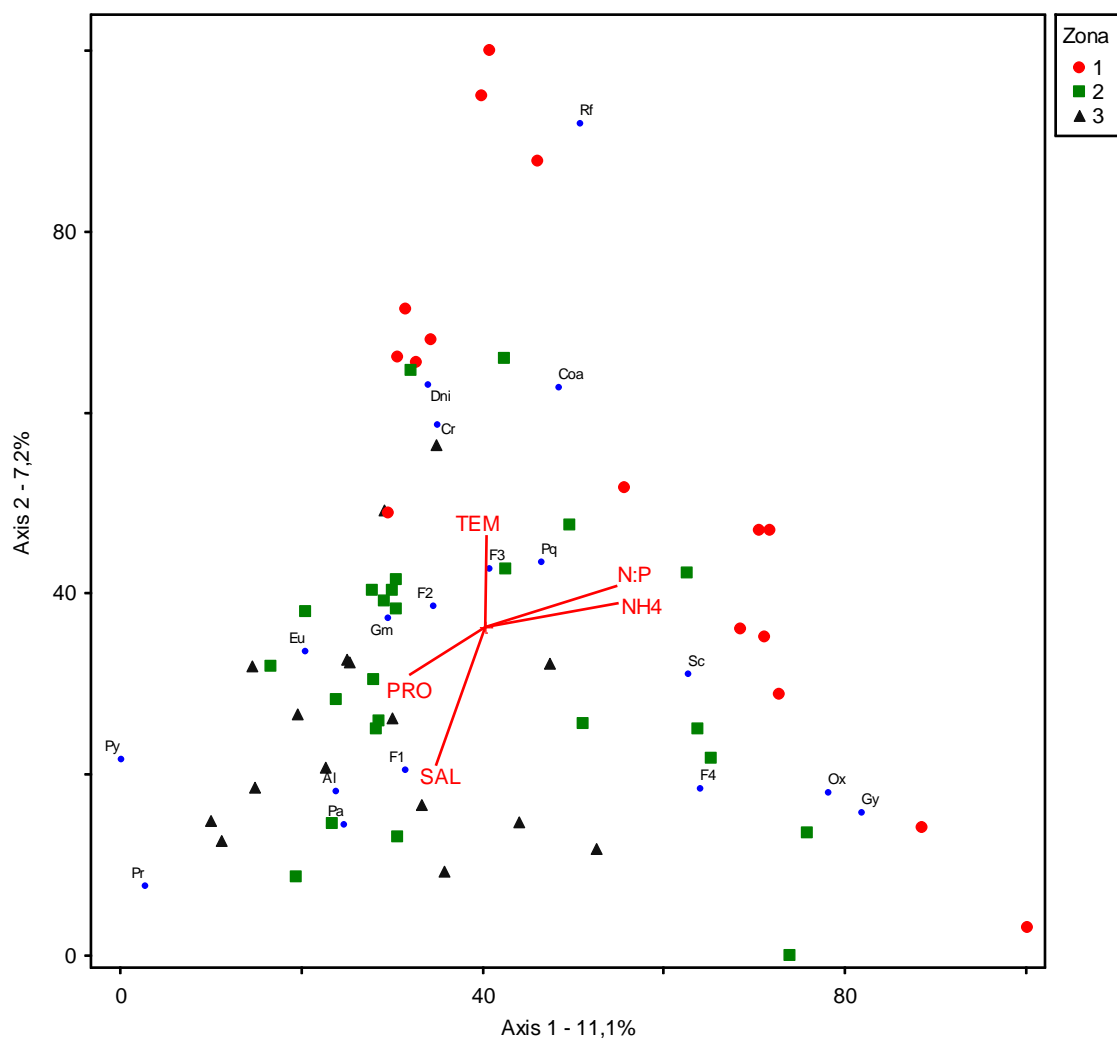


Figura 8. Diagrama de ordenação obtido na CCA dos dois primeiros eixos com os táxons de flagelados e as variáveis ambientais no SERC. TEM-Temperatura; AMO-Amônia; PRO – Profundidade; SAL-Salinidade; Rf-Raphidophyceae; Coa-Choanoflagellida; Dni-Dinoflagelados não identificados; Eu-Euglenophyceae; Py-Prymnesiophyceae; Pa-Prasinophyceae; Cr-Cryptophyceae; Pr-*Prorocentrum*; Pq-*Peridinium quinquecorne*; Sc-*Scrippsiella trochoidea*; Al-Dinoflagelado tipo *Alexandrium*; Gy-Dinoflagelado tipo *Gyrodinium*; Gm-Dinoflagelado tipo *Gymnodinium*; Ox-Dinoflagelado tipo *Oxyrrhis*; F1-Flagelados não identificados de 2,5-5  $\mu\text{m}$ ; F2-Flagelados não identificados de 5-10  $\mu\text{m}$ ; F3-Flagelados não identificados de 10-20  $\mu\text{m}$ ; F4-Flagelados não identificados >20  $\mu\text{m}$  (Zonas: 1= ZR; 2=ZM; 3=ZC).

### 4.3. Caracterização morfométrica dos flagelados

Um resumo das principais características dos táxons de flagelados observados no SERC pode ser vista na Tabela 10. Do total de 30 táxons, a classes com maior número de táxons foi Dinophyceae (9 táxons). Os flagelados não identificados foram divididos por tamanho (F1 <5  $\mu\text{m}$ ; F2= entre 5 e 10  $\mu\text{m}$ ; F3= entre 10 e 20  $\mu\text{m}$  e; F4 >20 $\mu\text{m}$ ) e forma em (e= esfera; l= elipsoide e; g= tipo cone+meia esfera), totalizando 11

morfótipos. As diferentes formas e tamanhos observados refletiram na razão S/V que variou de 0,25 a 3,57.

Tabela 10. Características morfométricas dos táxons encontrados no SERC no período estudado (%: Porcentagem de cada táxons para o total).

<b>Táxons</b>	<b>Código</b>	<b>Forma da célula</b>	<b>S/V</b>	<b>MDL</b>	<b>Nº células (valor absoluto)</b>	<b>%</b>
<b>Dinophyceae</b>						
<i>Peridinium quinquecorne</i>	Pq	cone+meia esfera	3,27	18	160	0,29
<i>Prorocentrum compressum</i>	Pr	elipsóide	0,25	33	1	0,00
<i>Prorocentrum micans</i>	Pr	cone+meia esfera	3,03	38	8	0,01
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	Sc	cone+meia esfera	3,57	21	22493	40,18
Morfótipo <i>Alexandrium</i>	Al	elipsóide	0,57	13	5	0,00
Morfótipo <i>Gymnodinium</i>	Gm	elipsóide	0,47	20	36	0,06
Morfótipo <i>Gyrodinium</i>	Gy	elipsóide	0,92	31	333	0,59
Morfótipo <i>Oxyrrhis</i>	Ox	cone+meia esfera	2,9	27	3843	6,87
Dinoflagelados ñ id.	Dni	elipsóide	0,5	18	71	0,13
<b>Cryptophyceae</b>	Cr	elipsóide	0,89	13	5695	10,17
<b>Euglenophyceae</b>						
Euglenophyceae 1	Eu	prolado	0,38	38	6	0,01
Euglenophyceae 2	Eu	elipsóide	0,41	33	6	0,00
Euglenophyceae 3	Eu	cone+meia esfera+cilindro	0,36	34	62	0,11
<b>Prasinophyceae</b>	Pa	trapézio	1,48	7	908	1,62
<b>Prymnesiophyceae</b>						
Prymnesiophyceae 1	Py	esfera	1,6	4	38	0,07
Prymnesiophyceae 2	Py	elipsóide	2,51	5	5	0,00
<b>Raphidophyceae</b>						
Raphidophyceae 1	Rf	elipsóide	0,6	15	1416	2,53
Raphidophyceae 2	Rf	cone+meia esfera	2,83	40	85	0,15
<b>Choanoflagellida</b>	Coa	elipsóide	1,6	6	11	0,02
<b>Flagelados não identificados</b>						
Flagelados 1	F1	esfera	1,57	4	6554	11,71
Flagelados 1	F1	elipsóide	2,6	5	1101	1,97
Flagelados 1	F1	cone+meia esfera	3,25	4	276	0,49
Flagelados 2	F2	esfera	0,84	7	1157	2,07
Flagelados 2	F2	elipsóide	1,19	9	1262	2,25
Flagelados 2	F2	cone+meia esfera	3,02	9	1315	2,35
Flagelados 3	F3	esfera	0,46	13	2228	3,98
Flagelados 3	F3	elipsóide	0,77	16	5389	9,63
Flagelados 3	F3	cone+meia esfera	3,06	15	679	1,21
Flagelados 4	F4	elipsóide	0,51	25	815	1,46
Flagelados 4	F4	cone+meia esfera	2,75	20	16	0,03

Relacionando a razão S/V com o número total de táxons observados no SERC é possível observar que em Março os flagelados com menor razão S/V (entre 0,53 e 1,83) foram os mais abundantes, e que em Maio além de um pequeno pico de flagelados de baixa razão S/V (entre 0,53 e 0,97) aqueles com maior razão S/V (entre 3,13 e 3,57) dominaram a assembleia de flagelados (Fig. 9).

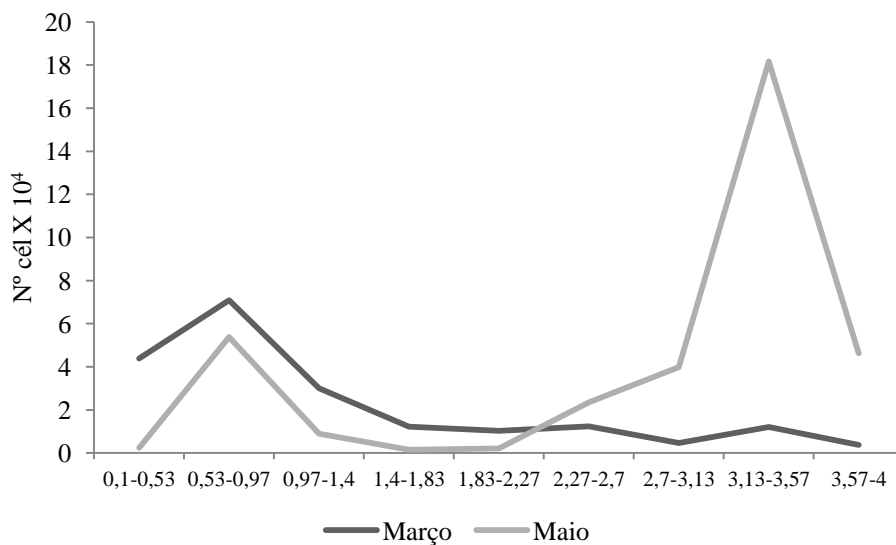


Figura 9. Relação entre o número de flagelados observados e a razão S/V em Março e Maio de 2014 no SERC.

Quando analisamos o número total de flagelados observados nas duas campanhas em função da Máxima Dimensão Linear (MDL) no sistema estuarino do Rio Cachoeira, torna-se evidente a diferença da contribuição das classes de tamanho nas duas campanhas amostrais. Em Março, os flagelados menores que 20  $\mu\text{m}$  foram mais abundantes, já em Maio os flagelados entre 20 e 30  $\mu\text{m}$  foram encontrados em maior abundância (Fig. 10).

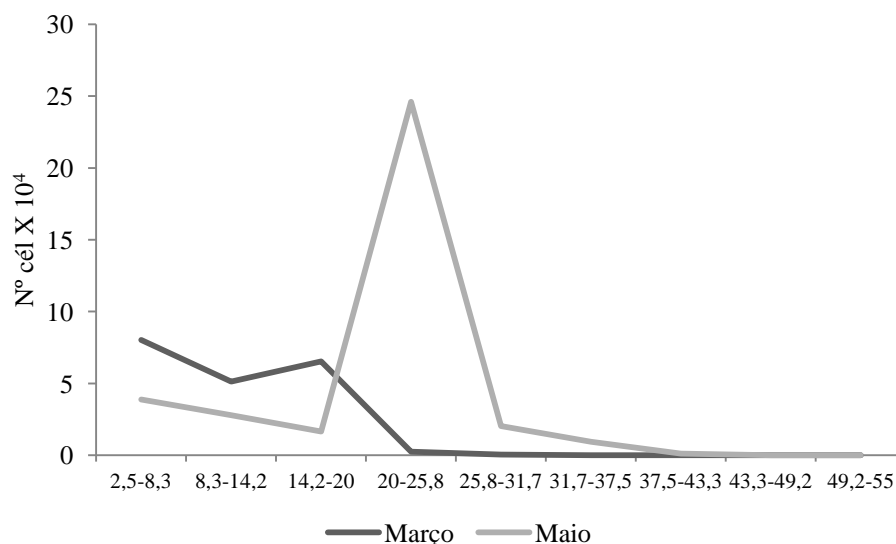


Figura 10. Relação entre o número de flagelados observados e a MDL em Março e Maio de 2014 no SERC.

O diagrama de dispersão dos 30 táxons e morfótipos de flagelados nanoplactônicos em função da razão S/V e do produto MDL. S/V (Fig. 11) mostra que independente do relacionamento filogenético há um predomínio de espécies de rápido crescimento C-estrategistas no SERC. A mesma figura apresenta um triângulo que representa a ampliação do canto esquerdo do modelo de habitat proposto por Reynolds (1987; 1988) e adaptado por Smayda e Reynolds (2001) para o ambiente marinho. O modelo de habitat dispõe os morfótipos em função de dois eixos representados pela disponibilidade de luz/profundidade da camada de mistura e de nutrientes. Nesta figura, o modelo está representando o SERC, repleto de nutrientes devido a ao aporte de material proveniente da estação de tratamento de esgotos em sua porção mais interna. A seta em vermelho representa a sequência observada em Maio, com maior disponibilidade de nutrientes, com a floração de *Scrippsiella trochoidea*, morfótipo *Oxyrrhis* e *Gyrodinium* na Zona de Rio e, a linha azul, a sequência verificada em Março, com concentração de nutrientes mais diluída e com o aumento na densidade de *Peridinium quinquecorne* nas Zonas de Mistura e Costeira do estuário (Fig. 11).

No vértice superior esquerdo estão dispostos os pequenos flagelados F1 e F2 Prymnesiophyceae, Prasinophyceae, Coanoflagelados, independentes da forma das células, todos caracterizados pelo pequeno tamanho (MDL < 10  $\mu\text{m}$ ) e elevada razão S/V (> 1,0) (Fig. 11).

No vértice superior direito, estão agrupados *Scrippsiella trochoidea*, *Peridinium quinquecorne*, *Prorocentrum micans*, morfótipo *Oxyrrhis* e Raphidophyceae (Rf2) e flagelados maiores (F3 e F4), todos de formato cone + meia esfera, caracterizados pelo tamanho intermediário a grande (15 a 40  $\mu\text{m}$ ), conservam a alta razão S/V ( $>2,75$ ) (Fig. 11).

No vértice inferior, encontram-se Euglenophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Raphidophyceae (Rf1) e flagelados maiores de forma elíptica (F3e e F4e), caracterizados por tamanhos intermediários a grandes (13 a 38  $\mu\text{m}$ ), baixa razão S/V ( $<1,0$ ). Estes flagelados foram mais representados no SERC em Março (Fig. 11).

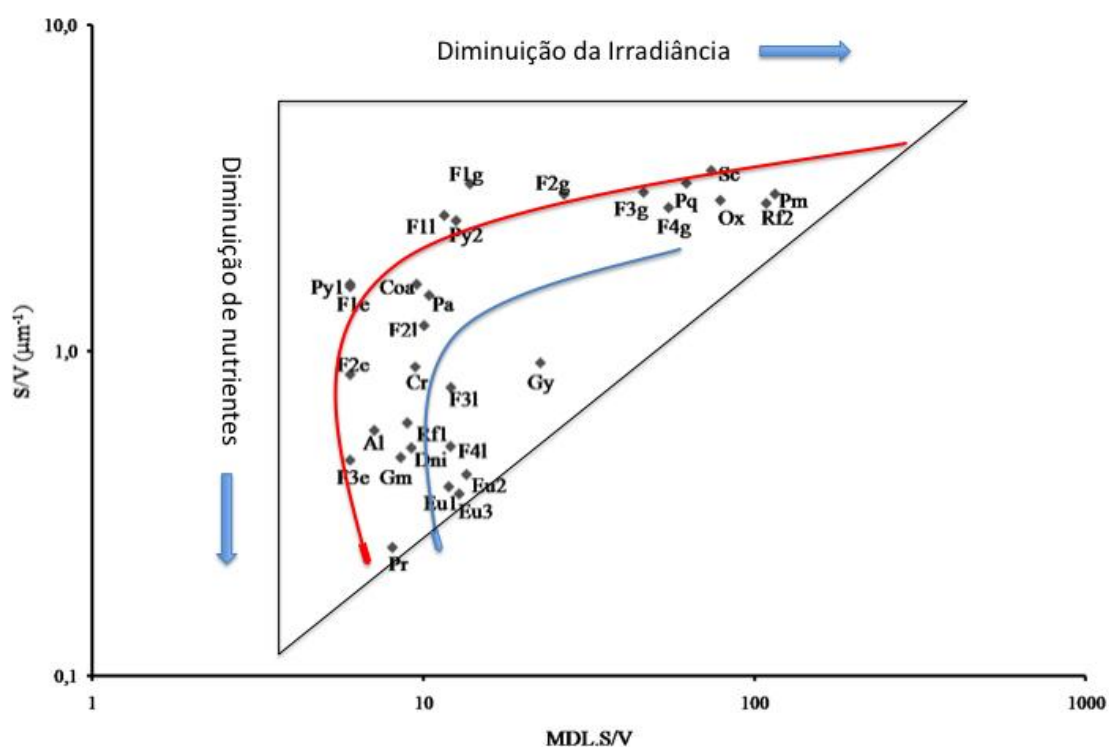


Figura 11. Diagrama de dispersão dos morfótipos em função da razão S/V e do produto da MDL.S/V (em escala logarítmica) com o modelo de habitat (SMAYDA; REYNOLDS, 2001) sobreposto. O modelo representa a ampliação do canto esquerdo do diagrama de habitat para regiões marinhas, contendo as espécies C-estrategistas observadas no SERC tipicamente eutrofizado, devido ao despejo da ETE em sua porção mais interna. A seta vermelha representa a sequência observada em Maio, com maior disponibilidade de nutrientes, e a azul, em Março, mais diluída.



## 5. DISCUSSÃO

A estrutura das comunidades fitoplanctônicas e as variações em abundância das principais espécies refletem em grande parte as condições climatológicas e hidrológicas locais. Neste trabalho, apesar de restringimos o estudo aos flagelados nanoplanctônicos, as variações na estrutura e abundância desta assembleia foram fortemente determinadas pelas variações ambientais.

O sistema estuarino do Rio Cachoeira é raso, com moderadas amplitudes de maré e elevado dinamismo que faz com que o sistema apresente grandes flutuações (SOUZA, 2005). As variações da salinidade, temperatura e nutrientes (N:P e amônia) nas diferentes zonas do estuário (ZR, ZM e ZC), seguidas pela interferência das maré ao longo do dia e das variações temporais entre as duas campanhas foram responsáveis pelas principais modificações observadas na assembleia dos flagelados ao longo do SERC no presente estudo.

A abundância dos flagelados nanoplanctônicos observada no sistema estuarino do Rio Cachoeira ( $8,73 \times 10^3$  a  $7,45 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup>) não diferiu do observado em trabalhos anteriores neste mesmo estuário. Em cinco campanhas realizadas entre setembro de 2000 a agosto de 2001, no estuário do Rio Cachoeira e região adjacente, o fitoplâncton variou de  $1,29 \times 10^5$  a  $7,70 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup> e o nanoplâncton representou de 84 a 99% deste total. Dentro do nanoplâncton os flagelados contribuíram com cerca de 53 a 96% do total (TEDESCO; RIBEIRO, 2002), portanto dentro do observado no presente trabalho.

Entretanto, a biomassa de carbono dos flagelados nanoplanctônicos neste estudo foi inferior a estimada para o total do nanoplâncton por Souza et al. (2005) para este mesmo estuário ( $1,5 \times 10^3$  a  $1,3 \times 10^6$  µgC. L<sup>-1</sup>), onde os flagelados (incluindo os dinoflagelados) representaram 75% da biomassa do nanoplâncton e os 25% restantes eram diatomáceas e grupos de água doce. A elevada biomassa observada em 2005, que segundo esses autores foi devido a uma intensa floração de dinoflagelados em estação próxima a ETE.

Comparando a outros estudos na costa brasileira, a abundância de flagelados nanoplanctônicos no SERC foi também semelhante ao observado por Leles et al. (2014) para o estuário de Barra Grande no Rio de Janeiro, onde a densidade celular do fitoplâncton variou de  $10^4$  a  $10^6$  cél.L<sup>-1</sup>, sendo o nanoplâncton responsável por 77% do

total de células em superfície e por 61% no fundo. Já no canal estuarino de Santos em São Paulo, Masuda, Moser e Barrera-Alba (2011) observaram uma abundância de nanoflagelados superior ( $\bar{x}=1,3 \times 10^7 \pm 0,7 \times 10^7$  cél.L<sup>-1</sup>) ao encontrado no estuário do Rio Cachoeira, porém com contribuição semelhante (65 a 95%) para o total do fitoplâncton.

As duas campanhas de coleta foram bastante distintas em condições hidrológicas e composição da assembleia de flagelados. Em Março a assembleia teve como principais descritores os flagelados de menor tamanho (Figs. 5 e 10) e nesse período as concentrações de nutrientes (principalmente amônia e relação N:P) foram mais baixas quando comparados às concentrações de nutrientes registradas em Maio (Fig. 4). O maior volume de chuvas observado em Março diluiu e dispersou a carga de nutrientes da ETE lançada na ZR até as estações intermediárias da ZM, assim as células de menor tamanho, que devido a elevada razão S/V possuem vantagem em absorção e eficiência no uso de nutrientes, foram favorecidas (CHISHOLM, 1992). Esta vantagem para seleção de células pequenas, desaparece em Maio, quando o despejo da ETE ficou concentrado na ZR devido a baixa pluviosidade deste período, resultando em elevadas concentrações de nutrientes promovendo o crescimento seletivo de flagelados de tamanho intermediário (Fig. 10) favorecidos por suas habilidades de obter nutrientes em excesso de seus requerimentos (MARAÑÓN, 2015).

Este autor discorre sobre o mecanismo, até então aceito, de que as variações na estrutura de tamanho das comunidades fitoplanctônicas eram moldadas pela suposição de que o ritmo metabólico diminuía alométricamente com o aumento do tamanho da célula. Entretanto, ressalta que estudos recentes indicam que as taxas de produção e biomassa específicas são semelhantes em células pequenas e grandes, porém são mais elevadas em células de tamanho intermediário. A habilidade superior das células de tamanho intermediário em explorar concentrações de nutrientes elevadas explica sua dominância em biomassa nas florações fitoplanctônicas. Já as células pequenas são limitadas pelo reduzido espaço disponível para os processos catalíticos e biossintéticos devido a redução de produtos de reserva ricos em carbono e aumento na contribuição de moléculas contendo nitrogênio, o que explica a menor razão carbono-nitrogênio. Enquanto as células grandes são limitadas principalmente pela conversão de nutrientes em biomassa nova, decorrente do desacoplamento progressivo entre a tomada e assimilação de nutrientes relacionado ao aumento das distâncias intracelulares (MARAÑÓN, 2015).

As modificações da assembleia ao longo das zonas do SERC refletiram os parâmetros ambientais em cada uma delas ao longo do estudo. A Zona de Rio está sob forte influência da água doce e a água costeira tem pouco alcance nessa zona, além disso, esse trecho do sistema recebe o despejo da ETE que resulta em elevadas concentrações de nutrientes tanto orgânico como inorgânico neste sistema (SOUZA et al., 2009).

Devido à maior pluviosidade em Março, a salinidade na Zona de Rio foi inferior ( $\bar{x}=2,8 \pm 2,55$ ) à observada em Maio ( $\bar{x}=11,1 \pm 2,86$ ), assim como o total de nitrogênio inorgânico dissolvido, fazendo com que a razão N:P fosse menos limitada pelo fósforo ( $\bar{x}=49,0 \pm 12,56$ ) neste período do que em Maio ( $\bar{x}=120,2 \pm 134,06$ ), devido à maior contribuição da amônia neste último.

Em Março de 2014, a assembleia da ZR foi dominada pelos flagelados não identificados e pelas Raphidophyceae (seca) e Cryptophyceae (cheia) em função da maré, com menores contribuições de Euglenophyceae e dinoflagelados não identificados (forma gimnodinioide entre 10 e 15  $\mu\text{m}$ ). Cryptophyceae e Raphidophyceae compartilham características semelhantes de modo de nutrição e preferência de hábitat. A primeira possui representantes mixotróficos amplamente distribuídos nos ambientes aquáticos dulcícolas e marinhos, ocorrendo preferencialmente em ambientes com elevadas concentrações de nutrientes (TUCCI et al., 2011) e Raphidophyceae conta com alguns representantes mixotróficos e também comuns em ambientes dulcícolas e marinhos (HERNÁNDEZ-BECERRIL, 2014).

A mixotrofia, a combinação de nutrição autotrófica e heterotrófica no mesmo organismo, é um modo de nutrição suplementar bastante comum em algas planctônicas. Os flagelados fototróficos costumam apresentar duas estratégias primárias de nutrição complementar: absorção de substâncias orgânicas dissolvidas (osmotrofia) e ingestão de matéria orgânica particulada (fagotrofia) (CARVALHO, 2007).

A nutrição mixotrófica é uma importante forma de obtenção de nutrientes inorgânicos quando em concentrações potencialmente limitantes no meio. As concentrações de fósforo na biomassa das cianobactérias (fonte de alimento para os mixotróficos) é várias ordens de magnitude mais elevada do que no meio (fósforo inorgânico dissolvido) (VADSTEIN, 2000). O forrageio das bactérias pelos flagelados mixotróficos é um mecanismo de obtenção de fósforo orgânico particulado para manter seu crescimento mesmo em concentrações de fósforo inorgânico limitantes para o crescimento (NYGAAR; TOBIESEN, 1993; JEONG et al., 2004). Alguns estudos

indicam que a deficiência de fósforo seria um fator decisivo no início da mixotrofia (STIBOR; SOMMER, 2003; JEONG et al., 2004).

Por outro lado, Burkholder, Glibert e Skelton (2008) enfatizam também que a mixotrofia pode ser o principal modo de nutrição em espécies que formam florações nocivas em estuários e regiões costeiras cronicamente eutrofizadas. Os autores relatam que as florações de microalgas nocivas nestes ambientes vem aumentando devido a sobrecarga crescente de nutrientes de origem antrópica, principalmente associadas às modificações na razão de nutrientes (N:P), com aumento do fósforo em relação ao nitrogênio (GLIBERT; BURKHOLDER, 2006).

Em Maio de 2014, a floração de *Scrippsiella trochoidea* que ocorreu na ZR foi decorrente da elevada concentração de nutrientes proveniente das descargas de efluentes da ETE nesta área do estuário. *S. trochoidea* é uma espécie mixotrófica (JEONG et al., 2010; NAIK et al., 2011) cosmopolita, nerítica e estuarina (STEINDINGER; TANGEN, 1997), que forma florações que modificam a coloração da água e não são consideradas tóxicas, porém, em condições excepcionais no caso de baías abrigadas quando as florações são muito densas, pode levar a morte de peixes e invertebrados devido à depleção de oxigênio (HALLEGRAEFF, 1993).

Em estudo anterior realizado no estuário do Rio Cachoeira foi registrada elevada biomassa de *Scrippsiella trochoidea* (máximos de  $4,5 \times 10^4$  e  $1,8 \times 10^5 \mu\text{gC.L}^{-1}$ ) associada a *Katodinium* sp. (máximos  $2,7 \times 10^5$  e  $1,2 \times 10^6 \mu\text{gC.L}^{-1}$ ) em dois pontos na zona de rio deste estuário, o que sugere a existência de um banco de cistos de *S. trochoidea* associado ao sedimento dessa área (SOUSA et al., 2005).

Segundo Cloern e Dufford (2005), essa é uma espécie com estratégia de vida “multivoltina”, pois possui curtos períodos de dormência e repetidos ciclos (vida livre e dormência) ao longo do ano. Além disso, é favorecida por sua alta eficiência na produção de cistos, que garante um reservatório bêntico da população vegetativa, sendo este um dos mecanismos que causam as florações (SGROSSO; ESPOSITO; MONTRESOR, 2001, WANG; QI; YANG, 2007).

Os dinoflagelados podem formar dois tipos básicos de cistos: cistos de dormência (hipnozigóticos) produzidos por reprodução sexuada e cistos temporários, também denominados de cistos de paredes finas (PFIESTER; ANDERSON, 1987). O primeiro parece ser induzido por condições ambientais estressantes, tais como turbulência e condições de nutrientes limitantes. Apesar dos cistos temporários serem também formados sob condições adversas, eles agem como mecanismos de defesa não

somente ao estresse causados por fatores abióticos, mas também por compostos químicos orgânicos (aleloquímicos) liberados por organismos aquáticos (FISTAROL et al., 2004). A habilidade de *Scrippsiella trochoidea* em formar cistos temporários, com curtos períodos de dormência e repetidos ciclos ao longo do ano, lhe confere uma vantagem adaptativa, que aliada à habilidade de tolerar grande variabilidade de condições ambientais podem explicar o sucesso desta espécie em dominar a assembleia de dinoflagelados (FISTAROL et al., 2004; CLOERN e DUFFORD, 2005).

A recorrência das florações de *Scrippsiella trochoidea* na zona de rio do estuário do Rio Cachoeira onde a concentração de nutrientes é elevada devido ao despejo dos efluentes da ETE demonstra que essa espécie é favorecida em condições de eutrofização. Convém ressaltar que em Maio, além da temperatura elevada e do menor hidrodinamismo (sem chuvas), a elevada razão N:P sugere que o crescimento do fitoplâncton nesta zona estaria sendo limitado pela baixa disponibilidade de fósforo inorgânico em relação ao nitrogênio inorgânico.

Vários estudos sugerem que as florações de *Scrippsiella trochoidea* em águas eutróficas são mixotróficas e complementam a obtenção de nutrientes inorgânicos limitantes fagotrophicamente, através da ingestão de bactérias (*Synechococcus* sp.) e algas (dinoflagelados, criptofíceas e outras) (ISMAEL, 2003; WANG et al., 2004; 2008; JEONG et al., 2005; BURKHOLDER; GLIBERT; SKELTON, 2008).

Santos (2016) estudou as formas de nitrogênio no SERC e mostrou que o nitrogênio orgânico dissolvido predominou, espacial e temporalmente, e que as concentrações mais elevadas das formas orgânicas e inorgânicas dissolvidas foram registradas na zona de rio, principalmente na maré seca. A porcentagem de contribuição de nitrogênio orgânico dissolvido para o total das formas nitrogenadas dissolvidas variou de 80 a 95%, com maiores contribuições na maré seca. Além da elevada carga de nitrogênio inorgânico dissolvido na ZR em Maio, o nitrogênio orgânico dissolvidos nesta mesma zona foi 4 vezes mais elevada, representando 80% do total das formas nitrogenadas.

Yin et al. (2008) ao estudarem uma floração de *Scrippsiella trochoidea*, com manchas visíveis, que ocorreu na baía de Port Shelter, em águas de Hong Kong, notaram que as baixas concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos não poderiam explicar a elevada biomassa observada. Em experimentos, os autores perceberam que elevadas biomassas poderiam ser iniciadas, mesmo em baixas

concentrações de nutrientes inorgânicos no meio, quando concentrações elevadas de nitrogênio orgânico dissolvido (matéria orgânica) estavam presentes.

As florações frequentes de *Scrippsiella trochoidea* na Zona do Rio observadas no SERC estariam ligadas às habilidades desta espécie em formar cistos temporários e em suportar ampla variabilidade de condições ambientais, além do modo de alimentação mixotrófico. A mixotrofia faz com que elas possam complementar fagotroficamente a limitação de fósforo inorgânico, através forrageio das bactérias como um mecanismo de obtenção de fósforo orgânico particulado. A combinação destas habilidades explicaria o sucesso desta espécie em picos de densidades na assembleia na Zona de Rio deste estuário.

A Zona de Mistura tem forte influência do rio, por um lado, e da água costeira, por outro, assim os organismos que se destacam nessa zona são eficientes em tolerar flutuações das condições físico-químicas decorrentes das variações de maré; enquanto a Zona Costeira é influenciada principalmente pela água oceânica adjacente, propiciando a ocorrência de grupos mais característicos do ambiente marinho. Na Zona de Mistura em Março, os mesmos grupos presentes na zona anterior atingiram contribuição máxima em abundância nesta zona. Cryptophyceae dominou na maré seca e a Raphidophyceae na maré cheia, enquanto, Dinophyceae contribuiu significativamente em biomassa. Conforme mencionado acima, estas classes apresentam representantes mixotróficos que provavelmente tiveram seu crescimento autotrófico favorecido ou pela absorção complementar de substâncias orgânicas dissolvidas ou pela ingestão de matéria orgânica particulada.

O aumento em biomassa dos dinoflagelados nessas zonas foi devido principalmente a presença de *Peridinium quinquecorne* e formas gimnodioides nanoplantônicas na maré baixa. O máximo de células de *P. quinquecorne* ( $5,9 \times 10^3$  céls.L<sup>-1</sup>) observado neste trabalho parece baixo para ser considerado uma floração, apesar da maior contribuição dessa espécie para o total de flagelados. Esta espécie vem sendo frequentemente observada neste estuário, com densidades variando de 1,6 a  $4,5 \times 10^4$  céls.L<sup>-1</sup>, na Zona Costeira do estuário (TEDESCO; RIBEIRO, 2002) e dominando a biomassa de dinoflagelados nesta mesma zona do estuário (SOUSA et al., 2005).

*Peridinium quinquecorne* tem distribuição cosmopolita e é conhecida por formar florações em diversos locais do mundo, com número de células que podem variar de 3,4 a  $6,4 \times 10^6$  céls.L<sup>-1</sup> (DE MADARIAGA; ORIBE; BOALCH, 1989, BARÓN-CAMPIS et al., 2005, GÁRATE-LIZÁRRAGA; MUÑETON-GÓMEZ, 2008, VILLAC; CABRAL-

NORONHA; PINTO, 2008, AL-HASHMI et al., 2013, DAGHOR et al., 2015). Essa espécie é provavelmente mixotrófica uma vez que apresenta cloroplastos endosimbiontes (HORIGUCHI; PIENNAR, 1986; 1991, HORIGUCHI; TAKANO, 2006). A mixotrofia e a tolerância a diversas condições ambientais conferem à espécie *P. quinquecorne* grande capacidade de sobrevivência e permite sucesso na competição com outros organismos, como as diatomáceas (AL-HASHMI et al., 2013).

Florações de *P. quinquecorne* foram encontradas relacionadas e elevadas concentrações de amônia, nitrito e nitrato em regiões costeiras (GÁRATE-LIZÁRRAGA; MUÑETON-GÓMEZ, 2008). O estuário do Rio Cachoeira é raso e apresenta elevadas cargas de nutrientes inorgânicos e orgânicos (SILVA; SOUZA; ABREU, 2015). As concentrações das frações de nitrogênio na Zona de Mistura e na Zona Costeira foram mais elevadas quando comparadas às descritas em outros trabalhos com florações dessa espécie, entretanto, as concentrações de células no presente trabalho foram menores.

Segundo Gárate-Lizárraga e Muñeton-Gómez (2008), *Peridinium quinquecorne* requer condições ambientais particulares para formar densas florações em estuários e áreas costeiras, geralmente associados a temperaturas elevadas e a águas eutróficas, muitas vezes após fortes chuvas ou ventos fortes causando revolvimento de sedimentos e aporte de nutrientes de fundo em áreas rasas. Talvez, o aumento na densidade desta espécie em Março esteja associado ao maior aporte de chuvas neste período, entretanto, pouco se conhece sobre a autoecologia desta espécie.

Além de *Peridinium quinquecorne*, foram mais representados na zona costeira das duas campanhas, grupos bastante comuns em águas neríticas e oceânicas como Prasinophyceae e Prymnesiophyceae (THRONDSEN, 1997).

A abordagem morfofuncional aplicada à assembleia de flagelados nanoplanctônicos no SERC mostrou o predomínio das espécies C-estrategistas nesta classe de tamanho independente do grupo filogenético considerado e permitiu inferir algumas adaptações nutricionais adicionais que garantiu aos flagelados competir e sobressair em condições de elevados níveis de nutrientes.

Segundo Reynolds (1988) quaisquer ambientes aquáticos de diferentes formas, ciclos de estratificação e cargas de nutrientes podem ser descritos nestes modelos, e que as respostas na composição podem ser alteradas devido a intervenção de fatores externos como, chuvas ou vazão, uma vez que alteram a disponibilidade de recursos críticos (luz e nutrientes).

A utilização do modelo de habitat para o SERC, ou seja, para um habitat com elevada carga de nutrientes e dominado por células nanoplanctônicas, é como se ampliássemos o canto esquerdo do modelo de habitat marinho de Smayda e Reynolds (2001). É semelhante ao apresentado por estes autores, para estuários ou lagoas isoladas, típica ou temporariamente ricas em nutrientes, que abrigam espécies C-estrategistas com grande número de haptófitas, clorófitas e euglenófitas, assim como as formas gimnodinóides, peridinióides e prorocentróides. Grupos estes, também predominantes no SERC.

O uso do modelo de habitat não só permite a classificação do fitoplâncton em base funcional, mas também permite que mudanças composicionais possam ser traçadas ou preditas dentro de um contexto de mudanças temporais afetando a disponibilidade de luz e nutrientes na camada de mistura (SMAYDA; REYNOLDS, 2001).

A dominância temporal dos diferentes morfótipos e espécies pode ser representada por trajetórias (Fig. 11). A linha vermelha representa o período com maior concentração de nutrientes (Maio), a trajetória está mais elevada com relação ao eixo dos nutrientes, selecionando mais fortemente as algas C-estrategistas pequenas e as espécies de dinoflagelados tamanho intermediário que formam florações nocivas de *Scripsiella trochoidea*, morfótipo *Oxyrrhis* e *Gyrodinium* na Zona de Rio, verificados nos dois picos de dominância observados nas figuras 9 e 10.

Segundo Smayda e Reynolds (2001), a aplicação do modelo de habitat para as florações de dinoflagelados nocivos em ambientes costeiros e marinhos, permite mostrar que o crescimento e a dinâmica das algas que formam florações refletem algumas características básicas, tais como, suas propriedades morfofuncionais, preferências de habitat e seleção estocástica. Sobre este último, os autores relatam que a alga deve estar presente no local apropriado, na hora certa com número suficiente de inóculos. O que explica as recorrentes florações de dinoflagelados nanoplanctônicos *Scripsiella trochoidea*, *Peridinium quinquecorne* e *Katodinium* sp. frequentemente observados neste estuário, provavelmente associados a presença de cistos no sedimento. Apesar de frequente ainda não foi relatada toxicidade nas florações no SERC.

A linha azul, menos elevada com relação ao eixo dos nutrientes, representa o período de Março mais diluído devido a pluviosidade. Neste período, a maior parte das células C-estrategistas eram menores que 10  $\mu\text{m}$  e entre 10 e 15  $\mu\text{m}$ , com relação S/V menor que 1,83, e poucas em torno de 20  $\mu\text{m}$ , como de *Peridinium quinquecorne* mais representado na zonas de mistura e costeira do estuário (Figs. 9 e 10).



As trajetórias podem também sugerir a substituição dos morfótipos e espécies ao longo do estuário, uma vez que o maior aporte de nutrientes neste estuário é decorrente da ETE na ZR e, ao longo do contínuo em direção a zona costeira, os nutrientes inorgânicos dissolvidos na água vão diminuindo devido ao consumo. Deste modo, a disponibilidade de nutrientes orgânicos em relação aos inorgânicos tende a aumentar em direção a zona costeira, o que explica a forte seleção de formas heterotróficas e/ou mixotróficas como Cryptophyceae, Prasinophyceae e formas gimnodinoides (todas entre 10-15  $\mu\text{m}$ ) e formas maiores Euglenophyceae abundantes tanto na ZM como na ZC neste estuário.

Os resultados sugerem que a assembleia de nanoflagelados do SERC pode ser descrita em termos de morfótipos e que estes apresentam propriedades ecológicas e fisiológicas importantes que condicionam as dinâmicas das florações e a sucessão ao longo do contínuo do estuário. Entretanto, é sugerido o aprofundamento desta mesma abordagem considerando toda a comunidade fitoplanctônica do SERC, para avaliação mais completa e validação dos resultados apresentados.

## 6. CONCLUSÕES

- As principais modificações observadas na assembleia dos flagelados nanoplanctônicos nas diferentes zonas do SERC foram influenciadas pelas variações da salinidade, temperatura e nutrientes decorrentes do despejo de efluentes da ETE na parte interna do estuário, da forte influência das marés ao longo do dia e das diferenças pluviométricas entre as duas campanhas.

- A abundância dos flagelados nanoplanctônicos observada no SERC foi semelhante àquelas registradas para este mesmo ambiente em trabalhos anteriores, bem como às verificadas em outros estuários.

- A biomassa de carbono dos flagelados nanoplanctônicos neste estudo foi inferior a estimada para este mesmo estuário em trabalho anterior (2005), considerando-se somente os flagelados. Em 2005, a floração de dinoflagelados relatada foi superior à verificada neste estudo.

- As condições hidrológicas das duas campanhas selecionaram assembleias distintas de flagelados. Em Março, o maior volume de chuvas diluiu e dispersou a carga de nutrientes da ETE lançada na ZR até as estações intermediárias da ZM, assim a assembleia teve como principais descritores os flagelados de menor tamanho, que devido a elevada razão S/V possuem vantagem em absorção e eficiência no uso de nutrientes. Em Maio, quando o despejo da ETE ficou concentrado na ZR devido a baixa pluviosidade deste período, as elevadas concentrações de nutrientes promoveram o crescimento seletivo de flagelados de tamanho intermediário (dinoflagelados nanoplanctônicos) favorecidos por suas habilidades de obter nutrientes em excesso ao seu requerimento.

- A abordagem morfofuncional aplicada à assembleia de flagelados nanoplanctônicos no SERC confirmou o predomínio das espécies C-estrategistas nesta classe de tamanho independente do grupo filogenético considerado. Além de permitir inferir algumas adaptações nutricionais adicionais que garantiu aos flagelados competir e sobressair em condições de elevados níveis de nutrientes.

- A utilização do modelo de habitat permitiu classificar os flagelados em base funcional e visualizar, em trajetórias, as mudanças composicionais observadas nos dois períodos de estudo, em função da disponibilidade de luz e nutrientes na camada de mistura.

- Em períodos de maior concentração de nutrientes (trajetória mais elevada com relação ao eixo dos nutrientes do modelo de habitat) há uma forte seleção de dois morfótipos, algas C-estrategistas pequenas e as espécies de dinoflagelados de tamanho intermediário responsáveis pelas frequentes florações de dinoflagelados nanoplantônicos como *Scrippsiella trochoidea*, morfótipo *Oxyrrhis* e *Gyrodinium* observadas neste trabalho. Assim como nas recorrentes florações de outros dinoflagelados nanoplantônicos, como *Peridinium quinquecorne* e *Katodinium* sp. observados neste estuário. Estas frequentes florações sugerem a existência de um banco de cistos, especialmente de *S. trochoidea*, associado ao sedimento desta área. Apesar de frequente, ainda não foi relatada toxicidade nas florações no SERC.

- Em períodos de menor acessibilidade de nutrientes, ou maior diluição, (trajetória menos elevada com relação ao eixo dos nutrientes no modelo de habitat) há uma forte seleção para das células C-estrategistas menores que 15  $\mu\text{m}$ , heterotróficas e/ou mixotróficas como Cryptophyceae, Prasinophyceae e formas gimnodinióides bastante abundantes, além de algumas formas maiores (Euglenophyceae), porém pouco representadas.

## REFERÊNCIAS

- AL-HASHMI, K.; AL-AZRI, A.; CLAEREBOUDT, M. R.; PIONTKOVSKI, S.; AMIN, S. M. N. Phytoplankton community structure of a mangrove habitat in the arid environment of Oman: the dominance of *Peridinium quinquecorne*. **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 8, n. 5, p. 595-606, 2013.
- ALVES-DE-SOUZA, C.; GONZÁLEZ, M. T.; IRIARTE, J. L. Functional groups in marine phytoplankton assemblages dominated by diatoms in fjords of southern Chile. **Journal of Plankton Research**, v. 30, n. 11, p. 1233-1243, 2008.
- ARMBRECHT, L. H.; ROUGHAN, M.; ROSSI, V.; SCHAEFFER, A.; DAVIES, P. L.; WAITE, A. M.; ARMAND, L. K. Phytoplankton composition under contrasting oceanographic conditions: Upwelling and downwelling (Eastern Australia). **Continental Shelf Research**, v. 75, p. 54-67, 2013.
- AZAM, F., FENCHEL, T., FIELD, J. G., MEYER REIL, L. A. AND THINGSTAD, F. The ecological role of water-column microbes in the sea. **Marine Ecology Progress Series**, v. 10, p. 257-263, 1983.
- BARÓN-CAMPIS S. A., D. U. HERNÁNDEZ-BECERRIL, N. O. JUÁREZ-RUIZ, Y C. RAMÍREZ-CAMARENA. Marea roja producida por el dinoflagelado *Peridinium quinquecorne* em Veracruz, México (oct-nov, 2002): morfología del agente causal. **Hidrobiológica**, v. 15, n. 1, p. 73-78, 2005.
- BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C. Characteristics and importance of planktonic flagellates in marine coastal and oceanic ecosystems. **Oecologia Australis**, v. 9, n. 1, p. 173-196, 2009.
- BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C.; MOESTRUP, Ø. Nanoflagellates from coastal waters of southern Brazil (32°S). **Botanica Marina**, v. 51, p. 35-50, 2008a.
- BERGESCH, M., ODEBRECHT, C.; MOESTRUP, Ø. Loricated Choanoflagellates from the South Atlantic coastal zone (~ 32° S) including the description of *Diplothea tricyclica* sp. nov. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 4, p.111-122, 2008b.
- BIENFANG, P.K.; TAKAHASHI, M.A. Ultraplankton growth rates in a subtropical ecosystem. **Marine Biology**, 76: 213-218, 1983.
- BRANCO, E.S.; FEITOSA, F.A.N.; MONTE, M.J.F. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplânctônica relacionada com parâmetros hidrológicos no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes-Pernambuco-Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 30, n. 2, p. 79-96, 2002.
- BUCCI, A. F. **Efeitos de morfotipos do fitoplâncton no comportamento espectral da absorção de luz, e possíveis implicações para a determinação de carbono particulado por sensoriamento remoto**. 115 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BURKHOLDER, J. M.; GLIBERT, P. M.; SKELTON, H. M. Mixotrophy, a major mode of nutrition for harmful algal species in eutrophic waters. **Harmful algae**, v. 8, n. 1, p. 77-93, 2008.

CARVALHO, W. F. **The role of mixotrophy in the ecology of marine phytoplankton**. 2007, 80f. Doctoral Dissertation. Faculty of Natural Science. University of Kalmar, 2007.

CHISHOLM, S. W. Phytoplankton size. In: Falkowski, P. G. (Eds). **Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea**. Plenum Press, New York, p. 213-237.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **Primer v6: user manual/tutorial**. PRIMER-E, Plymouth, 2006.

CLOERN, J. E.; DUFFORD, R. Phytoplankton community ecology: principles applied in San Francisco Bay. **Marine Ecology Progress Series**, v. 285, p. 11-28, 2005.

COSTA, L. S.; HUSZAR, V. L. M.; OVALLE, A. R. Phytoplankton functional groups in a tropical estuary: hydrological control and nutrient limitation. **Estuaries and Coasts**, v. 32, n. 3, p. 508-521, 2009.

DAGHOR, L.; HSSAIDA, T.; FRAIKECH, M.; ENNAFFAH, B. Impact of environmental disturbances on the dynamics of phytoplankton blooms. **International Journal**, v. 3, n. 11, p. 1071-1085, 2015.

DE MADARIAGA, I.; ORIVE, E.; BOALCH, G. T. Primary production in the Gernika Estuary during a summer bloom of the dinoflagellate *Peridinium quinquecorne* Abé. **Botanica Marina**, v. 32, n. 2, p. 159-166, 1989.

DHN- Diretoria de Hidrografia e Navegação. <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/index.htm>> Acesso em 28 de maio de 2015.

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

EDLER, L. **Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea**. Phytoplankton and chlorophyll. Publication-Baltic Marine Biologists BMB (Sweden), 1979.

FEITOSA, F. A. N.; NASCIMENTO, F. C. R.; COSTA, K. M. P. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na Baía do Pina (Recife, PE). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 27, n. 2, p. 1-13, 1999.

FIDELMAN, P. I. J. Impactos ambientais: manguezais da zona urbana de Ilhéus (Bahia, Brasil). In: **VIII Congresso Latinoamericano Sobre Ciencias del Mar, Trujillo, Peru**. p. 843-844. 1999.

FISTAROL, G. O.; LEGRAND, C.; RENGEFORS, K.; GRANÉLI, E. Temporary cyst formation in phytoplankton: a response to allelopathic competitors? **Environmental Microbiology**, n. 6, v. 8, p. 791-798, 2004.

GÁRATE-LIZÁRRAGA, I.; MUÑETÓN-GÓMEZ, M. S. Florecimiento de *Peridinium quinquecorne* Abé in La Ensenada de La Paz, Golfo de California (Julio 2003). **Acta botánica mexicana**, n. 83, p. 33-47, 2008.

GIANESELLA-GALVÃO, S.M.F.; SALDANHA-CORREA, F.M.P.; MIRANDA, L.B.; CORREA, M.A.; MOSER, G. A. O. Short-term variability and transport of nutrients and chlorophyll-a in Bertioga channel, São Paulo state, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 53, n. 3-4, p. 99-114, 2005.

GLIBERT, P. M.; BURKHOLDER, J. M. The complex relationships between increasing fertilization of the Earth, coastal eutrophication, and HAB proliferation. In: GRANÉLI, E.; TURNER, J. (Eds.). **The Ecology of Harmful Algae**. Springer-Verlag, New York, 2006, p. 341-354.

GÓMEZ, N.; HUALDE, P. R.; LICURSI, M.; BAUER, D. E. Spring phytoplankton of Rio de la Plata: a temperate estuary of South America. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 61, n. 2, p. 301-309, 2004.

GREGO, C. K. D. S.; FEITOSA, F. A. D. N.; SILVA, M. H. D.; CUNHA, M. D. G. G. D. S.; NASCIMENTO FILHO, G. A. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do Rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. **Atlântica**, v. 31, n. 2, p. 183-198, 2009.

GRIME, J. P. **Plant Strategies and Vegetation Processes**. John Wiley & Sons, Ltda, New York, NY. 222p. 1979.

HALLEGRAEFF, G. M. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. **Phycologia**, v. 32, n. 2, p. 79-99, 1993.

HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. U. Biodiversidad de algas planctónicas marinas (Cyanobacteria, Prasinophyceae, Euglenophyta, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatophyceae, Parmophyceae, Raphidophyceae, Bacillariophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Dinoflagellata) en México. **Revista mexicana de biodiversidad**, v. 85, p. 44-53, 2014.

HORIGUCHI, T.; PIENAAR, R. N. Ultrastructure of a marine dinoflagellate, *Peridinium quinquecorne* with special reference to its endosymbiotic alga. **Electron Micro. Soc. South. Afr. Proc.**, v. 16, p. 107-108, 1986.

HORIGUCHI, T.; PIENAAR, R. N. Ultrastructure of a marine dinoflagellate, *Peridinium quinquecorne* Abé (Peridinales) from South Africa with particular reference to its chrysophyte endosymbiont. **Botanica Marina**, v. 34, n. 2, p. 123-132, 1991.

HORIGUCHI, T.; TAKANO, Y. Serial replacement of a diatom endosymbiont in the marine dinoflagellate *Peridinium quinquecorne* (Peridinales, Dinophyceae). **Phycological Research**, v. 54, n. 3, p. 193-200, 2006.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. <[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home%2Fpage&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home%2Fpage&page=rede_estacoes_auto_graf)>  
Acesso em 28 de maio de 2015.

IRIARTE, J. L.; GONZÁLEZ, H.E.; LIU, K.K.; RIVAS, C.; VALENZUELA, C. Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41.5–43 S). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 74, n. 3, p. 471-480, 2007.

ISMAEL, A. A. Succession of heterotrophic and mixotrophic dinoflagellates as well as autotrophic microplankton in the harbour of Alexandria, Egypt. **Journal of Plankton research**, v. 25, n. 2, p. 193-202, 2003.

JENSEN, M. Ø. A new method for fixation of unmineralized haptophytes for TEM (whole mount) investigations. **Journal of Phycology**, v. 34, p. 1–3, 1998.

JEONG, H. J.; DU YOO, Y.; KIM, J. S.; SEONG, K. A.; KANG, N. S.; KIM, T. H. Growth, feeding and ecological roles of the mixotrophic and heterotrophic dinoflagellates in marine planktonic food webs. **Ocean science journal**, n. 45, v. 2, p. 65-91, 2010.

JEONG, H. J.; DU YOO, Y.; PARK, J. Y.; SONG, J. Y.; KIM, S. T.; LEE, S. H.; YIH, W. H. Feeding by phototrophic red-tide dinoflagellates: five species newly revealed and six species previously known to be mixotrophic. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 40, n. 2, p. 133-150, 2005.

JEONG, H. J.; YOO, Y. D.; KIM, J. S.; KIM, T. H.; KIM, J. H.; KANG, N. S.; YIH, W. Mixotrophy in the phototrophic harmful alga *Cochlodinium polykrikoides* (Dinophyceae): prey species, the effects of prey concentration, and grazing impact. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, n. 51, v. 5, p. 563-569, 2004.

KRUK, C.; HUSZAR, V. L.; PEETERS, E. T.; BONILLA, S.; COSTA, L.; LÜRLING, M.; SCHEFFER, M. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. **Freshwater Biology**, n. 55, v. 3, p. 614-627, 2010.

LAVOREL, S.; MCINTYRE, S.; LANDSBERG, J.; FORBES, T. D. A. Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 12, n. 12, p. 474-478, 1997.

LAYBOURN-PARRY, J.; PARRY, J. Flagellates and the microbial loop. In: (B.S.C. Leadbeater and J.C. Green, eds). **The flagellates. Unity, diversity and evolution**. The Systematics Association Special Volume 59. Taylor and Francis, London. p. 216–239, 2000.

LELES, S. G.; SOUZA, C. A. D.; FARIA, C. D. O.; RAMOS, A. B.; FERNANDES, A. M.; MOSER, G. A. D. O. Short-Term phytoplankton dynamics in response to tidal stirring in a tropical estuary (Southeastern Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, n. 4, p. 341-349, 2014.

LEWIS, W. M. Surface/volume ratio: implications for phytoplankton morphology. **Science**, v. 192, n. 4242, p. 885-887, 1976.

LIMA, M. C. SOUZA, M. F. L.; EÇA, G. F.; SILVA, M. A. M. Export and retention of dissolved inorganic nutrients in the Cachoeira River, Ilhéus, Bahia, Brasil. **Journal Limnology**, v. 69, n. 1, p. 138–145, 2010.

LUND, J. W. G.; KILPLING, C.; LE CREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal numbers, and the statistical basis of estimation by counting. **Hydrobiologia**, v. 3, n. 4 p. 390-394, 1958.

MARAÑÓN, E. Cell size as a key determinant of phytoplankton metabolism and community structure. **Marine Science**, v. 7, 2015.

MASUDA, L. S. M.; MOSER, G. A. O.; BARRERA-ALBA, J. J. Variação temporal do microfitoplâncton no Canal Estuarino de Santos (SP). **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 79-93, 2011.

MENDEN-DEUER, S.; LESSARD, E. J. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. **Limnology and Oceanography**, v. 45, n. 3, p. 569-579, 2000.

MENEZES, M.; NOVARINO, G. How diverse are planktonic cryptomonads in Brazil? Advantages and difficulties of a taxonomic-biogeographical approach. **Hydrobiologia**, v. 502, n. 1-3, p. 297-306, 2003.

MIRANDA, L. B. de; CASTRO, B. M. de; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: EDUSP, v. 414, 2002.

NAIK, R. K.; ANIL, A. C.; NARALE, D. D.; CHITARI, R. R.; KULKARNI, V. V. Primary description of surface water phytoplankton pigment patterns in the Bay of Bengal. **Journal of Sea Research**, v. 65, n. 4, p. 435-441, 2011.

NASELLI-FLORES, L.; PADISÁK, J.; ALBAY, M. Shape and size in phytoplankton ecology: do they matter? **Hydrobiologia**, v. 578, n. 1, p. 157-161, 2007.

NYGAARD, K.; TOBIESEN, A. Bacterivory in algae: a survival strategy during nutrient limitation. **Limnology and Oceanography**, v. 38, n. 2, p. 273-279, 1993.

PFIESTER, L. A.; ANDERSON, D. M. Dinoflagellate reproduction. In: TAYLOR, F. J. R., (Ed.). **The Biology of Dinoflagellates**. Botanical Monographs, Vol. 21. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1987, pp. 611-648.

REYNOLDS, C. S. **Ecology of Phytoplankton**. Cambridge University Press. New York (USA). 551 p. 2006.

REYNOLDS, C. S. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In: SANDGREN, C. D. **Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton**. New York: Cambridge University Press, 1988. p. 388-433.

REYNOLDS, C. S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of plankton research**, v. 24, n. 5, p. 417-428, 2002.

RIBEIRO, S. M. M. S. **Caracterização taxonômica e ecológica das comunidades pico, nano- e microplanctônicas, superficial e profunda, da zona eufótica do**



**Atlântico Sul**. 155 f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica), Departamento de Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

ROCHA FILHO, C. A. Recursos hídricos. **Diagnóstico socioeconômico da Região Cacaueira**. Rio de Janeiro: IICA/CEPLAC; 1976.

RODRIGUES, S. V.; MARINHO, M. M.; CUBAS JONCK, C. C.; GONÇALVES, E. S.; BRANT, V. F.; PARANHOS, R.; FALCÃO, A. P. Phytoplankton community structures in shelf and oceanic waters off southeast Brazil (20°–25° S), as determined by pigment signatures. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 88, p. 47-62, 2014.

SALMASO, N; PADISÁK, J. Morpho-functional groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). **Hydrobiologia**, v. 578, n. 1, p. 97-112, 2007.

SANTANA, R. M. C. **Composição e biomassa da Comunidade Fitoplanctônica no Estuário do Rio Marauí- Baía de Camamu (BA)**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos Tropicais), Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2012.

SANTOS, C. B. **Ciclagem do nitrogênio em um estuário tropical urbanizado no nordeste brasileiro**. 53 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos Tropicais), Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2016.

SANTOS, V.S.; VILLAC, M.C.; TENENBAUM, D.R.; PARANHOS, R. Auto-and heterotrophic nanoplankton and filamentous bacteria of Guanabara Bay (RJ, Brazil): Estimates of cell/filament numbers versus carbon content. **Brazilian Journal Of Oceanography**, v. 55, n. 2, p. 133-143, 2007.

SANTOS-FERNANDES, T.L.; PASSAVANTE, J.Z.O.; KOENING, M.L.; MACEDO, S.J. Fitoplâncton do estuário do rio Jaguaribe (Itamaracá, Pernambuco, Brasil): Biomassa. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 26, p. 1-18, 1998.

SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C. (Eds). **O Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações**. Editora da FURG, Rio Grande, 180p, 2010.

SGROSSO, S.; ESPOSITO, F.; MONTRESOR, M. Temperature and daylength regulate encystment in calcareous cyst-forming dinoflagellates. **Marine Ecology Progress Series**, v. 211, p. 77-87, 2001.

SIEBURTH, J. M. C. N.; SMETACEK, V.; LENZ, J. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic components of the plankton and their relationship to plankton size fractions. **Limnology Oceanography**, n. 23, v. 6, p. 1256-1263, 1978.

SILVA, M. A. M.; EÇA, G. F.; SANTOS, D. F.; GUIMARÃES, A. G.; LIMA, M. C.; SOUZA, M. F. L. Dissolved inorganic nutrients and chlorophyll a in an estuary receiving sewage treatment plant effluents: Cachoeira River estuary (NE Brazil). **Environmental monitoring and assessment**, v. 185, n. 7, p. 5387-5399, 2013.

- SILVA, M. A. M.; SOUZA, M. F. L.; ABREU, P. C. Spatial and temporal variation of dissolved inorganic nutrients, and chlorophyll- $\alpha$  in a tropical estuary in northeastern Brazil: dynamics of nutrient removal. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 63, n. 1, p. 1-15, 2015.
- SMAYDA, T. J.; REYNOLDS, C. S. Community assembly in marine phytoplankton: application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. **Journal of Plankton Research**, v. 23, n. 5, p. 447-461, 2001.
- SMAYDA, T. J.; REYNOLDS, C. S. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. **Journal of Sea Research**, v. 49, n. 2, p. 95-106, 2003.
- SOUZA, A.T.M.; SILVA, N.R.S; WETLER, R.M.C.; SANTANA, T.B.; TEDESCO, E.C.; ABREU, P.C.O.V.; RIBEIRO, S.M.M.S.; SOUZA, M.F.L. FITOPLÂNCTON OBSERVADO EM UMA RADIAL AO LONGO DO ESTUÁRIO DO RIO CACHOEIRA – ILHÉUS/BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 2., 2005, Vitória. **Resumos**. Vitória, ES, 2005.
- SOUZA, M. F. L. Nutrient Biogeochemistry and Mass Balance of a Tropical Estuary: Estuary of Cachoeira River, Northern Brazil. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, v. 31, n. 3, p. 177-188, 2005.
- STEIDINGER, K. A., TANGEN, K. **Dinoflagellates**. In: TOMAS, C. R. (Ed.). **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego: Academic Press, 1997, p.397-583.
- STIBOR, H.; SOMMER, U. Mixotrophy of a photosynthetic flagellate viewed from an optimal foraging perspective. **Protist**, v. 154, n. 1, p. 91-98, 2003.
- SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of plankton research**, v. 25, n. 11, p. 1331-1346, 2003.
- SUSINI-RIBEIRO, S. M. M. Biomass distribution of pico-, nano-and microplankton on the continental shelf of Abrolhos, East Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, v. 47, n. 2-3, p. 271-284, 1999.
- TAYLOR, A. G.; LANDRY, M. R.; SELPH, K. E.; YANG, E. J. Biomass, size structure and depth distributions of the microbial community in the eastern equatorial Pacific. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 58, n. 3, p. 342-357, 2011.
- TEDESCO, E. C.; RIBEIRO, S. M. M. S. Estudo preliminar sobre as variações do fitoplâncton no estuário do Rio Cachoeira, litoral sul da Bahia. In: I Simpósio Brasileiro de Oceanografia, 2002, São Paulo. **Resumos**. IOUSP, São Paulo, 2002. CD-ROM.
- THRONDSSEN, J. The planktonic marine flagellates. In: TOMAS, C. R. (Ed.). **Identifying marine phytoplankton**. 2. Ed. Nova York: Academic Press, 1997, cap. 5, p. 591-729.
- THRONDSSEN, J. Occurrence and productivity of small flagellates. **Norwegian Journal of Botany**, v. 23, p. 269-293, 1976.

- TUCCI, A.; BICUDO, C. E. D. M.; MENEZES, M.; OSTI, J. A. S.; ADAME, G. Checklist das Cryptophyceae do estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 143-155, 2011.
- VADSTEIN, O. Heterotrophic, planktonic bacteria and cycling of phosphorus. In: **Advances in microbial ecology**. Springer US, 2000. p. 115-167.
- 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**, v. 37, n. 7, p. 1434-1446, 1992.
- VILLAC, M. C.; CABRAL-NORONHA, V. A. de P.; PINTO, T. de O.. The phytoplankton biodiversity of the coast of the state of São Paulo, Brazil. **Biota neotropica**, v. 8, n. 3, p. 0-0, 2008.
- WANG, S.; TANG, D.; HE, F.; FUKUYO, Y.; AZANZA, R. V. Occurrences of harmful algal blooms (HABs) associated with ocean environments in the South China Sea. **Hydrobiologia**, n. 596, v. 1, p. 79-93, 2008.
- WANG, Z.; MATSUOKA, K.; QI, Y.; CHEN, J.; LU, S. Dinoflagellate cyst records in recent sediments from Daya Bay, South China Sea. **Phycological Research**, n. 52, v. 4, p. 396-407, 2004.
- WANG, Z.; QI, Y.; YANG, Y. Cyst formation: an important mechanism for the termination of *Scrippsiella trochoidea* (Dinophyceae) bloom. **Journal of Plankton Research**, v. 29, n. 2, p. 209-218, 2007.
- WEBB, C. O.; ACKERLY, D. D.; MCPEEK, M. A.; DONOGHUE, M. J. Phylogenies and community ecology. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, p. 475-505, 2002.
- YIN, K.; SONG, X. X.; LIU, S.; KAN, J.; QIAN, P. Y. Is inorganic nutrient enrichment a driving force for the formation of red tides?: A case study of the dinoflagellate *Scrippsiella trochoidea* in an embayment. **Harmful Algae**, n. 8, v. 1, p. 54-59, 2008.