

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL ANTONIO PARIZZI

PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA E DINÂMICA DO FITOPLÂNCTON EM UM  
ESTUÁRIO SUBTROPICAL: UMA ABORDAGEM EM DIFERENTES ESCALAS  
TEMPORAIS

PONTAL DO PARANÁ

2014

**RAFAEL ANTONIO PARIZZI**

**PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA E DINÂMICA DO FITOPLÂNCTON EM UM  
ESTUÁRIO SUBTROPICAL: UMA ABORDAGEM EM DIFERENTES ESCALAS  
TEMPORAIS**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pelo aluno Rafael Antonio Parizzi, como requisito parcial para o título de Mestre.

Orientadora: Dra. Eunice da Costa Machado

Co-orientador: Dr. Luiz Laurenno Mafra Junior

**PONTAL DO PARANÁ**

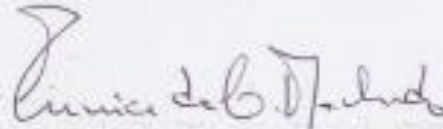
**MARÇO DE 2014**

*“Produtividade primária e fitoplâncton em um estuário subtropical (baía da Babitonga): Uma abordagem em diferentes escalas temporais”*

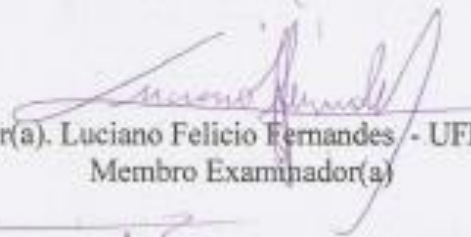
POR

Rafael Antonio Parizzi

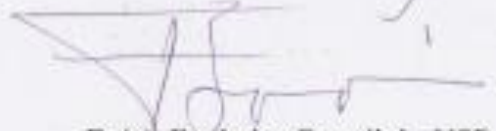
Dissertação nº 117 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre(a) no Curso de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Dr(a). Eunice da Costa Machado  
Orientador(a) e Presidente(a)



Dr(a). Luciano Felício Fernandes - UFPR  
Membro Examinador(a)



Dr(a). Frederico Brandini - USP  
Membro Examinador(a)

Pontal do Paraná, 17/03/2014.

CATALOGAÇÃO NA FONTE:  
UFPR / SIBI - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar

P234p Parizzi, Rafael Antonio  
Produtividade primária e fitoplâncton em um estuário subtropical (baía da Babitonga):  
uma abordagem em diferentes escalas temporais. / Rafael Antonio Parizzi. – Pontal do  
Paraná, 2014.  
51 f.; 29 cm.

Orientadora: Dra. Eunice da Costa Machado.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e  
Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal  
do Paraná.

1. Ocenografia biológica. 2. Produtividade primária. 3. Fictoplâncton. 4. Escalas  
temporais. 5. Baía de Babitonga. I. Título. II. Machado, Eunice da Costa. III. Universidade  
Federal do Paraná.

CDD 574.92



## CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS COSTEIROS E OCEÂNICOS

Centro de Estudos do Mar - Setor Ciências da Terra - UFPR  
Avn. Beira-mar, s/nº - Pontal do Sul - Pontal do Paraná - Paraná - Brasil  
Tel. (41) 3311-9644 - Fax (41) 3311-8888 - www.cem.ufpr.br - E-mail: pgsc@ufpr.br

### TERMO DE APROVAÇÃO

Rafael Antonio Parizzi

#### **Produtividade primária e fitoplâncton em um estuário subtropical (baía da Babitonga): Uma abordagem em diferentes escalas temporais**

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre(a) em Sistemas Costeiros e Oceânicos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Dr(a). Eunice da Costa Machado  
Orientador(a) e Presidente(a)

Dr(a). Luciano Felício Fernandes - UFPR  
Membro Examinador(a)

Dr(a). Frederico Brandini - USP  
Membro Examinador(a)

Pontal do Paraná, 17/03/2014.

*Dedico à minha família.*

## AGRADECIMENTOS

*Não poderia deixar de agradecer, em especial,*

*à Dra. Eunice Machado e ao Dr. Luiz Mafra pela fundamental orientação, apoio e  
confiança,*

*ao Dr. Maurício Camargo pelo auxílio nas análises,*

*ao Dr. Luciano F. Fernandes pela ajuda na identificação do fitoplâncton,*

*aos coordenadores e professores do PGSISCO pelos ensinamentos,*

*à todos os profissionais do Centro de Estudos do Mar,*

*aos amigos dos laboratórios de Biogeoquímica Marinha e Microalgas, Bruno, Thais,  
Luana, Pedro e Camila,*

*aos amigos de Pontal do Sul, Marcelo, Andre, Márcia, João Bosco, Tuan, Mário,  
Mihael, Dafne e Manuela, pela parceria.*

*à Capes pelo financiamento,*

*à minha família por tudo,*

*e a todos que, de alguma forma, tenham contribuído para a realização desta  
dissertação, meu Muito Obrigado.*

## **PREFÁCIO**

A dissertação aqui apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas Costeiros e Oceânicos, pelo Programa da Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná (UFPR), segue as orientações do modelo proposto pelo manual do mestrando, no formato de artigo científico. Primeiramente é apresentado um resumo e uma introdução geral sobre o trabalho, e posteriormente, a dissertação em si, formatada de acordo com as normas gerais da revista científica pretendida para a publicação. O presente estudo foi desenvolvido na baía da Babitonga, litoral norte de Santa Catarina, durante o período de 2012 e de 2013, com o objetivo de investigar a variabilidade, em diferentes escalas temporais, das propriedades físico-químicas descritoras da coluna da água, da concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos, das taxas de produtividade primária e da composição e abundância da comunidade do fitoplâncton. No fim do manuscrito são apresentados os dados brutos, na forma de tabelas, a fim de disponibilizar todas as informações, inclusive aquelas que eventualmente não tenham ficado evidentes no corpo do artigo.

## RESUMO

A variabilidade em diferentes escalas temporais das propriedades físico-químicas descritoras da coluna da água, da produtividade primária e do fitoplâncton foi analisada na baía da Babitonga (SC) através de um delineamento amostral hierárquico que compreendeu os períodos de primavera de 2012 e verão de 2013. Em cada estação do ano, foram selecionados dois meses (outubro/novembro e fevereiro/março), em cada mês foram selecionados duas semanas e em cada semana, dois dias. Em cada dia, foram realizadas amostragens e experimentos em quatro pontos que foram considerados como réplicas da região mediana do estuário. Através de uma análise de variância a diferença entre as estações, meses, semanas e dias foi testada estatisticamente. A salinidade, o pH e a transparência da água não apresentaram variação expressiva entre a primavera e o verão, com diferença significativa apenas na menor escala temporal, entre os dias. A salinidade refletiu, em escala mensal, os índices pluviométricos. O fosfato e o material particulado em suspensão também exibiram variabilidade significativa na escala de meses, em função das maiores concentrações observadas em outubro para ambos. Com relação aos compostos nitrogenados dissolvidos, as médias mensais e entre as estações de primavera e verão foram semelhantes, contudo diferenças significativas foram observadas em curta escala, especialmente entre as semanas. Essa variabilidade em pequena escala temporal foi similarmente verificada para a abundância e composição do fitoplâncton, e também para as taxas de produção primária. Apenas a temperatura da água, o oxigênio dissolvido, o silicato e as taxas de respiração da coluna da água exibiram uma diferença expressiva em maior escala temporal, entre as estações de primavera e verão. A menor concentração de oxigênio dissolvido no verão foi associada às maiores taxas de respiração observadas nesta época, enquanto que o aumento da concentração de silicato foi relacionado aos elevados índices de precipitação pluviométrica. Além de diferir significativamente entre os dias, a produção primária também variou em maior escala, entre os meses. A maior taxa de produção primária foi de  $1793 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  observada no dia 5 de fevereiro e a menor de  $10,48 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  no dia 5 de março. A variabilidade nas taxas de produção primária estiveram associadas principalmente com os níveis da radiação fotossinteticamente ativa, com as condições climáticas nos dias das coletas e experimentos e também com a dinâmica do fitoplâncton. A abundância total do microfitoplâncton variou entre  $0,04 \text{ cel. L}^{-1} \times 10^6$  registrado nos dias 18 e 20 de março, e  $1,7 \text{ cel. L}^{-1} \times 10^6$ , observado dia 18 de fevereiro, durante uma floração de *Skeletonema costatum*. A composição e abundância específica do fitoplâncton variou em todas as escalas temporais. Diatomáceas como *Cyclotella* sp., *Cylindrotheca closterium*, *Psamodictyon panduriformis*, *Diploneis* spp., *Thalassionema* spp. e *Thalassiosira* spp. além de dinoflagelados como *Ceratium hircus*, *Dinophysis acuminata*, *Prorocentrum* spp. e *Protoperidinium* spp. foram comuns em quase todas as amostragens, contudo, outras como *Skeletonema costatum*, *Guinardia* sp., *Eucampia cornuta*, *Oxyphysis oxytoxoides*, *Corethron criophilum*, *Gymnodinium* spp., *Prorocentrum minimum* e *Gyrodinium* sp. ocorreram de forma pontual e/ou elevada abundância, sendo as principais responsáveis pela variabilidade temporal nas associações fitoplanctônicas observada nas diferentes escalas temporais. Os presentes resultados denotam uma acentuada variabilidade na produção primária, na composição e abundância do fitoplâncton e fatores ambientais em diferentes escalas temporais na baía da Babitonga. Estudos realizados em ecossistemas estuarinos devem considerar essa dinâmica dos parâmetros bióticos e abióticos da coluna da água, incluindo em curta escala temporal, a fim de obterem resultados que sejam realmente representativos.

**Palavras-chave:** Produtividade, fitoplâncton, escalas temporais, variabilidade.

## ABSTRACT

The variability in different time scales of physico-chemical properties of the water column, and the primary productivity of phytoplankton was analyzed at Babitonga bay (SC) through a hierarchical sampling design that encompassed the periods of spring 2012 and summer 2013. In each season, we selected two months (October/November and February/March), in each month was selected two weeks, and in each week, two days. On each day, samples and experiments were performed on four points which were considered as reply of the middle region of the estuary. Through a analysis of variance, the difference between the seasons, months, weeks and days was statistically tested. The salinity, pH and water transparency showed no significant variation between spring and summer, with a significant difference only in the smallest time scale, between days. Salinity reflected in monthly scale, the rainfall rates. Phosphate and suspended particulate material also showed significant variability on the scale of months, due to higher concentrations observed in October for both. With respect to dissolved nitrogen compounds, monthly averages and between spring and summer seasons were similar, but significant differences were observed in short scale, especially between weeks. This variability in short timescale was similarly observed for the abundance and composition of phytoplankton, and also the rates of primary production. The water temperature, dissolved oxygen, silicate and respiration rates of the water column showed a significant difference in greater timescale, between spring and summer. The lowest dissolved oxygen concentration in summer was associated with higher rates of respiration observed in this season, while the increase of silicate concentration was related to the high levels of precipitation. In addition to differ significantly between days, primary production also varied on a larger scale, between the months. The highest rate of primary production was  $1793 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  observed on 5 of february and the lowest of  $10,48 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  on 5 of march. The variability in rates of primary production were mainly associated with the levels of photosynthetic active radiation, weather conditions in the days of sampling and experiments and also with the dynamics of phytoplankton. The total abundance of microphytoplankton ranged between  $0,04 \text{ cel. L}^{-1} \times 10^6$  recorded in the 18 and 20 of march, and  $1,7 \text{ cel. L}^{-1} \times 10^6$ , observed in 18 of february, during a bloom of *Skeletonema costatum*. The specific composition and abundance of phytoplankton varied on all time scales. Diatoms as *Cyclotella* sp., *Cylindrotheca closterium*, *Psamodictyon panduriformis*, *Diploneis* spp., *Thalassionema* spp. and *Thalassiosira* spp., as well as dinoflagellates *Ceratium hircus*, *Dinophysis acuminata*, *Prorocentrum* spp. and *Protoperidinium* spp. were common in almost all samples, however, other as *Skeletonema costatum*, *Guinardia* sp., *Eucampia cornuta*, *Oxyphysis oxytoxoides*, *Corethron criophilum*, *Gymnodinium* spp., *Prorocentrum minimum* and *Gyrodinium* sp. occurred in a punctual time and/or high abundance, being the main responsible for temporal variability in phytoplankton associations observed in different time scales. The present results denote a marked variability in primary production, composition and abundance of phytoplankton and environmental factors at different time scales in the bay of Babitonga. Studies in estuarine ecosystems should consider this dynamic of biotic and abiotic parameters of the water column, including short timescale, in order to obtain results that are truly representative.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	5
<b>3. RESUMO</b> .....	9
<b>4. ABSTRACT</b> .....	10
<b>5. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>6. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	12
6.1 Área de estudo.....	12
6.2 Delineamento amostral e análise dos dados.....	14
6.3 Parâmetros físico-químicos e meteorológicos.....	15
6.4 Produção primária e respiração na coluna d'água (método do O <sub>2</sub> dissolvido).....	15
6.5 Análise quali-quantitativa do fitoplâncton.....	16
<b>7. RESULTADOS</b> .....	17
7.1 Variabilidade temporal dos fatores ambientais e dados meteorológicos.....	17
7.2 Variabilidade temporal das taxas de produção primária integrada na coluna da água, composição e abundância do fitoplâncton.....	23
<b>8. DISCUSSÃO</b> .....	30
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	34
<b>10. ANEXOS</b> .....	41

## INTRODUÇÃO GERAL

Ao longo dos últimos anos, grande esforço tem sido realizado para compreender o funcionamento, os mecanismos de variabilidade e a relação entre produção e consumo de matéria orgânica em ecossistemas costeiros (ALMEIDA *et al.* 2005; BORGES *et al.* 2005; AZEVEDO *et al.* 2006; BORGES *et al.* 2006; THOTTANTHIL *et al.* 2008; SARMA *et al.* 2009; CHEN & BORGES, 2011). A produção primária realizada pelo fitoplâncton é um fator chave na dinâmica e suplemento de carbono orgânico para as teias alimentares pelágicas em ecossistemas estuarinos, embora espécies de micro e macroalgas bentônicas, manguezais e marismas também contribuam substancialmente em muitos casos (LALLI & PARSONS, 1997; PEREIRA & SOARES GOMES, 2009). O conhecimento sobre as taxas de produção primária (P.P.), respiração (R) e sua variabilidade é importante para o entendimento dos ciclos de produção, transformação e (re)mineralização da matéria orgânica.

Localizados na interface continente-oceano, os estuários recebem influência dos ambientes adjacentes através da drenagem continental e variações no nível da maré. Assim, constituem ambientes bastante complexos e dinâmicos, com amplas variações nos condicionantes físicos e químicos, que por sua vez irão influenciar diretamente nas associações biológicas ali presentes (SOUZA-CONCEIÇÃO, 2008; SARMA *et al.* 2009). Nestas áreas, o continente, os rios, o oceano, a atmosfera e a biota interagem com heterogeneidade temporal e espacial nos fluxos de carbono. Com altas taxas de produção e remineralização de matéria orgânica, desempenham importante papel nos ciclos biogeoquímicos (CHEN & BORGES, 2011). Através do fluxo dos rios, materiais de origem orgânica e inorgânica presentes em sua bacia de drenagem são transportados para estes ambientes. Durante períodos de maior precipitação, este transporte se intensifica, resultando em modificações significantes nos parâmetros da coluna d'água, tais como o aumento na concentração de material particulado em suspensão e conseqüentemente na turbidez, a diminuição na salinidade e o aumento na concentração de nutrientes e matéria orgânica alóctone (SARMA *et al.* 2009). As relações entre o aporte e produção de material orgânico e inorgânico influenciam diretamente nas taxas de produção e degradação da matéria orgânica, sendo estes, portanto, os principais fatores reguladores destes processos (HOPKINSON & VALLINO 1995).

Apesar de serem considerados como ambientes de transição e representarem uma pequena área em relação ao oceano global, tais ecossistemas desempenham um

importante papel no ciclo biogeoquímico do carbono, pois possuem altas taxas de produção e remineralização de matéria orgânica (GAZEAU *et al.* 2004; BORGES *et al.* 2005; CHEN & BORGES, 2011). O conhecimento sobre os principais fatores que controlam a diversidade e funcionamento de tais ambientes é fundamental para entender como estes responderão a mudanças climáticas e alterações causadas pelo homem. A determinação do estado trófico é fundamental para compreender o papel de tais sistemas como fonte de matéria orgânica para a zona costeira adjacente, bem como seu papel como fonte ou sumidouro de CO<sub>2</sub> em relação à atmosfera. Variações na produção primária, respiração e pCO<sub>2</sub> são interpretadas por alguns autores como o resultado de alterações na diversidade da comunidade de fitoplâncton, nutrientes, disponibilidade de matéria orgânica e turbidez. Portanto, é bastante provável que o balanço metabólico em estuários esteja intimamente relacionado com a diversidade biológica (SMITH & KEMP, 2001; BORGES *et al.* 2005; BORGES *et al.* 2006;). Estes elementos salientam a importância de compreender os fatores que controlam a composição da comunidade fitoplanctônica em áreas estuarinas e costeiras.

A produção primária depende de fatores físicos (temperatura e irradiância), químicos (nutrientes) e biológicos, tais como a composição específica do fitoplâncton, biomassa e taxas de herbivoria (CABEÇADAS *et al.* 1999). Alguns trabalhos têm sugerido que, em estuários, onde os nutrientes são abundantes, a produção pelo fitoplâncton é proporcional à quantidade de irradiância luminosa que penetra na coluna d'água (UNDERWOOD & KROMKAMP, 1999; KOCUM *et al.* 2002; DOMINGUES *et al.* 2011), que por sua vez é controlada pela quantidade de material particulado em suspensão. A produção primária em estuários pode ser bastante elevada, mas devido à limitação de luz (IRIGOIEN & CASLTEL, 1997; FISHER *et al.* 1999; KOCUM, 2002), esse potencial máximo raramente é alcançado. A limitação por luz pode ser espacialmente restrita a determinadas áreas do estuário, como a zona de máxima turbidez ou as áreas internas sujeitas a intensas correntes de maré e ressuspensão de material depositado.

A concentração de nutrientes também é um fator chave para o crescimento do fitoplâncton, influenciando na produtividade, biomassa e composição da comunidade (ZHENG *et al.* 2001; PENG *et al.* 2002). A limitação por nutrientes é comum em alguns ambientes durante determinadas épocas do ano, em geral, em períodos de maior produtividade e consequente assimilação destes, como na primavera e verão, registrado por Domingues *et al.* (2011), no estuário do rio Guadiana, na Espanha, por exemplo. Em estuários, a hidrodinâmica, a concentração de nutrientes e a transparência da água são

bastante dinâmicos e possuem acentuada variabilidade, tanto em menor escala, quanto em escala sazonal e interanual. Toda essa variabilidade é determinante para as taxas de produção primária (P.P.), respiração (R) e para a sucessão das espécies fitoplanctônicas.

Outro importante fator que influencia na dinâmica estuarina é a pressão antrópica. O impacto de atividades humanas na diversidade e funcionamento de ecossistemas costeiros não deve ser ignorado, uma vez que grande porcentagem da população mundial habita em uma região de até 100 km da costa (HALPERN *et al.* 2008). Por exemplo, a descarga de águas contaminadas com resíduos de origem doméstica, agrícola e industrial aumenta a quantidade de matéria orgânica e nutrientes no ambiente. Assim, em um primeiro momento, pode haver um aumento nas taxas de produção, mas este é seguido por um aumento nas taxas de respiração em função da degradação da grande quantidade de matéria orgânica introduzida e também gerada *in situ* (HOPKINSON & VALLINO, 1995; AZEVEDO *et al.* 2006).

Vários trabalhos já verificaram mudanças significativas na composição, biomassa e taxas de produção primária do fitoplâncton como resposta a atividades antrópicas em sistemas estuarinos (HARDING & PERRY, 1997; TELESH *et al.* 1999). De forma geral, estes impactos e alterações são bem compreendidos e documentados (SONG *et al.* 2004; SMITH *et al.* 2006). A eutrofização, a ocorrência mais frequente de florações de microalgas (*blooms*), incluindo de espécies potencialmente nocivas, bem como a alterações nas taxas de produção primária, dos padrões de biomassa e da composição das espécies de fitoplâncton são algumas características associadas a ecossistemas sob impactos antrópicos significantes. O estuário alvo do presente estudo, a baía da Babitonga, no litoral norte de Santa Catarina, vem sofrendo forte pressão antrópica, uma vez que possui em seu entorno a maior cidade e pólo industrial daquele estado. No entanto, estuários compreendem uma ampla variedade de condições hidrodinâmicas, tipos geomorfológicos e biológicos, fazendo com que a previsão de impactos para um ambiente específico seja particularmente difícil sem a realização de estudos adequados.

Embora muitos estudos tenham abordado as taxas de produtividade, biodiversidade e abundância do fitoplâncton em estuários, ainda existem lacunas sobre o conhecimento acerca da variabilidade e dos principais mecanismos que atuam nas diferentes escalas temporais e espaciais. Neste sentido, poucas pesquisas utilizam abordagens com enfoque na variabilidade em menor escala temporal, sendo restritos, geralmente, a levantamentos mensais, bimestrais ou sazonais da diversidade e abundância fitoplanctônica. A variabilidade em pequena escala pode estar relacionada a forçantes

físicas, químicas e biológicas e a eventos meteorológicos, tais como episódios de alta precipitação pluviométrica, entrada de frentes e variações no nível de maré, nas correntes, nas taxas de herbivoria e na competição entre espécies. Através destas informações será possível avaliar e distinguir melhor a variabilidade em maior escala, como a sazonal, da que possivelmente ocorre em menor escala. Também poderá se entender quais os principais fatores ambientais e parâmetros físico-químicos que influenciam na dinâmica do fitoplâncton e nas taxas de produtividade primária, além de auxiliar na definição de delineamentos amostrais adequados para atender objetivos específicos em ecossistemas estuarinos. Neste sentido, o objetivo central deste trabalho é o de investigar a variabilidade, em diferentes escalas temporais, dos parâmetros físico-químico descritores da coluna da água, da concentração dos nutrientes inorgânicos dissolvidos, das taxas de produção primária e da composição e abundância da comunidade fitoplanctônica, ao longo das estações de primavera e verão de 2012/2013, na baía da Babitonga, estado de Santa Catarina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA. M.A.; CUNHA M.A.; ALCÂNTARA F. Relationship of bacterioplankton production with primary production and respiration in a shallow estuarine system (Ria de Aveiro, NW Portugal). *Microbiological Research*, v. 160, p. 315 - 328, 2005.

AZEVEDO I.C.; DUARTE P.M.; BORDALO A.A. Pelagic metabolism of the Douro estuary (Portugal) and Factors controlling primary production. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 69, p. 133 - 146, 2006.

BORGES A.V.; DELILLE B.; FRANKIGNOULLE M. Budgeting sinks and sources of CO<sub>2</sub> in the coastal ocean: diversity of ecosystems counts. *Geophysical Research Letters*, v. 32, p. 14601 – 14604, 2005.

BORGES A.V.; SCHIETTECATTE L.S.; ABRIL G.; DELILLE B.; GAZEAU E. Carbon dioxide in European coastal waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 70, p. 375 – 387, 2006.

CABEÇADAS G.; NOGUEIRA M.; BROGUEIRA M.J. Nutrient dynamics and productivity in three European estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, v. 38, n. 12, p. 1092 - 1096, 1999.

CHEN C.T.A.; BORGES A.V. Reconciling opposing views on carbon cycling in the coastal ocean: Continental shelves as sinks and near-shore ecosystems as sources of atmospheric CO<sub>2</sub>. *Deep-Sea Research II*, v. 56, p. 578 – 590, 2011.

DOMINGUES R.B.; ANSELMO T.P.; BARBOSA A.B.; SOMMER U.; GALVÃO H.M. Light as a driver of phytoplankton growth and production in the freshwater tidal zone of a turbid estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 91, 526 - 535, 2011.

FISHER T.R.; GUSTAFSON A.B.; SELLNER K.; LACOUTURE R.; HAAS L.W.; WETZEL R.L.; MAGNIEN R.; EVERITT D.; MICHAELS B.; KARRH R. Spatial and

temporal variation of resource limitation in Chesapeake Bay. *Marine Biology*, v. 133, p. 763 - 778, 1999.

GAZEAU F.; SMITH S.V.; GENTILI B.; FRANKIGNOULLE M.; GATTUSO J.P. The European coastal zone: characterization and first assessment of ecosystem metabolism. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 60, p. 673 – 694, 2004.

HALPERN B.S.; WALBRIDGE S.; SELKOE K.A.; KAPPEL C.V.; MICHELI F.; D'AGROSA C.; BRUNO J.F.; CASEY K.S.; EBERT C.; FOX H.E.; FUJITA R.; HEINEMANN D.; LENIHAN H.S.; MADIN E.M.P.; PERRY M.T.; SELIG E.R.; SPALDING M.; STENECK R.; WATSON R. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, v. 319, p. 948 – 952. 2008.

HARDING JR. L.W.; PERRY E.S. Long-term increase of phytoplankton biomass in Chesapeake Bay, 1950–1994. *Marine Ecology Progress Series*, v. 157, p. 39 – 52. 1997.

HOPKINSON C.; VALLINO J. The relationships among mans activities in watersheds and estuaries, a model of runoff effects on patterns of estuarine community metabolism. *Estuaries* v. 18, p. 598 - 621. 1995.

IRIGOIEN X.; CASTEL J. Light limitation and distribution of chlorophyll pigments in a highly turbid estuary, The Gironde (SW France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 44, p. 507 - 517, 1997.

KOCUM E.; UNDERWOOD G.J.C.; NEDWELL D.B. Simultaneous measurement of phytoplanktonic primary production, nutrient and light availability along a turbid, eutrophic UK east coast estuary (the Colne estuary). *Marine Ecology Progress Series* v. 231, p. 1 - 12, 2002.

LALLI C.M.; PARSONS T.R. *Biological oceanography: an introduction*. 2° Ed. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1997.

PENG Y.; SUN L.; CHEN H.; WANG Z. Study on eutrophication and change of nutrients in the Daya Bay. *Marine Science Bulletin*, v. 21, p. 44 – 49, 2002.

PEREIRA R.C.; SOARES – GOMES A. *Biologia Marinha*. 2º ed. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 2009.

SARMA V.V.S.S.; GUPTA S.N.M.; BABU P.V.R.; ACHARYA T.; HARIKRISHNACHARI N.; VISHNUVARDHAN K.; RAO N.S.; REDDY N.P.C.; SARMA V.V.; SADHURAM Y.; MURTY T.V.R.; KUMAR M.D. Influence of river discharge on plankton metabolic rates in the tropical monsoon driven Godavari estuary, India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 85, p. 515 – 524, 2009.

SMITH E.M.; KEMP W.M. Size structure and the production/respiration balance in a coastal plankton community. *Limnology and Oceanography*, v. 46, p. 473 – 485, 2001.

SMITH V.H.; JOYE S.B.; HOWARTH R.W. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*, v. 51, p. 351 – 355, 2006.

SONG X.; HUANG L.; ZHANG J.; HUANG X.; ZHANG J.; YIN J.; TAN Y.; LIU S. Variation of phytoplankton biomass and primary production in Daya Bay during spring and summer. *Marine Pollution Bulletin*, v. 49, p. 1036 – 1044, 2004.

SOUZA – CONCEIÇÃO J. M. Praias estuarinas como habitat de criação para estágios iniciais de peixes na ilha de São Francisco do Sul (baía da Babitonga, SC). Tese (Doutorado em zoologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

TELESH I.V.; ALIMOV A.F.; GOLUBKOV S.M.; NIKULINA V.N.; PANOV V.E. Response of aquatic communities to anthropogenic stress: a comparative study of Neva Bay and the eastern Gulf of Finland. *Hydrobiologia*, v. 393, p. 95 – 105, 1999.

THOTTANTHIL S.D.; BALACHANDRAN K.K.; GUPTA G.V.M.; MADHU N.V.; NAIR S. Influence of allochthonous input on autotrophic heterotrophic switch-over in shallow waters of a tropical estuary (Cochin Estuary), India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 78, p. 551 - 562, 2008.

UNDERWOOD G.J.C.; KROMKAMP J. Primary production by phytoplankton and microphytobenthos in estuaries. *Advances in Ecological Research*, v. 29, p. 93 - 153, 1999.

ZHENG A.R.; SHEN H.W.; LIU J.X.; LI W.Q.; CHEN Q.H. The mechanism of low nutrients-high productivity in Daya Bay. *Marine Sciences*, v. 25 n. 11, p. 18 - 52, 2001.

**PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA E DINÂMICA DO FITOPLÂNCTON EM UM ESTUÁRIO SUBTROPICAL: UMA ABORDAGEM EM DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS.**

**PRIMARY PRODUCTIVITY AND PHYTOPLANKTON DYNAMICS IN A SUBTROPICAL ESTUARY: A MULTIPLE TIME-SCALE APPROACH.**

Revista pretendida: Journal of Plankton Research, Qualis Capes = Estrato A2, ISS (0142-7873)

Rafael Antonio Parizzi, Eunice da Costa Machado, Luiz Laurenno Mafra Junior

Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná. Caixa Postal 50002, 83255-000, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. E-mail: r.parizzi@hotmail.com

**RESUMO**

A variabilidade temporal da produtividade primária, do fitoplâncton e dos parâmetros físico-químicos foi analisada na baía da Babitonga (SC) nas escalas de meses, semanas e dias, através de um delineamento amostral hierárquico no período entre a primavera de 2012 e verão de 2013. Apenas a temperatura, a taxa de respiração, a concentração de oxigênio dissolvido e de silicato exibiram uma diferença expressiva em maior escala temporal, entre a primavera e verão. Os parâmetros físico-químicos e os compostos nitrogenados variaram principalmente em menor escala, entre as semanas e dias. Essa variabilidade em curta escala foi similarmente verificada para o fitoplâncton, que diferiu em todas as escalas. A abundância total do microfitoplâncton variou entre 0,04 cel. L<sup>-1</sup> x 10<sup>6</sup>, registrado em março, e 1,7 cel. L<sup>-1</sup> x 10<sup>6</sup> observada em fevereiro durante uma floração de *Skeletonema costatum*. A produção primária variou entre 10,48 e 1793 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, e sua variabilidade, significativa entre dias e meses, esteve associada com os níveis de radiação fotossinteticamente ativa, com as condições climáticas nos dias das coletas e

experimentos e também com dois cenários de associações fitoplanctônicas, onde os principais táxons foram diatomáceas cêntricas maiores que 30µm, *Cyclotella* spp. e *Cymatodiscus* sp. ou espécies de pequeno tamanho celular, como *Skeletonema costatum* e *Eucampia cornuta*, desenvolvendo floração.

## ABSTRACT

The temporal variability of physico-chemical parameters and primary productivity of phytoplankton was analyzed at Babitonga bay (SC) on the scale of months, weeks and days, through a hierarchical sampling design in the period between spring 2012 and summer 2013. Only the temperature, respiration rate, the concentration of dissolved oxygen and silicate exhibited a significant difference in greater timescale between spring and summer. Physico-chemical parameters and nitrogen compounds ranged mostly on a smaller scale, between weeks and days. This short scale variability was similarly observed for phytoplankton, which differed on all scales. The total abundance of microphytoplankton ranged between 0,04 cel. L<sup>-1</sup> x 10<sup>6</sup>, recorded in March and 1,7 cel. L<sup>-1</sup> x 10<sup>6</sup> observed in february during a bloom of *Skeletonema costatum*. Primary production rates ranged from 10.48 to 1793 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, and its variability, significant between days and months, was associated with the levels of photosynthetic active radiation, weather conditions in the days of sampling and experiments and also with two scenarios of phytoplankton associations, where the main taxa were centric diatoms larger than 30µm, *Cyclotella* spp. and *Cymatodiscus* sp. or species of small cell size, as *Skeletonema costatum* and *Eucampia cornuta*, developing a bloom.

## INTRODUÇÃO

A produção primária realizada pelo fitoplâncton é um fator chave na dinâmica e no suplemento de carbono orgânico para as teias alimentares pelágicas em ecossistemas costeiros (Lalli & Parsons, 1997; Pereira & Soares gomes, 2009; Chen & Borges, 2009). Localizados na interface entre os ambientes de origem continental e oceânico, os estuários recebem influência de ambos e portanto, constituem ecossistemas altamente complexos e dinâmicos, com acentuada variabilidade em suas características físico-químicas, que por sua vez influenciam diretamente nas taxas de produtividade primária, na composição e na abundância do fitoplâncton. Essa variabilidade é determinada por diversos fatores, tais como os ciclos sazonais da irradiância solar e precipitação pluviométrica, além da ação dos ventos e das marés, que atuam em conjunto e em diferentes escalas temporais e

espaciais (Malone *et al.* 1996; Mallin *et al.* 1999; Jouenne *et al.* 2005; Fujita & Odebrecht, 2007; Cloern & Jassby, 2010; Abreu *et al.* 2010; Ferland *et al.* 2011; Kimmerer *et al.* 2012). A determinação das diferentes escalas de variabilidade nos parâmetros ambientais e associações biológicas é um componente essencial em estudos ecológicos, especialmente quando se trata de ambientes altamente dinâmicos e complexos como os estuarinos. Apesar de representarem uma pequena parcela em relação aos oceanos como um todo, os estuários possuem altas taxas de produção e remineralização da matéria orgânica, e portanto desempenham um importante papel nos ciclos biogeoquímicos (Chen & Borges, 2009).

Embora muitos estudos tenham enfoque na produtividade, biodiversidade e abundância do fitoplâncton em estuários, ainda existem lacunas sobre o conhecimento acerca da variabilidade e dos principais mecanismos que atuam nas diferentes escalas temporais e espaciais. Neste sentido, poucas pesquisas utilizam abordagens com enfoque na variabilidade em menor escala temporal, sendo restritos, geralmente, a levantamentos mensais, bimestrais ou sazonais. A variabilidade em pequena escala pode estar relacionada a eventos meteorológicos e forçantes físicas, químicas e biológicas, tais como episódios de alta precipitação pluviométrica e entrada de frentes, bem como variações no nível de maré, nas correntes, nas concentrações de nutrientes dissolvidos, nas taxas de herbivoria e na competição entre espécies. Estudos mais refinados e atuais têm revelado uma maior complexidade na variação temporal da produtividade primária, da composição e biomassa do fitoplâncton em estuários (Jouenne *et al.* 2005; Fujita & Odebrecht, 2007; Cloern & Jassby, 2010; Abreu *et al.* 2010; Kimmerer *et al.* 2012), o que não era evidente em estudos pioneiros.

A identificação de padrões temporais, entretanto, é especialmente difícil quando se trata de ambientes dinâmicos como os estuários, tais como a baía da Babitonga, localizada no litoral norte de Santa Catarina (SC), Brasil. A região banhada pelo estuário tem elevada importância ecológica, econômica e social, já apresentando sinais de impactos gerados pela forte pressão antrópica ali presente. Possui em seu entorno os municípios de Araquari, Joinville, Itapoá, São Francisco do Sul, Barra do Sul e Garuva, que juntos, abrigam mais de 700 mil habitantes e o maior parque industrial de Santa Catarina. A problemática ambiental na baía da Babitonga é principalmente relacionada à contaminação de suas águas através de despejos industriais e domésticos provenientes dos municípios de seu entorno, desmatamentos, pesca predatória, caça clandestina, ocupação ilegal de áreas públicas e aterro dos bosques de mangue, além do assoreamento

acelerado e acúmulo de poluentes devido ao fechamento do canal do Linguado (IBAMA, 1998). Além disso, a cidade de São Francisco do Sul mantém intensa atividade portuária, o que demanda um monitoramento ambiental regular da região.

A abordagem aqui utilizada permitiu avaliar e distinguir melhor a variabilidade em maior escala temporal, como a mensal e sazonal, da que ocorre em menor escala, entre semanas e dias. A determinação das escalas de variabilidade para cada parâmetros também auxilia na definição de delineamentos amostrais adequados para atender objetivos específicos em estudos envolvendo ecossistemas estuarinos. Neste sentido, o objetivo central deste trabalho é o de investigar a variabilidade, em diferentes escalas temporais (dias, semanas, meses e estações do ano), dos parâmetros físico-químicos descritores da coluna da água, das taxas de produção primária e da composição e abundância da comunidade fitoplanctônica, ao longo das estações de primavera de 2012 e verão de 2013, na baía da Babitonga, SC.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### ***Área de estudo.***

Localizada no litoral norte de S.C. (26°02' e 26°28' Lat. S e 48°28' e 48°50' Long. W), a baía da Babitonga (fig. 1) é o maior complexo estuarino daquele estado e um dos principais do sul do Brasil. Caracteriza-se por possuir a mais meridional das grandes formações de manguezal do continente sul americano, com uma área de aproximadamente 6.200 hectares (Cremer *et al.* 2006; Ibama, 1998).

Considerada um corpo de água homogêneo, a baía possui uma área de 134 km<sup>2</sup> de lâmina de água e um volume de armazenamento de aproximadamente 780 milhões de m<sup>3</sup>. No setor oriental, ao norte, recebe influência do oceano Atlântico através de uma conexão de 1850 m de abertura, localizada entre a praia da Figueira, município de Itapoá, e a praia do Capri em São Francisco do Sul. Localizada às margens da Serra do Mar, seu complexo hídrico é composto por uma bacia de drenagem de 1400 km<sup>2</sup> (DENIT/IME, 2004).

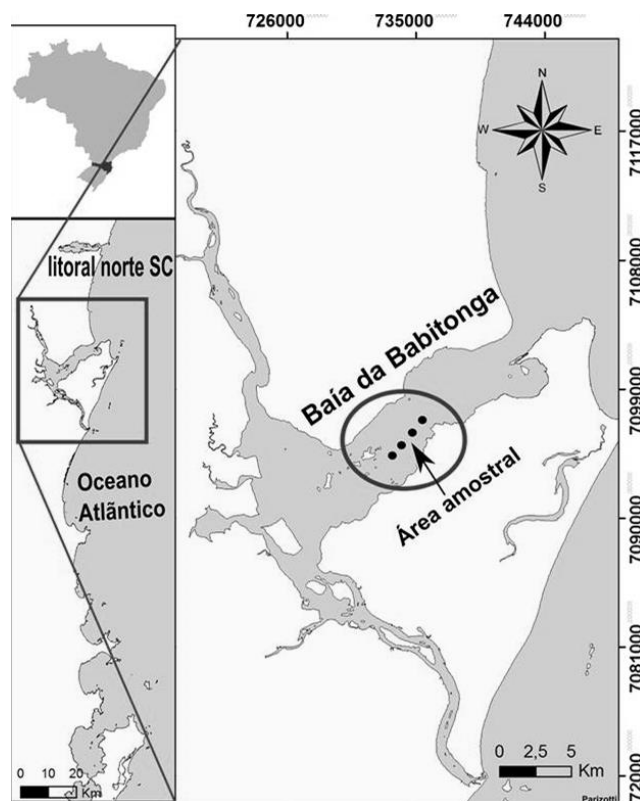


Figura 1: Localização da área de estudo no litoral norte catarinense, com destaque para a área amostral na região mediana do estuário.

Dentre os vários rios que desaguam na baía, os principais são o Cubatão Norte, Palmital, Parati e Cachoeira (DENIT/IME, 2004). Destes, o rio Cubatão Norte é o que possui uma bacia hidrográfica de maior magnitude, com início em uma região de maior altitude na Serra do Mar (1300 m) e comprimento aproximado de 75 km. A profundidade média da baía da Babitonga é 6 m e máxima 28 m no canal de acesso ao Porto de São Francisco do Sul, maior porto natural do estado de Santa Catarina (IBAMA, 1998). O clima da região é caracterizado como mesotérmico úmido, sem estação seca, com média pluviométrica anual em torno de 2000 mm e estações de inverno e verão bem definidas (Gonçalves *et al.* 2006). A proximidade com a Serra do Mar, a poucos quilômetros do oceano Atlântico, faz com que o deslocamento das massas atmosféricas oceânicas seja interrompido, ocasionando condições de temperatura, umidade e precipitação mais elevados na região da planície litorânea. Apesar de não possuir estação seca bem definida, os valores médios de precipitação demonstram uma variação sazonal no regime pluviométrico, com elevados índices na primavera e verão e menores no outono e inverno. A direção dos ventos predomina dos quadrantes leste e nordeste e o regime de marés semi-diurna é classificado dentro do domínio de micromarés, com amplitude máxima de aproximadamente 2 m (Truccolo & Schenttini, 1999).

### ***Delimitação amostral e análise dos dados.***

As coletas e os experimentos *in situ* foram realizados em escalas temporais distintas ao longo das estações de primavera de 2012 e verão de 2013, sempre em maré de quadratura, a fim de minimizar sua influência nos resultados. Em cada estação do ano, foram selecionados dois meses (outubro, novembro; fevereiro e março), em cada mês, selecionadas duas semanas e, finalmente, em cada semana, selecionados dois dias. Os dias, semanas, meses e estações do ano foram selecionados de forma aleatória e são considerados representativos de sua respectiva escala temporal, sendo considerados fatores aleatórios e fontes aninhadas de variabilidade dentro de uma análise hierárquica. Em cada dia foram realizadas coletas e experimentos em quatro pontos amostrais na região mediana do estuário. A profundidade dos pontos variaram entre 6 e 7m, com aproximadamente 300m de distância entre si. Estes pontos (A, B, C e D) foram considerados como réplicas para cada dia de coleta. Os resultados dos descritores físico-químicos da coluna d'água, da concentração de nutrientes e das taxas de produção primária e respiração foram analisados através de uma ANOVA em escala temporal (dia, semana, mês e estação do ano), no programa R 2.13.1 (R development core team, 2012), utilizando o pacote GAD (Sandrini-Neto & Camargo, 2010). Também foram calculados os componentes de variância para cada variável a fim de se determinar em qual escala temporal ocorreu maior variabilidade dos resultados. A normalidade e homocedasticidade dos dados, pressupostos da análise de variância, foram testadas pela análise de Shapiro-Wilk e Cochran, e quando não atendidas, foram transformados por  $\log(x)$  ou raiz quadrada.

Para testar simultaneamente a variação das associações dos táxons fitoplanctônicos em relação às diferentes escalas temporais foi realizada uma PERMANOVA, uma análise de variância que utiliza permutações para se obter o *P*-valor. Posteriormente, uma análise de escalonamento multidimensional (MDS) foi realizada para visualização das tendências de variações temporais em relação as associações dos táxons fitoplanctônicos. Por fim, uma Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) também foi feita a fim de testar a relação entre as variáveis ambientais e os táxons fitoplanctônicos. As variáveis ambientais foram normalizadas e os dados de composição e abundância do fitoplâncton transformados por  $\log(x+1)$ . As análises de PERMANOVA, MDS e CAP foram calculadas a partir de uma matriz de similaridade de Bray-Curtis no pacote estatístico PRIMER 6.1.13 & PERMANOVA+ versão 1.0.3.

### ***Parâmetros físico-químicos e meteorológicos.***

No momento da coleta, os dados de temperatura, salinidade e pH foram registrados com termômetro padrão de Hg, refratômetro ATAGO e pH-metro DENVER UP-25, respectivamente. A transparência da água foi mensurada com um disco de Secchi. Amostras de água de subsuperfície foram coletadas com garrafa tipo “Van Dorn”, armazenadas em frascos e mantidas refrigeradas e na ausência de luz até o laboratório. Em laboratório, as amostras foram filtradas em filtros Whatmann GF/C ( $\varphi = 47$  mm) e os líquidos filtrados utilizados para a determinação dos nutrientes inorgânicos dissolvidos (amônio, nitrato, nitrito, fosfato e silicato) pelo método colorimétrico descrito por Grasshoff *et al.* (1983), em um espectrofotômetro SHIMADZU UV/V-1601. O material particulado em suspensão (seston) foi determinado pela técnica gravimétrica descrita por Strickland & Parsons (1972), mediante filtração de 250 cm<sup>3</sup> de água em filtros Whatmann GF/C ( $\varphi = 47$  mm). Os filtros foram mantidos a uma temperatura de 65° C durante aproximadamente 2 h, resfriados por mais 2 h e pesados em balança Mettler H5 1AR. Alíquotas para amostras de oxigênio dissolvido foram fixadas imediatamente após a coleta e conservadas em local escuro e sem variação de temperatura até a determinação de sua concentração por titulação seguindo o método descrito em Grasshoff *et al.* (1983). Os taxas de irradiância incidente nos dias dos experimentos, os índices de precipitação, direção e intensidade dos ventos foram obtidos de uma estação automática da EPAGRI, localizadas no município de Itapoá, SC, a aproximadamente 10 Km da baía.

### ***Produção primária e respiração na coluna d'água (método do O<sub>2</sub>).***

Para os experimentos de incubação *in situ* com populações naturais do fitoplâncton, em cada ponto, a água foi coletada em toda a coluna d'água por meio de uma mangueira transparente de 3 cm de diâmetro contendo uma válvula para fechamento em uma das extremidades. Após a perfilagem, o material era transferido para uma garrafa tipo Van Dorn no convés do barco, e a partir dela frascos do tipo D.B.O com volumes calibrados e tampas esmerilhadas foram preenchidos. A transposição das amostras para a garrafa, e da garrafa para os frascos era feita suavemente, afim de evitar a formação de bolhas. Os frascos foram colocados em tubos de acrílico recobertos com camadas de filme plástico de espessura diversa, representando níveis decrescentes de irradiância, e incubados dentro de duas caixas flutuantes, por um período de 3 h., sempre no intervalo entre 10 e 13 h. Os dois conjuntos de níveis de irradiância simulados foram: (i) 0, 5,7, 16,4, 20,2, 38, 42,9, 67,9 e 100%; e (ii) 0, 7, 20,2, 23,5, 40,4, 46,5, 68,1 e 100%. Para

cada um dos quatro experimentos, uma amostra foi imediatamente fixada para representar a concentração inicial de O.D., em tempo zero. Desta forma, foram estimadas simultaneamente as taxas de produção primária bruta em 7 níveis de luminosidade, além da taxa de respiração da comunidade. Para a conversão das taxas de produção primária e respiração, em unidades de carbono, foi utilizado um coeficiente fotossintético de 1,2 e um coeficiente respiratório de 1,0, conforme literatura (Asmus, 1982; Kirk, 1983; Biddanda et al. 1994; Almeida *et al.* 2005).

De posse dos dados de irradiância incidente (em  $W m^{-2}$ ), foi estimada a quantidade da radiação fotossinteticamente ativa (RFA em  $E m^{-2} d^{-1}$ ) através de um fator de conversão de 0,18, conforme Kimmerer *et al.* (2012), considerando que a RFA corresponde a 45% da radiação total incidente. A partir daí foram calculadas as profundidades correspondentes aos níveis de irradiância simulados nos frascos em cada dia de experimento. O modelo utilizado foi:  $Z = ([\ln E_0] - [\ln E_z]) / K$ , onde: Z é a profundidade de determinado nível de irradiância; K é o coeficiente de atenuação da luz, calculado através da transparência da água (Secchi) e um fator de conversão de 1,44 (Holmes, 1970);  $E_0$  é a quantidade de RFA na superfície e  $E_z$  é a RFA que corresponde a cada nível de luz simulado. A partir daí foram calculadas as taxas de produtividade para cada profundidade e extrapolada para toda a zona eufótica através de integração trapezoidal. Por fim, a P.P. mensurada durante o período de incubação foi extrapolada para todo período luminoso do dia, utilizando-se a curva diária de RFA, estimada a partir dos dados da estação meteorológica.

#### ***Análise quali-quantitativa do fitoplâncton.***

Amostras de fitoplâncton foram coletadas em toda coluna d'água com auxílio de uma mangueira de 5 cm de diâmetro contendo uma válvula para fechamento em uma das extremidades. Elas foram acondicionadas em frascos âmbar com solução lugol a uma concentração final de 2 %. A contagem e identificação do fitoplâncton eram realizadas em um microscópio invertido utilizando-se câmaras de contagem de Utermöhl, após sedimentação de 10 ou 25 mililitros das amostras, dependendo da densidade celular e de sedimento nas amostras. O microfitoplâncton ( $> 20\mu m$ ) foi identificado ao menor táxon possível de acordo com referências especializadas, tais como Tomas *et al.* (1997), Steidinger & Jangen (1997) e Hoppenrath *et al.* (2009). Um número mínimo de 500 células desta fração de tamanho foi contada por amostra na câmara inteira. Espécies mais abundantes foram contadas individualmente através de transectos. Em uma contagem

paralela, usando-se uma objetiva de maior aumento (40x), a abundância celular do nanoplâncton (<20  $\mu\text{m}$ ) também foi determinada por meio da análise de transectos, a contagem de todos os indivíduos foi feita em conjunto até aproximadamente 300 células. Desta forma, a precisão das contagens se manteve em torno de 90% do limite de confiança (Edler & Elbrachter, 2010).

## RESULTADOS

### *Variabilidade temporal dos fatores ambientais e dados meteorológicos.*

As figuras 2, 3 e 4 mostram os dados de precipitação acumulada diária, direção e intensidade dos ventos e a média diária de RFA durante o período investigado. Em outubro choveu menos que nos outros meses, com precipitação mensal acumulada de 28,6 mm. Em novembro, dezembro e janeiro houve um aumento, mas os meses mais chuvosos foram fevereiro e março, quando a precipitação acumulada foi de 405,4 e 377,8 mm, respectivamente. No início de outubro houve uma falha na estação meteorológica e os dados de direção e intensidade dos ventos não foram registrados. Nos demais dias de outubro e nos meses de novembro e dezembro a direção predominante dos ventos foi de SW, com velocidade que variou entre 0,5 a 2  $\text{m s}^{-1}$ . Em fevereiro, o mesmo padrão foi observado, contudo, na segunda semana de amostragem daquele mês, observou-se uma alteração na direção. Em março, diferente dos outros meses, o vento predominantemente foi do quadrante L e com intensidade máxima de 1,5  $\text{m s}^{-1}$ . A média de RFA para o período investigado foi de 58,78  $\text{E m}^{-2} \text{d}^{-1}$ . Nos dias das coletas e experimentos as médias diárias variaram entre 93,14  $\text{E m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , registrada no dia 20 de novembro, mês com maiores taxas de RFA, e 6,62  $\text{E m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , observado no dia 05 de março (fig. 4).

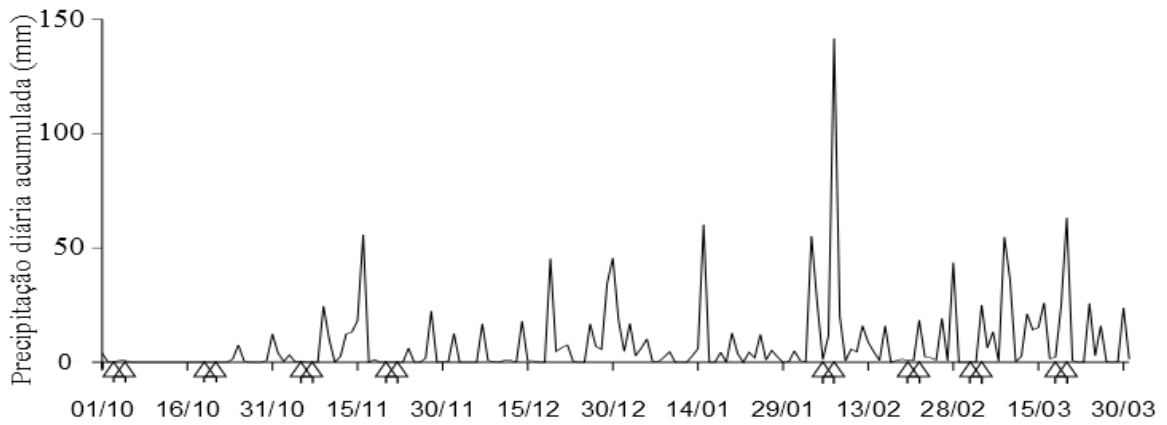


Figura 2: Variação temporal da precipitação diária acumulada no período de outubro de 2012 a março de 2013, na Baía da Babitonga, SC. As setas inseridas no eixo x indicam as datas de coletas.

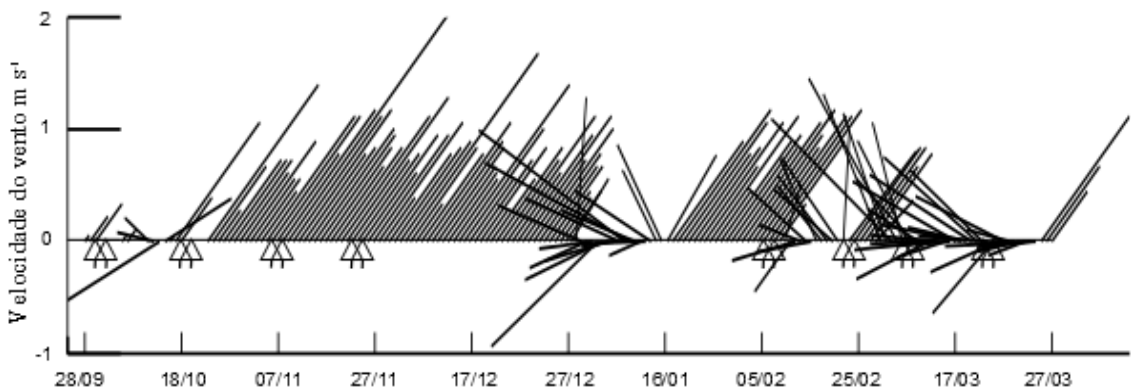


Figura 3: Variação temporal da direção e intensidade dos ventos no período de outubro de 2012 a março de 2013, na Baía da Babitonga, SC. As setas no eixo x indicam as datas de coleta.

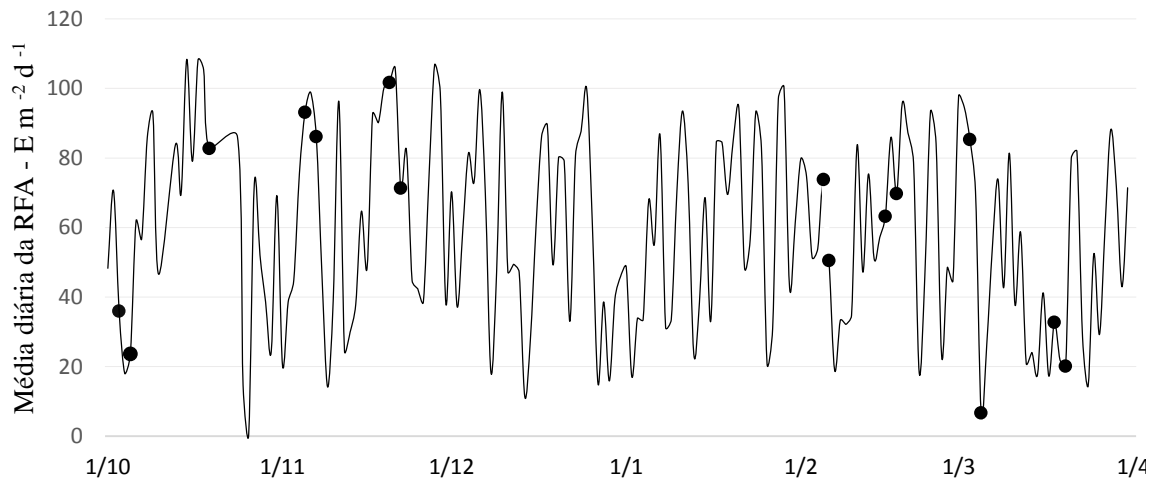


Figura 4: Variação temporal das médias diárias da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) no período de outubro de 2012 e março de 2013, na baía da Babitonga, SC. As linhas em vermelho representam a média de RFA nos dias das coletas e experimentos.

De maneira geral, os parâmetros físico-químicos e os nutrientes inorgânicos dissolvidos apresentaram valores semelhantes entre os pontos amostrais para cada dia de coleta. As médias diárias são apresentadas nas figuras 5 e 6. A temperatura média da água

aumentou da primavera para o verão (fig. 5), como esperado. Menor temperatura foi registrada em outubro (20 °C) e maior em fevereiro (27 °C). A análise do componente de variância registrou que a maior parte da variabilidade ocorreu na escala de meses (42,65%), seguido pelas estações do ano (31,17%; tab. 1). A concentração de oxigênio dissolvido (O.D.) foi maior em outubro e novembro, quando as médias foram 6,24 e 6,71 mg L<sup>-1</sup>. No verão, os teores de O.D. foram semelhantes entre os meses e menores em relação à primavera, inclusive com diferença significativa ( $P = 0,004$ , C.V. = 45,1%, tab. 1) entre as estações.

Em poucas ocasiões a transparência secchi foi maior que 2 m. O máximo de 2,6 m ocorreu no dia 5 de fevereiro e o mínimo de 1 m nos dias 3 de outubro, 5 e 20 de novembro. Não foi observada diferença expressiva entre as estações do ano, entre os meses e nem entre as semanas. A variabilidade foi significativa ( $P < 0,001$ ) apenas em curta escala temporal, entre os dias (C.V. = 44,2%, tab. 1). Em geral, houve pouca variação na quantidade de seston na coluna da água (médias mensais de 25,29, 24,95, 25,61 mg L<sup>-1</sup> em novembro, fevereiro e março, respectivamente), com exceção de outubro quando a média mensal (41,44 mg L<sup>-1</sup>, fig. 5) foi significativamente superior ( $P = 0,03$ , tab. 1). Além da diferença expressiva entre os meses (C.V.: 43%), variação significativa ( $P = 0,002$ , tab. 1) ocorreu também na escala de dias.

A salinidade e o pH apresentaram uma leve tendência de aumento do ponto A em direção ao D, da região mais interna para a mais externa da baía. Com relação à salinidade, não foi registrada variação expressiva entre as estações. Variação expressiva foi observada entre os meses (C.V. = 31%, tab. 1). Maior média diária foi registrada em outubro (32) e menor em março (25,25). Em relação ao pH, a maior média mensal (8,14) ocorreu em novembro. Os demais meses tiveram médias semelhantes, de 7,95, 7,93 e 7,96 para outubro, fevereiro e março, respectivamente. Tanto para o pH quanto para a salinidade, a variabilidade foi significativa apenas em curta escala temporal, entre os dias, conforme indicado pela ANOVA (tab. 1).

Tabela 1: Resultados da análise de variância comparando as médias diárias da temperatura, salinidade, pH, seston, transparência (Secchi) e concentração de oxigênio dissolvido entre as diferentes escalas temporais investigadas na Baía da Babitonga, SC. Destacados em negrito resultados do *P*-valor menores que 0,05. Est = Estação do ano e Sem = Semana.

	Temperatura			Salinidade			pH		
	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)
Est	2,019	0,291	31,17	0,212	0,690	0	1,118	0,401	6,9
Mês(Est)	21,71	<b>0,007</b>	42,65	3,136	0,151	31	1,833	0,272	19,14
Sem((Mês)Est)	4,885	<b>0,027</b>	11,82	1,462	0,294	16,8	0,814	0,55	0
Dia(((Sem)Mês)Est)	6,775	<b>&lt;0,001</b>	7,83	13,17	<b>&lt;0,001</b>	32,93	9,612	<b>&lt;0,001</b>	43,98
Resíduo	---	---	6,51	---	---	19,25	---	---	29,97
	Séston			Secchi			Oxigênio Dissolvido		
	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)
Est	1,043	0,414	0	2,136	0,281	18,99	234,79	<b>0,004</b>	45,1
Mês(Est)	10,53	<b>0,025</b>	43,01	1,672	0,296	15,97	0,045	0,956	0
Sem((Mês)Est)	1,261	0,360	13,47	0,736	0,592	0	5,161	<b>0,023</b>	24,94
Dia(((Sem)Mês)Est)	3,627	<b>0,002</b>	19,31	19,01	<b>&lt;0,001</b>	44,2	5,959	<b>&lt;0,001</b>	15,77
Resíduo	---	---	24,19	---	---	20,83	---	---	14,17

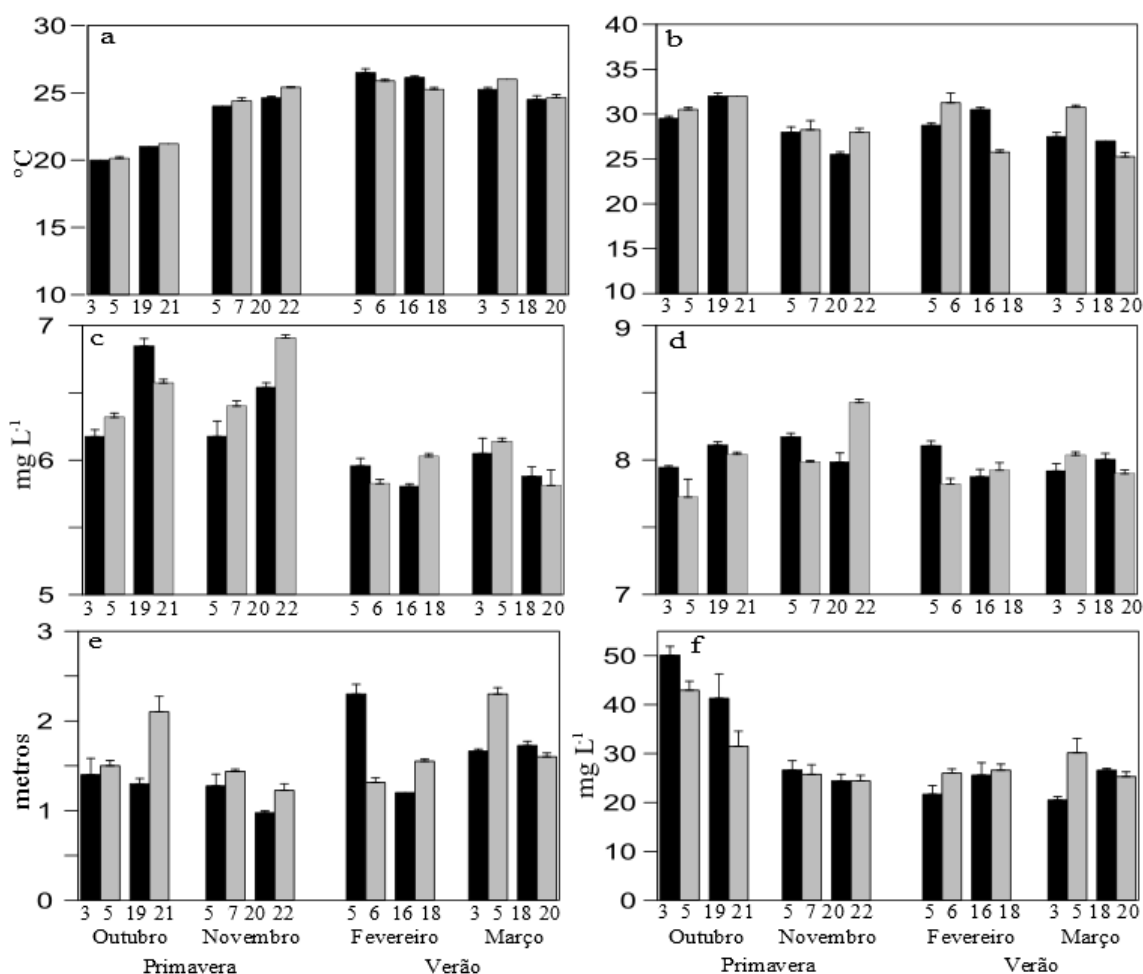


Figura 5: Média diária e erro padrão dos dados de: a) temperatura, b) salinidade, c) oxigênio dissolvido, d) pH, e) transparência Secchi e f) material particulado em suspensão (seston) para cada dia de coleta, entre outubro de 2012 e março de 2013, na Baía da Babitonga, SC.

A variabilidade temporal dos nutrientes inorgânicos dissolvidos é apresentada na figura 6. A concentração de amônio foi menor na primeira semana de outubro (média de  $3,78 \mu\text{mol L}^{-1}$ ) seguida de um aumento expressivo que persistiu até o fim do verão (fig. 6). As concentrações de nitrato e nitrito exibiram um padrão semelhante de variabilidade ao longo dos meses (fig. 6). Menores concentrações foram observadas no mês de outubro para ambos (média de  $1,33 \mu\text{mol L}^{-1}$  para o nitrato e  $0,58 \mu\text{mol L}^{-1}$  o nitrito). Houve um aumento considerável na primeira semana de novembro, mas na segunda semana e início de fevereiro as concentrações voltaram a diminuir. No último dia de coleta de março ocorreram as maiores concentrações, com valores médios de  $5,54 \mu\text{mol L}^{-1}$  para o nitrato e  $2,56 \mu\text{mol L}^{-1}$  para o nitrito. O padrão de variação do nitrogênio inorgânico total (NID) foi semelhante ao do amônio, composto nitrogenado mais abundante e representativo durante todo o período de estudo. De forma geral, não foi observada variação expressiva na concentração média dos compostos nitrogenados entre a primavera e o verão, nem entre os meses. Diferenças significativas ocorreram na escala de semanas principalmente, com C.V. maior que 50% (tab. 2) para o nitrato, nitrito, amônio e NID. A variação também foi significativa entre os dias, porém em menor grau.

Já o fosfato variou entre os dias ( $P < 0,001$ ), mas principalmente entre os meses, com 44,19% da variabilidade dos dados nesta escala (tab. 2). A maior concentração em outubro (média de  $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ ) determinou a menor razão N:P neste mês, que teve média de 8,7. Nos demais meses as razões foram, em geral, maior que 16.

A concentração de silicato foi significativamente menor ( $P = 0,005$ , C.V. = 33,45) nos meses de primavera ( $8,94$  e  $7,91 \mu\text{mol L}^{-1}$ ) comparada aos meses de verão ( $15,65$  e  $16,06 \mu\text{mol L}^{-1}$ ). Variações expressivas também foram observadas na escala de semanas (C. V. = 31,11%).

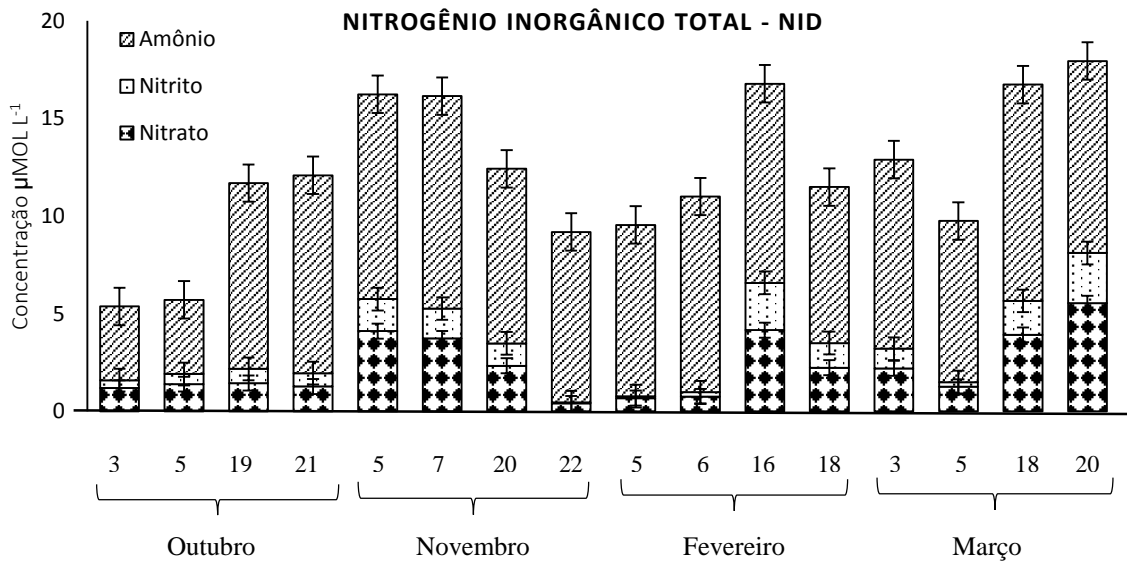


Figura 6: Média diária e erro padrão da concentração de nitrato, nitrito e amônio para cada dia de coleta, entre outubro de 2012 e março de 2013, na Baía da Babitonga, SC.

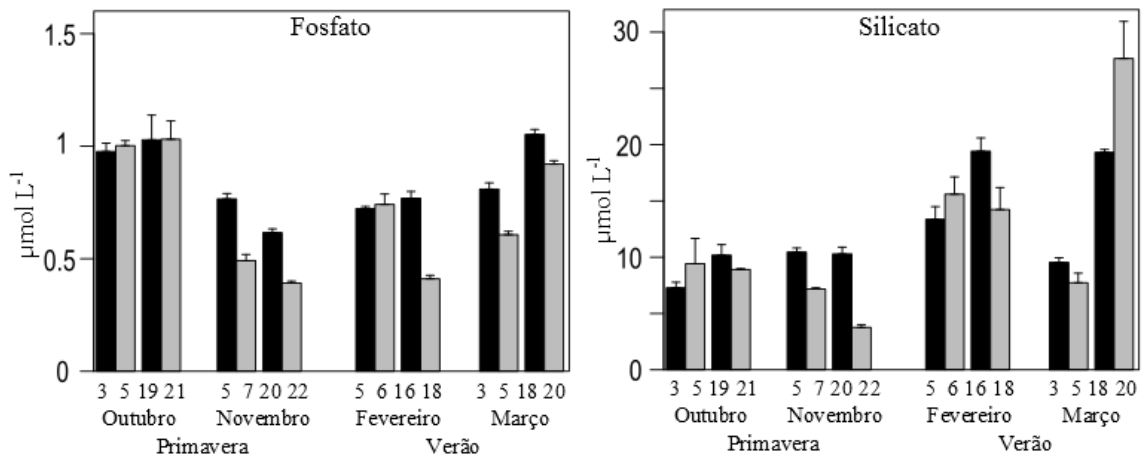


Figura 7: Média diária e erro padrão da concentração de fosfato e silicato para cada dia de coleta, entre outubro de 2012 e março de 2013, na Baía da Babitonga, SC.

Tabela 2: Resultados da análise de variância comparando as médias diárias da concentração de nitrato, nitrito, amônio, nitrogênio inorgânico total, fosfato, e silicato entre as diferentes escalas temporais investigadas na Baía da Babitonga, SC. Destacados em negrito resultados do *P*-valor menores que 0,05.

Est = Estação do ano e Sem = Semana.

	Nitrato			Nitrito			Amônio		
	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)
Est	0,320	0,628	0	0,212	0,690	7,04	0,64	0,507	0
Mês(Est)	0,462	0,659	0	0,181	0,840	0	0,847	0,493	0
Sem((Mês)Est)	5,036	<b>0,025</b>	56,12	3,826	<b>0,050</b>	51	15,89	<b>&lt;0,001</b>	59,07
Dia(((Sem)Mês)Est)	26,42	<b>&lt;0,001</b>	29,59	71,71	<b>&lt;0,001</b>	30,51	3,737	<b>&lt;0,001</b>	18,52
Resíduo	---	---	14,28	---	---	11,43	---	---	22,39
	NID			Fosfato			Silicato		
	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)
Est	0,681	0,495	0	0,002	0,963	0	92,91	<b>0,010</b>	33,45
Mês(Est)	0,91	0,472	0	7,370	<b>0,045</b>	44,19	0,048	0,953	0
Sem((Mês)Est)	9,233	<b>0,004</b>	57,19	1,043	0,442	13,27	4,555	<b>0,032</b>	31,11
Dia(((Sem)Mês)Est)	12,84	<b>&lt;0,001</b>	27,07	26,57	<b>&lt;0,001</b>	26,25	7,830	<b>&lt;0,001</b>	18,67
Resíduo	---	---	15,72	---	---	16,27	---	---	16,75

### ***Variabilidade temporal das taxas de produção primária integrada na coluna da água, composição e abundância do fitoplâncton.***

As médias diárias da produção primária (P.P.) integrada na coluna da água e da respiração são apresentadas na figura 7. Variação significativa foi observada na escala de meses ( $P = 0,043$ ) e também entre dias ( $P = 0,03$ , tab. 3). Diferenças expressivas entre as médias mensais foram observadas tanto na primavera como no verão. As maiores taxas de produção primária ocorreram em novembro e fevereiro, quando as médias mensais foram 994,97 e 974,72 mg C m<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>, respectivamente. Em março ocorreu maior variação entre as médias diárias, de 1001,39 e 237,93 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, registrados nos dias 3 e 20, respectivamente (fig. 7). As taxas de respiração na coluna da água foram significativamente maiores no verão em relação a primavera ( $P = 0,003$ , tab. 3). Em outubro e novembro as médias mensais foram 251,53 e 343,31 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Em fevereiro, o consumo de oxigênio nos experimentos foi maior, com média mensal da taxa de respiração estimada em 547,83 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> e valor máximo de 825,66 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, obtida no dia 16. Em março as taxas diminuíram um pouco, entretanto continuaram superiores em relação à outubro e novembro.

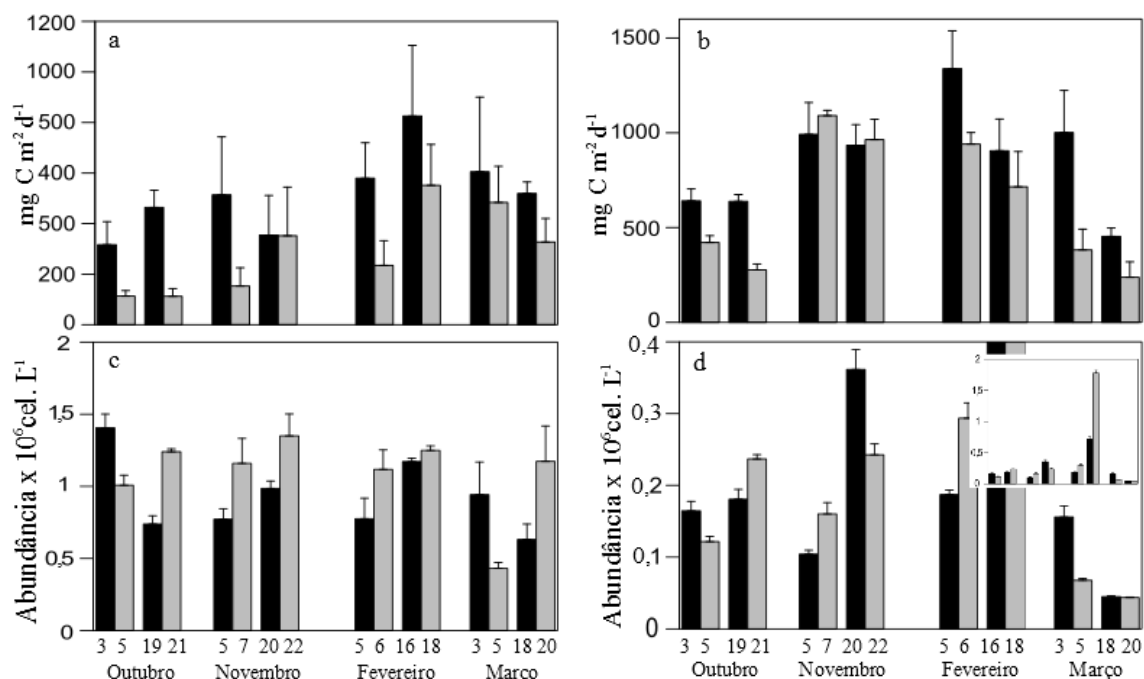


Figura 8: Médias diárias e erro padrão dos dados de: a) respiração, b) produtividade primária, c) abundância total do nanoplâncton e d) abundância total do microfitoplâncton, entre outubro de 2012 e março de 2013, na Baía da Babitonga, SC.

Tabela 3: Resultados da análise de variância comparando as médias diárias das taxas de respiração, de produção primária, da abundância total do nano e microfitoplâncton entre as diferentes escalas temporais investigadas na baía da Babitonga, SC. Destacados em **negrito** resultados do *P*-valor menores que 0,05.

Est = Estação do ano e Sem = Semana.

	Respiração			Produção Primária			Nanoplâncton			Microfitoplâncton		
	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)	F	P	C.V.(%)
Est	257	<b>0,003</b>	21,38	0	0,995	0	1,046	0,413	0,388	0,128	0,753	0
Mês(Est)	0,049	0,952	0	7,587	<b>0,043</b>	36,45	1,592	0,31	1,493	2,602	0,188	12,3
Sem((Mês)Est)	0,398	0,804	0	1,188	0,385	0	0,597	0,675	0	5,678	<b>0,018</b>	49
Dia((Sem)Mês)Est)	2,282	<b>0,036</b>	9,813	3,439	<b>0,003</b>	30,49	5,628	<b>&lt;0,001</b>	48,27	80,95	<b>&lt;0,001</b>	37,8
Resíduo	---	---	68,79	---	---	33,04	-	-	49,84	-	-	0,82

Em relação à abundância total das células no plâncton, foi observada diferença significativa apenas em menor escala temporal, entre os dias para o nanoplâncton e entre os dias e semanas para o microfitoplâncton. Variações expressivas do nanoplâncton ocorreram em praticamente todos os meses, principalmente em outubro e março (fig. 7), com médias diárias variando entre 0,43 e 1,4 x 10<sup>6</sup> cel. L<sup>-1</sup>. As médias mensais foram semelhantes (~1,1 x 10<sup>6</sup> cel. L<sup>-1</sup>), com exceção de março que teve menor abundância (média mensal de 0,79 x 10<sup>6</sup> cel. L<sup>-1</sup>).

Enquanto que a abundância total do microfitoplâncton diferiu apenas na escala de dias, com relação a sua composição taxonômica foi observada variação significativa

através da análise da PERMANOVA em várias escalas temporais: entre os meses, semanas e dias (tab. 4). Em outubro, a abundância total variou entre 0,12 e 0,23 x 10<sup>6</sup> cel. L<sup>-1</sup>. Em novembro foi observada diferença expressiva entre as médias diárias, especialmente na segunda semana (0,71 e 1,77 x 10<sup>6</sup> cel. L<sup>-1</sup>, fig. 7). Neste período, assim como em outubro, espécies dos gêneros *Cyclotella* e *Cymatodiscus* foram mais abundantes do que nos meses de verão (fig. 7), quando também estiveram presentes. Na segunda semana de novembro, a diatomácea *Eucampia cornuta* foi registrada em elevada abundância, de forma pontual, sendo a responsável pelo aumento expressivo observado na abundância total do microfitoplâncton. Na primeira semana de fevereiro, as médias diárias foram de 0,19 e 0,29 x 10<sup>6</sup> cel. L<sup>-1</sup>. Na segunda semana, houve um aumento expressivo: no primeiro dia a média foi de 0,71 x 10<sup>6</sup> cel. L<sup>-1</sup> e no segundo 1,7 x 10<sup>6</sup> cel. L<sup>-1</sup>. A elevada abundância observada nos dias 16 e 18 de fevereiro foi resultado de uma floração da espécie *Skeletonema costatum*, uma diatomácea oportunista formadora de cadeias de pequenas células cêntricas, que possui rápido desenvolvimento e alcançou sozinha um total de 1,3 x 10<sup>6</sup> cel. L<sup>-1</sup>. Já em março a abundância total do microfitoplâncton diminuiu, com valor mínimo de 0,04 x 10<sup>6</sup> cel. L<sup>-1</sup>.

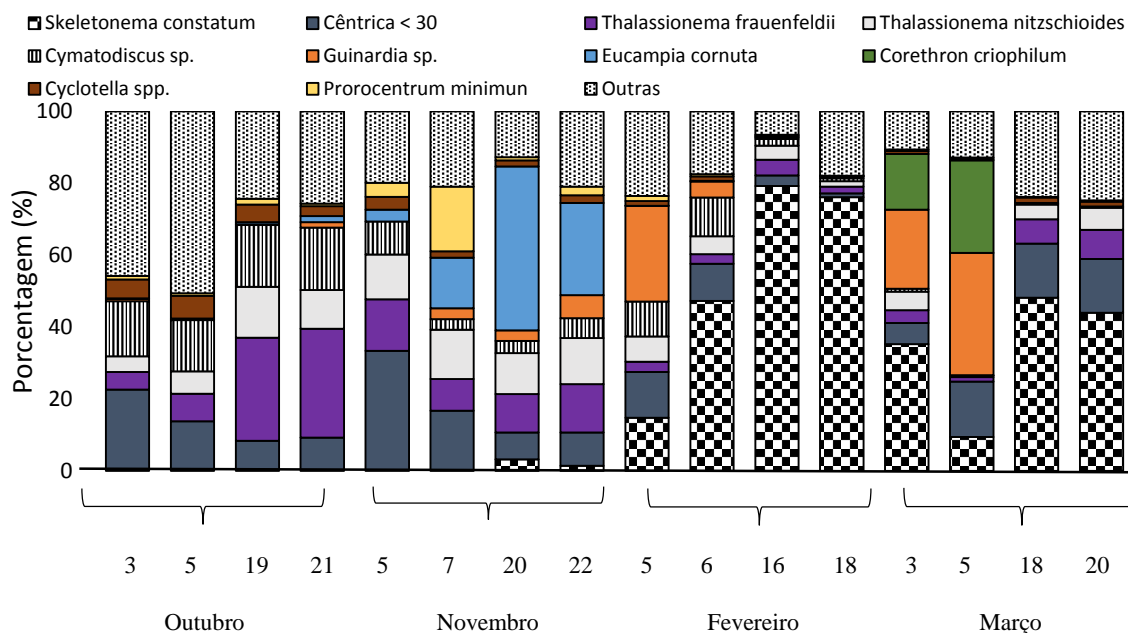


Figura 9: Variação temporal das médias diárias da abundância relativa dos táxons do microfitoplâncton que representaram mais que 78% da abundância total entre outubro de 2012 e março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Diatomáceas como *Skeletonema costatum*, *Corethron criophilum* e *Leptocylindrus minimus* foram componentes frequentes e representativos na assembléia fitoplanctônica do verão. Além destas, uma espécie de euglenófito, que praticamente não foi registrada na primavera, teve ocorrência frequente, especialmente em fevereiro. Foram identificados um total de 53 táxons do microfitoplâncton. Destes, 41 de diatomáceas (Bacillariophyceae), 10 de dinoflagelados (Dinophyceae), uma euglenófito e um silicoflagelado. Alguns táxons foram frequentes e relativamente abundantes durante todo o período investigado, como as diatomáceas *Cylindrotheca closterium*, *Paralia sulcata*, *Psamodictyon panduriformis*, *Diploneis* spp., *Navicula* spp., *Thalassionema frauenfeldii*, *Thalassionema Nitzschioides*, *Thalassiosira* spp. e os dinoflagelados *Ceratium hircus*, *Dinophysis acuminata*, *Prorocentrum minimun*, *Gyrodinium* sp., *Gymnodinium* spp., *Prorocentrum* spp. e *Protoperidinium* spp. A figura 9 apresenta a variação temporal de algumas espécies do microfitoplâncton.

Tabela 4: Resultados da PERMANOVA comparando a abundância de 59 táxons do microfitoplâncton em resposta às diferentes escalas temporais de outubro de 2012 a março de 2013, na Baía da Babitonga, SC. Destacados em negrito resultados do *P*-valor menores que 0,05. Est = Estação do ano e Sem = Semana.

	<i>df</i>	MS	<i>pseudo-F</i>	P(perm)	Estimativa do C.V.
Est	1	9736,5	2,5785	0,3273	186,26
Mês(Est)	2	3776	2,1432	<b>0,0139</b>	125,88
Sem(Mês(Est))	4	1761,9	3,3585	<b>0,0001</b>	154,66
Dia(Sem(Mês(Est)))	8	524,61	5,5459	<b>0,0001</b>	107,5
Resíduo	48	94,593	-	-	94,593

Através da análise de MDS foi possível visualizar a ordenação das amostras com base nas associações dos táxons fitoplanctônicos (fig. 10). A disposição das amostras referentes a outubro e fevereiro foram próximas entre si, ou seja, houve pequena diferença em relação às associações fitoplanctônicas dentro de cada um desses meses. Em novembro, houve dispersão entre as semanas, e na segunda semana, uma razoável dispersão entre os dias. Em março as amostras de cada semana também foram dispostas separadamente, porém, relativamente agrupadas entre si. A análise de similaridade de percentagens (SIMPER) registrou maior dissimilaridade entre os meses de outubro e março, que foi de 41,79%, sendo *S. costatum* e *Cymatodiscus* sp. as principais responsáveis pela diferença (tab. 5). Entre os dias 5 e 7 de novembro, cujas amostras foram bem separadas pelo ordenamento MDS, a dissimilaridade foi de 29,9%, e os táxons que mais contribuíram para esta diferença foram *Guinardia* sp. e *Gymnodinium* spp.

*Eucampia cornuta* e *Oxyphysis oxytoxoides* foram as principais responsáveis pela dissimilaridade entre outubro e novembro, que foi de 28,11%. Nos meses de verão, houve maior dispersão das amostras e também maior dissimilaridade entre os meses, de 33,08%, e a as espécies com maior contribuição para a diferenciação entre fevereiro e março foram *Cymatodiscus* sp. e *Guinardia* sp. Em março foi observada maior dispersão entre as amostras das duas semanas, com 33,43% de dissimilaridade, sendo que *Guinardia* sp. e *Corethron criophilum* foram as que mais contribuíram para essa diferença. As tabela 5 e 6 apresentam os resultados da análise de SIMPER e os cinco principais táxons responsáveis pelas maiores dissimilaridades registradas: entre os meses, semanas e dias de novembro e entre as semanas de março. Apesar da PERMANOVA não ter considerado a diferença na composição e abundância do microfitoplâncton entre as estações da primavera e verão significativa ( $P = 0,32$ ) a ordenação pelo método MDS separou claramente as amostras da primavera e do verão, indicando que houve uma diferença entre as associações fitoplanctônicas típicas de cada estação do ano. A dissimilaridade entre a primavera e verão foi de 35,84%, sendo que *Skeletonema costatum*, *Eucampia cornuta* e *Guinardia* sp. foram as principais espécies responsáveis pela diferença.

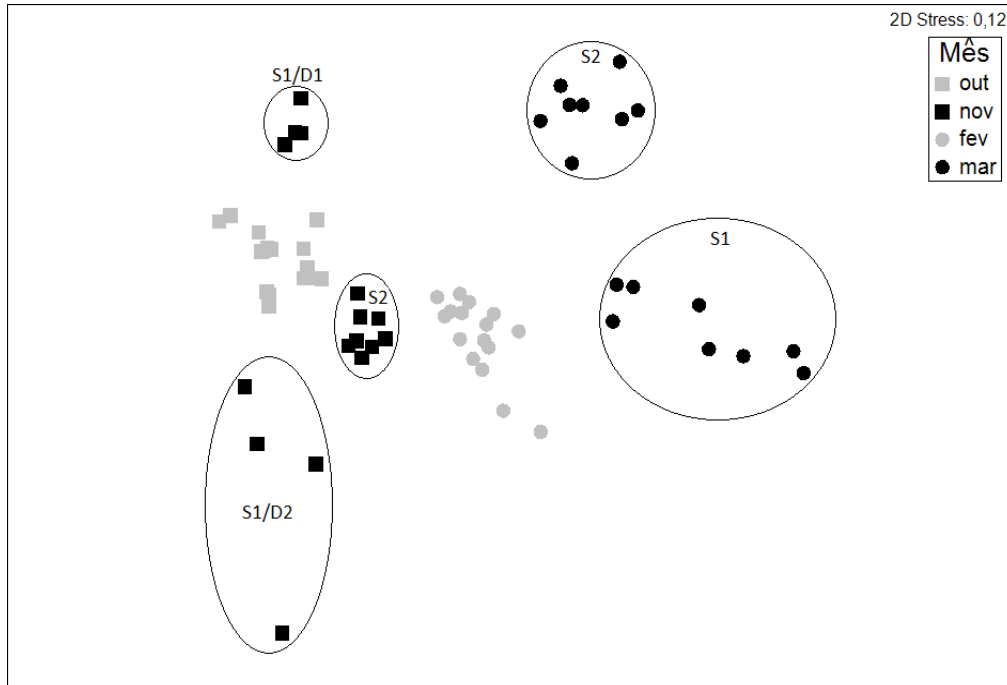


Figura 10: Ordenação das amostras pela análise MDS com base nas associações dos táxons fitoplanctônicos na Baía da Babitonga, SC, considerando os meses de outubro e novembro de 2012 e fevereiro e março de 2013. Também são discriminadas as semanas, onde: S1=semana 1; S2=semana 2; D1=dia 1 e D2=dia 2.

Tabela 5: Análise de similaridade das percentagens (SIMPER) na Baía da Babitonga, SC, de outubro de 2012 a março de 2013. Resultado das cinco espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade, em percentagem, entre: P = Primavera; V = Verão; D = Dia e S = Semana.

Táxons	Novembro		Março	
	D1 x D2	S1 x S2	S1 x S2	P x V
<i>Guinardia</i> sp.	7,07	5,82	10,79	4,3
<i>Gymnodinium</i> spp.	6,52	-	3,08	-
<i>Eucampia cornuta</i>	6,15	6,07	-	5,2
<i>Gyrodinium</i> sp.	6,13	-	-	-
<i>Prorocentrum minimum</i>	4,58	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	-	7,17	-	8,95
<i>Euglena</i>	-	-	-	3,17
<i>Fragilaria</i> sp.	-	-	4,59	-
<i>Corethron criophilum</i>	-	-	9,68	3,66
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	-	-	3,26	-
<i>Actinoptychus</i> sp.	-	4,99	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	-	4,98	-	-

Tabela 6: Análise de similaridade das percentagens (SIMPER) entre os meses na Baía da Babitonga, SC, de outubro de 2012 a março de 2013. Resultado das cinco espécies mais representativas pela dissimilaridade, em percentagem, entre os meses. O = Outubro; N = Novembro; F = Fevereiro e M = Março.

Táxons	O x N	O x F	O x M	N x F	N x M	F x M
<i>Guinardia</i> sp.	4,69	4,8	4,16	3,67	4,54	5,16
<i>Gymnodinium</i> spp.	-	-	-	-	-	3,85
<i>Eucampia cornuta</i>	7,23	-	-	8,73	7,14	-
<i>Gyrodinium</i> sp.	-	-	-	-	4,13	4,78
<i>Skeletonema costatum</i>	3,38	12,74	7,94	10,24	6,16	-
<i>Cymatodiscus</i> sp.	-	-	4,92	-	-	5,32
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	5,53	4,63	3,66	-	-	-
<i>Thalassiosira</i> > 30µm	3,63	-	-	-	-	-
<i>Euglena</i>	-	4,67	-	4,39	-	-
<i>Fragilaria</i> sp.	-	3,28	-	-	-	-
<i>Prorocentrum micans</i>	-	-	-	3,31	-	-
<i>Corethron criophilum</i>	-	-	4,09	-	4,38	4,53

Na figura 11 é apresentado os resultados da análise CAP relacionando alguns táxons fitoplanctônicos com as variáveis ambientais. As diferenças entre outubro e os demais meses é explicada principalmente pelo eixo 1. Associados às amostras de outubro estão os táxons *Cyclotella* spp., *Cymatodiscus* sp., diatomáceas cêntricas maiores que 30µm e o dinoflagelado *Oxyphysis oxytoxoides*, que teve ocorrência restrita a este mês. As variáveis ambientais com relação direta com estas associações e que mais explicam a ordenação destas amostras são a concentração de seston, de fosfato e a salinidade, que foram maiores em outubro. A temperatura também esteve associada ao eixo 1, porém com

relação inversa, devido aos menores valores registrado em outubro. Já o segundo eixo foi ordenado com base na concentração de oxigênio dissolvido, maior na primavera, e também com base nos índices pluviométricos e na concentração de silicato, maiores no verão. A espécie *Eucampia cornuta* esteve bastante associada às amostras da segunda semana de outubro e às do mês de novembro, enquanto que o dinoflagelado do complexo *D. acuminata* esteve inversamente relacionado a estas amostras. A diatomácea *S. costatum* e uma euglenófito foram relacionadas às amostras do verão, especialmente àquelas da primeira semana de fevereiro. As principais variáveis ambientais relacionadas com as associações fitoplanctônicas observadas no verão são a elevada concentração de silicato e o aumento dos índices de precipitação. A correlação canônica destes dois eixos, CAP 1 e CAP 2, foram altos: de 0,97 e 0,94, indicando a forte associação entre as variáveis ambientais e as associações fitoplanctônicas.

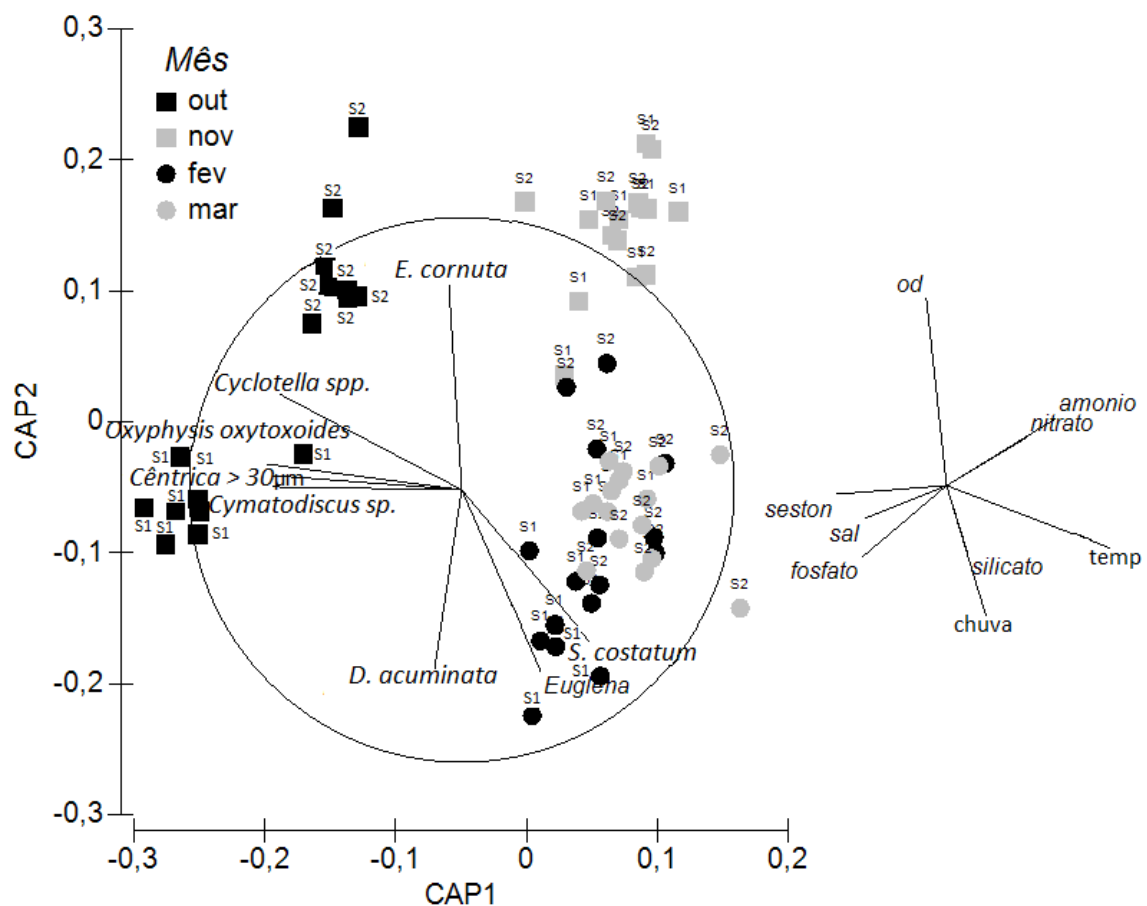


Figura 11: Resultados da análise CAP relacionando as tendências de variações das associações do fitoplâncton com as variáveis ambientais, onde: S1 = Semana 1 e S2 = Semana 2.

## DISCUSSÃO

A variabilidade em maior escala temporal, entre os meses para a salinidade e entre as estações do ano para o silicato, pode ser explicada pelos índices de precipitação pluviométrica. A maior salinidade em outubro está relacionada aos baixos índices de precipitação que ocorreram neste mês, enquanto que a maior concentração de silicato em fevereiro e março são resultado do aumento da drenagem continental em função da elevada precipitação observada no verão.

Com relação à concentração de fosfato e seston, a maior variabilidade ocorreu na escala de meses (C.V. > 40%), devido aos maiores teores registrados em outubro quando comparado aos demais meses. Embora não exista dados de intensidade e direção dos ventos nestes dias, devido a uma falha nos equipamentos da estação meteorológica, as maiores concentrações observadas para ambos em outubro são provavelmente resultado da ressuspensão de materiais depositados no fundo, ocasionadas por forçantes atmosféricas ou hidrológicas. De forma geral, as razões N:P foram menores que 16:1 (razão de Redfield) durante o mês de outubro e na primeira semana de fevereiro, associadas a um aumento do fosfato no primeiro caso e a uma redução de NID no segundo. A partir destes valores é possível sugerir que, nestas ocasiões, o principal elemento potencialmente limitante para a produção fitoplanctônica seria o nitrogênio. Nos outros períodos amostrados, quando a razão foi maior que 16, o fósforo seria o elemento potencialmente limitante. Outros trabalhos também tem relatado alterações, principalmente sazonais, na relação entre nitrogênio e fósforo em estuários (Fisher *et al.* 1992; Mallin *et al.* 1999; Azevedo *et al.* 2006). No presente estudo, diferenças foram observadas na escala de meses e semanas.

A variabilidade das características da coluna da água em estuários é determinada pela hidrologia do ambiente em questão, que por sua vez resulta de processos e interações que ocorrem na interface entre os ambientes continental e oceânico, através da troca entre massas de água distintas promovida por correntes de maré, entrada de frentes, ação dos ventos, ciclos de precipitação e oscilações nos fluxos dos rios (Jouenne *et al.* 2005; Fujita & Odebrecht, 2007, Cloern & Jassby, 2010; Abreu *et al.* 2010; Maier *et al.* 2012). No presente estudo, como esperado, foram observadas diferenças expressivas em curta escala temporal em parâmetros como salinidade, pH, transparência na água e também para os compostos nitrogenados inorgânicos dissolvidos. Enquanto a variabilidade da abundância total do nano e microfitoplâncton foi significativa apenas em curta escala temporal, a abundância específica e a composição das espécies foi bastante dinâmica e diferiu em

várias escalas temporais. O estudo realizado por Fujita & Odebrecht (2007) e Abreu *et al.* (2010) também registrou acentuada variabilidade em curta escala temporal na composição taxonômica do plâncton, concentração de clorofila-a e nos parâmetros ambientais do sistema estuarino da Lagoa dos Patos (RS). Segundo os autores, as condições hidrodinâmicas, determinadas pela direção dos ventos e pelos índices pluviométricos, foram os fatores determinantes daqueles resultados. Mais especificamente, os autores relacionaram a ação dos ventos com a variabilidade em curta escala temporal (horas a semanas) enquanto que o regime pluviométrico foi mais importante em maior escala (meses e anos). Além da ação dos ventos e dos ciclos de precipitação, determinantes em estuários com conexão restrita ao oceano adjacente e pouca troca de água, como a Lagoa dos Patos (Fujita & Odebrecht, 2007; Abreu *et al.* 2010), a ação periódica das marés é uma importante fonte de variabilidade, especialmente em ambientes mais abertos e dinâmicos como a baía da Babitonga, onde deve ser o principal mecanismo de variabilidade em curta escala temporal. Segundo Cloern & Jassby (2010), os parâmetros físico-químicos da coluna da água e a concentração de nutrientes experimentam maiores flutuações quando eventos de florações são frequentes. Sendo assim, além das condições meteorológicas e oscilações da maré, a dinâmica do fitoplâncton também influencia nos ciclos biogeoquímicos e na variabilidade de fatores ambientais tais como o pH, a concentração de O.D. e de nutrientes na baía da Babitonga, uma vez que em período relativamente curto de tempo, espécies como *S. costatum*, *Guinardia* sp., *C. criophilum* e *Eucampia cornuta* desenvolveram elevada abundância celular. Os valores de salinidade, pH e as concentrações de nutrientes dissolvidos se encontram dentro de uma mesma faixa de variabilidade de outros estudos realizados anteriormente e em região próxima no mesmo estuário (DENIT/IME, 2004; Cremer *et al.* 2006; Camacho & Souza-Conceição, 2007; Villar *et al.* 2011).

As taxas de P.P. no presente estudo variaram entre 10,48 e 1793 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Na tabela 7 os valores são comparados a outros estuários subtropicais e temperados. Song *et al.* (2004) investigaram a P.P. no período de primavera e verão na baía de Daya, na China, e também não encontraram diferença expressiva entre as duas estações. As maiores taxas de P.P. foram observadas em novembro, quando as taxas de RFA eram altas e as condições climáticas de céu aberto e ensolarado nos dias das coletas e experimentos. Em outubro, fevereiro e março, as taxas de RFA foram menores do que novembro e as condições climáticas predominantemente de tempo nublado com aberturas de sol. O dia 3 de março, quando foi observada alta P.P., foi o único deste mês com altas taxas de RFA

e condições de tempo aberto e ensolarado. Já no dia 5, houve uma alteração nas condições climáticas, com o tempo nublado praticamente sem aberturas de sol e uma diminuição expressiva nas taxas de RFA (fig. 4). Essa diferença nas condições climáticas e a menor disponibilidade de luz foram determinantes na diminuição significativa das taxas de P.P. em março. O trabalho realizado por Kimmerer *et al.* (2012), na baía de São Francisco (EUA), também associou a maior parte da variabilidade da P.P. com a disponibilidade de luz, sendo esta, portanto, a principal condicionante do processo de produção fitoplanctônica em estuários (Domingues *et al.* 2011).

Tabela 7: Sumário da P.P. mensurada em outros trabalhos.

Localidade	PP (mg C m d)	Autores
Chesapeake bay (EUA)	500 - 3500	Malone <i>et al.</i> 1996
Urdaibai (Espanha)	0.002 - 2.828	Iriarte <i>et al.</i> 1996
Apalachicola Bay (EUA)	90 - 1800	Mortazavi <i>et al.</i> 2000
Douro (Portugal)	4.7 - 1878.5	Azevedo <i>et al.</i> 2006
Arcachon Bay (França)	< 50 - 496,6	Glé <i>et al.</i> 2008
San Francisco (EUA)	~20 - 1000	Kimmerer <i>et al.</i> 2012
baía da Babitonga (Brasil)	10,48 - 1793	Presente estudo

A variabilidade em curta escala temporal na P.P. já foi observada em outros estuários (Kimmerer *et al.* 2012; Jouenne *et al.* 2005). O trabalho de Jouenne *et al.* (2005), na Baie des Vies, noroeste da França, relacionou as taxas de fotossíntese com a estrutura da comunidade do fitoplâncton, o tamanho e a diversidade de espécies. No presente estudo, quando as taxas de P.P. foram altas no mês de novembro, os táxons de fitoplâncton mais representativos foram de tamanho relativamente maior, como diatomáceas cêntricas maiores que 30 µm, espécies de *Cyclotella* e *Cymatodiscus*, além da *Eucampia cornuta*, que possui pequeno tamanho celular mas encontrava-se em elevada abundância. No mês de fevereiro uma condição de floração de *S. costatum* predominou. Nesta ocasião as taxas de P.P. também foram altas, mesmo com menores taxas de RFA, e foram acompanhadas de um aumento nas taxas de respiração. Outros estudos também verificaram um aumento nas taxas de respiração durante e após eventos de florações (Almeida *et al.* 2005). Foram observados dois cenários com P.P. mais elevada, nos meses de fevereiro e março: um com abundância considerável de produtores relativamente grandes e; outro com produtores de pequeno tamanho celular, como *E. cornuta* e *S. costatum*, desenvolvendo floração. Altas taxas de P.P. durante o desenvolvimento de florações também foram observadas em outros trabalhos (Song *et al.* 2004).

A floração de *S. costatum* ocorreu no verão e após um período na qual a espécie não foi detectada nas amostras. Outra floração desta espécie já foi registrada na baía da Babitonga, também no verão, porém em área mais interna (Parizzi *et al.* 2013), e também na baía de Paranaguá, um sistema estuarino próximo (Brandini, 1985). No caso desta espécie, o processo se inicia quando a luminosidade aumenta o suficiente para alcançar o fundo em grande intensidade, sendo considerada como gatilho para o início da floração (Shikata *et al.* 2008). As células de resistência presentes no sedimento germinam, e sob intensa luminosidade e elevada temperatura crescem rapidamente. As condições de temperatura e luminosidade explicam a floração de *S. costatum* registrada em fevereiro. O fato das coletas terem sido realizadas em período de maré de quadratura pode ter favorecido o registro da floração, uma vez que a menor amplitude de maré diminui o transporte das células para a região externa do estuário (Maier *et al.* 2012). Em março, a abundância total do fitoplâncton foi a menor registrada durante o estudo, assim como as taxas de P.P. A baixa quantidade de produtores nas amostras de março explica, juntamente com as menores taxas de RFA, as menores taxas de P.P. observadas neste mês.

A diferença expressiva na concentração de O.D. observada em maior escala temporal, entre as estações de primavera e verão, foram relacionadas com a temperatura, que quanto maior diminui a capacidade de solubilização dos gases na água, também com a produção mas principalmente com a oxidação da matéria orgânica na coluna d'água. A maior concentração de O.D. observada em novembro coincidiu com as elevadas taxas de produtividade e menores taxas de respiração obtidas neste período, nesta ocasião o processo de fotossíntese contribuiu para a manutenção da concentração de O.D. na coluna d'água. Já em fevereiro e março o maior consumo de oxigênio nos experimentos determinaram as maiores taxas de respiração em comparação aos meses de outubro e novembro, inclusive com diferença significativa entre as estações de primavera e verão, o que explica a menor concentração de O.D. observada nestes meses. As florações de espécies como *S. costatum* e *Guinardia* sp. registradas no verão explicam, indiretamente, as maiores taxas de respiração nesta época, uma vez que grande quantidade da matéria orgânica que é gerada neste processo posteriormente é utilizado como substrato por bactéria durante o processo de decomposição. O aumento dos índices de precipitação também pode acarretar, via drenagem continental através dos rios, um maior aporte de matéria orgânica para o sistema. Além disso, a maior ocupação populacional das cidades costeiras durante a temporada de verão também contribui com o incremento do aporte de

matéria orgânica para a baía. A diminuição do O.D. na coluna da água durante o verão já foi reportada em outros estuários, como em Chesapeake, USA (Kemp *et al.* 1992) e na baía de Daya, na China (Song *et al.* 2004).

Por fim, variações expressivas em curta escala temporal dos parâmetros físico-químicos da coluna da água foram acompanhadas pelo fitoplâncton e pela P.P. Além da influência dos ventos e dos ciclos de precipitação, a periodicidade das marés é o principal mecanismo de variabilidade em pequena escala temporal, como por exemplo entre os dias e semanas, especialmente em estuários de acentuada hidrodinâmica e troca de água com o ambiente marinho adjacente, como a baía da Babitonga e outros sistemas semelhantes. Variações nas taxas de P.P. resultaram principalmente de alterações na disponibilidade de luz, mas também foram associadas com a composição e abundância do fitoplâncton. Elevadas taxas de P.P. estiveram associadas a abundância de diatomáceas cêntricas relativamente maiores e também com espécies de pequeno tamanho celular, como *S. costatum* e *E. cornuta*, desenvolvendo florações. Embora variações expressivas na abundância total do nano e microfitoplâncton tenham ocorrido apenas na escala de dias e semanas, a composição taxonômica e a abundância específica das espécies foi bastante dinâmica, diferindo em várias escalas temporais. Os presentes resultados denotam uma acentuada variabilidade na produção primária, na composição e abundância do fitoplâncton e fatores ambientais em diferentes escalas temporais na baía da Babitonga. Estudos realizados em ecossistemas estuarinos devem considerar essa dinâmica dos parâmetros bióticos e abióticos da coluna da água, incluindo em curta escala temporal, a fim de obterem resultados que sejam realmente representativos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu P.A.; Bergesch A.; Proença L.A.; Garcia C.A.E.; Odebrecht C. Short- and long-term chlorophyll a variability in the shallow microtidal Patos Lagoon estuary, Southern Brazil. *Estuaries and Coasts*, v. 33, p. 554 – 569, 2010.

Asmus, R. Field measurements on seasonal variation of the activity of primary producers on a sandy tidal flat in the Northern Wadden Sea. *Neth. J. Sea. Res.*, Texel, v. 16, p. 389-402. 1982.

Almeida. M.A.; Cunha M.A.; Alcantara F. Relationship of bacterioplankton production with primary production and respiration in a shallow estuarine system (Ria de Aveiro, NW Portugal). *Microbiological Research*, v. 160, p. 315 - 328, 2005.

Azevedo, I. C.; Duarte, P. M.; Bordalo, A. A. Pelagic metabolism of the Douro estuary (Portugal) e Factors controlling primary production. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 69, p. 133 – 146, 2006.

Barros G.V.; Martinelli L.A.; Novais T.M.O.; Ometto J.P.H.B.; Zuppi G.M. Stable isotopes of bulk organic matter to trace carbon and nitrogen dynamics in an estuarine ecosystem in Babitonga Bay (Santa Catarina, Brazil). *Science of the Total Environment*, v. 408, p. 2226 – 2232, 2010.

Biddanda, B.; Ogdahl, S.; Benner, R. Plankton respiration and carbon flux through bacterioplankton on the Louisiana shelf. *Limnology and Oceanography*, v. 39, p. 1259 – 1275, 1994.

Brandini, F. P. Seasonal succession of the phytoplankton in the bay of Paranagua (Parana State – Brazil). *Revista Brasileira de Biologia*, v. 45, n. 4, p. 687 – 694, 1985.

Camacho F.P.; Souza-Conceição J.M. Distribuição espaço-temporal da clorofila-a e variáveis ambientais em praias estuarinas da ilha de São Francisco do Sul, Santa Catarina (baía da Babitonga, Sul do Brasil). *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, v. 15, p. 9 – 19, 2007.

Chen C.T.A.; Borges A.V. Reconciling opposing views on carbon cycling in the coastal ocean: Continental shelves as sinks and near-shore ecosystems as sources of atmospheric CO<sub>2</sub>. *Deep-Sea Research II*, v. 56, p. 578 – 590, 2009.

Cloern J.E.; Jassby A.D. Patterns and Scales of Phytoplankton variability in Estuarine-Coastal Ecosystems. *Estuarine and Coasts*, v. 33, p. 230 – 241, 2010.

Cremer M.J.; Morales R.D.P.; Oliveira M.N. Diagnóstico ambiental da baía da Babitonga, Joinville, SC: UNIVILLE, 2006.

DENIT/IME. Estudos Ambientais da Baía da Babitonga – Canal do Linguado. Relatório Final dos Estudos da Baía da Babitonga / Canal do Linguado: Convênio DENIT / IME, 2004.

Domingues R. B.; Anselmo T. P.; Barbosa A. B.; Sommer U.; Galvão H. M. Light as a driver of phytoplankton growth and production in the freshwater tidal zone of a turbid estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 91, p. 526 – 535, 2011.

Edler L.; Elbrachter M. The Utermohl method for quantitative phytoplankton analysis. In: Intergovernmental oceanographic commission of UNESCO. 2010. Karlson B.; Cusack C; Bresnan E (Editores). Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. Paris, UNESCO (IOC Manuals and Guides, nº 55).

Feng M. L.; Sun T.; Zhang L. X.; Shen X. M. Net Ecosystem Metabolism Simulation by Dynamic Dissolved Oxygen Model in Yellow River Estuary, China. *Procedia Environmental Sciences*, v. 13, p. 807 – 817, 2012.

Ferland J.; Gosselin M. A.; Starr M. Environmental control of summer primary production in the Hudson Bay system: The role of stratification. *Journal of Marine Systems*, v. 88, p. 385 – 400, 2011.

Fisher, T.; Peele, E.; Ammermen, J.; Harding, L. Nutrient limitation of phytoplankton in Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, v. 82, p. 51 - 63. 1992.

Fujita C.C.; Odebrecht C. Short term variability of chlorophyll a and phytoplankton composition in a shallow area of the Patos Lagoon estuary (southern Brazil). *Atlântica, Rio Grande*, v. 29(2), p. 93 – 106, 2007.

Glé, C.; Del Amo, Y.; Sautour B.; Laborde P.; Chardy P. Variability of nutrients and phytoplankton primary production in a shallow macrotidal coastal ecosystem (Arcachon Bay, France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 76, p. 642 – 656, 2008.

Grasshoff K.; Ehrhardt M.; Kremling K. *Methods of Seawater Analysis*. 2<sup>a</sup> ed., Verlag Chemie, Weinheim, p. 419, 1983.

Gonçalves M.L.; Zanotelli C.T.; Oliveira F. A. Diagnóstico e prognóstico das disponibilidades e demandas hídricas do rio Cubatão do Norte – Joinville – Santa Catarina. Joinville: Editora da Univille, 2006.

Holmes, W.R. The Secchi disk in turbid coastal waters. *Limnology and Oceanography*, v. 15, p. 688 – 694, 1970.

Hoppenrath, M.; Elbrachter M.; Drebes G. *Marine Phytoplankton*. Frankfurt am Main, Germany. Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, 2009.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis. *Proteção e Controle de Ecossistemas Brasileiros: Manguezal da Baía da Babitonga*. Coleção Meio Ambiente, Brasília, 1998.

Iriarte, A.; Madariaga I.; Diez – Garagarza, F.; Revilla, M.; Orive, E. Primary plankton production, respiration and nitrification in a shallow temperate estuary during summer. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 208, p. 127 – 151, 1996.

Jouenne F.; Lefebvre S.; Véron B.; Lagadeuc Y. Biological and physicochemical factors controlling short-term variability in phytoplankton primary production and photosynthetic parameters in a macrotidal ecosystem (eastern English Channel). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 65, p. 421 – 439, 2005.

Kemp, W. M.; Sampou P. A.; Garber J.; Tuttle J.; Boynton W. R. Seasonal depletion of oxygen from bottom waters of Chesapeake Bay, roles of benthic and planktonic respiration and physical exchange processes. *Marine Ecology Progress Series*, v. 85, p. 137 - 152, 1992.

Kimmerer W. J.; Parker A. E.; Lidstrom U.E.; Carpenter E.J. Short-Term and Interannual Variability in Primary Production in the Low-Salinity Zone of the San Francisco Estuary. *Estuaries and Coasts*, v. 35, p. 913 – 929, 2012.

Kirk, J. T. T. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge. 1983.

Lalli C.M.; Parsons T.R. Biological oceanography: an introduction. 2° Ed. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1997.

Li W.K.W.; Lewis M.R.; Harrison W.G. Multiscalarity of the Nutrient–Chlorophyll Relationship in Coastal Phytoplankton. *Estuaries and Coasts*, v. 33, p. 447-447. 2010.

Maier G.; Glegg G.A.; Tappin A.D.; Worsfold P.J. A high resolution temporal study of phytoplankton bloom dynamics in the eutrophic Taw Estuary (SW England). *Science of the Total Environment*, v. 434, p. 228 – 239, 2012.

Mallin, M.; Cahoon, L.; Mciver, M.; Parsons, D.; Shank, G. Alternation of factors limiting phytoplankton production in the Cape Fear River Estuary. *Estuaries* v. 22, p. 825 - 836, 1999.

Malone, T.; Conley, D.; Glibert, P.; Harding, J. L.; Sellner, K. Scales of nutrient limited phytoplankton productivity: the Chesapeake Bay example. *Estuaries* v. 19, p. 371 - 385, 1996.

Mortazavi, B.; Iverson, R.; Landing, W.; Lewis, G.; Huang, W. Control of phytoplankton production and biomass in a river-dominated estuary: Apalachicola Bay, Florida, USA. *Marine Ecology Progress Series*, v. 198, p. 19 - 31, 2000.

Oksanen, J.; Kindt, R.; Legendre, P.; O'hara, B.; Simpson. G. L.; Solymos, P.; Stevens, M. H. H.; Wagner, H. Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.16 - 12. 2009.

Parizzi, R.A.; Souza-Conceição, J.M.; Lorenzi, L.; Mira, G.A.D.F.; Oortman, M.S.; Conorath, G.; Bieger, E. Variação sazonal do fitoplâncton e parâmetros ambientais no canal do rio Palmital, baía da Babitonga, sul do Brasil. *Ciência e Natura*, v. 35, n. 1, p. 41 – 53, 2013.

Pereira R.C.; Soares – Gomes A. *Biologia Marinha*. 2º ed. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 2009.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. 2012.

Sandrini-neto, L.; Camargo, M. G. The R Development Core Team. General ANOVA Design (GAD): Analysis of variance from general principles. R package version 1.0. 2010.

Shikata, T.; Nagasoe, S.; Matsubara, T.; Yoshikawa, S.; Yamasaki, Y.; Shimasaki, Y.; Oshima, Y.; Jenkinson, I. R.; Honjo, T. Factors influencing the initiation of blooms of the raphidophyte *Heterosigma akashiwo* and the diatom *Skeletonema costatum* in a port in Japan. *Limnology and Oceanography*, v. 53(6), p. 2503-2518, 2008.

Song X.; Huang L.; Zhang J.; Huang X.; Zhang J.; Yin J.; Tan Y., Liu S. Variation of phytoplankton biomass and primary production in Daya Bay during spring and summer. *Marine Pollution Bulletin*, v. 49, p. 1036–1044, 2004.

Steidinger K.A.; Jangen K. Dinoflagellates. In: Tomas C.R. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, Florida, p. 387 – 584, 1997.

Strickland J.D.H.; Parsons T.R. Fisheries Research Board of Canada. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa: Bulletin 2 ed., p. 167 – 311, 1972.

Truccolo, E. C. & Schenttini, C. A. F. Marés astronômicas na baía da Babitonga, SC. *Notas Técnicas Facimar*, v. 3, p. 57 - 66, 1999.

Tomas R.C. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press. Florida. 1997.

Villar C.C.; Spach H.L.; Santos L.O. Fish fauna of baia da Babitonga (southern Brazil), with remarks on species abundance, ontogenic stage and conservation status. *Zootaxa* (Auckland, Print), v. 2734, p. 40 – 52, 2011.

## ANEXOS

Tabela 1: Resultados dos parâmetros físico-químicos da coluna da água nos meses de outubro e novembro de 2012 na baía da Babitonga, SC.

Data de Coleta	Ponto	Temperatura (°C)	Salinidade	Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	Transparência Secchi (metros)	pH	Seston (mg L <sup>-1</sup> )
03/10/2012	A	20	29	6,037	1	7,97	55,143
	B	20	29	6,263	1,2	7,91	47,803
	C	20	30	6,164	1,6	7,93	47,263
	D	20	30	6,237	1,8	7,96	50,157
05/10/2012	A	20	30	6,347	1,6	7,4	38,397
	B	20	30	6,221	1,6	7,6	41,617
	C	20	31	6,365	1,4	7,93	45,243
	D	20,5	31	6,337	1,4	7,96	46,470
19/10/2012	A	21	31	6,864	1,2	8,04	49,857
	B	21	32	6,695	1,2	8,12	49,983
	C	21	32,5	6,953	1,4	8,14	31,437
	D	21	32,5	6,882	1,4	8,14	33,823
21/10/2012	A	21,2	32	6,647	2,4	7,99	40,277
	B	21,2	32	6,573	2,2	8,07	27,163
	C	21,2	32	6,528	2,2	8,05	31,117
	D	21,2	32	6,544	1,6	8,05	27,370
05/11/2012	A	24	27	6,015	1,1	8,1	28,557
	B	24	27	5,982	1	8,17	30,883
	C	24	29	6,224	1,5	8,21	22,630
	D	24	29	6,482	1,5	8,21	24,477
07/11/2012	A	24	26	6,366	1,45	7,96	20,088
	B	24,3	27	6,483	1,5	7,98	26,056
	C	24,3	30	6,448	1,4	8	28,490
	D	25	30	6,305	1,4	8	28,391
20/11/2012	A	24,5	25	6,469	0,9	7,79	24,392
	B	24,5	25	6,547	1	8,02	20,626
	C	24,5	26	6,505	1	8,05	25,393
	D	25	26	6,635	1	8,08	27,161
22/11/2012	A	25,3	27	6,877	1,1	8,4	22,928
	B	25,3	28	6,960	1,1	8,4	21,863
	C	25,5	28	6,863	1,3	8,4	26,317
	D	25,5	29	6,928	1,4	8,5	26,404

Tabela 2: Resultados dos parâmetros físico-químicos da coluna da água nos meses de fevereiro e março de 2013 na baía da Babitonga, SC.

Data de Coleta	Ponto	Temperatura (°C)	Salinidade	Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	Transparência Sechi (metros)	pH	Seston (mg L <sup>-1</sup> )
05/02/2013	A	26	28	6,098	2,1	8,01	16,963
	B	27	29	5,869	2,3	8,090	21,927
	C	27	29	5,997	2,2	8,140	25,623
	D	26	29	5,860	2,6	8,18	22,220
06/02/2013	A	25,5	29	5,822	1,3	7,7	26,350
	B	26	30	5,790	1,45	7,83	27,447
	C	26	32	5,914	1,3	7,86	26,643
	D	26	34	5,774	1,2	7,89	23,507
16/02/2013	A	26,5	30	5,776	1,2	7,72	32,270
	B	26	30	5,830	1,2	7,88	26,267
	C	26	31	5,760	1,2	7,93	23,450
	D	26	31	5,849	1,2	7,97	20,292
18/02/2013	A	25	25	6,080	1,6	7,76	23,992
	B	25	26	5,978	1,6	7,93	25,050
	C	25,5	26	6,007	1,5	7,99	29,275
	D	25,5	26	6,040	1,5	8,01	28,033
03/03/2013	A	25	27	5,908	1,7	7,76	19,633
	B	25,5	29	6,016	1,65	7,95	19,408
	C	25,5	27	6,382	1,6	8	22,383
	D	25	27	5,888	1,7	7,96	20,525
05/03/2013	A	26	30	6,069	2,1	7,99	25,517
	B	26	31	6,171	2,4	8,01	29,242
	C	26	31	6,175	2,3	8,04	38,600
	D	26	31	6,141	2,4	8,1	27,158
18/03/2013	A	24	27	5,677	1,6	7,94	26,650
	B	24	27	5,948	1,7	7,92	26,842
	C	25	27	5,927	1,8	8,03	27,367
	D	25	27	5,970	1,8	8,12	25,392
20/03/2013	A	24	24	5,622	1,7	7,83	22,983
	B	24,5	25	5,606	1,6	7,88	24,675
	C	25	26	6,009	1,5	7,94	25,858
	D	25	26	6,012	1,6	7,94	27,562

Tabela 3: Resultados das concentrações dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e da razão nitrogênio:fósforo nos meses de outubro e novembro de 2012 na baía da Babitonga, SC.

Data de Coleta	Ponto	Nitrato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Nitrito ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Amônio ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	NID ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Fosfato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Silicato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Razão N:F
03/10/2012	A	1,019	0,407	3,850	5,276	1,037	8,634	5,088
	B	1,305	0,263	3,588	5,156	0,871	6,265	5,919
	C	1,164	0,484	3,821	5,469	1,020	7,159	5,364
	D	1,332	0,433	3,823	5,588	0,976	7,057	5,728
05/10/2012	A	1,591	0,628	2,940	5,159	1,025	16,133	5,033
	B	1,407	0,471	3,320	5,199	0,978	7,655	5,314
	C	1,410	0,521	4,129	6,060	0,954	7,017	6,355
	D	1,188	0,446	4,794	6,428	1,052	6,891	6,112
19/10/2012	A	1,050	0,643	8,551	10,245	0,836	12,965	12,251
	B	1,751	0,735	9,233	11,720	0,944	9,637	12,421
	C	1,366	0,747	9,922	12,035	1,344	9,163	8,953
	D	1,644	0,774	10,335	12,753	0,988	8,961	12,902
21/10/2012	A	1,338	0,727	9,653	11,718	1,208	8,688	9,703
	B	1,384	0,705	10,871	12,959	1,063	8,858	12,194
	C	1,229	0,633	9,969	11,830	0,815	9,059	14,512
	D	1,170	0,665	10,011	11,847	1,037	9,013	11,423
05/11/2012	A	4,213	1,646	9,464	15,323	0,836	10,659	18,324
	B	4,237	1,668	11,157	17,062	0,750	11,334	22,748
	C	4,103	1,548	10,637	16,288	0,725	9,596	22,456
	D	3,902	1,681	10,674	16,257	0,751	10,241	21,648
07/11/2012	A	3,988	1,614	10,538	16,139	0,433	7,171	37,292
	B	3,907	1,632	12,150	17,690	0,465	6,851	38,053
	C	3,601	1,490	11,142	16,233	0,561	7,331	28,928
	D	3,448	1,396	9,673	14,517	0,506	7,326	28,683
20/11/2012	A	2,853	1,477	8,543	12,873	0,662	12,083	19,445
	B	2,464	1,204	8,679	12,347	0,607	9,957	20,341
	C	1,981	0,978	8,889	11,848	0,613	9,658	19,315
	D	2,038	0,948	9,629	12,615	0,582	9,457	21,667
22/11/2012	A	0,518	0,078	9,688	10,284	0,404	3,761	25,434
	B	0,376	0,054	8,998	9,428	0,372	4,282	25,327
	C	0,413	0,059	8,349	8,821	0,382	3,921	23,072
	D	0,337	0,053	7,824	8,215	0,409	3,075	20,089

Tabela 4: Resultados das concentrações dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e da razão nitrogênio:fósforo nos meses de fevereiro e março de 2013 na baía da Babitonga, SC.

Data de Coleta	Ponto	Nitrato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Nitrito ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Amônio ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	NID ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Fosfato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Silicato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Razão N:F
05/02/2013	A	0,550	0,121	8,334	9,005	0,745	16,235	12,079
	B	1,032	0,145	9,483	10,659	0,707	14,033	15,078
	C	0,591	0,077	8,812	9,479	0,731	11,995	12,971
	D	0,550	0,062	8,438	9,050	0,707	11,200	12,801
06/02/2013	A	0,873	0,279	8,702	9,854	0,643	18,722	15,330
	B	0,838	0,249	8,686	9,773	0,690	17,747	14,174
	C	0,656	0,177	11,837	12,670	0,781	13,393	16,217
	D	0,676	0,197	10,836	11,708	0,850	12,521	13,774
16/02/2013	A	3,799	2,260	11,250	17,308	0,856	15,972	20,210
	B	4,398	2,608	10,611	17,617	0,758	21,286	23,231
	C	4,233	2,383	9,189	15,805	0,721	20,007	21,929
	D	4,211	2,446	9,703	16,360	0,739	20,414	22,136
18/02/2013	A	3,239	1,769	6,578	11,587	0,408	17,948	28,377
	B	2,992	1,632	9,008	13,633	0,409	17,185	33,315
	C	1,599	0,763	7,803	10,165	0,373	11,680	27,280
	D	1,135	0,880	8,540	10,556	0,451	10,107	23,397
03/03/2013	A	2,558	1,048	9,688	13,294	0,845	10,380	15,737
	B	2,211	0,814	9,801	12,826	0,745	9,028	17,222
	C	2,331	0,962	8,741	12,035	0,866	10,112	13,894
	D	1,708	1,208	10,488	13,405	0,780	8,621	17,175
05/03/2013	A	1,505	0,275	8,371	10,151	0,626	10,215	16,214
	B	1,049	0,276	8,998	10,324	0,592	7,403	17,434
	C	1,140	0,255	7,360	8,755	0,636	6,769	13,769
	D	1,342	0,163	8,262	9,768	0,573	6,547	17,060
18/03/2013	A	3,982	1,753	12,406	18,141	0,989	19,274	18,337
	B	4,058	1,769	10,418	16,245	1,077	19,527	15,087
	C	3,758	1,658	10,095	15,511	1,091	18,645	14,217
	D	3,889	1,777	11,366	17,032	1,051	19,847	16,208
20/03/2013	A	6,502	2,948	10,784	20,234	0,938	36,149	21,561
	B	5,918	2,733	9,883	18,534	0,952	29,618	19,472
	C	4,907	2,325	9,416	16,648	0,886	22,550	18,794
	D	4,853	2,269	9,216	16,338	0,905	22,287	18,045

Tabela 5: Resultados das taxas de produção primária integrada na coluna da água, respiração, abundância total do nano e microfitoplâncton nos meses de outubro e novembro de 2012 na baía da Babitonga, SC.

Data de Coleta	Ponto	Produção Primária (mg C m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Respiração (mg C m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Abundância Total do Nanoplâncton (cel. L <sup>-1</sup> )	Abundância Total do Microfitoplâncton (cel. L <sup>-1</sup> )
03/10/2012	A	604,715	250,92	1575652	203600
	B	576,359	473,96	1134796	154900
	C	554,255	88,08	1477684	144900
	D	827,899	453,02	1436864	154400
05/10/2012	A	442,844	177,36	991926	105500
	B	340,071	87,20	1089894	130900
	C	391,747	84,69	818441	136300
	D	509,717	103,08	1130714	113500
19/10/2012	A	639,047	466,94	885794	214400
	B	563,281	270,89	742924	187700
	C	735,249	570,16	720473	149100
	D	615,059	548,20	604136	171300
21/10/2012	A	239,916	121,97	1224600	244700
	B	234,013	48,46	1191944	232800
	C	369,045	192,44	1257256	248100
	D	263,889	87,12	1285830	221500
05/11/2012	A	1299,658	860,95	836810	97300
	B	707,168	164,22	816400	96500
	C	693,459	73,98	557193	102800
	D	1265,802	956,05	877630	120000
07/11/2012	A	1115,989	19,05	1649128	124400
	B	1127,198	360,10	1077648	155900
	C	1006,796	108,82	832728	159000
	D	1111,739	123,20	1077648	201300
20/11/2012	A	743,265	279,54	1138878	370100
	B	1242,455	816,57	926614	434400
	C	828,226	146,27	930696	334200
	D	922,863	175,85	947024	307500
22/11/2012	A	816,119	127,83	1130714	264400
	B	1242,292	901,19	1281748	215000
	C	774,152	47,32	1191944	218200
	D	1022,353	332,03	1796080	272800

Tabela 6: Resultados das taxas de produção primária integrada na coluna da água, respiração, abundância total do nano e microfitoplâncton nos meses de fevereiro e março de 2013 na baía da Babitonga, SC.

Data de Coleta	Ponto	Produção Primária (mg C m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Respiração (mg C m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Abundância Total do Nanoplâncton (cel. L <sup>-1</sup> )	Abundância Total do Microfitoplâncton (cel. L <sup>-1</sup> )
05/02/2013	A	818,298	190,49	775580	180400
	B	1382,912	570,83	453102	189500
	C	1356,915	728,45	1147042	174700
	D	1793,960	828,57	724555	204000
06/02/2013	A	783,183	202,65	1081730	328400
	B	1045,295	38,68	1375634	316900
	C	1028,714	505,40	755170	232500
	D	904,417	192,45	1257256	296600
16/02/2013	A	1270,355	1356,61	1102140	708900
	B	1056,077	1259,21	1212354	672000
	C	802,293	318,48	1175616	642800
	D	491,828	368,36	1196026	830300
18/02/2013	A	929,473	723,44	1187862	1895500
	B	1107,639	922,41	1253174	1701000
	C	289,527	279,64	1220518	1702700
	D	534,701	279,64	1334814	1803900
03/03/2013	A	705,098	245,08	303701	126560
	B	783,792	343,53	1156022	198160
	C	1661,429	1488,90	1345427	158920
	D	855,254	343,40	963352	139880
05/03/2013	A	273,560	237,63	379626	72920
	B	711,098	867,80	551886	60480
	C	287,538	532,56	385749	70240
	D	255,247	296,39	408200	66920
18/03/2013	A	507,818	447,43	677612	44160
	B	415,665	578,22	355134	48200
	C	346,558	436,50	873548	43600
	D	542,290	615,24	620464	43400
20/03/2013	A	10,487	48,67	1245010	42320
	B	231,099	419,37	1012336	44720
	C	343,018	440,36	631349	44960
	D	367,147	399,58	1804244	42760

Tabela 7: Média diária da abundância celular de diatomáceas (cel. L<sup>-1</sup>) no período de outubro de 2012 até março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Data de coleta	<i>Actinocyclus</i> spp.	<i>Asterionelopsis glacialis</i>	<i>Actinoptychus</i> sp.	<i>Bacteriastrium</i> sp.	<i>Eucampia cornuta</i>	<i>Chaetoceros</i> spp.
03/10/2012	8125	-	4400	-	150	-
05/10/2012	10550	950	4925	-	425	-
19/10/2012	4175	-	3775	-	1125	-
21/10/2012	6525	-	5775	-	4000	-
05/11/2012	1500	-	300	-	3400	-
07/11/2012	475	-	450	-	22525	-
20/11/2012	5600	-	5175	-	165050	-
22/11/2012	6350	-	6075	-	62450	-
05/02/2013	2075	-	1500	-	-	50
06/02/2013	2275	-	1675	-	-	-
16/02/2013	1725	-	1450	-	-	200
18/02/2013	1280	-	835	-	-	170
03/03/2013	1780	-	320	-	-	-
05/03/2013	250	-	70	30	-	20
18/03/2013	430	30	280	-	-	60
20/03/2013	520	10	190	30	-	20

Tabela 8: Média diária da abundância celular de diatomáceas (cel. L<sup>-1</sup>) no período de outubro de 2012 até março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Data de coleta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Corethron criophilum</i>	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	<i>Coscinodiscus walesii</i>	<i>Coscinodiscus marginatus</i>	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>
03/10/2012	-	-	-	-	-	150
05/10/2012	-	-	-	-	150	-
19/10/2012	1950	-	-	-	150	150
21/10/2012	1175	-	-	-	-	-
05/11/2012	-	-	-	-	375	-
07/11/2012	50	-	-	50	-	125
20/11/2012	2350	-	675	-	375	-
22/11/2012	1450	-	875	-	375	50
05/02/2013	1050	125	-	-	-	25
06/02/2013	200	375	-	-	-	-
16/02/2013	625	875	125	100	50	-
18/02/2013	1675	1630	-	-	-	-
03/03/2013	340	24210	290	340	140	760
05/03/2013	170	17420	40	1050	460	320
18/03/2013	70	30	380	50	690	330
20/03/2013	130	20	80	100	710	380

Tabela 9: Média diária da abundância celular de diatomáceas (cel. L<sup>-1</sup>) no período de outubro de 2012 até março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Data de coleta	<i>Coscinodiscus gigas</i>	<i>Coscinodiscus</i> spp.	<i>Cyclotella</i> spp.	<i>Cymatodiscus</i> sp.	<i>Ditylum</i> sp.	<i>Diploneis aestuari</i>
03/10/2012	-	2800	8625	25225	-	-
05/10/2012	-	2250	7750	17250	-	425
19/10/2012	-	625	8800	30950	-	325
21/10/2012	-	550	6600	41125	-	300
05/11/2012	-	100	3675	9625	-	325
07/11/2012	-	100	2875	4800	-	550
20/11/2012	-	1375	5950	12275	825	475
22/11/2012	-	1200	5175	13375	600	1325
05/02/2013	-	300	2375	18200	75	575
06/02/2013	-	300	3825	31600	125	150
16/02/2013	-	350	2600	13525	150	75
18/02/2013	50	300	2565	14110	250	860
03/03/2013	250	120	1150	1290	-	-
05/03/2013	100	20	240	100	-	40
18/03/2013	20	150	660	170	-	60
20/03/2013	30	250	560	170	-	220

Tabela 10: Média diária da abundância celular de diatomáceas (cel. L<sup>-1</sup>) no período de outubro de 2012 até março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Data de coleta	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Guinardia</i> sp.	<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Meuniera membranaceae</i>	<i>Navicula</i> sp.	<i>Navicula</i> spp.
03/10/2012	1075	1150	-	-	1125	1525
05/10/2012	1275	125	-	-	600	325
19/10/2012	2325	375	-	-	1575	325
21/10/2012	1825	3675	-	-	1825	775
05/11/2012	1825	50	-	-	500	475
07/11/2012	725	4825	-	-	200	-
20/11/2012	2100	10375	-	75	575	75
22/11/2012	2300	15375	200	-	1500	125
05/02/2013	2800	49725	-	25	1275	100
06/02/2013	2550	13200	475	350	550	-
16/02/2013	2550	3375	225	150	1000	50
18/02/2013	740	7730	350	950	810	410
03/03/2013	1160	34250	1410	310	700	160
05/03/2013	140	22970	1060	100	220	-
18/03/2013	780	-	400	-	480	330
20/03/2013	850	-	360	-	410	130

Tabela 11: Média diária da abundância celular de diatomáceas (cel. L<sup>-1</sup>) no período de outubro de 2012 até março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Data de coleta	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Odontella aurita</i>	<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Odontella sinensis</i>	<i>Odontella regia</i>	<i>Paralia sulcata</i>
03/10/2012	50	275	-	-	-	14650
05/10/2012	100	100	-	-	-	3300
19/10/2012	-	-	150	-	-	450
21/10/2012	-	-	-	-	-	5575
05/11/2012	-	-	-	-	-	4975
07/11/2012	-	-	-	225	-	1575
20/11/2012	-	-	-	-	-	7225
22/11/2012	100	-	100	-	-	3925
05/02/2013	25	-	-	50	-	4925
06/02/2013	150	-	75	100	-	7575
16/02/2013	100	-	-	200	475	6550
18/02/2013	20	-	70	450	-	790
03/03/2013	-	-	30	-	-	2230
05/03/2013	-	30	10	-	-	220
18/03/2013	10	-	-	-	-	2370
20/03/2013	-	-	40	10	-	2170

Tabela 12: Média diária da abundância celular de diatomáceas (cel. L<sup>-1</sup>) no período de outubro de 2012 até março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Data de coleta	Penada < 30	Penada > 30	<i>Pleurosigma</i> spp.	<i>Psamodictyon panduriformis</i>	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	<i>Rhizosolenia setigera</i>
03/10/2012	125	75	100	3550	-	-
05/10/2012	150	275	125	3775	-	25
19/10/2012	400	75	150	1200	-	-
21/10/2012	650	200	125	1625	-	-
05/11/2012	75	650	150	950	-	-
07/11/2012	75	75	50	325	-	100
20/11/2012	100	-	125	1375	-	-
22/11/2012	525	-	350	1575	-	-
05/02/2013	75	200	800	775	125	-
06/02/2013	-	125	425	550	-	-
16/02/2013	200	100	625	700	50	75
18/02/2013	200	210	360	310	900	570
03/03/2013	390	470	320	60	20	130
05/03/2013	80	40	30	60	-	30
18/03/2013	50	80	170	180	-	-
20/03/2013	80	40	180	270	-	-

Tabela 13: Média diária da abundância celular de diatomáceas (cel. L<sup>-1</sup>) no período de outubro de 2012 até março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Data de coleta	<i>Rhizosolenia</i> sp.	<i>Skeletonema constatum</i>	<i>Triceratium</i> sp.	<i>Thalassiotrix</i> sp.	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
03/10/2012	-	-	-	-	8175	7100
05/10/2012	-	-	-	25	9325	7600
19/10/2012	-	-	-	-	51825	25675
21/10/2012	-	-	50	-	71600	25475
05/11/2012	-	-	-	125	14950	12950
07/11/2012	-	-	-	-	14100	22000
20/11/2012	-	11425	-	-	38525	41475
22/11/2012	-	3350	-	50	32550	31325
05/02/2013	-	27575	-	-	5425	13200
06/02/2013	-	138800	-	-	7825	14625
16/02/2013	-	565600	-	250	31000	27525
18/02/2013	70	1351560	-	20	33480	26280
03/03/2013	-	54860	-	-	5480	8090
05/03/2013	-	6340	-	-	820	300
18/03/2013	-	21600	-	-	3030	1840
20/03/2013	-	19220	-	-	3550	2680

Tabela 14: Média diária da abundância celular de diatomáceas (cel. L<sup>-1</sup>) no período de outubro de 2012 até março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Data de coleta	<i>Thalassiosira</i> spp. < 30	<i>Thalassiosira</i> spp. > 30	<i>Fragilaria</i> sp.	Cêntrica < 30	Cêntrica > 30
03/10/2012	8250	3100	-	37100	9400
05/10/2012	8200	3425	475	16750	7500
19/10/2012	3875	3550	-	15000	9500
21/10/2012	3650	3475	-	21925	17600
05/11/2012	2875	275	175	34750	2850
07/11/2012	800	225	325	26725	1000
20/11/2012	3425	975	-	27050	4200
22/11/2012	2975	1200	-	22475	3325
05/02/2013	2050	700	225	23800	3675
06/02/2013	2425	1700	1550	30350	3975
16/02/2013	1650	1175	3750	21075	3200
18/02/2013	1545	1215	520	19720	2395
03/03/2013	600	130	-	9290	740
05/03/2013	390	340	-	10450	610
18/03/2013	950	530	540	6750	400
20/03/2013	770	600	740	6530	330

Tabela 15: Média diária da abundância celular de dinoflagelados (cel. L<sup>-1</sup>) no período de outubro de 2012 até março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Data de coleta	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Ceratium hircus</i>	<i>Ceratium fusus</i>	<i>Dinophysis acuminata</i>	<i>Gymnodinium</i> spp.	<i>Prorocentrum minimum</i>
03/10/2012	4250	150	-	750	3400	1625
05/10/2012	1875	375	-	375	5550	775
19/10/2012	2925	450	-	250	1450	2925
21/10/2012	1700	200	-	650	1700	1675
05/11/2012	1250	-	-	150	525	4100
07/11/2012	16225	425	-	100	7500	28825
20/11/2012	5500	400	125	125	1700	3400
22/11/2012	6775	200	-	125	4025	5825
05/02/2013	5650	550	-	475	6925	2725
06/02/2013	7625	225	75	1025	5250	1850
16/02/2013	5875	875	50	750	5275	1700
18/02/2013	4700	1385	-	390	6230	1425
03/03/2013	-	920	90	360	320	750
05/03/2013	790	480	40	100	640	300
18/03/2013	50	130	20	180	70	100
20/03/2013	100	310	10	340	60	170

Tabela 16: Média diária da abundância celular de dinoflagelados, dictyochophyceae e euglenófitas (cel. L<sup>-1</sup>) no período de outubro de 2012 até março de 2013, na baía da Babitonga, SC.

Data de coleta	<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Prorocentrum</i> spp.	<i>Protoperidinium</i> sp.	<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	<i>Dictyocha fibula</i>	Euglenófitas
03/10/2012	825	50	2200	4600	300	-
05/10/2012	900	600	1400	1275	275	-
19/10/2012	1375	-	1950	625	200	-
21/10/2012	1025	175	550	2875	125	-
05/11/2012	225	-	-	-	-	-
07/11/2012	625	-	900	-	200	-
20/11/2012	50	175	525	-	175	150
22/11/2012	650	175	1750	-	325	125
05/02/2013	2950	675	1600	-	-	1700
06/02/2013	3100	200	2350	-	-	4000
16/02/2013	2425	125	675	-	50	2200
18/02/2013	750	230	370	-	100	470
03/03/2013	70	400	180	-	170	800
05/03/2013	90	380	70	-	40	140
18/03/2013	60	90	30	-	90	120
20/03/2013	30	30	50	-	60	150