

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

Viviane Tranker

**O FITOPLÂNCTON NO ENTORNO DA RESERVA BIOLÓGICA MARINHA
DO ARVOREDO, SANTA CATARINA**

Florianópolis
Junho de 2021

Viviane Tranker

**O FITOPLÂNCTON NO ENTORNO DA RESERVA BIOLÓGICA MARINHA
DO ARVOREDO, SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do Campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Mestre em Clima e Ambiente.

Orientadores: Prof^o. Dr^o. Mathias Alberto Schramm,
Prof^a Dra. Andrea Santarosa Freire

Florianópolis

Junho de 2021

Aluna: **VIVIANE TRANKER**

| | |
|----------------|--|
| Título: | O FITOPLANCTON NO ENTORNO DA RESERVA BIOLÓGICA MARINHA DO ARVOREDO, SANTA CATARINA |
|----------------|--|

Aprovada pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente

Dr. **MATHIAS ALBERTO SCHRAMM**



Orientador / Presidente / IFSC / Itajaí - SC

Participação: () Presencial (X) Videoconferência

(X) Aprovado () Reprovado

Dr. **LUIS ANTONIO DE OLIVEIRA PROENÇA**

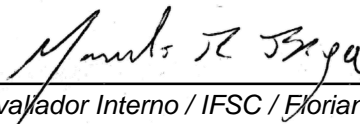


Avaliador Interno / IFSC / Itajaí - SC Participação:

() Presencial (X) Videoconferência

(X) Aprovado () Reprovado

Dr. **MARCELO RENNO BRAGA**

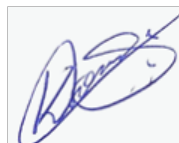


Avaliador Interno / IFSC / Florianópolis - SC

Participação: () Presencial (X) Videoconferência

(X) Aprovado () Reprovado

Dr. **KLEBER RENAN DE SOUZA SANTOS**



Avaliador Externo / IFSC / Florianópolis - SC

Participação: () Presencial (X) Videoconferência

(X) Aprovado () Reprovado

Este trabalho foi aprovado por:

() maioria simples

(X) unanimidade

CDD 551.6
T772f

Tranker, Viviane
O fitoplâncton no entorno da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, Santa Catarina [DIS] / Viviane Tranker; orientação de Mathias Alberto Schramm, coorientação de Andrea Santarosa Freire – Florianópolis, 2021.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Fitoplâncton. 2. Monitoramento ambiental. 3. Reserva biológica. I. Schramm, Mathias Alberto. II. Freire, Andrea Santarosa. III. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues - CRB 14/1117

Dedico esta obra ao Criador de todas as coisas,
à minha família, meu pai Nelson, minha mãe
Maria e aos meus mestres.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Criador por todo amor incondicional.

Agradeço em especial minha mãe, que mesmo não entendendo nada do que faço, mesmo assim sempre me apoiou, em todos os aspectos.

Aos meus orientadores, Mathias e Andrea, pela dedicação e conhecimento transferido a mim.

Aos professores do mestrado, todo meu respeito e admiração.

Ao projeto MAARE pelo fornecimento dos dados e amostras.

Aos colegas de turma, pelos churras, barzinho, conversas (alguns se tornaram grandes amigos).

Ao programa de mestrado em Clima e Ambiente.

Aos meus amigos (não vou citar nomes para não correr o risco de esquecer alguém).

A todos os profissionais e colegas do Laboratório de Pesquisa e Monitoramento de Algas Nocivas e Ficotoxinas de Itajaí-SC (LANF), Thatão, Proença, Thiago, Evans, Aline.

À natureza, que me inspira.

A quem de alguma forma contribuiu para que este trabalho fosse realizado.

Gratidão!!

Contradigo a mim mesmo porque sou vasto.

Walt Whitman

RESUMO

A Reserva Marinha do Arvoredo e seu entorno, encontra-se em uma porção rasa, costeira do litoral de Santa Catarina. O Entorno da reserva é uma área de extrema importância ecológica devido ao efeito de transbordamento de adultos ou de dispersão de larvas de diferentes organismos, que contribui com a produção pesqueira regional. Desta forma, a transferência de energia baseia-se diretamente na produtividade primária do fitoplâncton. O presente estudo objetivou investigar a distribuição e composição da comunidade fitoplanctônica no entorno da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo) no verão e inverno dos anos de 2014, 2015 e 2016. O estudo pretende responder sobre a distribuição e composição em situações distintas: estações costeiras e mais afastadas da costa. Para tanto, amostras da água foram coletadas ao longo de seis pontos amostrais, em superfície, camada intermediária e fundo, com auxílio de garrafa Van Dorn, acondicionada em garrafas de 250 mL e fixado com solução de formaldeído 4%. Dados secundários dos parâmetros físicos-químicos da água foram cedidos pelo projeto MAARÉ para correlacionar com a distribuição do fitoplâncton. A densidade celular foi estimada em cél/L através do método tradicional de Utermöhl. Foi calculada a frequência de ocorrência entre os táxons. Os padrões ecológicos do fitoplâncton foram explorados a partir dos índices de diversidade e equitabilidade, análise de similaridade de cluster e análise de redundância canônica (RDA). A composição da comunidade incluiu um total de 156 táxons distintos, abrangendo diferentes Classes: Diatomáceas (52%), Dinoflagelados (42%), Cianobactérias (2%), Euglenofíceas, Silicoflagelados, Ebria e nanoplâncton < 20µm (1% cada uma). A estrutura fitoplanctônica apresentou características típicas de uma região subtropical. Diatomáceas (*Thalassiosira* spp.) foram dominantes na maioria das amostras, mas destaca-se a importância de dinoflagelados (dinoflagelado atecado) em toda coluna da água no inverno de 2016 e na superfície dos verões de 2014 e 2015. Já o nanoplâncton foi importante no verão de 2015. As maiores densidades foram registradas no verão, em superfície e nas estações costeiras. Altas densidades de *Haslea* sp., nanoplâncton e *Thalassiosira* spp. contribuíram para os baixos índices de diversidade e equitabilidade nas estações costeiras. A comunidade fitoplanctônica tem alta variabilidade sazonal e interanual devido ao dinamismo das condições meteo-oceanográficas regionais.

Palavras-chave: Fitoplâncton, monitoramento ambiental, reserva biológica.

ABSTRACT

PHYTOPLANKTON IN THE SURROUNDINGS OF THE ARVOREDO MARINE BIOLOGICAL RESERVE, SANTA CATARINA

The Arvoredo Marine Reserve and its surroundings are found in a shallow, coastal portion of the Santa Catarina coast. The Reserve's surroundings are an area of extreme ecological importance due to the effect of overflowing adults or the dispersion of larvae of different organisms, which contributes to regional fisheries production. In this way, energy transfer is based directly on the primary productivity of phytoplankton. The present study aimed to investigate the distribution and composition of the phytoplankton community around the Arvoredo Marine Biological Reserve (REBIO Arvoredo) in the summer and winter of the years 2014, 2015 and 2016. The study aims to answer about the distribution and composition in different situations: coastal stations and further from the coast. For that, water samples were collected over 06 sampling points, on the surface, intermediate layer and bottom, with the aid of a Van Dorn bottle, packed in 250 ml bottles and fixed with a 4% formaldehyde solution. Secondary data of the physical-chemical parameters of the water were provided by the MAARÉ project to correlate with the phytoplankton distribution. Cell density estimated in cells / L using the traditional Utermöhl method. The frequency of occurrence between the taxa was calculated. The ecological patterns of phytoplankton were explored from the diversity and equitability indices, cluster similarity analysis and conical redundancy analysis (RDA). The composition of the community included a total of 156 different taxa, covering different Classes: Diatoms (52%), Dinoflagellates (42%), Cyanobacteria (2%), Euglenofíceas, Silicofalgelados, Ebria and nanoplankton <20µm (1%). The phytoplankton structure showed characteristics typical of a subtropical region. Diatoms (*Thalassiosira* spp.) Were dominant in most samples, but the importance of dinoflagellates (attacked dinoflagellate) is prominent in every water column in the winter of 2016 and on the surface of the summers of 2014 and 2015. Nanoplankton was important in the summer 2015. The highest densities were recorded in summer, on the surface and in coastal seasons. High density of *Haslea* sp., Nanoplankton and *Thalassiosira* spp. contributed to the low levels of diversity and equitability in coastal stations. The phytoplankton community has high seasonal and interannual variability due to the dynamism of regional meteo-oceanographic conditions.

Keywords: Phytoplankton, environmental monitoring, biological reserve.

LISTA DE FIGURA

| | |
|---|----|
| Figura 1. Lista de figuras dos principais grupos do fitoplâncton encontrados no ambiente marinho 1a. Diatomácea, 1b. Dinoflagelado. 1c. Silicoflagelado, 1d. Criptofíceas e 1e. Cianobactéria. Fonte: AlgaBase..... | 15 |
| Figura 2- Mapa da área de estudo do projeto MAArE – Projeto de Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno. As seis estações oceanográficas delimitadas no presente estudo, estão demarcadas no mapa por triângulos (adaptado a partir de Segal <i>et al.</i> , 2017)..... | 23 |
| Figura 3. Principais grupos e número de taxas descritos nas amostras quantitativas do fitoplâncton, no verão e inverno dos anos de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo..... | 29 |
| Figura 4. Valores anuais e sazonais médios, desvio padrão, mínimo e máximo da densidade total do microplâncton e da densidade por grupo, referente a todas as estações oceanográficas e todas as profundidades..... | 38 |
| Figura 5. Densidade total (cél/L) do microplâncton distribuídos em superfície, profundidade intermediária e fundo nas seis estações amostrais, no verão e inverno, de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo..... | 40 |
| Figura 6. Densidade relativa (%) dos principais grupos de fitoplâncton, distribuídos em superfície, profundidade intermediária e fundo nas seis estações amostrais, no verão e inverno, de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo..... | 48 |
| Figura 7. Densidade relativa dos principais organismos encontrados em superfície, profundidade intermediária e fundo nas seis estações amostrais, no verão e inverno, de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo..... | 49 |
| Figura 8. Valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos das variáveis analisadas: Índices ecológicos: Shanonn-Wiener (H') e Equitabilidade (J') durante as campanhas de verão e inverno dos anos de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo..... | 51 |
| Figura 9. Índices de diversidade de Shannon Wiener (H') e equitabilidade de Pielou (J') distribuídos em superfície, estação intermediária e fundo ao longo de seis estações amostrais, no verão e inverno, em 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo..... | 54 |

Figura 10 a. Ordenação por distância de Bray-Curtis a partir de táxons que ocorreram (> 3%) de frequência de ocorrência, nas seis campanhas amostrais do verão de 2014, 15 e 16, no entorno da REBIO Arvoredo.....55

Figura 10 b. Ordenação por distância de Bray-Curtis a partir de táxons que ocorreram (> 3%) de frequência de ocorrência, nas seis campanhas amostrais do verão de 2014, 15 e 16, no entorno da REBIO Arvoredo.....56

Figura 11. Análise de redundância cônica (RDA) distribuídos ao longo de seis estações amostrais, durante o verão (Δ) e inverno (*), nos anos de 2014(a), 2015(b) e 2016(c) no entorno da REBIO Arvoredo. (s= superfície; m= camada meio(intermediária); f=fundo, fosf=fosfato; sili=silicato; nit+nitr=nitrito+nitrato; amo=amônio; cla=clorofila-a; diato=diatomáceas; dino=dinoflagelados; nano=noplâncton.....60

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Estações oceanográficas, coordenadas geográficas e profundidade local. As estações foram agrupadas de acordo com sua profundidade, da menor a maior profundidade..... | 23 |
| Tabela 2. Lista de espécies e morfotipos que ocorreram no verão e inverno de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo..... | 31 |
| Tabela 3. Frequência de ocorrência (%) dos táxons muito frequentes e frequentes (>50%), encontrados no verão e inverno dos anos de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo durante (* Dinoflagelados; **Nanoplâncton)..... | 50 |
| Tabela 4. Resumo da Análise de Redundância Cônica (RDA) para as variáveis ambientais e os principais grupos do fitoplâncton no entorno da Rebio Arvoredo, nos anos de 2014, 2015 e 2016..... | 59 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.

AC Água Costeira

ACAS Água Central do Atlântico Sul

AT Água Tropical

AP Água de Plataforma

APP Água da Pluma do Prata

CB Corrente do Brasil

Cél/L Células/Litro

Cla Clorofila-a

CN Canal Norte da Ilha de Santa Catarina

Fito Fitoplâncton

FSP Frente Subtropical de Plataforma

ISO Isóbata

MSC Máximos Sub-superficiais de Clorofila.

PCSE Plataforma Continental Sudeste

REBIO Reserva Biológica Marinha do Arvoredo

μm = Micrómetro

μM = micromolar

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 18 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 18 |
| 1.2.3 Objetivos específicos | 18 |
| 1.3 Revisão de literatura | 19 |
| 1.3.1 Processos oceanográficos | 19 |
| 1.3.2 Ecologia do fitoplâncton | 20 |
| 1.3.3 Aspectos climáticos..... | 21 |
| 1.4 METODOLOGIA | 22 |
| 1.4.1 Área de estudo..... | 22 |
| 1.4.2 Coletas de dados | 22 |
| 1.4.3 Amostras nas campanhas oceanográficas..... | 24 |
| 1.4.4 Análise quali-quantitativa do fitoplâncton | 24 |
| 1.4.5 Análise dos parâmetros ambientais | 25 |
| 1.4.6. Análises de dados | 26 |
| 1.4.7 Análises dos dados ecológicos..... | 27 |
| 1.4.8 Análises Multivariadas de agrupamentos | 27 |
| 1.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 28 |
| 1.5.1 Comunidade fitoplânctonica | 28 |
| 1.5.2 Variação anual e sazonal do fitoplâncton | 37 |
| 1.5.2.1 Distribuição de diatomáceas | 41 |
| 1.5.2.2 Distribuição de dinoflagelados..... | 43 |
| 1.5.2.3 Distribuição de cianobactérias..... | 45 |
| 1.5.2.4 Distribuição do nanoplâncton..... | 46 |
| 1.5.3 Índices de dados ecológicos..... | 51 |
| 1.5.3.1 Índices de Shannon-Wiener e equitabilidade..... | 51 |
| 1.5.4 Análises Multivariadas..... | 55 |
| 1.5.4.1 Cluster | 55 |
| 1.5.4.2 Análise de redundância canônica - RDA..... | 57 |
| 1.6 Conclusões..... | 61 |
| 1.7 Recomenadações..... | 61 |
| Anexo I..... | 62 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 2 Produto 1..... | 66 |
| 3 Produto 2..... | 81 |
| 4 Referências bibliográficas..... | 85 |

1 INTRODUÇÃO

O fitoplâncton formado por organismos fotossintetizantes constitui um dos principais componentes dos ecossistemas aquáticos marinhos. Através de relações tróficas, a energia e a matéria orgânica produzida por estes organismos são transferidas aos demais níveis tróficos. Essas interações metabólicas e tróficas estão no centro dos processos que envolvem a transformação de matéria orgânica e dos fluxos do dióxido de carbono e de oxigênio (LALLI; PARSONS, 1997).

O plâncton (do grego “*planktos*”, errante) refere-se ao grupo de organismos que vive livremente na coluna da água, possuem pouca ou nenhuma capacidade de locomoção, e estão à mercê da movimentação das massas de água, ondas e ventos (LEE, 1999). Enquanto alguns organismos planctônicos são imóveis outros têm a capacidade de deslocamento ao longo da coluna d’água (HARRIS, 1986).

Também conhecido como microalgas planctônicas, o fitoplâncton pertence a um grupo muito heterogêneo de organismos. A organização celular do fitoplâncton é geralmente simples incluindo formas unicelulares microscópicas, conhecidas como protistas, ou multicelulares, sendo estes últimos organizados em colônias ou filamentos. As microalgas são caracterizadas pela presença de pigmentos fotossintetizantes (clorofila *a*, *b*, carotenoides), responsáveis por variadas colorações e por mecanismo fotoautotrófico (RAVEN *et al.*, 2001).

A taxonomia do fitoplâncton marinho é baseada na morfologia celular, ornamentação, cor, reservas alimentares e pigmentos fotossintéticos, destacando os seguintes grupos taxonômicos para água marinha: as diatomáceas da (Classe Bacillariophyceae), os dinoflagelados da (Classe Dinophyceae), silicoflagelados (Crysophyceae), criptofíceas (Cryptophyceae), bactérias fotossintetizantes, como as cianobactérias (Cyanophyceae) (SOURNIA, 1978). (FIGURA 1).

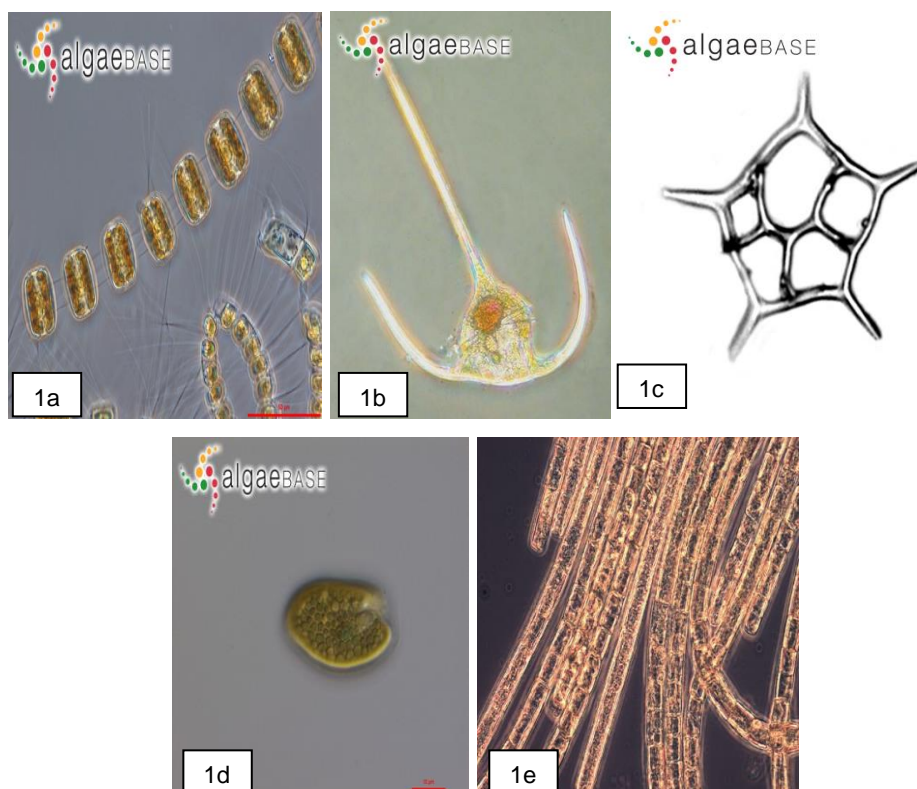


Figura 1. Lista de figuras dos principais grupos do fitoplâncton encontrados no ambiente marinho 1a. Diatomácea, 1b. Dinoflagelado. 1c. Silicoflagelado, 1d. Criptofíceas e 1e. Cianobactéria. Fonte: AlgaBase.

Um dos grupos mais importantes e de maior riqueza de espécies são as diatomáceas (Bacillariophyceae), representam cerca de 25% da produção primária mundial quando comparado com outros grupos de algas (WILLÉN, 1991). Diferem das outras algas por possuírem parede celular de sílica ou frústulas que auxiliam na flutuabilidade e absorção de nutrientes. Outro grupo importante são os dinoflagelados, assim designados por possuírem dois flagelos, ou apêndices que auxiliam na rotação e locomoção na coluna d'água. Já as diminutas células do grupo das clorofíceas (Chlorophyceae) e criptofíceas (Cryptophyceae) são encontradas principalmente em ambientes costeiros e em estuários. Os silicoflagelados (Crysophyceae) destacam-se em regiões oceânicas (SOURNIA, 1978).

Estes grupos são representados por grande amplitude de tamanho, desde microplâncton, células com tamanho entre 20 e 200 μm , amplamente distribuídos em regiões neríticas; nanoplâncton, células com tamanho entre 2 e 20 μm , organismos com tendência a dominar diversos ambientes aquáticos; além de representantes no picoplâncton (<2 μm) e no ultraplâncton (<1 μm) (SOURNIA, 1978).

Importante salientar que, organismos da porção picoplâncton (<2 μm), como *Prochlorococcus* e *Synechococcus*, entre outras cianobactérias marinhas constiuem cerca de 10% do total do picoplâncton marinho nas camada superior dos oceanos (220 metros) e são responsáveis pelas altas taxas de produtividade primária marinha (FLOMBAUM *et al.*, 2013).

A distribuição do fitoplâncton nos oceanos é regida, principalmente, pela adaptação das comunidades às condições ambientais características, tais como salinidade, temperatura, nutrientes dissolvidos na água e incidência solar (CULLEN *et al.*, 2002).

Considerando os constituintes das águas marinhas, o nitrogênio, o fósforo e a sílica, são macronutrientes, ou seja, são necessários em maiores concentrações para as funções metabólicas do fitoplâncton. Os macronutrientes são constituintes bio-limitantes, comportando-se de forma não conservativa na demanda biológica pela biomassa fitoplanctônica. As intrusões desses elementos no sistema dependem de processos físicos, por exemplo, regeneração biológica, intrusão de uma massa d'água mais rica em nutrientes, e escoamento continental após períodos de chuvas (MANN; LAZIER, 1991).

Na plataforma continental os aportes sazonais de nutrientes modificam o estado trófico do ambiente, podendo ser oligotrófico, mesotrófico ou eutrófico (ACHA *et al.*, 2004). O potencial de produção biológica pode ser caracterizado de acordo com esses estágios, onde ambientes oligotróficos (pobre em nutrientes) são representados por baixa produtividade primária e os ambientes eutróficos (ricos em nutrientes) por alta produtividade (CLOERN *et al.*, 2014).

A estrutura da comunidade fitoplânctônica e a composição específica estão também relacionadas com as características físicas da coluna de água, especialmente com a profundidade da camada de mistura, superficial, e a profundidade da zona eufótica. De um modo geral, nos mares de regiões subtropicais três grandes camadas de água são definidas: i) camada superior da zona eufótica, onde a luz é abundante, mas os nutrientes são limitantes devido ao consumo pelo fitoplâncton e a baixa taxa de reposição; ii) camada intermediária, ou

a camada inferior da zona eufótica, na qual a luz passa a ser limitante pela profundidade, mas onde há maior disponibilidade de nutrientes pela remineralização e por difusão molecular a partir de águas profundas; iii) camada afótica, com grande disponibilidade de nutrientes, mas sem luz para o processo fotossintético (AIDAR *et al.*, 1993).

Em regiões costeiras, diferente das regiões oceânicas, os processos relacionados à dinâmica do fitoplâncton estão intimamente relacionados à interação com o ambiente terrestre. As águas rasas da região costeira sofrem processos de eutrofização (naturais ou artificiais) e estão sujeitas às variações hidrológicas associadas e entrada de água doce ao sistema pela drenagem continental. Enquanto o fitoplâncton do oceano oligotrófico mais profundo é controlado principalmente pela quantidade de nutrientes, na região costeira, fatores relacionados à interação com o continente, de circulação e aporte da água doce, material em suspensão e transparência da água são mais determinantes. Essa característica faz com que as águas costeiras sejam, em geral, mais ricas em biomassa e dominadas pelo micropilâncton (MOISAN *et al.*, 2002).

A Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO) e seu entorno, encontra-se em uma porção rasa, costeira do litoral de Santa Catarina. O Entorno da REBIO Arvoredo é uma área de extrema importância ecológica devido ao efeito de transbordamento de adultos ou de dispersão de larvas de diferentes organismos, que contribui com a produção pesqueira regional (SEGAL *et al.*, 2017). Desta forma, a transferência de energia baseia-se diretamente na produtividade primária do fitoplâncton.

A área é fertilizada pelo aporte continental de rios locais e responde às ações antrópicas nos ecossistemas adjacentes. Além de ser fertilizada por nutrientes carreados por massas d'água oriundas de camadas profundas do oceano, pelo processo de ressurgência no verão e por águas continentais oriundas de maiores latitudes durante o inverno (FREIRE *et al.*, 2017).

O acompanhamento da evolução da comunidade fitoplanctônica assim como o conhecimento taxonômico e ecológico desta comunidade é uma ferramenta fundamental para a compreensão das condições ambientais e das inter-relações tróficas que se processam no ambiente.

Portanto, este estudo pretende responder questões sobre a distribuição e composição do fitoplâncton em situações distintas: (i) se o fitoplâncton do entorno da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo está respondendo às variações ambientais entre verão e inverno, (ii) se existe diferença entre a região interna (mais costeira) e externa (longe da costa).

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral:

Avaliar a composição e variações da comunidade fitoplanctônica no entorno da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e áreas costeiras adjacentes, em períodos de verão e de inverno, nos anos de 2014, 2015 e 2016.

1.2.2 Específicos:

Identificar e quantificar a composição do fitoplâncton, bem como as variações da comunidade fitoplanctônica, através de seus principais atributos.

Relacionar a composição e variações da comunidade fitoplanctônica com as variáveis ambientais.

1.3 Revisão da literatura

1.3.1 Processos oceanográficos

No processo de meso-escala ao longo do talude da Plataforma Sul do Brasil (PSB) a Corrente do Brasil (CB) transporta em direção ao sul a Água Tropical (AT), caracterizando o sistema como oligotrófico devido a predominância de água tropical, quente e salina (AT) nas camadas superiores até 200m da coluna d'água, com temperaturas superiores a 20°C e salinidades superiores a 36 e é reconhecida pelas baixas concentrações de nutrientes (AIDAR *et al.*, 1993; SILVEIRA, 2000).

Eventualmente, durante a primavera e verão os ventos de nordeste, juntamente com o transporte de Ekman nas águas de superfície e as topografias da plataforma continental induzem a ressurgência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (RODRIGUES; LORENZZETTI, 2001). A (ACAS) predomina entre 200m e 500m de profundidade abaixo da AT, com temperaturas inferiores a 18,5°C e salinidades superiores a 35,3 (MÖLLER *et al.* 2008). Na região do Cabo de Santa Marta Grande, a intrusão costeira pela ACAS promove um importante *input* de nutrientes, principalmente de nitrato dissolvido, favorecendo a produção primária (BRAGA *et al.*, 2008).

A Água de Plataforma (AP) é resultante da mistura de águas drenadas do continente com águas sob a influência da CB. Na região entre Cabo Frio (22°52'S) e Cabo de Santa Marta Grande (28°36'S), a AP ocorre na sua porção norte e a Água Subtropical de Plataforma (ASTP) na porção sul, espalhando-se também pela região nerítica da PCS (MÖLLER *et al.* 2008).

ASTP é uma massa de água resultante da mistura entre a Água da Pluma do Prata (APP), de menor salinidade e relativamente fria, com a AT, e ocorrem nas plataformas interna e média, até a quebra da plataforma, a temperatura dessa massa d'água é superior a 18,5°C, e a salinidade entre 35,3 e 36 (PIOLA *et al.* 2000, 2008, MÖLLER *et al.* 2008).

A CB representa baixas concentrações de clorofila-a ($<0,5 \mu\text{g.L}^{-1}$), enquanto a ressurgência da (ACAS) rica em nutrientes e da vazão da APP induzem o aumento da clorofila-a em até ($> 5 \mu\text{g.L}^{-1}$) (GAETA & BRANDINI 2006).

A intrusão da APP no inverno (junho-agosto) é causada pela intensificação do vento sul e do transporte de Ekman no sentido do continente, onde ocorre o espalhamento da APP para o norte, podendo atingir a parte sul da PCSE. A APP é caracterizada por temperatura superior a 10°C e salinidade inferior a 33,5. Grandes concentrações de nutrientes são atribuídas a essa massa d'água, principalmente fosfato e silicato, que chegam lateralmente a partir da vazão do Rio do Prata, melhorando a produção primária nas camadas superiores (BRANDINI *et al.*, 2007; MÖLLER Jr. *et al.*, 2008; BRAGA *et al.*, 2008).

Em menor escala, o escoamento continental atinge a região principalmente durante intenso período de chuva espalham uma pluma de menor salinidade, denominada Pluma do Rio Tijucas (PRT) e mais ao sul Canal Norte da Ilha de Santa Catarina (CN) (SEGAL *et al.*, 2017).

1.3.2 Ecologia do Fitoplâncton

Estudos anteriores realizados na plataforma continental sul mostraram que a região é caracterizada pela mistura de massas d'água quente e frias, de origem costeira e oceânica que caracterizam elevada diversidade e produtividade do fitoplâncton (CIOTTI *et al.*, 1995). Pouco ainda é compreendido sobre a dinâmica do fitoplâncton ao largo da plataforma de Santa Catarina.

Em regiões estuarinas, são observadas elevadas concentrações celulares de *Skeletonema costatum*, principalmente na primavera (REZENDE & BRANDINI, 1997). A água costeira, influenciada pelo aporte sazonal do Rio da Prata, favorece a dominância de espécies de dinoflagelado tecado, como *Scrippsiella trochoidea*, *Dinophysis* spp. *Prorocentrum* spp., e *Ceratium* spp. (ODEBRECHT & GARCIA, 1998).

Mais ao largo da plataforma, foram observados a ocorrência de *Ceratium* spp., *Heterocapsa*, *S. trochoidea*, *Protoperidinium* e *Gyrodinium* spp. (CIOTTI, 1990).

Brandini *et al.* (2014) em cruzeiros percorridos à radial perpendicular a costa, na latitude 26° 45' S partindo da isóbata de 20 m próximo à enseada da Penha ao Norte do estuário do rio Itajaí, na plataforma continental do estado de Santa Catarina descreveram a dominância de diatomáceas cêntricas perto da costa e pequenas diatomáceas penadas e flagelados ao longo da plataforma associadas com as massas d'água e mudanças sazonais.

MENEZES (2018), que realizou estudo sobre a interação entre o microplâncton e o zooplâncton no entorno da mesma reserva biológica do Arvoredo descreveu no inverno de 2014, que a composição da comunidade era dominada em toda a área por diatomáceas alongadas, principalmente por diatomáceas penadas do gênero *Thalassionema* sp1, sp2, *Thalassiotrix* sp. e diatomáceas cilíndricas, *Thalassiosira* spp., *Leptocylindrus danicus*, nas estações mais rasas e dinoflagelados (formas arredondadas) nas estações mais profundas.

BECKER (2014), em estudo sobre as massas d'água e aos processos oceanográficos da plataforma continental de Santa Catarina associou os grandes grupos do fitoplâncton à ACAS. A Pluma do Prata, e AT teve grande influência na composição de assembleias de espécies de águas quentes, com altas abundâncias de grupos associados ao zooplâncton indicador da Corrente do Brasil (CB).

1.3.3 Aspectos climáticos

Por estar inserido em uma área de transição entre os climas tropical e subtropical, o clima do município de Bombinhas é influenciado pelos ventos nordeste e sul, e sofre bruscas alterações no que se refere a chuvas, temperatura e ventos. A precipitação é regular e abundante durante todo o ano com maior frequência no verão (média anual de 1.600 mm), sendo janeiro o mês mais chuvoso (1.900 mm) e julho (92,6 mm) o mês seco. A temperatura média anual (19,5°C), sendo janeiro o mês mais quente (39,5 °C) e julho o mais frio. A umidade relativa do ar no verão chega a (85,2%). A maior insolação ocorre no mês de maio chegando (149,6 horas),

enquanto o período de menor insolação ocorre durante o mês de setembro (79,6 horas). O tipo de clima predominante na região é subtropical, mesotérmico, quente e úmido (cfa), sem uma estação seca definida. (Plano diretor de Bombinhas, 2009).

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Área de estudo

Cruzeiros oceanográficos foram realizados no litoral central de Santa Catarina na região de entorno a Reserva Biológica do Arvoredo, que representa o limite entre a fauna marinha tropical e temperada (FLOETER *et al.*, 2008). A área inclui o arquipélago de Arvoredo, que compõe a Reserva Biológica Marinha de Arvoredo, conhecida como REBIO Arvoredo e está inserida na Plataforma Continental Sudeste (PCSE) brasileira, de acordo com a divisão proposta por Castro Filho *et al.* (1996). Especificamente, a área de estudo está localizada ao norte da Ilha de Santa Catarina, a 11 km da costa, entre 27°11' – 27°16' Sul e 48°19' – 48°24' Oeste (FIGURA 1), e corresponde um polígono de 17.600 ha, incluindo em sua extensão as Ilhas das Galés, Arvoredo e Deserta, bem como o Calhau de São Pedro (BRASIL, 1990). A sua Zona de Amortecimento compreende 50 km a partir da reserva com área total de 850 mil hectares (BRASIL, 2004).

1.4.2 Coleta dos dados

Este estudo foi desenvolvido em complementação ao projeto MAArE- “Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno” (REBIO ARVOREDO), coordenado pelo departamento de Ecologia e Zoologia (UCZ-UFSC) da Universidade Federal de Santa Catarina e executado entre os anos de 2014 e 2016.

No âmbito do Projeto MAArE, ao total foram amostradas 22 estações oceanográficas nos anos de 2014, 2015 e 2016. O conjunto de dados foi separado em dois períodos sazonais, de verão (março a abril em 2014 e fevereiro em 2015 e 2016) e de inverno (julho a agosto). Dentre as estações oceanográficas, 12 foram

denominadas completas, onde foram coletadas amostras de água na superfície, profundidade intermediária e no fundo da coluna de água.

Dentre estas estações com dados físico-químicos, amostras biológicas e amostras de água coletadas durante as campanhas do projeto MAArE, seis estações foram escolhidas para compor o presente estudo da comunidade fitoplanctônica, conforme indicação na Figura 2 e Tabela 1. A escolha das estações objetivou representar os ambientes no entorno da REBIO Arvoredo, sujeitos a diferentes condições oceanográficas.

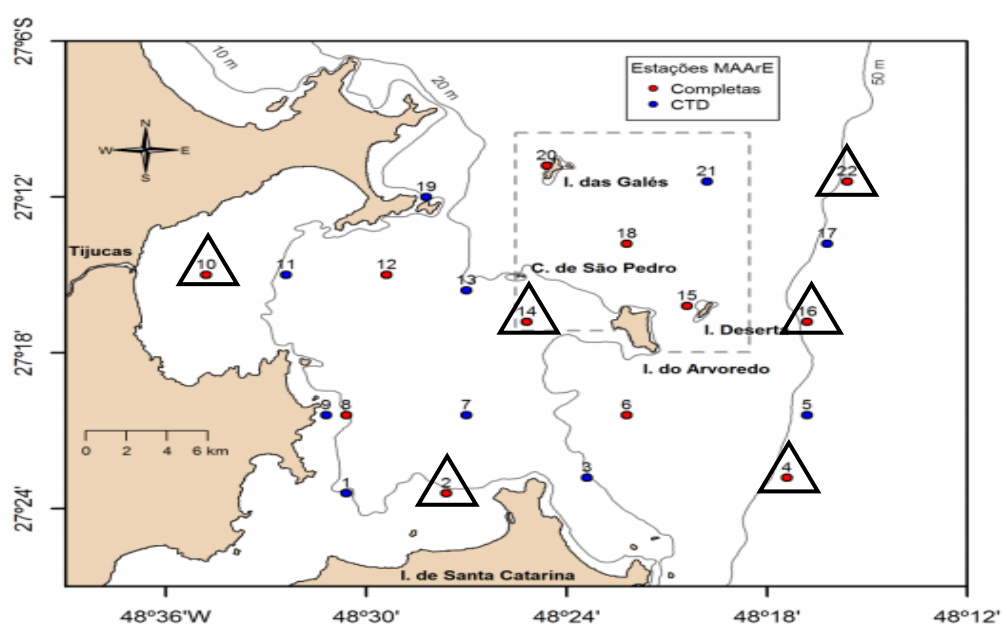


Figura 2- Mapa da área de estudo do projeto MAArE – Projeto de Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno. As seis estações oceanográficas delimitadas no presente estudo, estão demarcadas no mapa por triângulos (adaptado a partir de Segal *et al.*, 2017).

Tabela 1- Estações oceanográficas, coordenadas geográficas e profundidade local. As estações foram agrupadas de acordo com sua profundidade, da menor a maior profundidade.

| Estação | Latitude | Longitude | Profundidade local (m) |
|---------|----------|-----------|------------------------|
| 10 | -27,2531 | -48,5959 | 5,0 |
| 2 | -27,3873 | -48,4428 | 12,0 |
| 14 | -27,2733 | -48,4171 | 17,0 |
| 4 | -27,3799 | -48,2978 | 53,0 |
| 16 | -27,2809 | -48,2846 | 51,0 |
| 22 | -27,1894 | -48,2648 | 51,0 |

1.4.3 Amostragens nas campanhas oceanográficas

Foram obtidos perfis verticais de salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido e fluorescência através de um instrumento CTD modelo SBE 19 Plus com sensores acoplados. Foram realizadas medidas de profundidade com disco de Secchi para determinação da profundidade da zona eufótica (ZEU). As amostras de água foram acondicionadas em garrafa para determinar a concentração de nutrientes dissolvidos e clorofila-*a*.

As coletas de água foram realizadas com garrafa Van Dorn a superfície, meia água e próximo ao fundo, permitindo maior representatividade dos organismos amostrados, e possibilitando a determinação de quantidade absoluta de células de microalgas por litro. O material foi acondicionado em frasco plástico de 250 mL, e fixado com solução de formaldeído 4%.

1.4.4 Análise quali-quantitativa do fitoplâncton

Amostras homogêneas foram colocadas em câmaras de sedimentação e contagem utilizando o método tradicional de Utermöhl (1958), cujo volume de sedimentação (10, 20, 25 ou 50 mL) pode variar em função da concentração de células nas amostras e do material particulado em suspensão. A contagem foi realizada utilizando microscópio ótico invertido Olympus®, modelo CKX41 e microscópio Zeiss®, modelo AXIO.

O tempo de sedimentação de cada amostra varia em função do volume da torre utilizada em cada amostra, entre 12 e 24 horas (HASLE, 1978). As células foram contadas em magnificação de 200X em câmara total ou meia câmara, de acordo com a densidade celular de cada amostra. Conta-se no mínimo 100 organismos da espécie dominante na amostra, de modo que o erro de amostragem seja inferior a 10% com 95% de confiança (SOURNIA, 1978). Caso esse número não fosse atingindo em meia câmara, contava-se em câmara total.

Sempre que possível os organismos fitoplanctônicos foram identificados em nível de gênero ou espécie, sendo a identificação realizada através da avaliação de características métricas e morfológicas dos organismos e com auxílio de livros,

manuais, sites e catálogos de identificação especializados. A classificação taxonômica utilizada foi de acordo com CUPP (1943), SOURNIA (1987), BALECH (1988), TOMAS (1997), OMURA *et al.* (2012). Toda nomenclatura taxonômica foi atualizada a partir do banco de dados online (Itis - Sistema Integrado de Informação Taxonômica).

A utilização do fixador nas amostras pode danificar as estruturas de algumas espécies, como perda de flagelos, alteração na parede celular e perda de apêndices, ficando bastante disformes após a fixação (TAYLOR, 1978), e devido à dificuldade de visualização das células tendo em vista que a classificação em nível de espécie só é permitida através de técnicas microscópicas específicas, porém não disponíveis no momento, permitiria o melhor detalhamento taxonômico. Portanto, em alguns casos a identificação do gênero não foi possível, desta forma alguns organismos foram classificados de acordo com seu grupo ou classe de tamanho ou similaridades, como “dinoflagelado atecado”; “nanoplâncton (< 20 µm)”. A contagem das cianobactérias foi realizada sob a forma de unidades indivíduos/L e não através de células. A fração do picoplâncton, ou seja, organismos (>0,20 µm) não foram contabilizados.

1.4.5 Análise dos Parâmetros Ambientais

Os parâmetros físicos e químicos da água como: temperatura, salinidade, nitrito, nitrato, amônia, fosfato, silicato dissolvidos e concentração de clorofila-a foram coletados em todas as estações, processados e gentilmente cedidos pelo projeto MAArE, 2017, para análises estatísticas correlacionando com os dados de fitoplâncton. As amostras de água foram utilizadas para determinação da concentração dos nutrientes dissolvidos (fosfato; silicato; nitrato e nitrito; amônio) determinados por técnica colorimétrica e absorvâncias lidas em espectrofotômetro (GRASSHOFF *et al.*, 1983). A produtividade primária foi estimada pela concentração de clorofila-a conforme SCOR/UNESCO, 1966).

1.4.6 Análise dos Dados

Com base nos resultados das identificações, foram realizadas, para cada estação oceanográfica, análises quantitativas, ecológicas e multivariadas. Nas análises quantitativas, foram avaliadas.

Densidade celular total (expressa em células por litro e indivíduo/L para cianobactérias)

$$N = [(n \cdot A/a) \cdot V] / v$$

Onde: N = densidade celular (cél.L);

A = área da câmara;

a = área contada;

V = volume da amostra;

v = volume da alíquota.

Densidade relativa dos principais táxons e grupos (expressa em percentual), calculada através da fórmula:

$$A = N \times 100 / n$$

N = é igual ao número de espécies na amostra e;

n = representa o número total de espécies.

A frequência de ocorrência dos táxons (expressa em percentual)

A frequência de ocorrência foi calculada segundo Mateucci & Colma (1982) através da relação entre o número de amostras, nas quais cada táxon ocorreu e o número total de amostras analisadas, tendo sido estabelecidas as seguintes categorias: muito frequente ($\geq 75\%$), frequente ($< 75\%$ e $\geq 50\%$), pouco frequente ($< 50\%$ e $\geq 25\%$) e esporádica ($< 25\%$).

1.4.7 Análises dos dados ecológicos

Para o cálculo da diversidade de espécies do fitoplâncton foi utilizado a riqueza, o Índice de Shannon-Weaver (1948), e equitabilidade (J') segundo Pielou (1977). Os dados foram analisados no pacote estatístico Past 3 (HAMMER *et al.*, 2001).

Índice de diversidade (H')

Este índice assume que todos os indivíduos são amostrados aleatoriamente de uma população indefinidamente grande (infinita). Ele dá uma medida do grau médio de incerteza em prever que espécies e indivíduos serão escolhidos aleatoriamente de um total de S espécies e N indivíduos. Um bit equivale a uma unidade de informação (VALENTIN, 2000).

De acordo com Margalef (1976), em comunidades naturais, os valores numéricos do índice de diversidade de Shannon-Weaver raramente excedem 5 bits (unidade de medida de H) por indivíduo, e segundo o autor, em comunidades fitoplanctônicas, a diversidade, em bits por célula, está normalmente entre 1 e 2,5 em águas costeiras e entre 3,5 e 4,5 em águas oceânicas.

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

Onde: N_i = número de indivíduos das i espécies na amostra;

N = número total de indivíduos na amostra;

$p_i = N_i/N$ – proporção de indivíduos de cada espécie na amostra total e $\sum p_i$.

Índice de equitabilidade (J')

Esse índice expressa a relação entre a diversidade real (H) e a diversidade máxima. Se tivermos $J=0$ pode-se dizer que toda a comunidade de microplâncton pertence a uma única espécie. Se $J=1$ pode-se dizer que todas as espécies estão igualmente representadas. A equitabilidade foi calculada pela equação:

$$J' = H'/H'max$$

Onde: H' = diversidade da amostra (índice de Shannon);

$H'max$ = diversidade máxima da amostra ($\text{Log}_2 S$);

Sendo: S = número de espécies da amostra.

1.4.8 Análises Multivariadas de agrupamentos

Similaridade de Bray-Curtis

Com o objetivo de detectar possíveis gradientes e rupturas na distribuição da comunidade, foram realizadas análises multivariadas de agrupamento (Cluster). Para estas análises foram utilizadas matrizes de densidade por táxon e estação de coleta. Para o cálculo das matrizes de similaridades foi utilizado o índice de *Bray-Curtis* para dados de densidade, transformados em logaritmo ($\text{Log } x+1$) e o método de ligamento pela média aritmética UPGMA (ROHLF & FISHER, 1968).

Análise de redundância canônica - RDA

A RDA foi realizada segundo as recomendações de PIELOU (1984). É uma técnica da estatística multivariada que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais, na qual relaciona os dados bióticos com os abióticos. Com o intuito de aproximar a distribuição dos dados a uma distribuição normal, os valores das variáveis foram previamente transformados em $\text{Log } (x+1)$.

1.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

1.5.1 Comunidade fitoplanctônica

Em termos gerais, a composição da comunidade fitoplanctônica na área estudada, nas seis (6) estações de coleta entre os anos 2014 a 2016, foi constituída por 156 táxons, abrangendo diferentes Classes: Bacillariophyceae (52%), Dinophyceae (42%), Cyanophyceae (2%), Euglenophyceae, Chrysophyceae, Ebriophyceae, e o grupo dos nanoplâncton ($< 20\mu\text{m}$) com (1%). Sendo que 17

táxons ocorreram exclusivamente no verão e 27 exclusivamente no inverno (TABELA 2).

O grupo mais abundante encontrado foi as diatomáceas (Bacillariophyceae) que contabilizou 66 *taxa* no verão e 70 no inverno; seguido de Dinoflagelados (Dinophyceae), com 52 *taxa* no verão e 55 no inverno, Silicoflagelados (Chrysophyceae), com 2 *taxa* no verão e 3 no inverno, Ebria (Ebriophyceae) com 2 no verão e inverno; Cianobactérias (Cyanophyceae) com 2 *taxa* no verão e 1 no inverno; Euglenofíceas (Euglenophyceae) e o nanoplâncton (< 20µm) com um *taxa* cada grupo registrado no verão e inverno (FIGURA 3).

O resultado mostrou um valor superior aos 135 taxóons encontrados por Schaeffer (2007) em seu estudo sobre a comunidade fitoplanctônica em área costeira destinada a malacultura no município de Anchieta/ES, e inferior ao estudo de Villac *et al.* 2008, registrados no litoral de São Paulo, os autores listaram um total de 572 *taxa*, sendo 82% Bacillariophyceae, 16% Dinophyceae, outros grupos, como Chrysophyceae, Ebriophyceae e Cyanophyceae tiveram as menores contribuições.

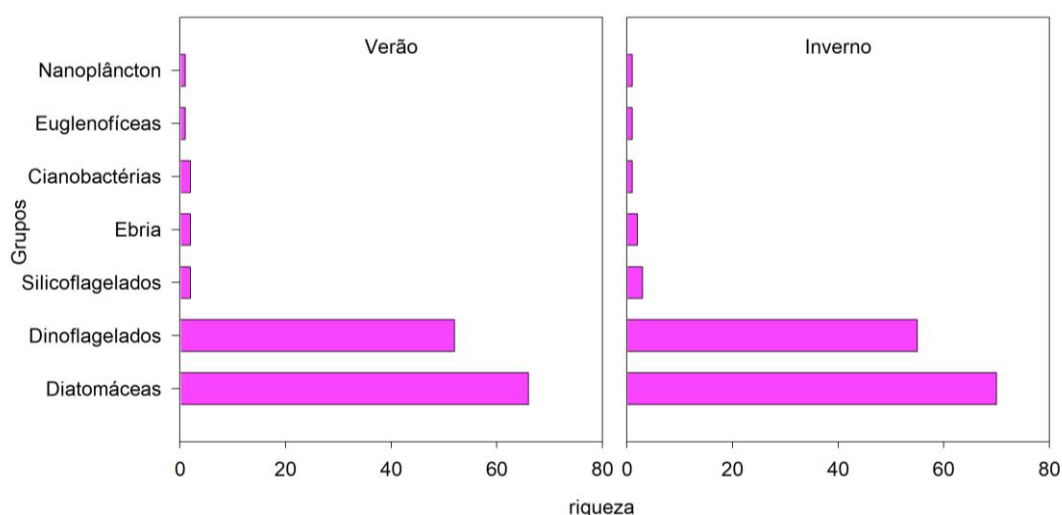


Figura 3. Principais grupos e número de *taxa* descritos nas amostras quantitativas do fitoplâncton, no verão e inverno dos anos de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo.

Em estudo realizado por Brandini *et al.* (2014) ao largo de Itajaí, entre novembro de 2005, e janeiro, março, abril e junho de 2006. Registraram um total de 105 espécies

de diatomáceas (superior ao presente estudo) e 26 espécies de dinoflagelados (inferior ao presente estudo), além da cianobactéria filamentosa *Trichodesmium* sp. e alguns silicoflagelados do gênero *Dyctiocha*. Grandes diatomáceas cêntricas foram registradas perto da costa e, pequenas diatomáceas penadas ao longo da plataforma e flagelados entre as isóbatas de 40 e 120 m.

Tabela 2. Lista de espécies e morfotipos que ocorreram no verão e inverno de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo.

| | Verão | Inverno |
|---|-------|---------|
| CLASSE BACILLARIOPHYCEAE | | |
| ORDEM BACILLARIALES | | |
| FAMÍLIA BACILLARIACEAE | | |
| <i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) | X | X |
| <i>Nitzschia</i> sp. Hassal | X | X |
| <i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs | X | X |
| <i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow | X | X |
| <i>Nitzschia</i> cf. <i>panduriformis</i> W.Gregory | X | |
| <i>Nitzschia</i> cf. <i>kerquelenensis</i> (O'Meara) Hasle | X | X |
| <i>Nitzschia</i> sp. 1 Hassal | X | X |
| <i>Nitzschia</i> sp. 2 Hassal | | X |
| <i>Nitzschia</i> sp 3 Hassal | X | |
| <i>Nitzschia</i> sp 4 Hassal | | X |
| <i>Pseudo-nitzschia</i> complexo <i>seriata</i> (Cleve) | | X |
| <i>Pseudo-nitzschia</i> complexo <i>delicatissima</i> (Cleve) | | X |
| <i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Hendey | X | X |
| ORDEM BIDDULPHIALES | X | X |
| FAMÍLIA BIDDULPHIACEAE | X | X |
| <i>Biddulphia dubia</i> (Brightwell) Cleve | | |
| <i>Biddulphia tridens</i> (Ehrenberg) Ehrenberg | | |
| ORDEM COSCINODISCALES | X | |
| FAMÍLIA COSCINODISCACEAE | X | |
| <i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg | | |
| <i>Coscinodiscus</i> spp. Ehrenberg | | |
| <i>Coscinodiscus granii</i> Gough | X | X |
| <i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> (Ehrenberg) | X | X |
| <i>Coscinodiscus wailesii</i> Gran & Angst | X | X |
| <i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenber | X | X |
| <i>Coscinodiscus rothii</i> (Ehrenberg) Grunow | X | X |
| ORDEM ASTEROLAMPRALES | | X |
| FAMÍLIA ASTEROLAMPRAEAE | | X |
| <i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs | | |
| FAMÍLIA HELIOPELTACEAE | | |
| <i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg | X | X |
| ORDEM CHAETOCEROTALES | | |
| FAMÍLIA CHAETOCEROTACEAE | X | X |
| <i>Bacteriastrum</i> sp. Shadbolt | | |
| <i>Chaetoceros debilis</i> cleve | | |
| <i>Chaetoceros compressus</i> Lauder | X | X |
| <i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve | X | |
| <i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow | X | X |
| <i>Chaetoceros radicans</i> F.Schütt | X | X |
| <i>Chaetoceros subtilis</i> var. <i>abnormis</i> | X | X |

Tabela 2. Lista de espécies e morfotipos que ocorreram no verão e inverno de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo. (continuação)

| | Verão | Inverno |
|--|-------|---------|
| <i>Chaetoceros</i> sp. 1 Ehrenberg | X | |
| ORDEM CORETHRALES | | |
| FAMÍLIACORETHRACEAE | | |
| <i>Corethron criophilum</i> Castracane | | X |
| ORDEM CYMATOSIRALES | | |
| FAMÍLIA CYMATOSIRACEAE | | |
| <i>Campylosira cymbelliformis</i> (A.Schmidt) | | X |
| ORDEM FRAGILARIALES | | |
| FAMÍLIA FRAGILARIACEAE | | |
| <i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round | X | X |
| <i>Fragilariopsis</i> sp. F. Hustedt in A. Schmidt | | X |
| <i>Pseudoeunotia</i> sp. (Wallich) Grunow | X | X |
| ORDEM TABELLARIALES | | |
| FAMÍLIA TABELLARIACEAE | | |
| <i>Asterionella formosa</i> Hassall | X | |
| ORDEM HEMIAULALES | | |
| FAMÍLIA HEMIAULACEAE | | |
| <i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey | X | |
| <i>Climacodium frauenfeldianum</i> Grunow | X | X |
| <i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck | X | X |
| <i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve | X | X |
| <i>Hemiaulus sinensis</i> Greville | X | X |
| ORDEM LEPTOCYLINDRALES | | |
| FAMÍLIA LEPTOCYLINDRACEAE | | |
| <i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve | X | X |
| <i>Leptocylindrus minimus</i> Gran | X | X |
| ORDEM LITHODESMIALES | | |
| FAMÍLIA LITHODESMIACEAE | | |
| <i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow | X | X |
| ORDEM NAVICULALES | | |
| FAMÍLIA DIPLONEIDACEAE | | |
| <i>Diploneis</i> spp. Ehrenberg ex Cleve | X | X |
| FAMÍLIA NAVICULACEAE | | |
| <i>Haslea</i> sp. (Gaillon) Simonsen | X | X |
| <i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) Silva | X | X |
| <i>Navicula</i> cf. <i>delicatula</i> Cleve | X | X |
| <i>Navicula</i> sp. 1 Hassal | X | X |
| <i>Navicula</i> sp. 2 Hassal | X | X |

Tabela 2. Lista de espécies e morfotipos que ocorreram no verão e inverno de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo. (continuação)

| | Verão | Inverno |
|--|-------|---------|
| <i>Navicula</i> sp. 3 Hassal | X | X |
| FAMÍLIA PLAGIOTROPIDACEAE | | |
| <i>Tropidoneis</i> sp. Cleve | X | X |
| ORDEM PLAGIOGRAMMALES | | |
| FAMÍLIA PLAGIOGRAMMACEAE | | |
| <i>Plagiogramma</i> sp. Greville | | X |
| FAMÍLIA PLEUROSIGMATACEAE | | |
| <i>Pleurosigma</i> / <i>Gyrosigma</i> sp. | X | X |
| <i>Pleurosigma acuminatum</i> (Kützing) W.Smith | | X |
| ORDEM PARALIALES | | |
| FAMÍLIA PARALIACEAE | | |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve | X | X |
| ORDEM RHIZOSOLENIALES | | |
| FAMÍLIA RHIZOSOLENIACEAE | | |
| <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle | X | X |
| <i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle | X | X |
| <i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H. Peragallo | X | X |
| <i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle | | X |
| <i>Neocalyptrella robusta</i> | | X |
| <i>Rhizosolenia</i> cf. <i>imbricata</i> Brightwell | X | X |
| <i>Rhizosolenia calcar-avis</i> Schultze | X | X |
| <i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell | X | |
| <i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell | X | X |
| ORDEM STRIATELLALES | | |
| FAMÍLIA STRIATELLACEAE | | |
| <i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing | | X |
| ORDEM SURIRELLALES | | |
| FAMÍLIA SURIRELLACEAE | | |
| <i>Surirella ovata</i> Kützing | X | X |
| <i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg | X | X |
| FAMÍLIA ENTOMONEIDACEAE | | |
| <i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg | X | X |
| ORDEM THALASSIONEMATALES | | |
| FAMÍLIA THALASSIONEMATACEAE | | |
| <i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle | X | X |
| <i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Mereschkowsky | X | X |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) | X | X |
| <i>Thalassiotrix</i> sp. | X | X |

Tabela 2. Lista de espécies e morfotipos que ocorreram no verão e inverno de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo. (continuação)

| | Verão | Inverno |
|---|-------|---------|
| ORDEM THALASSIOSIRALES | | |
| FAMÍLIA SKELETONEMATACEAE | | |
| <i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve | X | X |
| FAMÍLIA STEPHANODISCACEAE | | |
| <i>Cyclotella</i> spp. (Kützing) Brébisson | X | X |
| FAMÍLIA THALLASSIOSIRACEAE | | |
| <i>Thalassiosira</i> ssp. Cleve | X | X |
| ORDEM TRICERATIALES | | |
| FAMÍLIA TRICERATIACEAE | | |
| <i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow | X | X |
| <i>Odontella sinensis</i> (Greville) Grunow | X | X |
| FILO PYRRROPHYCOPHYTA | | |
| CLASSE DINOPHYCEAE | | |
| ORDEM DINOPHYSIALES | | |
| FAMÍLIA DINOPHYSIACEAE | | |
| <i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann | X | X |
| <i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent | X | X |
| <i>Dinophysis rotundata</i> Claparède & Lachmann | X | X |
| ORDEM GONYAULACALES | | |
| FAMÍLIA CALCIODINELLACEAE | | |
| <i>Scrippsiella spinifera</i> G. Honsell & M. Cabrini | X | X |
| <i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III | X | X |
| FAMÍLIA PROTOCERATIACEAE | | |
| <i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) | X | |
| <i>Ceratocorys</i> sp. Stein | X | |
| FAMÍLIA CERATIACEAE | | |
| <i>Ceratium azoricum</i> Cleve | X | X |
| <i>Ceratium carriense</i> | | X |
| <i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin | X | X |
| <i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann | X | X |
| <i>Ceratium horridum</i> (Cleve) Gran | X | X |
| <i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid | X | X |
| <i>Ceratium tripos</i> Balech | X | |
| <i>Ceratium pentagonum</i> | | X |
| FAMÍLIA PYROPHACACEAE | | |
| <i>Pyrophacus steinii</i> Schiller | X | X |
| FAMÍLIA GONIODOMATACEAE | | |
| <i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen | X | |

Tabela 2. Lista de espécies e morfotipos que ocorreram no verão e inverno de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo. (continuação)

| | Verão | Inverno |
|---|-------|---------|
| FAMÍLIA GONYAULACACEAE | | |
| <i>Alexandrium</i> sp. Halim | X | X |
| <i>Gonyaulax</i> sp. | X | X |
| <i>Gonyaulax digitalis</i> (Claparède & Lachmann) Diesing | X | X |
| <i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing | X | X |
| FAMÍLIA OXYTOXACEAE | | |
| <i>Oxytoxum scolopax</i> F.Stein | X | X |
| <i>Oxytoxum oxytoxoides</i> Kofoid | | X |
| ORDEM GYMNODINIALES | | |
| FAMÍLIA GYMNODINIACEAE | | |
| Dinoflagelado atecado | X | X |
| <i>Gymnodinium</i> sp. 1 F.Stein | | X |
| <i>Gymnodinium</i> sp. 2 F.Stein | | X |
| <i>Gyrodinium falcatum</i> Kofoid & Swezy | | X |
| <i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy | | X |
| <i>Gyrodinium</i> spp. Kofoid & Swezy | X | X |
| FAMÍLIA AMPHILOTHACEAE | | |
| <i>Achradina pulchra</i> Lohmann | X | X |
| FAMÍLIA KARENIACEAE | | |
| <i>Karenia</i> sp. Hansen & Moestrup | X | |
| FAMÍLIA WARNOWIACEAE | | |
| ORDEM NOCTILUCALES | | |
| FAMÍLIA NOCTILUCACEAE | | |
| <i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid & Swezy | X | X |
| ORDEM PERIDINIALES | | |
| FAMÍLIA PERIDINIACEAE | | |
| <i>Heterocapsa</i> sp. F. Stein | X | X |
| <i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F.Stein | X | |
| <i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour | X | X |
| <i>Peridinium claudicans</i> Paulsen | X | X |
| <i>Peridinium crassipes</i> Kofoid | X | X |
| <i>Protoperidinium concavum</i> (Mangin) Balech | X | |
| <i>Peridinium depressum</i> Bailey | | X |
| <i>Peridinium divergens</i> Ehrenberg | X | X |
| <i>Peridinium excentricum</i> Paulsen | X | X |
| <i>Peridinium minutum</i> Kofoid | X | X |
| <i>Peridinium mite</i> Pavillard | X | |
| <i>Peridinium oviforme</i> | | X |

Tabela 2. Lista de espécies e morfotipos que ocorreram no verão e inverno de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo. (continuação)

| | Verão | inverno |
|---|-------|---------|
| <i>Peridinium pyriforme</i> Paulsen | X | X |
| <i>Peridinium pentagonum</i> Gran | X | X |
| <i>Peridinium pellucidum</i> (Bergh) Schütt | X | X |
| <i>Peridinium punctulatum</i> | | X |
| <i>Protoperidinium sinuosum</i> | | X |
| <i>Protoperidinium falcatiformis</i> | | X |
| <i>Peridinium steini</i> F.Stein | X | X |
| <i>Peridinium</i> spp. Ehrenberg | X | X |
| FAMÍLIA PODOLAMPACEAE | | |
| <i>Podolampas palmipes</i> Stein | X | X |
| <i>Podolampas spinifera</i> Okamura | X | |
| ORDEM PROROCENTRALES | | |
| FAMÍLIA PROROCENTRACEAE | | |
| <i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) | X | X |
| <i>Prorocentrum gracile</i> F.Schütt | X | |
| <i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg | X | X |
| <i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller | X | X |
| <i>Prorocentrum sigmoides</i> Böhm | X | |
| <i>Prorocentrum rostratum</i> F.Stein | X | X |
| <i>Prorocentrum scutellum</i> | X | X |
| <i>Prorocentrum triestinum</i> B.Schröder | X | X |
| <i>Prorocentrum shikokuense</i> Y.Hada | | X |
| ORDEM PYROCYSTALES | | |
| FAMÍLIA PYROCYSTACEAE | | |
| <i>Pyrocystis fusiformis</i> C.W.Thomson in J.Murray | X | X |
| <i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt in Engler & Prantl | | X |
| <i>Pyrocystis robusta</i> Kofoid | X | X |
| FILO CYANOBACTERIA | | |
| CLASSE CYANOPHYCEAE | | |
| ORDEM OSCILLATORIALES | | |
| FAMÍLIA OSCILLATORIACEAE | | |
| <i>Oscillatoria erythraea</i> (Ehrenberg) Geitler | X | |

Tabela 2. Lista de espécies e morfotipos que ocorreram no verão e inverno de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo. (continuação)

| | Verão | Inverno |
|---|------------|------------|
| ORDEM CHROOCOCCALES | | |
| FAMÍLIA CHROOCOCCACEAE | | |
| <i>Johannesbaptistia</i> sp. (Dickie) | X | X |
| FILO EUGLENOPHYCOTA | | |
| CLASSE EUGLENOPHYCEAE | | |
| ORDEM EUTREPTIALES | | |
| FAMÍLIA EUTREPTIACEAE | | |
| <i>Eutreptiella</i> sp. Perty | X | X |
| FILO CHRYSOPHYTA | | |
| CLASSE CHRYSOPHYCEAE | | |
| ORDEM DICTYOCHEALES | | |
| FAMÍLIA DICTYOCHEACEAE | | |
| <i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg | X | X |
| <i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg | X | X |
| <i>Dictyocha octonaria</i> Ehrenberg | | X |
| FILO PROTOZOA INCERTAE SEDIS | | |
| CLASSE EBRIOPHYCEAE | | |
| ORDEM EBRIALES | | |
| FAMÍLIA EBRIOPSIDACEAE | | |
| <i>Ebria tripartita</i> (J.Schumann) Lemmermann | X | X |
| <i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias | X | X |
| NANOPLÂNCTON < 20µM | X | X |
| Total de táxons | 126 | 134 |

1.5.2 Variação anual e sazonal do fitoplâncton

A figura 4 mostra os valores médios, desvio padrão, mínimo e máximo da variação sazonal (verão e inverno) da densidade total e densidade por grupo do fitoplâncton.

No verão a densidade total do fitoplâncton variou de 106.240 a 2.197.583 cél/L, com média de 48.048 ± 406.727 cél/L e no inverno de 228.620 a 900.534 cél/L, com média 36.137 ± 54.443 cél/L.

Dentro do microplâncton, o grupo taxonômico com maior representatividade foi o das diatomáceas, no verão o grupo apresentou abundância de 520 a 1.188.670 cél/L, com média de 48.293 ± 167.784 cél/L, e inverno a variação foi de 900 a 187.700 cél/L, com média 22.213 ± 37.025 cél/L.

Os dinoflagelados, o segundo grupo mais abundante dentro do microplâncton, seguiu a tendência de aumento ao decorrer dos anos. No verão variou de não identificado a uma densidade de 3.720 cél/L, com média de 1.111 ± 992 cél/L. No inverno a densidade variou de 50 a 25.500 cél/L, com média de 2.788 ± 16.220 cél/L.

O grupo das Cianobactérias foi importante principalmente no verão com densidades de 0 a 2.600 indivíduos/L (média de 201 ± 506 ind/L). Os grupos Euglenofíceas, silicoflagelados e Ebria ocorreram em baixas densidades em todo o período estudado e não farão parte da discussão. Por fim, o grupo nanoplâncton (<20 μM) variou de 2.810 a 301.308 cél/L (média de 8.989 ± 44.970 cél/L) no verão, e no inverno de 0 a 7.200 cél/L (média 501 ± 1.134 cél/L).

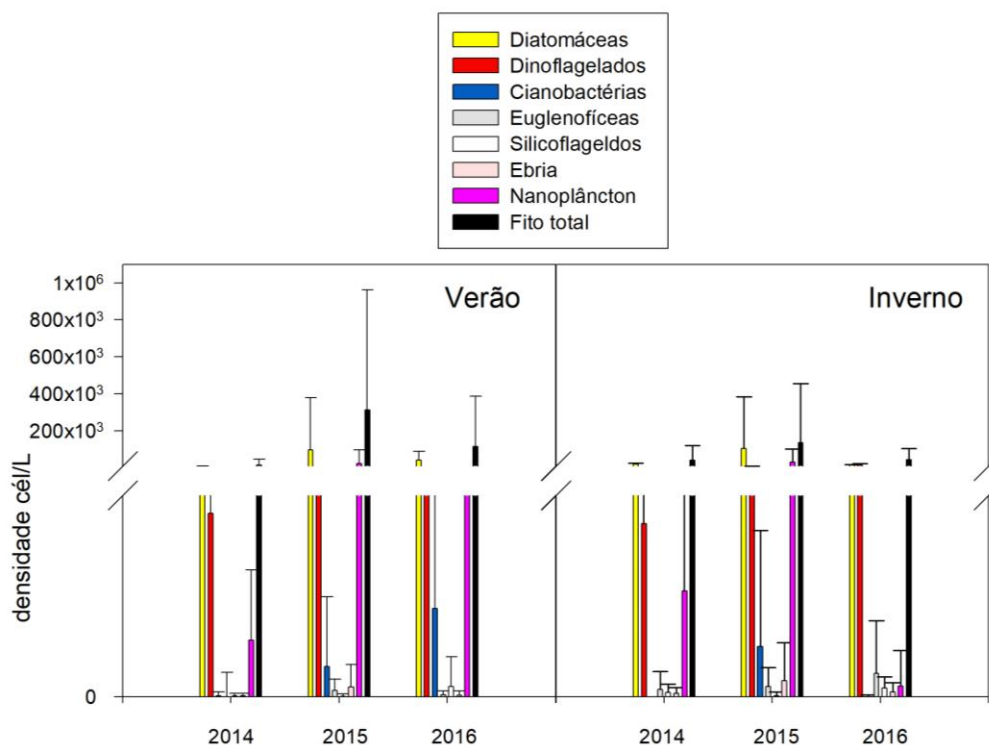


Figura 4. Valores anuais e sazonais médios, desvio padrão, mínimo e máximo da densidade total do fitoplâncton e da densidade por grupo, referente ao conjunto total de amostras.

Segundo Eskinazi-Leça *et al.* (2004), Bacillariophyceae ocorrem tanto em ambientes costeiros, quanto oceânicos. Sendo mais representativas em regiões costeiras e estuarinas.

BRANDINI *et al.* (2014) ao largo de Itajaí, entre as isobatas de 20 a 140 metros, registraram a densidade média para o microplâncton com variação de (10.300 a 550.000 cél/L), os valores encontrados pelos autores foram decrescentes entre novembro de 2005 a junho de 2006. Diatomáceas também foi o grupo dominante, principalmente na primavera e verão, onde as médias variaram de (36.000 a 540.000 cél/L), exceto em junho quando dinoflagelados foram mais abundantes (7.200 cél/L).

A figura 5 mostra a distribuição da densidade total do fitoplâncton, distribuída entre as seis estações amostrais e entre as profundidades. No geral as maiores densidades ocorreram nas estações mais costeiras ou internas (#10, #2 e #14). As estações mais afastadas da costa ou externas (#4, #16 e #22) foram mais representativas em 2016.

Durante o verão, a densidade total de fitoplâncton variou de 1.380 cél/L na superfície da #2 em 2014 a 1.193.570 cél/L na camada intermediária da #10 em 2015. No inverno a variação foi de 2.580 cél/L na camada intermediária da #16 a 191.500 cél/L na superfície da #10 em 2015.

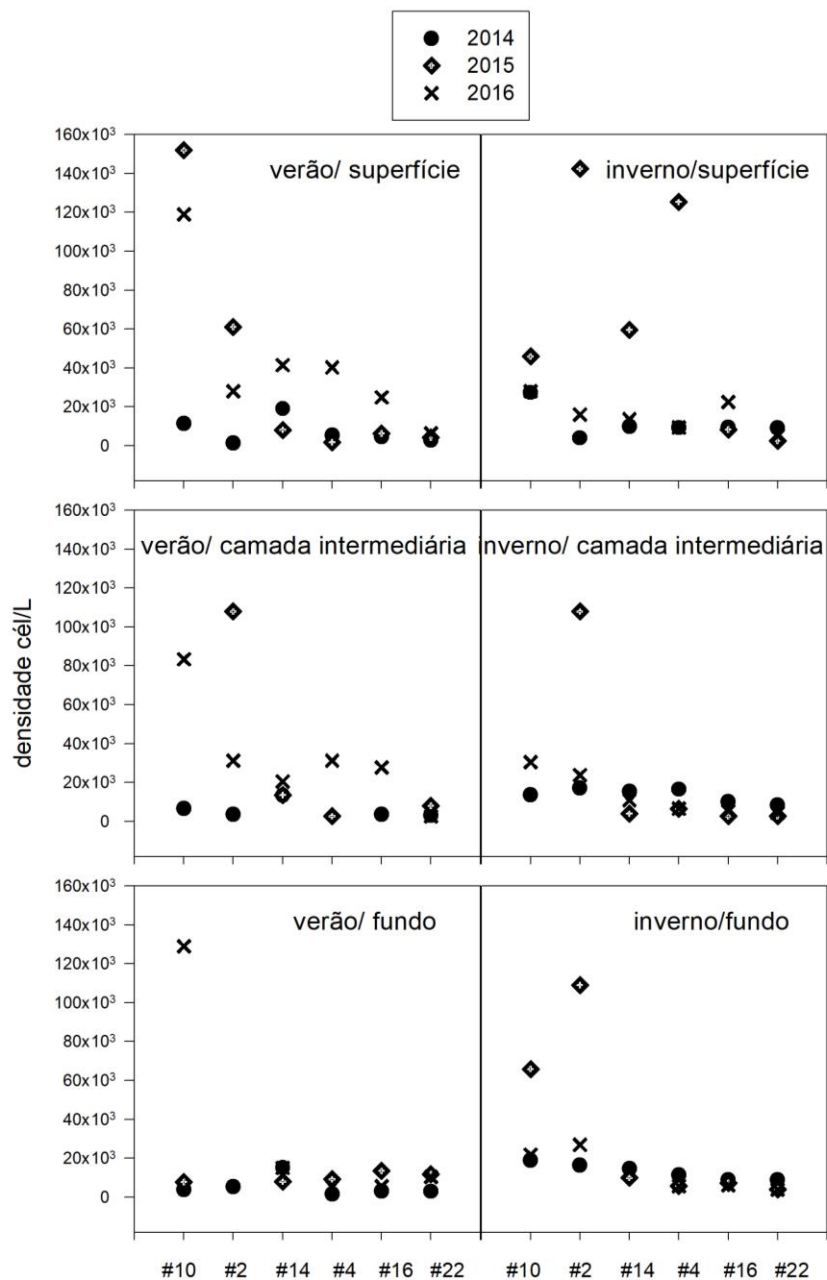


Figura 5. Densidade total (cél/L) do fitoplâncton distribuídos em superfície, profundidade intermediária e fundo nas seis estações amostrais, no verão e inverno, de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo.

Menezes (2018), em estudo realizado nos mesmos pontos amostrais, relatou (no verão de 2015) altas densidades do microplâncton apenas próximo à foz do Rio Tijuca (#10), segundo a autora, maiores densidades de microplâncton foram registradas no inverno de 2014 (14.653 ± 1.506 cél/L) e no verão (5.663 ± 3.660 cél/L). No presente estudo, altas densidades, se comparado com os estudos de

Menezes (2018) possivelmente pelas elevadas densidades de organismos nanoplânctônicos, não contabilizados pela autora.

Quanto à contribuição relativa a partir da densidade total, foram considerados os principais grupos distribuídos entre as seis estações amostrais e entre as três profundidades. A figura 5 mostra a alternância da composição do fitoplâncton no entorno da Rebio Arvoredo. Diatomáceas foram dominantes na maioria das amostras, mas destaca-se a importância de dinoflagelados em toda coluna da água no inverno de 2016 e na superfície dos verões de 2014 e 2015. Já o nanoplâncton foi importante no verão de 2015.

1.5.2.1 Distribuição de diatomáceas

Altas densidades de diatomáceas no verão, principalmente na #10 em 2015 foram atribuídas ao gênero *Haslea* sp., que representou 36,38% da densidade total (Figuras 6 e 7).

A dominância de *Haslea* sp. coincidiu com altas densidades (40 milhões de cél/L) reportadas pela Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC), os dados referentes ao Programa de Monitoramento de Ficotoxinas e Algas Nocivas, foram registrados principalmente na Baía Norte da Ilha de Santa Catarina, em fevereiro de 2015 (CIDASC, 2015).

As altas concentrações celulares de diatomáceas durante o verão de 2015 nas estações mais costeiras (especialmente *Haslea* sp.) podem ter sido influenciadas pelo aporte continental, através do Rio Tijucas (#10) e Canal Norte da Ilha de Santa Catarina (#2), podem também ter relação com as altas concentrações de silicato, valores para estas estações estiveram acima da média. Além da influência continental, a Água Subtropical de Plataforma (ASTP) e a Água tropical (AT) foram responsáveis pela ampla variação de temperatura e pouca variação de salinidade naquele ano (SEGAL *et al.*, 2017; MOLLER *et al.*, 2008).

As diatomáceas representam um grupo cosmopolita, sendo encontradas tanto em ambientes continentais quanto marinhos. Por apresentarem um envoltório

silicoso (frústula), as diatomáceas dependem da sílica para seu crescimento e sobrevivência. Além disso, possuem dentre as demais classes, a maior taxa de sedimentação, sendo dependentes da turbulência para permanecer em suspensão (VAN DEN HOEK *et al.*, 1995).

Segundo Hutchings *et al.* (1995), diatomáceas com tamanho entre 5 e 30 μm podem ter uma maior habilidade para explorar ambientes de águas turbulentas, além de possuir uma alta eficiência em termos de captação de luz, incorporação de nutrientes e crescimento, devido a maior relação superfície/volume. O gênero *Haslea* mede aproximadamente 20 μm .

No Brasil, foram relatados: *Haslea crucigera*, *H. cf. trompii*, *H. ostrearia*, *H. sigma* e *H. wawriake* (TORGAN *et al.* 1999, VILLAC *et al.* 2008, ESKINAZI-LEÇA *et al.* 2010, VILLAC & TENEMBAUM 2010, PROENÇA *et al.* 2011, TALGATTI *et al.* 2014), encontrados em águas rasas costeiras, desde o estado de São Paulo até o Rio Grande do Sul.

Altas densidades de diatomáceas no inverno especialmente na #2 em 2015 em toda coluna d'água e nos anos de 2014 e 2015 foram atribuídas às altas densidades do gênero *Thalassiosira*. O gênero representou 23,22% na densidade total das principais espécies e esteve muito frequente nas amostras de verão e em 100% nas amostras de inverno (Figura 7).

Garcia e Odebrecht (2009), em análise de 78 amostras coletadas no período entre 2000 e 2006 revelou a ocorrência de 17 espécies de *Thalassiosira* no estuário da Lagoa dos Patos e adjacência. As espécies mais comuns foram *T. eccentrica*, *T. punctigera* e *T. angulata*.

Odebrecht *et al.* (1995) em estudo na plataforma mais ao sul de Santa Catarina, próximo ao Cabo de Santa Marta sugeriram que células do microplâncton (>20 μm) dominam os Máximos sub superficiais de clorofila (MSC) na base da zona eufótica, principalmente pelos gêneros *Thalassiosira* spp. e *Coscinodiscus* spp.

Brandini *et al.* (2014) registraram a dominância de diatomáceas, principalmente na primavera e verão, sendo *Thalassiosira* spp. e *Coscinodiscus* spp., as maiores responsáveis pela biomassa de carbono.

Menezes (2018) registrou no inverno de 2014 a dominância de diatomáceas (alongadas), destacando *Thalassiosira* spp., *Thalassionema* spp. *Thalassiotrix* sp., nas estações mais costeiras, corroborando com o presente estudo.

O formato alongado das diatomáceas (formas penadas) geralmente está associado a hábitos bentônico, pois necessitam estar aderidas ao substrato para se locomoverem; já as formas cêntricas são planctônicas e vivem ao sabor das correntes (ARMOSTRONG, 2005). A ocorrência de diatomáceas penadas como, *Haslea* sp. *Thalassionema nitzchioides*, *Navicula* cf. *delicatula* podem estar relacionadas com a ação dos ventos que ressuspendem o sedimento (CLOERN *et al.*, 2001).

Diatomáceas cêntricas como, *Thalassiosira* spp. *Dactyliosolen fragilissimus* e *Cyclotella* spp formam cadeias que facilitam a sua permanência na coluna d'água, reduzindo a sedimentação (MARGALEF 1978). Espécies formadoras de cadeias ou grandes células solitárias, como *C. oculusiridis*, *C. walesii* são comumente registrados em ambientes costeiros (CARSTENSEN *et al.*, 2015).

1.5.2.2 Distribuição de dinoflagelados

Dinoflagelados foram importantes nas estações mais afastadas da costa no verão principalmente em 2014 e 2015, e nos três estratos em 2016, especialmente nas estações mais costeiras (Figura 6). Altas densidades do grupo foram atribuídas ao subgrupo “dinoflagelado atecado”.

Os dinoflagelados são divididos entre tecados e atecados, sendo os atecados menos conhecidos (GÓMEZ, 2007). Dinoflagelados atecados sofrem deformidades em suas estruturas após sua morte celular, não sendo possível identificar o percurso da linha apical, poro ventral e outras estruturas (TAKAYAMA, 1985), podem fazer parte deste grupo representantes da ordem Gymnodiniales.

Com relação à frequência de ocorrência, dinoflagelados foram muito frequentes no verão (81,13%), porém no inverno ocorreu maior número de táxons (52 taxa no verão e 54 no inverno), especialmente *Heterocapsa* sp., dinoflagelado atecado, Gymnodiniales, *Peridinium* spp., foram muito frequentes ou frequentes, principalmente em superfície no inverno de 2016 (TABELA 3)

Menezes (2018) destacou a ocorrência dos dinoflagelados atecados da ordem Gymnodiniales (forma arredondada) com maior contribuição principalmente nas estações mais afastadas da costa.

Dinoflagelados têm maior crescimento e desenvolvimento no verão, em temperaturas mais elevadas (BONEY, 1973). E segundo Smayda e Reynolds (2001) em áreas costeiras rasas, enriquecidas com nutrientes e com pouca troca de água, podem favorecer a floração de dinoflagelados gymnodiniales e algumas formas de dinoflagelados tecados, como: *Alexandrium minutum*, *Heterocapsa triquetra*, *Scrippsiella trochoidea* e *Prorocentrum*. Susini-Ribeiro *et al.*, (2013) apontam que a dominância e diversidade de dinoflagelados comumente está associada a estabilidade vertical da água.

Segundo Segal *et al.* (2017) o inverno de 2016 registrou pouca variação de temperatura e maior variação de salinidade, se comparado com os demais anos. Além disso, foi registrada a maior concentração média de silicato ($11,19\mu\text{M}$), tais fatores caracterizam a presença da Água da Pluma do Prata (APP), que predominou em toda a superfície da área de estudo, juntamente com o aporte continental.

No inverno, grandes fontes de nutrientes, principalmente fosfato e silicato, também chegam lateralmente a partir da vazão do Rio do Prata, reforçada pelos ventos do sudoeste desencadeando alta abundância de fitoplâncton na zona costeira (CIOTTI *et al.*, 1995; BRANDINI *et al.*, 2007 ; BRAGA *et al.*, 2008; MÖLLER *et al.*, 2008).

Algumas espécies de dinoflagelados podem produzir toxinas, as chamadas ficotoxinas. As toxinas produzidas por estes organismos se acumulam na cadeia trófica e podem ser prejudiciais ao ambiente, aos organismos – principalmente os

filtradores e ao homem (TAYLOR, 1987). No presente estudo, algumas espécies potencialmente tóxicas foram descritas: *Dinophysis* spp., *Alexandrium* sp., e *Gonyaulax spinifera*. Entre as diatomáceas potencialmente nocivas, destacam-se *Pseudo-nitzschia* complexo *seriata* e *Pseudo-nitzschia* complexo *delicatissima*.

Casos recorrentes de dinoflagelados têm sido reportados no sul do Brasil, principalmente em ambientes costeiros (MAFRA *et al.*, 2006; PROENÇA *et al.*, 2011) especialmente pelo gênero *Dinophysis* sp., devido sua importância para a aquicultura, especialmente em Santa Catarina.

Proença *et al.* (2016) associaram a floração de *Dinophysis acuminata*, em maio de 2016, com o intenso fluxo da Pluma do Rio da Prata, alterando as características oligotróficas do ambiente. Outros autores também relataram a ocorrência de *Dinophysis* cf. *acuminata* no Sul do Brasil (MAFRA *et al.*, 2015b; ALVES *et al.*, 2018).

Islabão e Odebrecht (2011) em estudos realizados ao largo do Cabo de Santa Marta Grande, registraram maior riqueza de espécies durante o inverno e relacionaram com APP, entre as espécies destacam-se *Protoperidinium* spp., *Prorocentrum minimum* e *Heterocapsa triquetra*.

1.5.2.3 Distribuição de cianobactérias

Cianobactérias ocorreram em baixa densidade no verão, pontualmente em superfície ou fundo em todos os anos nas estações afastadas da costa, e em 2016 na superfície próxima à costa. Foram registrados *Trichodesmium erythraeum* e *Johannesbaptistia* sp. (FIGURA 6).

Segundo Karl *et al.*, (2002) o gênero *Trichodesmium*, é comumente encontrado em águas superficiais principalmente nos oceanos tropicais e subtropicais. A distribuição dessa cianobactéria está relacionada com as condições físico-químicas na qual foram associadas a águas com baixa concentração de nutrientes e alta intensidade luminosa (HEDGE *et al.*, 2008).

O registro do grupo, principalmente em superfície pode estar associado com as altas temperaturas da água e a presença de uma massa d'água mais quente e pobre em nutrientes, como a AT (SEGAL *et al.*, 2017).

Em estudos realizados por Brandini e Fernandes (1996) sobre taxonomia e ecologia das microalgas (planctônicas e bentônicas) no Estado do Paraná, os autores registraram que *T. erythraeum* ocorreu durante o verão, na plataforma interna, com forte presença oligotrófica de águas da corrente do Brasil.

A ocorrência de *T. erythraeum* na praia de Cabeçadas, SC e em praias do Paraná, principalmente durante o verão (PROENÇA *et al.*, 2011; BRANDINI; FERNANDES, 1996), corrobora com ocorrência do gênero no presente estudo.

1.5.2.4 Distribuição do Nanoplâncton

O Nanoplâncton ocorreu com maior representatividade em superfície e camada intermediária nas estações mais costeiras no verão, e nas estações mais afastadas no inverno de 2015 (Figura 6). A máxima densidade relativa, >96%, ocorreu nas estações #2 em superfície e #16 nas camadas intermediárias no verão de 2015 e de 53% na #16 no inverno de 2015. O grupo esteve entre os organismos mais relevantes (11,21%) em todo o período estudado, e em termos de frequência de ocorrência ocorreu em 56,60% nas amostras de verão (Figura 7; Tabela 3).

Odebrecht *et al.* (1995) sugeriram que as espécies nanoplanctônicas (<20 µm) são mais abundantes na superfície, e microplâncton dominam na base da zona eufótica. Corroborando com a máxima densidade relativa descrita no presente estudo.

As menores concentrações de nutriente podem favorecer os organismos diminutos, como é o caso do nanoplâncton, adaptados as baixas concentrações de nutrientes devido à sua menor relação superfície/volume, o que lhes possibilita uma alta taxa de crescimento em ambientes com baixas concentrações de nutrientes (FOGG, 1991).

As baixas concentrações de nutrientes observados em superfície em todo período de estudo caracterizam de um modo geral, as condições oligotróficas da AT, na qual foi registrada na REBIO Arvoredo, e podem ainda estar associados a assimilação destes pelos produtores primários, além da maior irradiação solar (SEGAL *et al.*, 2017).

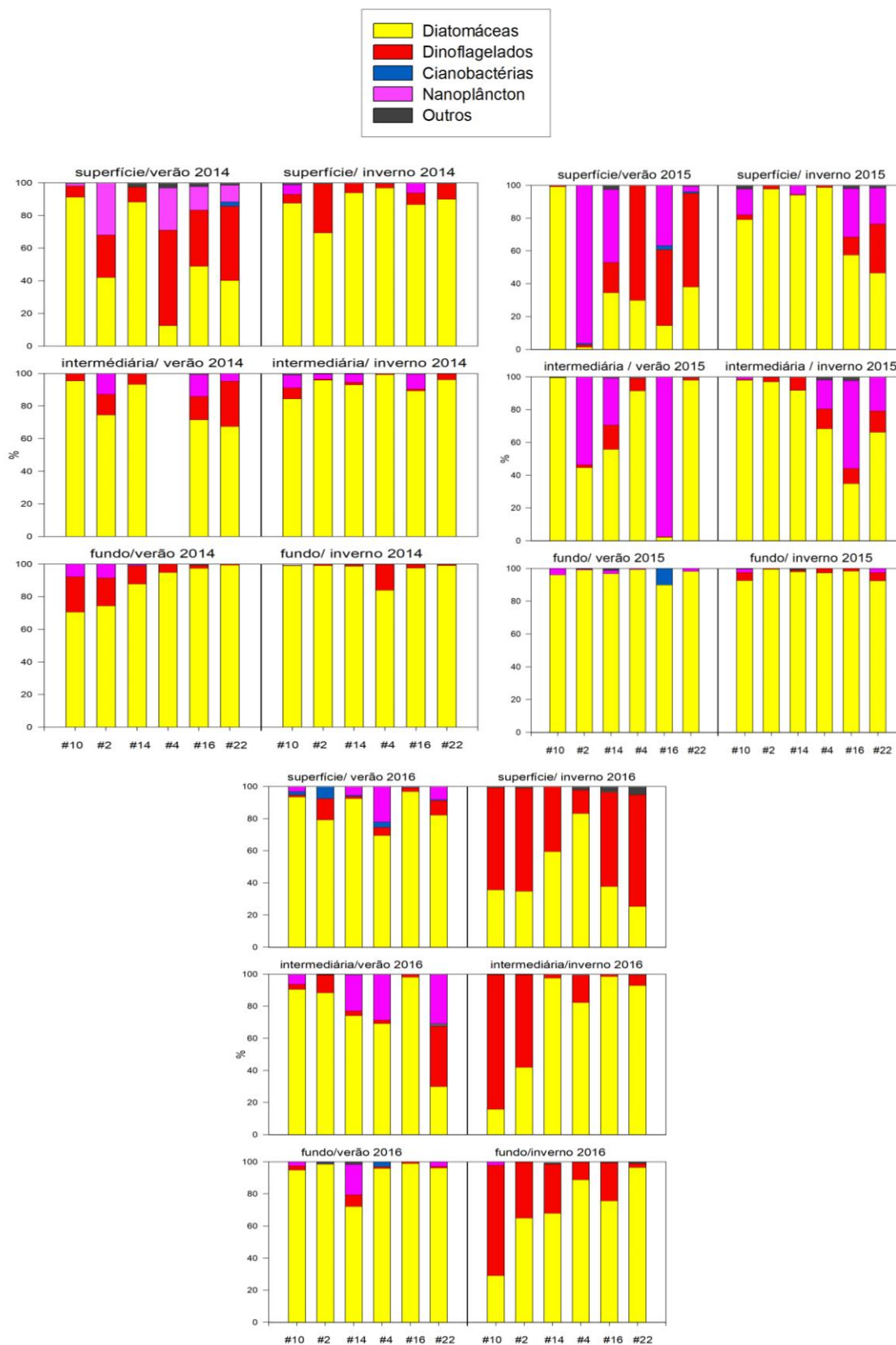


Figura 6. Densidade relativa (%) dos principais grupos de fitoplâncton, distribuídos em superfície, profundidade intermediária e fundo nas seis estações amostrais, no verão e inverno, de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo.

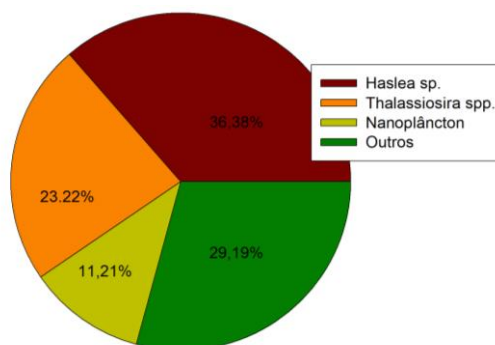


Figura 7. Densidade relativa dos principais organismos encontrados em superfície, profundidade intermediária e fundo nas seis estações amostrais, no verão e inverno, de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo.

Com relação a frequência de ocorrência (Tabela 3), durante o verão *Thalassiosira* spp. e dinoflagelado atecado foram muito frequentes ($\geq 75\%$). Os táxons *Thalassionema nitzschioides*, *Navicula* sp. 2, *Navicula* cf. *delicatula*, *Diploneis* spp., *Coscinodiscus* spp., *Prorocentrum micans*, nanoplâncton $< 20\mu\text{m}$, *Heterocapsa* sp., *Navicula* sp. 3., foram considerados frequentes ($< 75\%$ e $\geq 50\%$). Os táxons *Paralia sulcata*, *Scrippsiella trochoidea*, *Cyclotella* spp., *Dactyliosolen fragilissimus*, *Prorocentrum sigmoides*, *Haslea* sp., *Climacodium frauenfeldianum*, *Prorocentrum scutellum*, *Nitzschia lorenziana*, *Coscinodiscus wailesii*, *Tropidoneis* sp., *Pleurosigma/Gyrosigma* sp., *Thalassionema frauenfeldii*, *Pseudo-nitzschia* complexo *seriata*, *Peridinium minutum*, *Peridinium* sp., *Gyrodinium* spp., *Hemiaulus membranaceus*, *Navicula* sp. 1, *Lioloma pacificum*, *Prorocentrum compressum* e *Oscillatoria erythraeaum* foram considerados pouco frequentes ($< 50\%$ e $\geq 25\%$). Os demais táxons (93) foram considerados esporádicos ($< 25\%$).

No período do inverno, o gênero *Thalassiosira* esteve presente em 100% nas amostras. Os táxons *Thalassionema nitzschioides*, *Navicula* cf. *delicatula*, *Cyclotella* spp., foram muito frequentes. *Diploneis* spp., dinoflagelado atecado, *Ditylum brightwellii*, *Tropidoneis* sp., *Navicula* sp. 2, *Dinophysis acuminata*, *Coscinodiscus* spp., *Thalassionema frauenfeldii*, *Peridinium* spp., *Paralia sulcata* foram frequentes. *Nitzschia lorenziana*, *Pleurosigma/Gyrosigma* sp., *Navicula* sp.3, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Prorocentrum compressum*, *Guinardia delicatula*, *Thalassiotrix* sp., *Scrippsiella trochoidea*, nanoplâncton $< 20\mu\text{m}$, *Skeletonema costatum*, *Heterocapsa* sp., *Eutreptiella* sp., *Ebria tripartita*, *Gyrodinium* spp., *Prorocentrum micans*, *Ceratium*

furca, *Peridinium minutum*, *Prorocentrum triestinum*, *Dictyocha fibula* e *Ceratium fusus* foram pouco frequentes. Os demais (99 táxons) foram categorizados como esporádicos.

Tabela 3. Frequência de ocorrência (%) dos táxons muito frequentes e frequentes (>50%), encontrados no verão e inverno dos anos de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo (*Dinoflagelados; **Nanoplâncton)

| Frequência de ocorrência % | | | |
|---------------------------------------|-------|---------------------------------------|--------|
| Verão | | Inverno | |
| <i>Thalassiosira</i> ssp. | 84,91 | <i>Thalassiosira</i> ssp. | 100,00 |
| Dinoflagelado atecado* | 81,13 | <i>Thalassionema nitzschioides</i> | 88,89 |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> | 71,70 | <i>Navicula</i> cf. <i>delicatula</i> | 83,33 |
| <i>Navicula</i> sp. 2 | 69,81 | <i>Cyclotella</i> spp. | 81,48 |
| <i>Navicula</i> cf. <i>delicatula</i> | 66,04 | <i>Diploneis</i> spp. | 74,07 |
| <i>Diploneis</i> spp. | 64,15 | Dinoflagelado atecado* | 74,07 |
| <i>Coscinodiscus</i> spp. | 58,49 | <i>Ditylum brightwellii</i> | 72,22 |
| <i>Prorocentrum micans</i> * | 58,49 | <i>Tropidoneis</i> sp. | 70,37 |
| Nanoplâncton < 20µm** | 56,60 | <i>Navicula</i> sp. 2 | 62,96 |
| <i>Heterocapsa</i> sp. * | 52,83 | <i>Dinophysis acuminata</i> * | 61,11 |
| <i>Navicula</i> sp. 3 | 50,94 | <i>Coscinodiscus</i> spp. | 53,70 |
| | | <i>Thalassionema frauenfeldii</i> | 53,70 |
| | | <i>Peridinium</i> spp. * | 51,85 |
| | | <i>Paralia sulcata</i> | 50,00 |

Corroborando com o presente estudo, Brandini *et al.* (2014) registraram os seguintes táxons dominantes: *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira* spp., *Chaetoceros* spp., *Cylindrotheca closterium*, *Diploneis* sp., *Nitzschia* spp., *Guinardia striata*, *Paralia sulcata*, *Hemiaulus indicus*, *Asterionella glacialis*, *Leptocylindrus danicus* e *Coscinodiscus* spp., além de diatomáceas penadas não identificadas.

1.5.3 Índices dos dados ecológicos

1.5.3.1 Shannon-Wiener e equitabilidade

Conforme mostra a Figura 8, nota-se que os maiores valores de diversidade e equitabilidade foram registrados no verão.

A diversidade de Shannon-Wiener variou de 0,16 a 2,66 bits.cél⁻¹), com média de 1,93 ($\pm 0,66$) no verão; e 0,14 a 2,52 bits.cél⁻¹), com média de 1,78 ($\pm 0,14$) no inverno. A diversidade foi semelhante no verão e inverno de 2014 e 2016, com média ≥ 2 bits.cél⁻¹). Os menores valores foram registrados no verão e inverno de 2015 (<2 bits.cél⁻¹), sendo classificada como baixa diversidade (1-2 bits.cél⁻¹) em todo o período.

Já o índice de equitabilidade variou de 0,06 a 0,87, com média de 0,63 ($\pm 0,06$) no verão e de 0,04 a 0,80, com média 0,57 ($\pm 0,04$) no inverno. Os valores seguiram a distribuição da diversidade, as maiores médias foram registradas em 2014 e 2016, e os menores no verão e inverno de 2015.

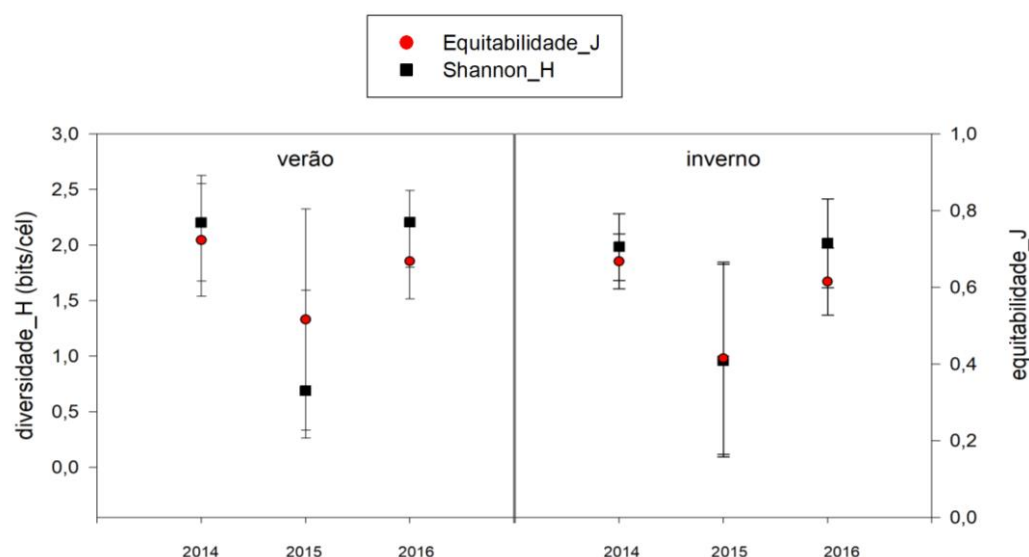


Figura 8. Valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos das variáveis analisadas: Índices ecológicos: Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade (J') durante as campanhas de verão e inverno dos anos de 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo.

Segundo Margalef (1983), valores de diversidade específica que variam de 1,0 a 2,5 bits.cél⁻¹) caracterizariam regiões costeiras, podendo ser especialmente baixos em estuários, comunidades em início de sucessão e ambientes poluídos. Valores entre 3,5 e 4,5 bits.cél⁻¹) caracterizariam regiões oceânicas ou comunidades costeiras em etapas mais avançadas de sucessão.

A distribuição entre as estações amostrais (FIGURA 9) acompanharam a variabilidade da densidade relativa em 2015, sendo registrado nas estações mais costeiras (#10 e #2) no verão e inverno, diversidade muito baixa (<1 bits.cél⁻¹). As demais estações profundas sugerem estabilidade na coluna d'água (>2 bits.cél⁻¹).

No verão a distribuição variou de 0,19 a 0,16 (bits.cél⁻¹), registradas nas #10 e #16 na camada intermediária no verão de 2015 a 2,65 bits.cél⁻¹) nas #4 e #16 na superfície no verão de 2014. No inverno variou de 0,14 bits.cél⁻¹) na #4 em superfície em 2015 a 2,52 e 2,50 bits.cél⁻¹) nas # 2 e #14 na superfície de 2014.

Brandini *et al.* (2014) registrou em uma região próxima a área de estudo que a diversidade de Shannon (H') variou 0,50 a 3,08 bits.cél⁻¹) com diferentes padrões de distribuição, de acordo com a estação oceanográfica.

Gonçalves-Araujo *et al.* (2018) avaliaram as assembleias de fito e protozooplâncton com variabilidade hidrográfica durante o inverno na Plataforma Sul do Brasil e registraram a diversidade de 2,20 bits.cél⁻¹) (baseados em diatomáceas e dinoflagelados) sob domínio da Água da Pluma do Prata e Água Subtropical de Plataforma, e em menor proporção (1,90 bits.cél⁻¹) sob influência da Água Tropical.

Quanto ao índice de equitabilidade, segundo Pinto-Coelho (2000), é considerado indicativo de uniformidade na distribuição das espécies no local avaliado, onde valores variam de 0 a 1 (valores acima de 0,5 são considerados equitativos). Os baixos valores dos índices de equitabilidade indicam que as espécies não estão igualmente distribuídas.

Considerando os valores a partir das estações amostrais, foram consideradas como equitativos (> 0,5), principalmente as estações mais afastadas (#4, #16 e #22) indicando distribuição uniforme entre os táxons. Valores não equitativos (< 0,5),

foram observados no verão (0,08 e 0,06) nas #2 em superfície e #10, #16 na camada intermediária em 2015 e máxima de 0,87 na #16 em superfície de 2014. No inverno (0,08, 0,04) em 2015, principalmente em superfície e camada intermediária nas estações mais costeiras a (0,80) na superfície da #10 em 2014 (FIGURA 9).

Os baixos índices de diversidade e equitabilidade no verão de 2015 foram relacionados com a alta densidade da diatomácea *Haslea* sp. registrado na #10, e nanoplâncton registrado na #2 e #16. No inverno atribui-se a dominância às diatomáceas *Thalassiosira* spp. registradas em toda coluna d'água.

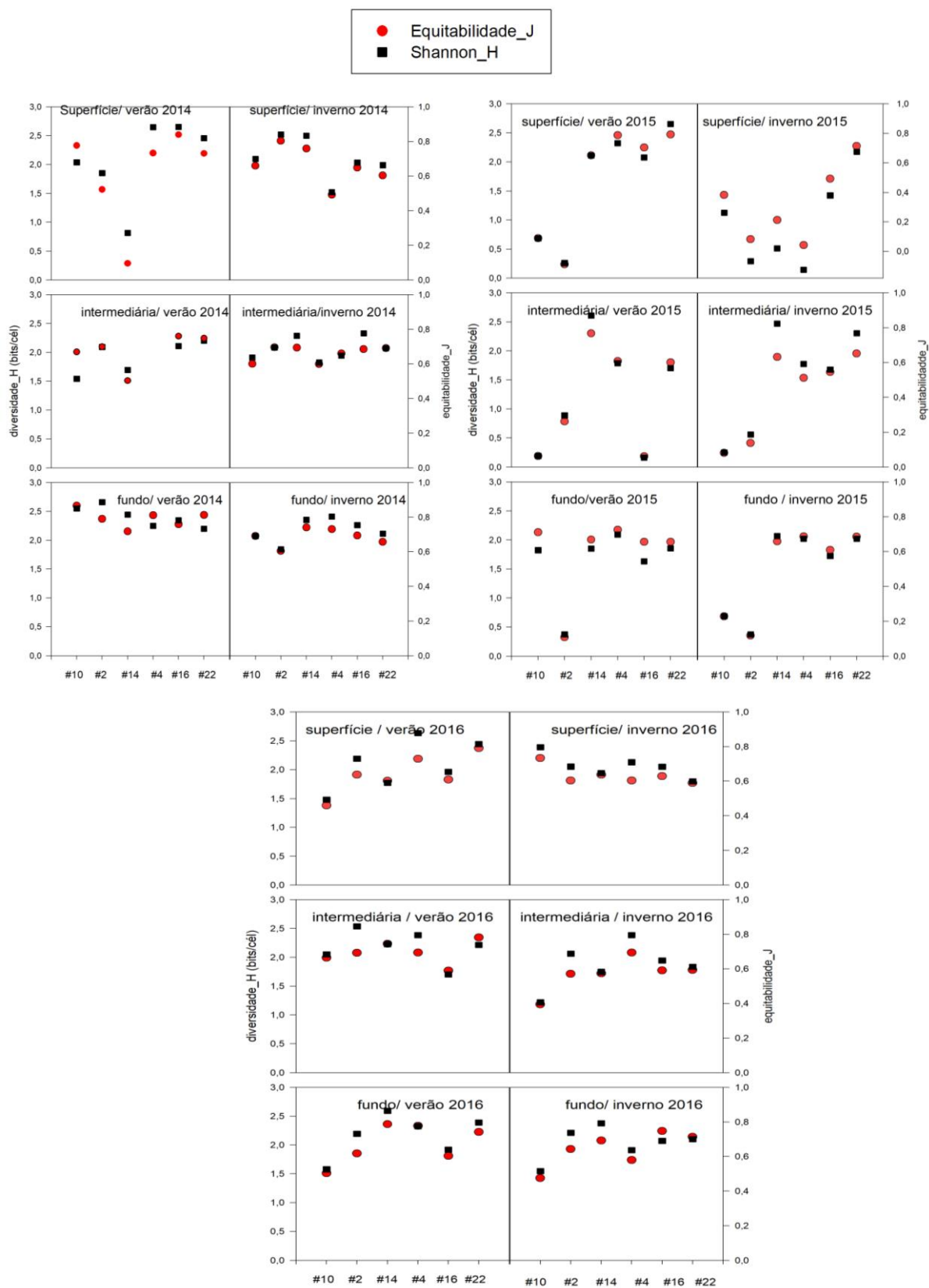


Figura 9. Índices de diversidade de Shannon Wiener (H') e equitabilidade de Pielou (J') distribuídos em superfície, estação intermediária e fundo ao longo de seis estações amostrais, no verão e inverno, em 2014, 2015 e 2016, no entorno da REBIO Arvoredo.

1.5.4 Análises Multivariadas

1.5.4.1 Cluster

De acordo com a similaridade de Bray-curtis, a distribuição da comunidade fitoplânctonica foi agrupada conforme a variação temporal entre os anos. O ano de 2014 representado pela sequência (1-17); 2015 (18-35) e 2016 (36-53), conforme mostra a figura 10 a,b.

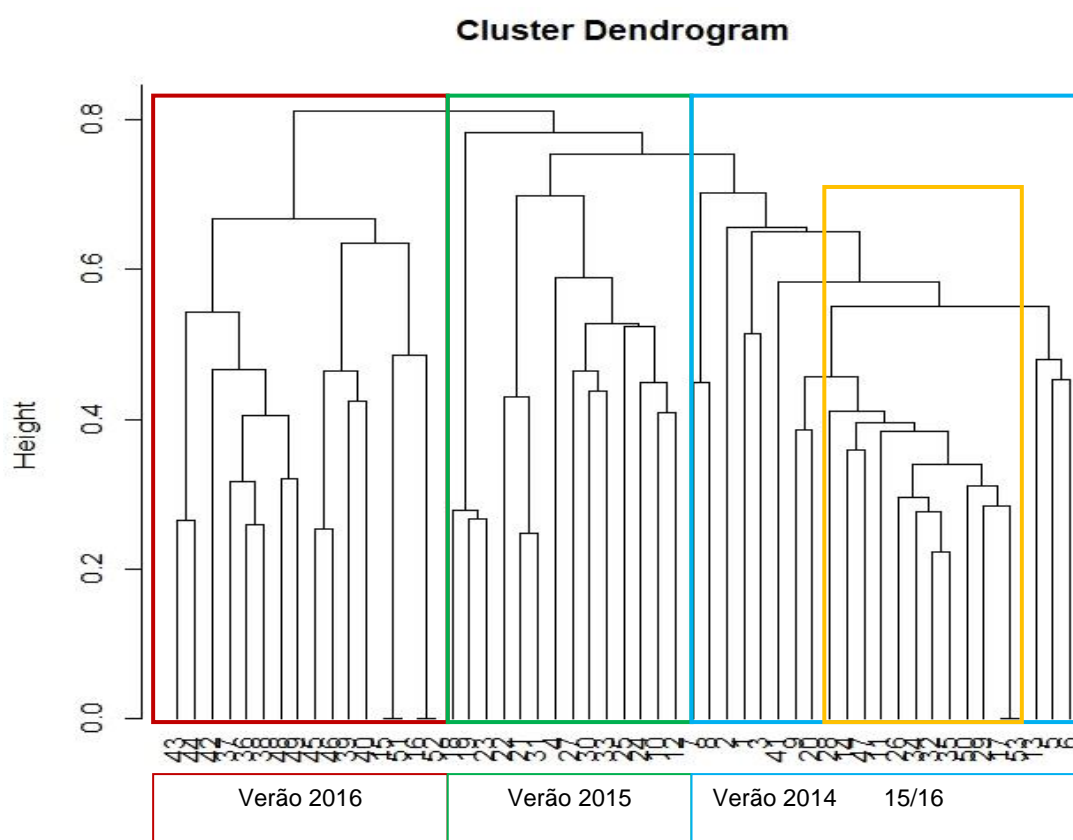


Figura 10 a. Ordenação por distância de Bray-Curtis a partir de táxons que ocorreram (> 3%) de frequência de ocorrência, nas seis campanhas amostrais do verão de 2014, 15 e 16, no entorno da REBIO Arvoredo.

O grupo do verão de 2016 relacionou 14 estações exclusivas daquele ano. Junto nesse agrupamento a #22 superfície e camada intermediária do verão de 2014, sugere que seja devido à ocorrência da espécie *Hemiaulus membranaceus* registrada nas duas profundidades. A espécie pode ser indicativa da presença da ACAS na região. Outros autores associaram *H. membranaceus* com a ACAS próximo a ressurgência em Cabo Frio/RJ (VALENTIN *et al.*,1985) e *H. indicus*

próximo a área de estudo registrada por Brandini *et al.* (2014), na região costeira de Itajaí.

O grupo verão de 2015 relacionou 11 estações e 3 não pertencente a esse ano (4, 10 e 12), referente ao verão de 2014 (sendo #2, #4 e #16 ambas de superfície), onde diatomáceas, dinoflagelados e nanoplâncton foram importantes.

Já no verão de 2014 agrupou 12 estações e 2 subgrupos contendo 11 estações, sendo 7 de 2015 e 4 de 2016, principalmente estações mais afastadas da costa na camada intermediária e fundo. Sugerindo que as estações mais afastadas da costa foram semelhantes em todos os anos, estáveis e com dominância de diatomáceas.

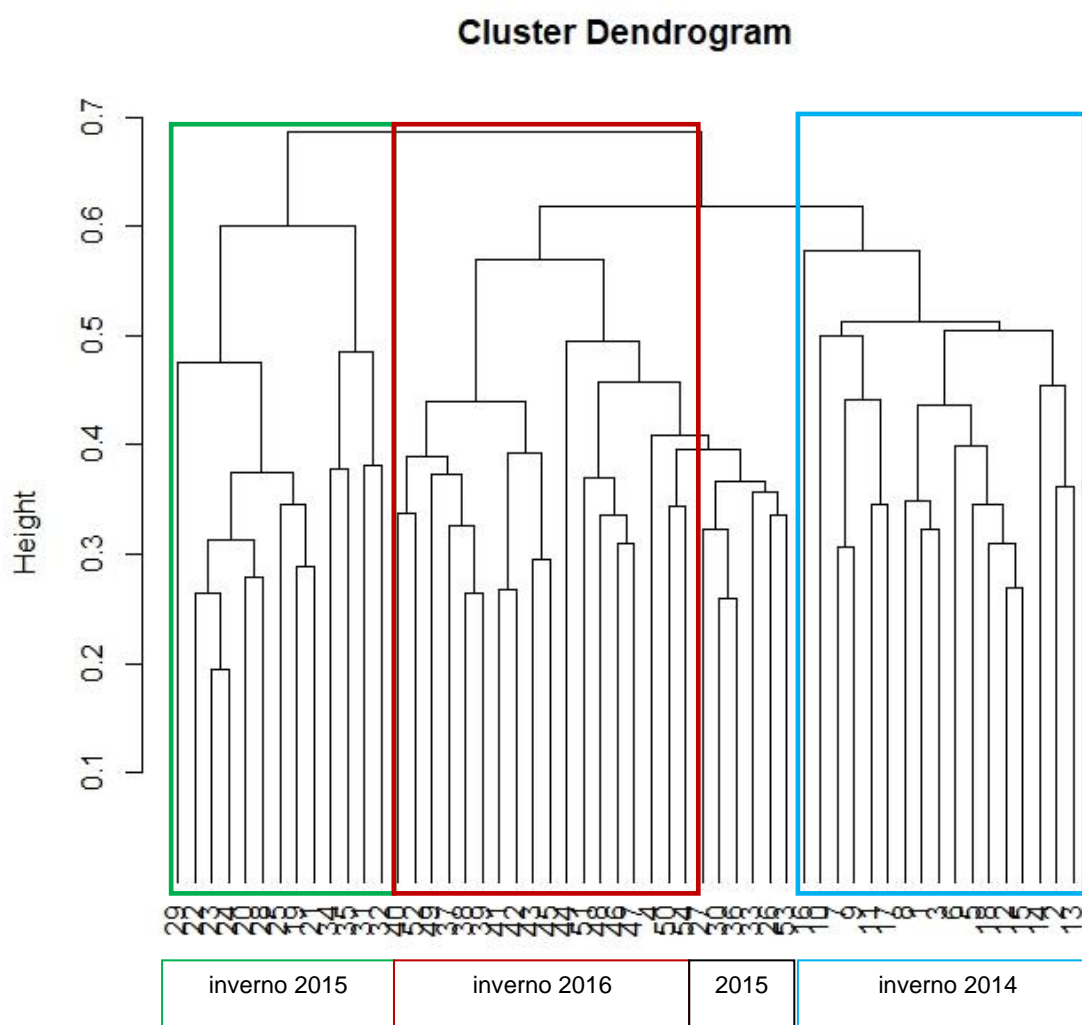


Figura 10 b. Ordenação por distância de Bray-Curtis a partir de táxons que ocorreram (> 3%) de frequência de ocorrência, nas seis campanhas amostrais do inverno de 2014, 15 e 16, no entorno da REBIO Arvoredo.

O inverno (Figura 10 b) mostrou maior correlação entre os grupos e entre as estações. Em 2015, 13 estações foram agrupadas. Em 2016, das 18 estações, 17 mostraram correlação, apenas a #2 em superfície, pertencente ao inverno de 2014, e correlacionou a esse grupo devido a altas densidades de dinoflagelados. Como já foi discutido, o inverno de 2016 mostrou ser importante na ocorrência de dinoflagelados. Um pequeno grupo se formou, contendo estações de fundo do ano de 2015, percebe-se que nestas estações, *Thalassiosira* spp. registraram altas densidades. O inverno de 2014 correlacionou 17 estações, ou seja, a distribuição dos organismos mostrou semelhança entre as profundidades e entre as estações.

A alta frequência de ocorrência de *Thalassiosira* spp. no entorno da Rebio Arvoredo em termos de densidade relativa e frequência de ocorrência deve-se a sua capacidade adaptativa, à relação superfície/volume, favorecendo a captação de nutrientes e em grande maioria por preferir ambientes rasos mais turbulentos (REYNOLDS, 2006).

O gênero *Thalassiosira* é muito comum em ambientes estuarinos, costeiros e oceânicos, ocorrem em altas densidades principalmente em florações de primavera em regiões temperadas e em intrusões de águas ricas em nutrientes (FRYXELL; HASLE 2004). *Thalassiosira* possuem mucilagem no entorno de suas células, dificultando à identificação em nível de espécie, devido a isso a identificação ficou restrita apenas em gênero.

A similaridade de cluster mostrou a heterogeneidade dos grupos no verão provavelmente pela maior variação dos parâmetros ambientais na coluna d'água. No inverno houve maior estabilidade na coluna d'água e apresentou características mais homogêneas em relação à distribuição dos táxons.

1.5.4.2 Análise de Redundância canônica – RDA

Para correlacionar a distribuição dos principais grupos do microplâncton com os parâmetros abióticos foi considerado os dados de análise de redundância canônica (RDA), conforme mostram a Figura 11 e Tabela 4. A RDA mostra as relações mais próximas entre as variáveis explicativas, considerando as variáveis

ambientais (fosfato, silicato, nitrito+nitrato, amônio, oxigênio dissolvido, clorofila-a e, entre as variáveis respostas, ou seja, a densidade celular de cada grupo de diatomáceas, dinoflagelados e nanoplâncton, evidenciando a influencia sazonal - verão e inverno).

Na figura 11 a, o eixo 1 explicou 24,72% e o eixo 2 explicou 7,58%, juntos representam 32,30% da variabilidade total dos dados. Diatomáceas estão relacionadas com a concentração de amônia e silicato, especialmente nas estações mais costeiras #10 e #14 em superfície e fundo. Dinoflagelados e nanoplâncton tiveram relação com temperatura da água, clorofila-a e oxigênio dissolvido, nas estações mais afastadas da costa (#4, #16 e #22) principalmente no inverno.

Na figura 11 b o eixo 1 explicou 20,34% e o eixo 2 (15,29%), acumulando 35,63% das variáveis. Diatomáceas e dinoflagelados mostraram correlação com OD e temperatura da água formando um gradiente entre as estações costa- plataforma especialmente nas amostras de superfície e camada intermediária.

Na figura 11 C, o eixo 1 explicou (27,73%) e o eixo 2 (2,85%), acumulando (30,58%) mostrou semelhança com 2015, porem no eixo 2 o silicato também mostrou correlação com esses grupos em superfície e camada intermediaria das estações mais costeiras e no inverno. Em 2015, o nanoplâncton esteve correlacionando com a concentração de clorofila-a e silicato nas estações costeiras, no verão e inverno. Segundo Segal *et al.*, (2017) a máxima concentração de clorofila -a ($24,75 \text{ mg.m}^{-3}$), foi registrada próximo ao canal norte da Ilha de Santa Catarina (#2).

A temperatura da água parece ser um fator determinante na distribuição de diatomáceas e dinoflagelados. Altas densidades de dinoflagelados nas estações mais afastadas em 2014 e 2015 sugere maior estabilidade na coluna d'água. O fosfato, o nitrito+nitrato e a salinidade mostraram oposição aos grupos e às estações costeiras. No inverno de 2016 a temperatura não sofreu muita variação, a média foi de ($17,48^{\circ}\text{C}$), máx ($17,78^{\circ}\text{C}$) e mín ($17,25^{\circ}\text{C}$), esses valores representam a ocorrência da APP, marcada por temperaturas inferiores a $18,5^{\circ}\text{C}$, e salinidade $< 33,5$ (SEGAL *et al.*, 2017)

Nas camadas intermediárias e ao fundo a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) atingiu as estações mais afastadas da costa em todos os anos. Em 2014 a ACAS foi detectada até 30 metros em 2016 atingiu a camada eufótica (SEGAL *et al*, 2017; MOLLER *et al.*, 2008). Segundo Segal *et al*, (2017), a intrusão ACAS foi refletida por fosfato relativamente alto ($1,16\mu\text{M}$), silicato ($9,51\mu\text{M}$) e notavelmente altas concentrações de nitrato ($8,61\mu\text{M}$). No presente estudo sugere que a distribuição de diatomáceas seja mais homogênea ao fundo em praticamente todas as estações amostradas, essa estabilidade do grupo pode estar relacionada com a presença de ACAS e as maiores concentrações de nutrientes e estabilidade das propriedades da água.

Tabela 4. Resumo da Análise de Redundância Cônica (RDA) para as variáveis ambientais e os principais grupos do fitoplâncton no entorno da Rebio Arvoredo, nos anos de 2014, 2015 e 2016.

| | Eixo 1 | Eixo 2 | Eixo 1 | Eixo 2 | Eixo 1 | Eixo 2 |
|--------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | (24,72%) | (7,58%) | (20,34%) | (15,29%) | (27,73%) | (2,85%) |
| Explicativa | 2014 | | 2015 | | 2016 | |
| tempe | 0,10 | 0,11 | 0,61 | -0,50 | -0,10 | 0,04 |
| salin | -0,27 | -0,01 | -0,67 | 0,53 | 0,48 | 0,00 |
| OD | 0,42 | 0,11 | 0,46 | -0,16 | -0,04 | 0,01 |
| fosf | -0,27 | -0,10 | -0,29 | 0,35 | 0,02 | 0,07 |
| sili | 0,16 | -0,21 | 0,02 | 0,61 | -0,04 | 0,06 |
| amon | 0,22 | -0,10 | -0,14 | -0,12 | 0,03 | -0,01 |
| nitr+nitra | -0,27 | -0,13 | -0,86 | 0,25 | 0,21 | 0,10 |
| cla-a | 0,13 | 0,02 | 0,42 | 0,07 | 0,07 | -0,04 |
| Resposta | | | | | | |
| diat | 0,59 | -0,75 | 0,49 | -0,07 | -0,67 | 0,18 |
| dino | 0,62 | 0,21 | 0,48 | -0,39 | -0,70 | 0,16 |
| nano | 0,51 | 0,62 | 0,40 | 0,56 | -0,24 | -0,97 |

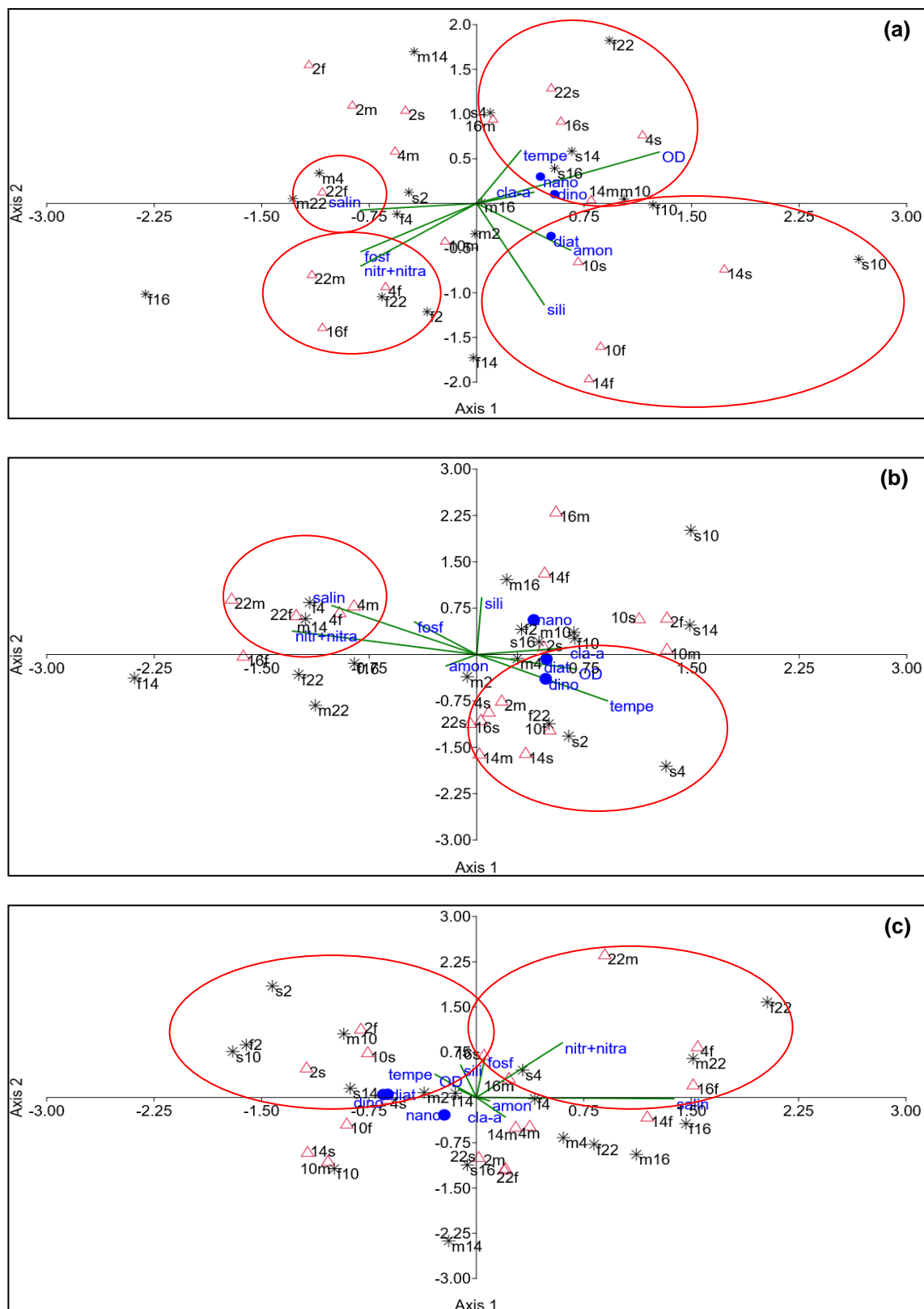


Figura 11. Análise de redundância cônica (RDA) distribuídos ao longo de seis estações amostrais, durante o verão (Δ) e inverno (*), nos anos de 2014(a), 2015(b) e 2016(c) no entorno da REBIO Arvoredo. (s= superfície; m= camada meio(intermediária); f=fundo, fosf=fosfato; sili=silicato; nit+nitr=nitrito+nitrato; amo=amônio; cla=clorofila-a; diato=diatomáceas; dino=dinoflagelados; nano=noplâncton.

1.6 CONCLUSÕES

A composição da comunidade do microplâncton, no entorno da REBIO Arvoredo revelou ser composta principalmente por diatomáceas, seguida por dinoflagelados, cianobactérias e nanoplâncton, típico de ambiente costeiro subtropical.

No verão, o fitoplâncton mostrou maior heterogeneidade principalmente em superfície e camada intermediária, além de registrar as maiores densidades nas estações costeiras. Altas densidades de *Haslea* sp. e nanoplâncton refletiu em menores valores de diversidade e equitabilidade especialmente no verão e inverno de 2015. Nos anos de 2014 e 2016 e nas estações mais afastadas da costa houve maior estabilidade na coluna d'água quanto à distribuição dos táxons.

O inverno mostrou condições ambientais mais homogêneas, favorecendo a dominância de dinoflagelados (dinoflagelado atecado), principalmente em 2016, na superfície e nas estações mais costeiras. O gênero *Thalassiosira* spp. foi muito frequente em todas as estações do verão e inverno.

A comunidade fitoplanctônica tem alta variabilidade sazonal e interanual devido ao dinamismo das condições meteo-oceangráficas regional.

1.7 RECOMENDAÇÕES

O presente estudo contribuiu para a compreensão da dinâmica fitoplanctônica no entorno da Rebio Arvoredo. Conforme mostra os resultados, a variabilidade temporal e espacial na distribuição dos grupos mostrou ser muito distinta entre anos e entre as profundidades e entre verão e inverno. Diante disso, novos estudos necessitam ser realizados para identificar possíveis alterações ecológicas e definir um padrão de distribuição. A proposta de novos estudos na área está descrita no produto.

Anexo I. Metadados referente à todas as campanhas amostrais, nas três profundidades, no verão e inverno dos anos de 2014, 2015, 2016.

| Estação | Ano | mês | Período | Profund. (M) | Profun. da amostra (M) | Zona | Tempe(°C) | Salinidade | Oxigé dissol. | Fosfato (uM) | Silicato(u M) | Amônio(u M) | Nitrato+Nitrito (uM) | ClaSCOR/ UNESCO 1966 | Diatom(cél /L) | Dinofla(cél /L) | Cianob(cél /L) | Nanopl.cél /L) | Abundânci a absol. (cél/L) | Taxa | Shannon_ H | Equitabili dade_J |
|---------|------|-----|---------|--------------|------------------------|------|-----------|------------|---------------|--------------|---------------|-------------|----------------------|----------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------------------|------|------------|-------------------|
| 10 | 2014 | 3 | verao | 5,0 | 0,0 | 0 | 25,66 | 33,97 | 3,7683 | 0,25 | 3,15 | 1,98 | 0,41 | 2,80 | 10400 | 800 | 0 | 150 | 11350 | 20 | 1,85 | 0,62 |
| 10 | 2014 | 3 | verao | 5,0 | 2,5 | 1 | 25,71 | 33,96 | 3,9969 | 0,25 | 3,73 | 0,46 | 0,68 | 0,29 | 6300 | 300 | 0 | 0 | 6600 | 10 | 1,54 | 0,67 |
| 10 | 2014 | 3 | verao | 5,0 | 4,0 | 2 | 25,48 | 34,14 | 4,0884 | 0,34 | 4,88 | 1,44 | 0,68 | 0,11 | 2750 | 850 | 0 | 300 | 3900 | 19 | 2,55 | 0,87 |
| 10 | 2014 | 7 | inverno | 6,5 | 0,0 | 0 | 18,75 | 32,15 | 5,2218 | 0,23 | 13,59 | 2,08 | 1,17 | 11,72 | 23900 | 1500 | 0 | 1600 | 27000 | 24 | 2,10 | 0,66 |
| 10 | 2014 | 7 | inverno | 6,5 | 2,5 | 1 | 19,10 | 31,81 | 4,7880 | 0,28 | 7,25 | 1,45 | 0,91 | 6,57 | 11480 | 920 | 0 | 1080 | 13480 | 24 | 1,91 | 0,60 |
| 10 | 2014 | 7 | inverno | 6,5 | 4,5 | 2 | 18,86 | 30,92 | 5,0450 | 0,38 | 8,14 | 0,86 | 1,26 | 4,20 | 18600 | 50 | 0 | 150 | 18800 | 20 | 2,07 | 0,69 |
| 10 | 2015 | 2 | verao | 7,0 | 0,0 | 0 | 26,55 | 33,90 | 4,7034 | 0,29 | 11,05 | 2,57 | 0,21 | 2,99 | 150667 | 1200 | 0 | 0 | 151867 | 20 | 0,69 | 0,23 |
| 10 | 2015 | 2 | verao | 7,0 | 2,0 | 1 | 26,49 | 34,14 | 3,9705 | 0,29 | 14,28 | 0,42 | 0,17 | 3,19 | 1188670 | 1800 | 0 | 3000 | 1193470 | 21 | 0,19 | 0,06 |
| 10 | 2015 | 2 | verao | 7,0 | 4,0 | 2 | 26,49 | 34,14 | 3,8852 | 0,34 | 8,65 | 0,75 | 0,44 | 2,15 | 7450 | 300 | 0 | 0 | 7750 | 13 | 1,82 | 0,71 |
| 10 | 2015 | 7 | inverno | 7,0 | 0,0 | 0 | 18,73 | 33,06 | 4,9399 | 0,31 | 13,53 | 2,30 | 0,59 | 3,88 | 36300 | 1400 | 0 | 7200 | 44900 | 19 | 1,13 | 0,38 |
| 10 | 2015 | 7 | inverno | 7,0 | 2,5 | 1 | 18,71 | 33,26 | 4,5541 | 0,37 | 7,20 | 0,80 | 0,29 | 3,36 | 187700 | 900 | 0 | 2800 | 191400 | 13 | 0,21 | 0,08 |
| 10 | 2015 | 7 | inverno | 7,0 | 4,0 | 2 | 18,69 | 33,26 | 4,2608 | 0,41 | 7,20 | 1,00 | 0,28 | 2,73 | 60900 | 3330 | 0 | 1400 | 65630 | 20 | 0,69 | 0,23 |
| 10 | 2016 | 2 | verao | 7,0 | 0,0 | 0 | 26,89 | 33,75 | 4,4276 | 0,32 | 7,80 | 5,71 | 1,25 | 1,91 | 111200 | 1600 | 2600 | 3600 | 119000 | 25 | 1,48 | 0,46 |
| 10 | 2016 | 2 | verao | 7,0 | 2,0 | 1 | 26,79 | 33,77 | 3,2839 | 0,38 | 1,78 | 5,02 | 0,90 | 1,79 | 75400 | 2700 | 0 | 5200 | 83300 | 22 | 2,05 | 0,66 |
| 10 | 2016 | 2 | verao | 7,0 | 4,0 | 2 | 26,72 | 33,81 | 3,8495 | 0,27 | 1,14 | 3,94 | 1,17 | 2,12 | 122400 | 3400 | 0 | 3200 | 129000 | 23 | 1,58 | 0,50 |
| 10 | 2016 | 8 | inverno | 6,4 | 0,0 | 0 | 17,43 | 31,89 | 4,4446 | 0,37 | 14,56 | 1,88 | 1,66 | 5,57 | 10000 | 17800 | 0 | 0 | 27800 | 26 | 2,39 | 0,73 |
| 10 | 2016 | 8 | inverno | 6,4 | 2,0 | 1 | 17,36 | 32,20 | 4,9504 | 0,40 | 12,22 | 1,07 | 1,34 | 3,88 | 4800 | 25500 | 0 | 0 | 30300 | 22 | 1,22 | 0,39 |
| 10 | 2016 | 8 | inverno | 6,4 | 4,0 | 2 | 17,44 | 31,98 | 4,5292 | 0,33 | 10,77 | 0,90 | 0,90 | 1,97 | 6350 | 15050 | 0 | 450 | 21850 | 26 | 1,55 | 0,48 |
| 2 | 2014 | 3 | verao | 12,0 | 0,0 | 0 | 25,64 | 34,40 | 3,8844 | 0,34 | 1,05 | 0,79 | 0,59 | 0,08 | 580 | 360 | 0 | 440 | 1380 | 12 | 2,04 | 0,82 |
| 2 | 2014 | 3 | verao | 12,0 | 5,0 | 1 | 25,19 | 34,92 | 3,7604 | 0,25 | 1,24 | 0,57 | 0,68 | 0,82 | 2580 | 440 | 0 | 440 | 3460 | 20 | 2,10 | 0,70 |
| 2 | 2014 | 3 | verao | 12,0 | 10,0 | 2 | 25,32 | 34,84 | 3,6587 | 0,34 | 0,28 | 0,57 | 0,86 | 0,31 | 3880 | 900 | 0 | 440 | 5220 | 29 | 2,66 | 0,79 |
| 2 | 2014 | 7 | inverno | 12,0 | 0,0 | 0 | 18,94 | 33,44 | 4,0025 | 0,31 | 5,80 | 1,12 | 0,55 | 5,64 | 2760 | 1200 | 0 | 0 | 3960 | 23 | 2,52 | 0,80 |
| 2 | 2014 | 7 | inverno | 12,0 | 7,0 | 1 | 18,64 | 34,29 | 4,3044 | 0,43 | 6,31 | 1,20 | 1,87 | 4,25 | 16400 | 100 | 0 | 550 | 17050 | 20 | 2,09 | 0,70 |
| 2 | 2014 | 7 | inverno | 12,0 | 10,0 | 2 | 18,65 | 34,29 | 3,9810 | 0,49 | 6,23 | 1,81 | 2,46 | 1,35 | 16190 | 150 | 0 | 0 | 16340 | 21 | 1,84 | 0,61 |
| 2 | 2015 | 2 | verao | 12,8 | 0,0 | 0 | 25,97 | 34,41 | 4,1981 | 0,24 | 5,48 | 7,36 | 0,22 | 3,78 | 820 | 880 | 500 | 58783 | 60983 | 26 | 0,26 | 0,08 |
| 2 | 2015 | 2 | verao | 12,8 | 5,0 | 1 | 25,58 | 34,82 | 3,8820 | 0,29 | 5,32 | 2,07 | 0,17 | 4,66 | 48181 | 1940 | 20 | 57687 | 107828 | 30 | 0,89 | 0,26 |
| 2 | 2015 | 2 | verao | 12,8 | 9,0 | 2 | 25,34 | 35,04 | 3,7346 | 0,50 | 9,02 | 1,18 | 0,44 | 24,75 | 276557 | 1550 | 550 | 0 | 278657 | 31 | 0,37 | 0,11 |
| 2 | 2015 | 7 | inverno | 12,0 | 0,0 | 0 | 18,94 | 32,90 | 4,3670 | 0,27 | 6,70 | 6,83 | 0,39 | 4,86 | 139032 | 3220 | 0 | 0 | 142252 | 33 | 0,29 | 0,08 |
| 2 | 2015 | 7 | inverno | 12,0 | 5,0 | 1 | 18,64 | 33,09 | 4,6326 | 0,28 | 5,22 | 0,53 | 0,57 | 5,54 | 104709 | 2960 | 0 | 0 | 107669 | 30 | 0,47 | 0,14 |
| 2 | 2015 | 7 | inverno | 12,0 | 10,0 | 2 | 18,63 | 33,08 | 4,3206 | 0,35 | 7,83 | 4,04 | 0,56 | 1,34 | 108424 | 500 | 0 | 0 | 108924 | 24 | 0,37 | 0,12 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|---|---------|------|------|---|-------|-------|--------|------|-------|-------|------|-------|--------|-------|------|------|--------|----|------|------|
| 2 | 2016 | 2 | verao | 12,0 | 0,0 | 0 | 27,09 | 33,45 | 4,4400 | 0,28 | 1,89 | 3,05 | 1,30 | 1,50 | 22240 | 3720 | 2080 | 0 | 28040 | 31 | 2,19 | 0,64 |
| 2 | 2016 | 2 | verao | 12,0 | 8,0 | 1 | 24,44 | 35,07 | 3,4900 | 0,34 | 3,22 | 2,90 | 0,22 | 5,48 | 27540 | 3480 | 40 | 0 | 31060 | 39 | 2,54 | 0,69 |
| 2 | 2016 | 2 | verao | 12,0 | 10,0 | 2 | 26,51 | 34,58 | 4,2302 | 0,58 | 4,48 | 0,74 | 0,97 | 7,73 | 180800 | 800 | 1200 | 0 | 182800 | 35 | 2,20 | 0,62 |
| 2 | 2016 | 8 | inverno | 11,0 | 0,0 | 0 | 17,78 | 31,76 | 4,3628 | 0,37 | 18,60 | 1,15 | 1,34 | 3,57 | 5560 | 10280 | 0 | 0 | 15840 | 30 | 2,05 | 0,60 |
| 2 | 2016 | 8 | inverno | 11,0 | 4,5 | 1 | 17,52 | 32,22 | 4,7336 | 0,31 | 12,14 | 0,88 | 1,15 | 2,69 | 9960 | 13730 | 0 | 0 | 23690 | 37 | 2,06 | 0,57 |
| 2 | 2016 | 8 | inverno | 11,0 | 9,0 | 2 | 17,59 | 32,06 | 4,5963 | 0,46 | 12,18 | 0,96 | 1,14 | 3,59 | 17450 | 9390 | 0 | 0 | 26840 | 31 | 2,21 | 0,64 |
| 14 | 2014 | 3 | verao | 17,0 | 0,0 | 0 | 24,37 | 35,29 | 4,6146 | 0,34 | 3,73 | 1,76 | 1,77 | 0,81 | 16800 | 1760 | 0 | 0 | 18560 | 19 | 0,81 | 0,28 |
| 14 | 2014 | 3 | verao | 17,0 | 10,0 | 1 | 24,02 | 35,48 | 4,1493 | 0,34 | 3,15 | 1,33 | 0,95 | 2,51 | 12440 | 880 | 0 | 0 | 13320 | 29 | 1,69 | 0,50 |
| 14 | 2014 | 3 | verao | 17,0 | 15,0 | 2 | 24,07 | 35,25 | 3,7055 | 0,34 | 4,88 | 2,09 | 0,86 | 1,06 | 13350 | 1700 | 0 | 100 | 15150 | 30 | 2,45 | 0,72 |
| 14 | 2014 | 8 | inverno | 17,0 | 0,0 | 0 | 19,38 | 34,23 | 4,6881 | 0,40 | 4,81 | 1,75 | 0,94 | 6,31 | 9250 | 600 | 0 | 0 | 9850 | 27 | 2,50 | 0,76 |
| 14 | 2014 | 8 | inverno | 17,0 | 7,0 | 1 | 19,39 | 34,23 | 4,5683 | 0,35 | 3,10 | 0,33 | 0,29 | 6,64 | 14360 | 240 | 0 | 800 | 15400 | 27 | 2,29 | 0,69 |
| 14 | 2014 | 8 | inverno | 17,0 | 14,0 | 2 | 19,39 | 34,24 | 4,4301 | 0,40 | 32,62 | 0,38 | 0,46 | 4,68 | 14400 | 150 | 0 | 0 | 14550 | 24 | 2,35 | 0,74 |
| 14 | 2015 | 2 | verao | 17,4 | 0,0 | 0 | 26,15 | 34,12 | 3,6955 | 0,26 | 6,70 | 1,59 | 0,27 | 2,84 | 2800 | 1500 | 0 | 3600 | 7900 | 20 | 2,11 | 0,70 |
| 14 | 2015 | 2 | verao | 17,4 | 8,0 | 1 | 24,54 | 34,98 | 3,0591 | 0,40 | 5,18 | 1,26 | 0,26 | 5,15 | 7500 | 2000 | 0 | 3850 | 13350 | 30 | 2,61 | 0,77 |
| 14 | 2015 | 2 | verao | 17,4 | 14,0 | 2 | 22,62 | 35,85 | 3,1475 | 0,69 | 15,54 | 1,49 | 2,94 | 5,59 | 7650 | 150 | 0 | 0 | 7800 | 16 | 1,85 | 0,67 |
| 14 | 2015 | 7 | inverno | 17,0 | 0,0 | 0 | 18,74 | 33,00 | 4,2755 | 0,12 | 8,93 | 0,83 | 0,21 | 10,88 | 56100 | 200 | 0 | 3300 | 59600 | 11 | 0,51 | 0,21 |
| 14 | 2015 | 7 | inverno | 17,0 | 7,0 | 1 | 18,48 | 33,38 | 4,2286 | 0,47 | 10,00 | 0,58 | 1,59 | 2,13 | 3560 | 320 | 0 | 0 | 3880 | 26 | 2,06 | 0,63 |
| 14 | 2015 | 7 | inverno | 17,0 | 15,0 | 2 | 18,53 | 33,43 | 3,8733 | 0,51 | 10,23 | 5,86 | 2,27 | 0,53 | 9750 | 100 | 0 | 0 | 9850 | 23 | 2,07 | 0,66 |
| 14 | 2016 | 2 | verao | 17,0 | 0,0 | 0 | 25,92 | 33,41 | 3,3271 | 0,27 | 2,02 | 2,20 | 0,83 | 2,49 | 38300 | 600 | 300 | 2200 | 41400 | 19 | 1,77 | 0,60 |
| 14 | 2016 | 2 | verao | 17,0 | 10,0 | 1 | 21,45 | 35,18 | 2,5890 | 0,57 | 5,75 | 0,83 | 2,78 | 7,06 | 15200 | 600 | 0 | 4600 | 20400 | 20 | 2,23 | 0,74 |
| 14 | 2016 | 2 | verao | 17,0 | 15,0 | 2 | 19,54 | 37,45 | 3,7255 | 0,96 | 14,72 | 13,50 | 0,49 | 13,98 | 10850 | 1100 | 0 | 2850 | 14800 | 27 | 2,59 | 0,79 |
| 14 | 2016 | 8 | inverno | 17,0 | 0,0 | 0 | 17,28 | 32,42 | 4,8779 | 0,37 | 9,57 | 1,10 | 1,32 | 8,98 | 8100 | 5500 | 0 | 0 | 13600 | 21 | 1,94 | 0,64 |
| 14 | 2016 | 8 | inverno | 17,0 | 8,0 | 1 | 17,25 | 32,43 | 4,1968 | 0,31 | 9,76 | 0,80 | 0,98 | 6,79 | 10600 | 240 | 0 | 0 | 10840 | 21 | 1,75 | 0,57 |
| 14 | 2016 | 8 | inverno | 17,0 | 14,0 | 2 | 17,29 | 32,52 | 4,6083 | 0,35 | 8,93 | 1,44 | 1,91 | 1,85 | 8880 | 3960 | 0 | 0 | 12840 | 31 | 2,38 | 0,69 |
| 4 | 2014 | 4 | verao | 53,0 | 0,0 | 0 | 25,72 | 34,90 | 4,6896 | 0,34 | 2,96 | 0,79 | 0,50 | 1,89 | 660 | 3080 | 0 | 1360 | 5260 | 29 | 2,65 | 0,79 |
| 4 | 2014 | 4 | verao | 53,0 | 20,0 | 1 | 21,69 | 35,81 | 3,6427 | 0,53 | 1,62 | 0,90 | 4,36 | 3,75 | | | | | 1540 | 16 | 2,25 | 0,81 |
| 4 | 2014 | 4 | verao | 53,0 | 45,0 | 2 | 17,87 | 35,86 | 3,3920 | 0,62 | 3,54 | 0,57 | 4,32 | 2,42 | 1460 | 80 | 0 | 0 | 1540 | 16 | 2,25 | 0,81 |
| 4 | 2014 | 8 | inverno | 52,0 | 0,0 | 0 | 19,09 | 33,76 | 4,5653 | 0,30 | 1,86 | 0,99 | 0,90 | 6,81 | 9000 | 240 | 0 | 0 | 9280 | 22 | 1,52 | 0,49 |
| 4 | 2014 | 8 | inverno | 52,0 | 15,0 | 1 | 19,30 | 34,42 | 4,2552 | 0,44 | 7,08 | 0,50 | 1,91 | 4,89 | 16320 | 120 | 0 | 0 | 16440 | 21 | 1,83 | 0,60 |
| 4 | 2014 | 8 | inverno | 52,0 | 48,0 | 2 | 18,51 | 34,53 | 4,0644 | 0,63 | 6,92 | 0,63 | 1,57 | 2,78 | 9440 | 1780 | 0 | 0 | 11240 | 27 | 2,41 | 0,73 |
| 4 | 2015 | 2 | verao | 52,0 | 0,0 | 0 | 25,80 | 34,59 | 4,2010 | 0,22 | 5,28 | 0,50 | 0,15 | 2,41 | 520 | 1220 | 0 | 0 | 1740 | 17 | 2,32 | 0,82 |
| 4 | 2015 | 2 | verao | 52,0 | 25,0 | 1 | 17,84 | 35,80 | 3,0511 | 0,90 | 10,81 | 0,40 | 5,16 | 3,02 | 2360 | 200 | 20 | 0 | 2580 | 19 | 1,79 | 0,61 |
| 4 | 2015 | 2 | verao | 52,0 | 47,0 | 2 | 17,00 | 35,77 | 2,7470 | 1,00 | 11,83 | 0,48 | 6,57 | 8,02 | 9100 | 60 | 0 | 0 | 9160 | 18 | 2,09 | 0,72 |
| 4 | 2015 | 7 | inverno | 53,0 | 0,0 | 0 | 18,99 | 31,96 | 5,5700 | 0,17 | 6,03 | 5,44 | 0,48 | 15,20 | 123709 | 1540 | 0 | 0 | 125309 | 27 | 0,14 | 0,04 |
| 4 | 2015 | 7 | inverno | 53,0 | 20,0 | 1 | 18,18 | 32,96 | 1,1200 | 0,35 | 6,14 | 4,01 | 0,45 | 5,16 | 4360 | 780 | 0 | 1120 | 6380 | 18 | 1,48 | 0,51 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|---|---------|------|------|---|-------|-------|--------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|--------|--------|----|------|------|
| 4 | 2015 | 7 | inverno | 53,0 | 45,0 | 2 | 18,60 | 34,03 | 4,7500 | 0,34 | 5,28 | 2,57 | 0,94 | 2,72 | 5580 | 160 | 0 | 0 | 5740 | 19 | 2,02 | 0,69 |
| 4 | 2016 | 2 | verao | 53,0 | 0,0 | 0 | 27,06 | 34,22 | 4,3282 | 0,27 | 0,87 | 2,27 | 0,53 | 3,62 | 28000 | 2050 | 1350 | 8800 | 40250 | 37 | 2,64 | 0,73 |
| 4 | 2016 | 2 | verao | 53,0 | 15,0 | 1 | 19,49 | 35,81 | 4,0977 | 0,56 | 3,00 | 3,54 | 0,95 | 9,23 | 21600 | 700 | 0 | 8900 | 31200 | 31 | 2,39 | 0,69 |
| 4 | 2016 | 2 | verao | 53,0 | 45,0 | 2 | 17,05 | 35,78 | 2,4151 | 0,85 | 13,92 | 5,06 | 6,62 | 2,86 | 5080 | 60 | 160 | 0 | 5300 | 20 | 2,33 | 0,78 |
| 4 | 2016 | 8 | inverno | 52,0 | 0,0 | 0 | 17,34 | 32,87 | 5,0433 | 0,31 | 8,95 | 2,10 | 1,88 | 3,92 | 7700 | 1400 | 0 | 40 | 9300 | 34 | 2,13 | 0,60 |
| 4 | 2016 | 8 | inverno | 52,0 | 24,0 | 1 | 17,35 | 32,94 | 5,1226 | 0,30 | 8,43 | 1,93 | 1,34 | 2,86 | 5380 | 1120 | 0 | 0 | 6540 | 31 | 2,39 | 0,69 |
| 4 | 2016 | 8 | inverno | 52,0 | 45,0 | 2 | 17,48 | 33,05 | 5,1096 | 0,45 | 10,29 | 1,77 | 1,00 | 1,24 | 5060 | 620 | 20 | 0 | 5700 | 27 | 1,91 | 0,58 |
| 16 | 2014 | 4 | verao | 51,0 | 0,0 | 0 | 25,11 | 35,37 | 4,6349 | 0,25 | 2,77 | 0,35 | 0,64 | 0,99 | 2200 | 1550 | 0 | 650 | 4400 | 21 | 2,65 | 0,87 |
| 16 | 2014 | 4 | verao | 51,0 | 20,0 | 1 | 23,61 | 35,66 | 4,1605 | 0,34 | 2,58 | 0,46 | 1,05 | 2,74 | 2460 | 500 | 0 | 460 | 3420 | 16 | 2,11 | 0,76 |
| 16 | 2014 | 4 | verao | 51,0 | 45,0 | 2 | 17,88 | 35,85 | 3,3227 | 0,62 | 3,73 | 0,46 | 6,45 | 2,31 | 3060 | 60 | 0 | 0 | 3120 | 22 | 2,35 | 0,76 |
| 16 | 2014 | 8 | inverno | 51,0 | 0,0 | 0 | 19,43 | 33,98 | 4,6741 | 0,25 | 2,21 | 1,96 | 0,64 | 1,63 | 8110 | 680 | 0 | 560 | 9350 | 23 | 2,04 | 0,65 |
| 16 | 2014 | 8 | inverno | 51,0 | 25,0 | 1 | 19,40 | 34,42 | 4,1089 | 0,37 | 2,80 | 2,46 | 1,34 | 7,40 | 9020 | 120 | 0 | 920 | 10060 | 19 | 1,95 | 0,66 |
| 16 | 2014 | 8 | inverno | 51,0 | 45,0 | 2 | 18,99 | 34,68 | 3,4028 | 0,58 | 4,19 | 1,15 | 3,49 | 1,71 | 8660 | 200 | 0 | 0 | 8860 | 26 | 2,26 | 0,69 |
| 16 | 2015 | 2 | verao | 52,0 | 0,0 | 0 | 26,15 | 34,82 | 3,9438 | 0,19 | 4,55 | 1,86 | 0,36 | NA | 920 | 2920 | 160 | 2320 | 6320 | 16 | 2,08 | 0,75 |
| 16 | 2015 | 2 | verao | 52,0 | 25,0 | 1 | 19,79 | 36,05 | 3,6439 | 0,96 | 9,53 | 0,79 | 1,43 | 12,37 | 6680 | 1320 | 0 | 301308 | 309308 | 14 | 0,16 | 0,06 |
| 16 | 2015 | 2 | verao | 52,0 | 47,0 | 2 | 17,11 | 35,92 | 2,5691 | 0,18 | 11,56 | 0,61 | 7,05 | 3,62 | 12120 | 0 | 1360 | 0 | 13480 | 12 | 1,63 | 0,66 |
| 16 | 2015 | 7 | inverno | 53,0 | 0,0 | 0 | 18,82 | 33,17 | 5,2700 | 0,30 | 8,76 | 0,71 | 0,62 | 3,93 | 4760 | 920 | 0 | 2440 | 8120 | 18 | 1,42 | 0,49 |
| 16 | 2015 | 7 | inverno | 53,0 | 20,0 | 1 | 18,69 | 33,49 | 5,6400 | 0,28 | 6,26 | 0,64 | 0,37 | 2,09 | 900 | 240 | 0 | 1380 | 2520 | 13 | 1,40 | 0,54 |
| 16 | 2015 | 7 | inverno | 53,0 | 45,0 | 2 | 18,72 | 33,78 | 4,2500 | 0,33 | 7,75 | 1,59 | 0,99 | 1,37 | 7080 | 120 | 0 | 0 | 7200 | 17 | 1,73 | 0,61 |
| 16 | 2016 | 2 | verao | 53,0 | 0,0 | 0 | 27,40 | 34,63 | 4,8154 | 0,30 | 1,21 | 1,50 | 1,11 | 1,70 | 24080 | 640 | 80 | 0 | 24800 | 25 | 1,96 | 0,61 |
| 16 | 2016 | 2 | verao | 53,0 | 15,0 | 1 | 25,47 | 35,44 | 4,4097 | 0,92 | 0,57 | 1,62 | 0,46 | 2,12 | 27200 | 480 | 0 | 0 | 27680 | 18 | 1,70 | 0,59 |
| 16 | 2016 | 2 | verao | 53,0 | 45,0 | 2 | 17,29 | 35,59 | 2,6637 | 0,31 | 11,58 | 0,93 | 5,04 | 6,85 | 5580 | 60 | 0 | 0 | 5640 | 24 | 1,92 | 0,60 |
| 16 | 2016 | 8 | inverno | 52,0 | 0,0 | 0 | 17,30 | 32,68 | 5,0999 | 0,31 | 10,07 | 1,29 | 0,73 | 8,62 | 8480 | 13200 | 0 | 80 | 21760 | 26 | 2,05 | 0,63 |
| 16 | 2016 | 8 | inverno | 52,0 | 24,0 | 1 | 17,39 | 32,98 | 5,1334 | 0,26 | 7,29 | 0,83 | 1,03 | 3,19 | 5200 | 80 | 0 | 0 | 5280 | 27 | 1,95 | 0,59 |
| 16 | 2016 | 8 | inverno | 52,0 | 48,0 | 2 | 17,78 | 33,36 | 4,4295 | 0,36 | 7,76 | 0,91 | 1,35 | 1,26 | 4600 | 1440 | 0 | 0 | 6040 | 16 | 2,07 | 0,75 |
| 22 | 2014 | 4 | verao | 51,0 | 0,0 | 0 | 24,98 | 35,36 | 4,5723 | 0,34 | 2,01 | 0,46 | 0,41 | 0,57 | 1180 | 1340 | 80 | 300 | 2900 | 23 | 2,46 | 0,78 |
| 22 | 2014 | 4 | verao | 51,0 | 28,0 | 1 | 19,05 | 36,12 | 3,3393 | 0,72 | 3,73 | 0,24 | 5,55 | 3,03 | 2040 | 840 | 0 | 140 | 3020 | 19 | 2,20 | 0,75 |
| 22 | 2014 | 4 | verao | 51,0 | 45,0 | 2 | 17,63 | 35,82 | 3,0918 | 0,44 | 2,01 | 0,57 | 1,50 | 2,24 | 2860 | 20 | 0 | 0 | 2880 | 15 | 2,20 | 0,81 |
| 22 | 2014 | 8 | inverno | 53,0 | 0,0 | 0 | 19,49 | 33,56 | 5,2287 | 0,37 | 1,05 | 0,90 | 0,49 | 5,57 | 8240 | 880 | 0 | 0 | 9120 | 27 | 1,99 | 0,60 |
| 22 | 2014 | 8 | inverno | 53,0 | 25,0 | 1 | 19,91 | 34,74 | 4,0205 | 0,26 | 1,83 | 1,96 | 1,86 | 2,71 | 8040 | 300 | 0 | 0 | 8340 | 30 | 2,33 | 0,69 |
| 22 | 2014 | 8 | inverno | 53,0 | 48,0 | 2 | 18,52 | 34,77 | 4,0928 | 0,49 | 5,33 | 1,28 | 3,06 | 0,51 | 8720 | 60 | 0 | 0 | 8780 | 25 | 2,11 | 0,66 |
| 22 | 2015 | 2 | verao | 52,9 | 0,0 | 0 | 26,22 | 34,95 | 3,9082 | 0,21 | 5,01 | 1,30 | 0,22 | 2,66 | 1600 | 2400 | 40 | 140 | 4180 | 25 | 2,65 | 0,82 |
| 22 | 2015 | 2 | verao | 52,9 | 35,0 | 1 | 17,24 | 36,17 | 2,6553 | 0,33 | 11,84 | 5,29 | 8,61 | 7,94 | 7800 | 120 | 40 | 0 | 7960 | 17 | 1,70 | 0,60 |
| 22 | 2015 | 2 | verao | 52,9 | 47,0 | 2 | 17,30 | 36,08 | 2,4892 | 0,25 | 14,91 | 0,68 | 7,50 | 6,21 | 11600 | 200 | 0 | 0 | 11800 | 17 | 1,86 | 0,66 |
| 22 | 2015 | 7 | inverno | 54,0 | 2,0 | 0 | 19,01 | 33,27 | 5,2200 | 0,55 | 6,24 | 0,66 | 0,32 | 2,07 | 1180 | 760 | 0 | 560 | 2500 | 21 | 2,18 | 0,71 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|---|---------|------|------|---|-------|-------|--------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|----|-----|-------|----|------|------|
| 22 | 2015 | 7 | inverno | 54,0 | 20,0 | 1 | 18,71 | 33,45 | 5,1900 | 0,28 | 3,43 | 0,79 | 0,81 | 2,82 | 1720 | 340 | 0 | 540 | 2600 | 19 | 1,92 | 0,65 |
| 22 | 2015 | 7 | inverno | 54,0 | 45,0 | 2 | 18,61 | 33,51 | 3,8900 | 0,34 | 4,05 | 11,21 | 0,99 | 1,27 | 3680 | 200 | 0 | 100 | 3980 | 19 | 2,02 | 0,69 |
| 22 | 2016 | 2 | verao | 54,0 | 0,0 | 0 | 27,56 | 34,81 | 3,9683 | 0,22 | 0,69 | 5,01 | 0,23 | 2,79 | 5260 | 580 | 40 | 520 | 6400 | 22 | 2,45 | 0,79 |
| 22 | 2016 | 2 | verao | 54,0 | 17,0 | 1 | 23,33 | 36,13 | 4,3765 | 0,84 | 1,55 | 1,83 | 5,40 | 4,44 | 780 | 980 | 40 | 800 | 2600 | 17 | 2,22 | 0,78 |
| 22 | 2016 | 2 | verao | 54,0 | 45,0 | 2 | 17,60 | 35,84 | 2,8959 | 0,71 | 7,72 | 1,79 | 0,28 | 13,29 | 10000 | 100 | 0 | 300 | 10400 | 25 | 2,39 | 0,74 |
| 22 | 2016 | 8 | inverno | 53,0 | 0,0 | 0 | 17,76 | 33,02 | 5,2032 | 0,22 | 8,08 | 1,72 | 0,86 | 3,45 | 1300 | 3560 | 0 | 0 | 4860 | 21 | 1,80 | 0,59 |
| 22 | 2016 | 8 | inverno | 53,0 | 25,0 | 1 | 17,54 | 33,25 | 4,9931 | 0,33 | 9,85 | 1,00 | 1,46 | 2,58 | 3960 | 280 | 0 | 0 | 4240 | 22 | 1,84 | 0,59 |
| 22 | 2016 | 8 | inverno | 53,0 | 48,0 | 2 | 17,77 | 33,46 | 4,1019 | 0,37 | 11,11 | 0,93 | 2,36 | 0,64 | 3780 | 100 | 0 | 0 | 3880 | 19 | 2,10 | 0,71 |

2 Produto 1

Viviane Tranker

**Programa de Monitoramento do fitoplâncton na Reserva
Biológica Marinha do Arvoredo**

**Procedimento Operacional Padrão de coleta de água e
análise laboratorial do fitoplâncton**

Itajaí, 2021

Programa de Monitoramento do fitoplâncton na Reserva Biológica Marinha do
Arvoredo

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO DE COLETA DE ÁGUA E ANÁLISE
LABORATORIAL DO FITOPLÂNCTON.

1.INTRODUÇÃO

Em águas costeiras, podem ser encontrados representantes de praticamente todos os grupos do fitoplâncton. A predominância de um ou outro grupo em determinado ecossistema é em função principalmente das características do ambiente, como por exemplo, diatomáceas e dinoflagelados como dominantes, e em menor proporção outros grupos.

As estações rasas apresentaram predominância de diatomáceas, como seria esperado para áreas com pouca estabilidade e maior influência do fundo, uma vez que esse grupo é característico de regiões onde há eutrofização natural devido à ressuspensão de nutrientes acumulados nas camadas mais profundas (TENENBAUM *et al.*, 2007).

A ocorrência de determinadas espécies e suas densidades dependem de alterações na estrutura física do ambiente, como estratificação na coluna d'água e sazonalidade, que por sua vez refletem na disponibilidade de nutrientes e na penetração da luz solar (CULLEN *et al.*, 2002).

O fitoplâncton também pode ser bioindicador da qualidade da água. Assim, quando a concentração de nutrientes (principalmente nitrogênio, fósforo e silicato) atinge níveis extremos nos ambientes aquáticos, ocorre a proliferação de algas (bloom de algas), em função da grande oferta de alimento.

Diatomáceas (*Thalassiosira* spp.) e dinoflagelados (“dinoflagelados atecados”) podem ser indicadores de massas d'água, como Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água da Pluma do Prata (APP). A ACAS tem como característica altas concentrações de nitrato, baixa temperatura, alta salinidade e sua ocorrência se dá pela influência do vento nordeste principalmente na primavera e verão. A APP atinge a região no período de inverno devido à influência do vento sudoeste. A APP recebe

nutrientes costeiros oriundos da Lagoa do Patos–RS, principalmente silicato, e ao longo de seu trajeto fertiliza a camada superior da coluna d'água. Altas concentrações de silicato podem estar relacionadas com o aporte dos rios locais, como: Rio Tijucas, Rio Itajaí e pela influência costeira da Ilha de Santa Catarina.

1.1 Importância da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo

De acordo com o ICMBIO, em 12 de março de 1990, através do Decreto Federal nº 99.142, a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo é uma unidade de conservação federal, de proteção integral, que tem como objetivo proteger um pequeno espaço da costa brasileira que apresenta grande importância biológica. Localizada no litoral do Estado de Santa Catarina, entre os municípios de Florianópolis e Bombinhas, a REBIO Arvoredo possui 17.600 hectares de superfície. (FIGURA 1).

A alta diversidade de ambientes marinhos e terrestres existentes na Reserva abriga uma infinidade de espécies, sendo muitas delas raras e ameaçadas de extinção. As ilhas apresentam remanescentes de Mata Atlântica, locais de reprodução para aves marinhas e sítios arqueológicos com sambaquis e inscrições rupestres. Além disso, os ambientes marinhos da Reserva fornecem abrigo para reprodução e crescimento de diversas espécies de peixes, o que contribui para manutenção dos estoques pesqueiros no seu entorno.

2. OBJETIVOS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO:

O principal objetivo do programa de monitoramento é conhecer, em detalhe, a dinâmica da comunidade fitoplânctonica no enterno da Rebio Arvoredo. O levantamento dos dados pode auxiliar na observação, como rastrear florações; Para aviso prévio de espécies potencialmente prejudiciais; Para documentar danos ou disfunções ecológicas; Para desenvolver capacidade preditiva; Para salvaguardar as operações de aquicultura. Um esforço amostral de longo prazo pode distinguir as mudanças antropogênicas daquelas ocasionadas pela variação natural do ambiente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS:

3.1 Pontos monitorados

As coletas serão realizadas em quatro pontos amostrais (espacial/ horizontal) em superfície e fundo (espacial vertical) (FIGURA 2), com uma frequência mensal de coleta, totalizando (n= 96 amostras/ ano), para que tais estratégias favoreçam modelos de comportamento de padrões sazonais, identificados pela ocorrência de períodos climáticos. A finalidade de uma maior amplitude amostral é de representar diferentes microhabitats do sistema. Em superfície, por exemplo, a dinâmica dos fatores abióticos difere daqueles do fundo, no que diz respeito à irradiância, a temperatura, salinidade, concentrações de nutrientes dissolvidos, a partir de influências de rios, massas d'água ou até de um fenômeno climático de maior escala.

É recomendável que em amostragens de rotina para programas de monitoramento a coleta seja realizada, se possível, no mesmo período do dia. Coletas mensais foram delimitadas a partir da análise prévia de 6 estações de coleta no entorno da reserva. Com finalidade de abranger áreas mais costeiras, que recebem influências terrestre, intermediárias e mais profundas, na qual sofre interferência de massas d'água com características físico-químicas mais definidas.

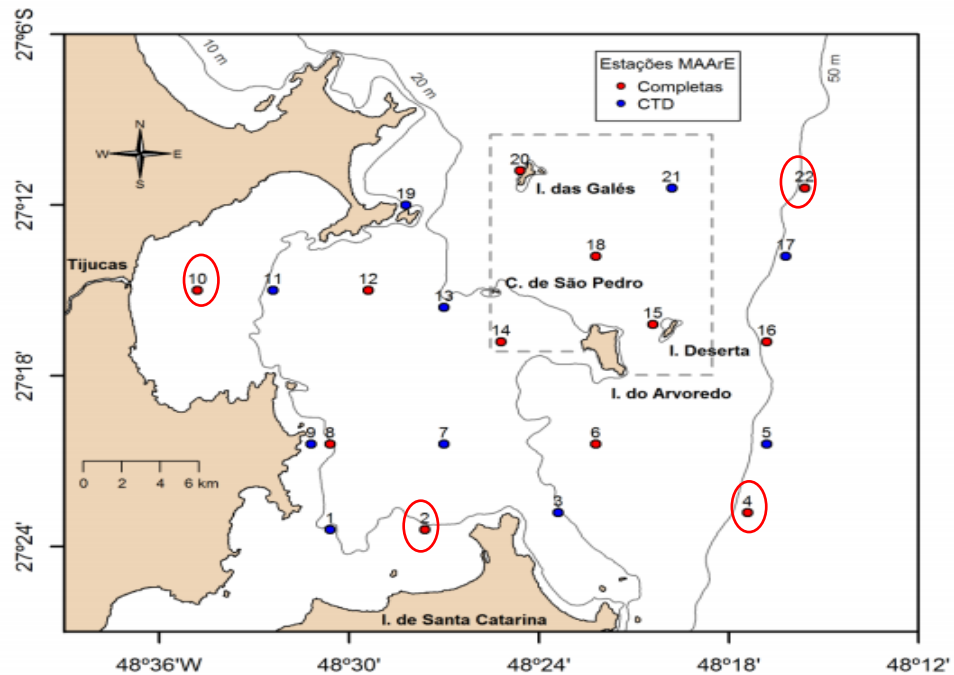


Figura 1. Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e área adjacente com a localização dos pontos amostrais indicados pelo círculo vermelho. Fonte: Adaptado de Segal, *et al.*, (2017).

3.2 Materiais necessários para coleta de amostras

Toda coleta de material biológico necessita de equipamentos ou instrumentos adequados para amostragem. Nesse sentido, apresentaremos a seguir alguns destes equipamentos e utensílios auxiliares, os quais são adequados ao atendimento dos planos de amostragem.

3.2.1 Coleta em superfície

Pode-se utilizar qualquer recipiente, como baldes de plástico ou aço que contenha abertura larga para facilitar a coleta em superfície ou até 25 cm de profundidade. Para auxiliar o envasamento, pode-se utilizar um funil. Antes da coleta, o recipiente coletor deve ser lavado com a água do próprio ambiente. (FIGURA 2).



Figura 2. Recipiente para coleta de água em superfície

3.3.2 Garrafa de coleta em profundidade - Van Dorn

Consiste em uma garrafa cilíndrica, com fechamento acionado por um mensageiro, permitindo que se façam amostragens em diferentes profundidades. No momento do uso, o sistema deve ser ativado abrindo-se as tampas e encaixando-as a um suporte, em seguida a garrafa é submergida até a profundidade desejada através de um cabo com marcadores a cada meio metro. Em seguida o mensageiro é disparado para fechar os compartimentos e a garrafa deve ser recolhida contendo amostra da profundidade desejada. O conteúdo da garrafa pode ser despejado em um recipiente e então envasado. (FIGURA 3).

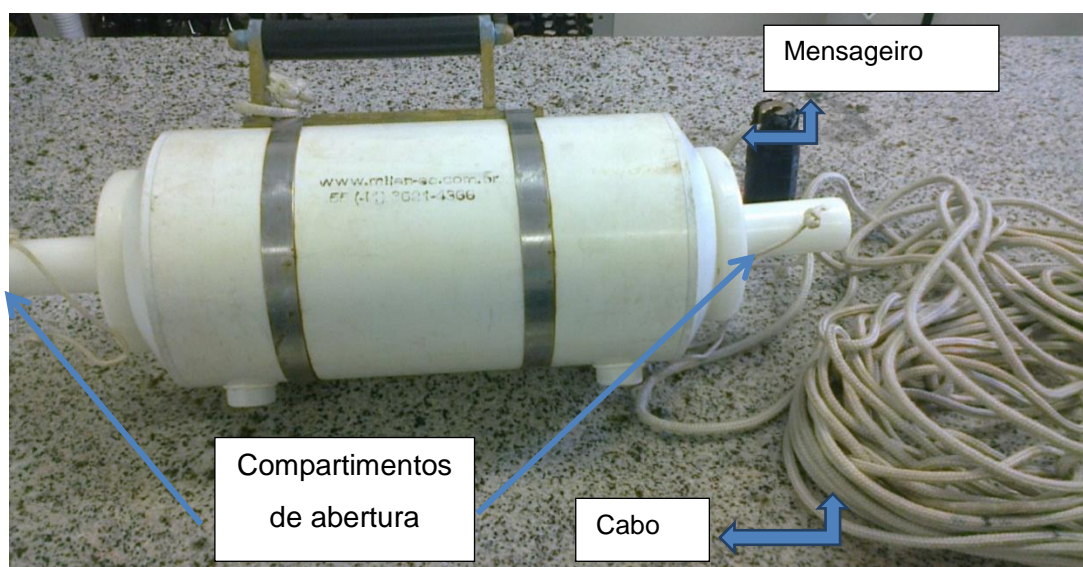


Figura 3. Garrafa Van Dorn para coleta quantitativa do microplâncton, em diferentes profundidades.

Fonte: Arquivo pessoal

NOTA:

- É importante que no momento da coleta o equipamento não promova a suspensão do sedimento; para isso, recomenda-se a coleta de água até 1m acima do fundo, exceto quando o estrato abaixo de 1m for de interesse;
- Distribuir seu volume proporcionalmente nos diversos frascos destinados aos ensaios, como forma de garantir a homogeneidade da amostra;
- Repetir o procedimento até que todos os frascos estejam com o volume de água necessário, tomando o cuidado de manter um espaço vazio para sua posterior homogeneização;
- Acondicionar a amostra em caixa adequada, para transporte.

A amostra deve ser armazenada em frasco tipo âmbar de polipropileno de 250 mL para evitar o contato com a luz e não degradar as células. O conteúdo do frasco, não pode ultrapassar 90% de sua capacidade, assim garante a homogeneização da amostra.



Frasco tipo âmbar devidamente etiquetado.

A adição do Iugol ao frasco poderá ser realizada em laboratório.

Adicionar 2,5mL de Iugol na garrafa de 250ml de água para alcançar a concentração final de 1%.

*Ver preparo de solução em POP microscopia.

Figura 4. Frasco tipo âmbar de polipropileno

3.3.3 Outros materiais necessários:

- Caneta permanente para identificação
- Lápis
- Etiquetas
- Formulário Padrão
- Funil
- Lacs numerados
- Prancheta

3.3.4 Transporte e armazenamento de amostras

Amostras fixadas podem ser transportadas em qualquer caixa ou suporte, tomando cuidado com movimentos bruscos e evitar alta exposição à claridade.

3.4 Parâmetros monitorados pela Boia SIMCOSTA

O “Sistema de Monitoramento da Costa Brasileira (SiMCosta)” é uma rede integrada de plataformas flutuantes ou fixas, dotadas de instrumentos e sensores, com funcionamento autônomo e capacidade de coletar regularmente variáveis meteocenográficas do ambiente costeiro. Os dados são transmitidos para uma central de processamento na FURG e, imediatamente são disponibilizados para a comunidade científica e demais usuários.

A associação destas componentes fornecem ferramentas que podem ser empregadas no gerenciamento e monitoramento ambiental de recursos hídricos. Como a distribuição dos produtores primários depende de fatores físico-químicos da água, tais parâmetros podem explicar a ocorrência produtores primários. Os sensores coletam algumas variáveis ambientais a partir de sensores colocados acima da linha d’água, como:

- Temperatura do ar;
- Pressão atmosférica;
- Direção e intensidade de ventos;
- Radiação solar incidente e refletida.

Parâmetros monitorados abaixo da linha d'água

- Amônia;
- Nitrato
- Clorofila;
- Condutividade;
- Direção e intensidade da corrente
- Oxigênio dissolvido;
- pH;
- Temperatura em diferentes profundidades.

Programa de Monitoramento do fitoplâncton na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo

Procedimento Operacional Padrão – POP para contagem e identificação do fitoplâncton em laboratório.

1. Propósito

O procedimento foi desenvolvido para verificar a presença e quantificar o número de células por litro de espécies de microalgas, e sua porcentagem de cada grupo em relação ao fitoplâncton total, a partir de amostras provenientes do Programa de Monitoramento da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo.

2 Escopo

Este Procedimento Operacional Padrão aplica-se aos profissionais ou a quem deseja aprender sobre identificação e quantificação do fitoplâncton.

3 Descrição e definições

O método está baseado na sedimentação aleatória de partículas em uma câmara de volume conhecido, a partir da fixação da água marinha. A identificação e quantificação são feitas utilizando microscópio óptico invertido, baseado no método de Utermöhl (1958).

3.1 Materiais a serem utilizados

- Câmaras de sedimentação, Utermöhl, com torres para sedimentar de diversos volumes (10, 20 e 50 mL);
- Lamínulas;
- Lápis;
- Caderno;

- Manuais de identificação.

3.2 Equipamentos a serem utilizados

- Microscópio óptico invertido, com ocular de aumento de 100X, 200X e 400X. Contraste de fase e epifluorescência são recomendados para auxiliar na análise;
- Computador instalado com software Concel - Contador de células;
- Computador com sistema de captura de imagem.

3.3 Soluções

Solução de lugol neutro

3.3.1 Preparo de soluções

Solução de lugol neutro - Dissolver em um 900 mL de água destilada 100 g de iodeto de potássio (KI), adicionar 50 g de Iodo (I_2) completar o volume para um litro. Filtrar a solução em papel filtro.

3.4 Procedimentos

O procedimento divide-se em: recebimento das amostras; e análise quali- quantitativo do fitoplâncton.

3.4.1 Recebimento da amostra

Condições de recebimento: A amostra deve ser acondicionada em caixas, para evitar movimentos bruscos durante o transporte. Deste modo a integridade da amostra será mantida.

Os frascos devem estar identificados com os dados correspondentes (ponto de coleta, data e responsável pela coleta, e se necessário anotar se houver algum tipo de sinistro durante a coleta).

3.4.2 Análise quantitativa

3.4.2.1 Sedimentação a vácuo

Homogeneizar a amostra 100 vezes para promover a distribuição uniforme das células, através de movimentos suaves para evitar a ruptura das colônias e não gerar possíveis bolhas.

A sedimentação deve ocorrer em uma superfície plana, lisa e nivelada para garantir a distribuição das células e evitar que se acumulem em apenas um lado ou nas bordas da câmara.

Sobre a câmara de Utermöhl (fig. 1) encaixe a coluna de sedimentação, com as bordas alinhadas precisamente uma sobre a outra. Segure firmemente a base da coluna, para evitar o escoamento lateral. Insira a amostra imediatamente após a homogeneização, até seu transbordamento, para que ao deslizar a lamínula não se tenha formação de bolhas de ar.

Nota: Se houver a formação de bolhas deve-se repetir o procedimento. Secar o excedente com papel toalha.

O tempo de sedimentação é de no mínimo três horas para cada centímetro de altura da coluna (Margalef, 1983).

O desmonte da coluna deve ser feito de forma a não movimentar o material sedimentado. Com cuidado, adicione uma gota de água destilada na borda para o deslize da coluna. Com uma lamínula arraste a coluna, descartando o sobrenadante. Permanecendo na câmara aproximadamente 2 mL de amostra.

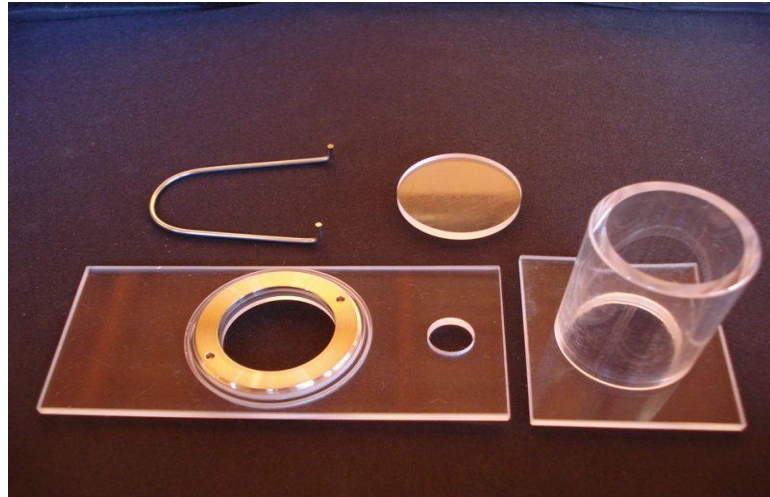


Figura 1. Câmara de sedimentação Utermöhl para procedimento de análise quantitativa do micropâncton.

3.4.2.2 Contagem das células

- Antes de iniciar a contagem deve-se fazer uma varredura da câmara em baixo aumento (100X), para observação da densidade e distribuição das células. Esse procedimento permitirá determinar se as células estão uniformemente distribuídas.
- Em geral, se houver uma espécie de interesse, a contagem deverá ser realizada a partir da varredura total da câmara. Espécies menores e mais abundantes podem ser contadas em campos aleatórios ou até a metade da câmara, caso os organismos de interesse, ou os organismos mais abundantes contabilizarem 100 células.
- Identificar os organismos em menor nível taxonômico possível, gênero/espécie.
- O aumento utilizado para a contagem é de 200X. Caso houver dúvidas a respeito da espécie utilize o aumento de 400x.
- A varredura deve ser realizada em transectos, iniciando da esquerda para a direita. Ao final do primeiro transecto, deslocar para baixo, usando uma alga ou um sedimento como referência e retornar em sentido contrário, em movimento de zig-zag até completar a câmara toda (FIGURA 2).

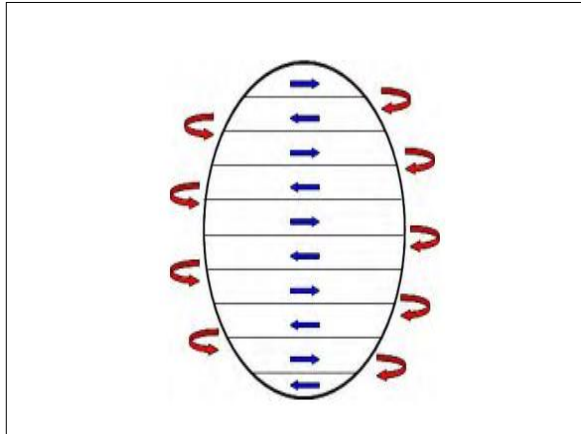


Figura 2. Exemplo de procedimento a adotar para a contagem do microplâncton em câmara.

3.4.2.3 Cálculos

A estimativa da densidade celular total (expressa em células por litro)

$$N = [(n \cdot A/a) \cdot V] / v$$

Onde: N = densidade celular (cél.L);

A = área da câmara;

a = área contada;

V = volume da amostra;

v = volume da alíquota.

Densidade relativa dos principais grupos (expressa em percentual), calculada através da fórmula:

$$A = N \times 100 / n$$

N = é igual ao número de espécies na amostra e;

n = representa o número total de espécies.

4.5 Interpretação do ensaio

Os resultados obtidos expressam uma estimativa da população do microplâncton para um determinado espaço/tempo em cél/L.

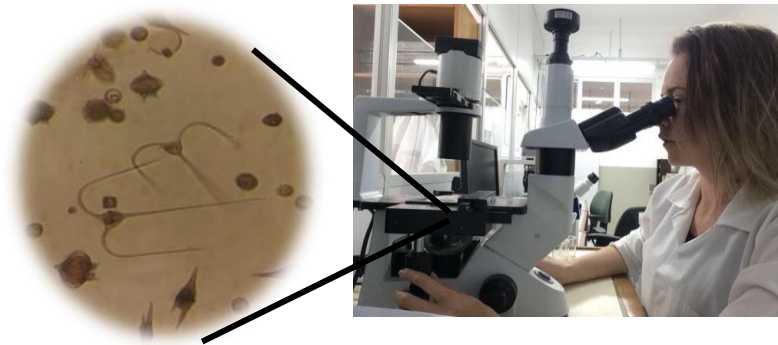
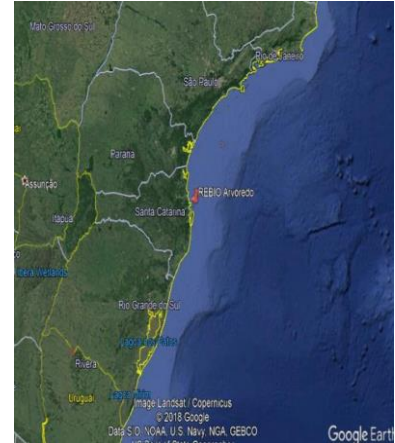
3 PRODUTO 2

(DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA)

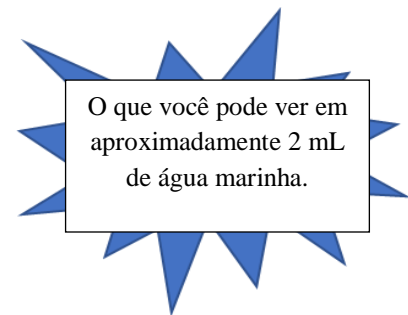
O fitoplâncton no entorno da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo

Autora: Viviane Tranker¹

A Reserva Biológica Marinha do Arvoredo é uma unidade de conservação federal, de proteção integral, que tem como objetivo proteger um pequeno espaço da costa brasileira que apresenta grande importância biológica. Localizada no litoral do Estado de Santa Catarina, entre os municípios de Florianópolis e Bombinhas, a Reserva Biológica do Arvoredo possui 17.600 hectares de superfície. A alta diversidade de ambientes marinhos e terrestres existentes na Reserva abriga uma infinidade de espécies, sendo muitas delas raras e ameaçadas de extinção. Além disso, os ambientes marinhos da Reserva fornecem abrigo para reprodução e crescimento de diversas espécies de peixes, o que contribui para manutenção dos estoques pesqueiros no seu entorno. Neste ambiente podemos encontrar o fitoplâncton.



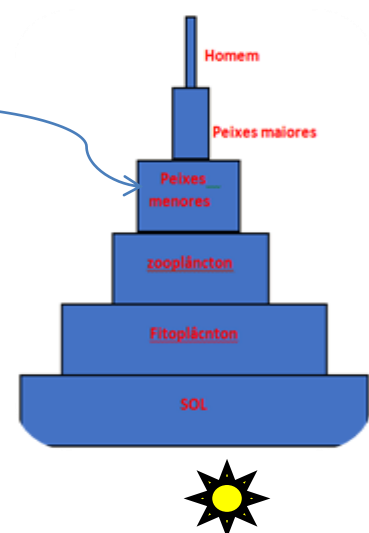
A estudante identificando e quantificando o fitoplâncton, utilizando o microscópio óptico.

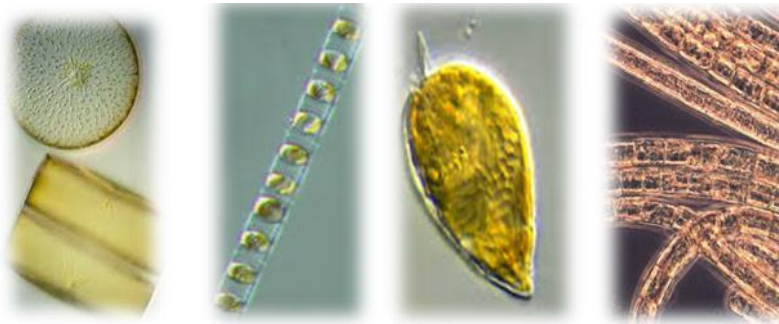


O fitoplâncton é um conjunto de organismos microscópicos que realizam fotossíntese, ou seja, utilizam a energia solar, os nutrientes e gás carbônico e os transforma em oxigênio seu papel é servir aos demais organismos através da transferência de energia para os demais organismos aquáticos. O fitoplâncton é formado por diversos grupos de microalgas, sendo os principais conhecidos por **diatomáceas**, **dinoflagelados**, **cianobactérias**, caracterizados por microplâncton, ou seja, suas dimensões variam de (20 a 200 μm). Muito frequente na região costeira o nanoplâncton (0 a 20 μm). As microalgas podem ser unicelulares, coloniais ou filamentosas.

200 μm = 0,2 mm e 20 μm = 0,02 mm

Cadeia trófica marinha



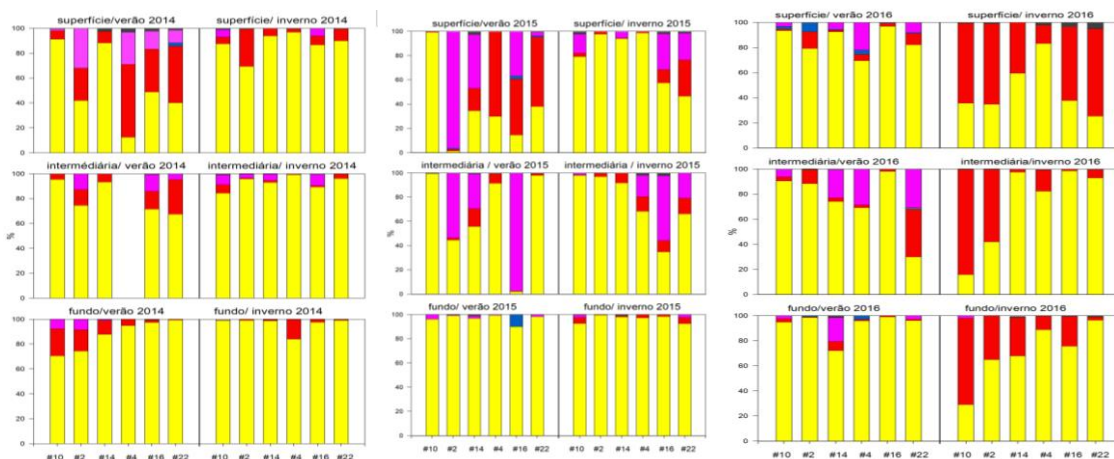


Microfotografias de microalgas comumente encontradas na região costeira (utilizando microscópio ótico com aumento de 200X). A: Diatomácea unicelular; B: diatomáceas colônias; C: dinoflagelado; D: cianobactérias.

A B C D

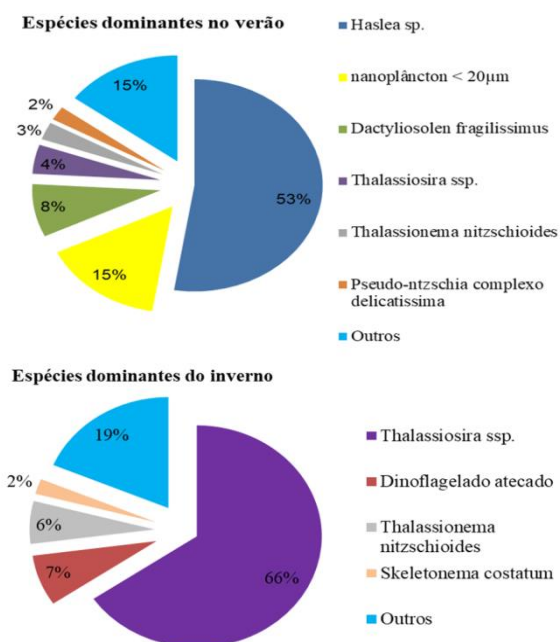
As zonas costeiras são consideradas as áreas muito produtivas devido à carga de nutrientes que recebe através do escoamento dos rios. No entorno da REBIO Arvoredo, as águas do Rio Tijucas chegam ao mar contendo grandes quantidades de fósforo, silicato, nitrito, nitrato e amônio. As águas superficiais do mar costumam ser mais quentes, e são mais pobres em nutrientes, devido à predominância da Água Tropical (AT). Na primavera e verão, devido a influência do vento nordeste e da rotação da terra, as águas superficiais são empurradas para longe da costa, favorecendo a subida de uma massa d'água chamada ACAS - Água Central de Atlântico Sul, fria e rica em nutrientes, principalmente fosfato, silicato e nitrato. No verão de 2014, 2015 e 2016 essa massa de água atingiu profundidade rasas no entorno da REBIO Arvoredo, notadamente nas estações amostrais mais afastadas da costa. No inverno, a influência do vento sul (que sopra desde o Rio Grande do Sul) promove a chegada da Água da Pluma do Prata -APP, que traz consigo nutrientes, principalmente fosfato e silicato e favorece altas abundâncias de fitoplâncton na zona costeira. A APP é uma água que se origina na desembocadura do Rio da Prata e se mistura com a água da Lagoa dos Patos. Esse fato explica a chegada da tainha e pinguins ao longo do litoral brasileiro.

Porcentagens dos principais grupos de microalgas encontrada em superfície, camada intermediária e fundo. No verão e inverno.

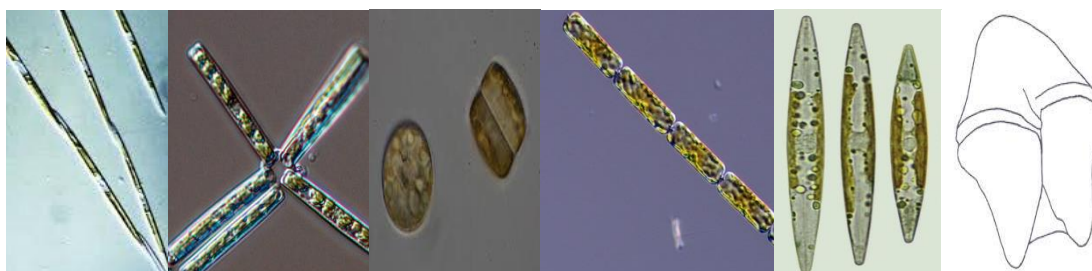


O gráfico de porcentagem mostra a composição do fitoplâncton no entorno da Rebio Arvoredo no verão e inverno dos anos de 2014, 2015 e 2016 em águas de superfície, camada intermediária e ao fundo. Diatomáceas foram dominantes na maioria das amostras, mas destaca-se a importância de dinoflagelados em toda coluna da água no inverno de 2016 e na superfície dos verões de 2014 e 2015. Já o nanoplâncton foi importante no verão de 2015. Nas estações oceanográficas mais costeiras (#10) houve dominância de uma espécie de diatomácea alongadas “penadas”, chamada de *Haslea* sp.; nanoplâncton (<20 µm) foi destaque na (#2 e #16) na campanha

do verão de 2015; as altas densidades desses organismos foram responsáveis pelas baixa diversidade ecológica. Outras espécies importantes foram *Dactyliosolen fragilissimus* (#10) principalmente no verão de 2016 e *Thalassiosira* spp. registrada em praticamente todas as campanhas, sendo muito frequente nas campanhas de inverno e ao fundo associada à ACAS no verão. Dinoflagelados atecados foram importantes no inverno de 2016 associados às águas enriquecidas da Pluma do Prata e dos rios locais.



Porcentagem das espécies dominantes no verão e inverno.



Pseudonitzschia sp. *T. nitzschioides* *Thalassiosira* sp. *Haslea* sp. *D. fragilissimus* Dinoflagelado atecado

O Entorno da Rebio Arvoredo é uma área de extrema importância ecológica, devido ao efeito de transbordamento de peixes adultos ou de dispersão de larvas produzidas na Rebio, que contribui com a produção pesqueira regional. Diversos parâmetros influenciam na característica físico-química da água. Desta forma, influenciam na estrutura da comunidade e distribuição do fitoplâncton. Por ser a base da cadeia trófica marinha, compreender sua distribuição são importantes ferramentas para um programa contínuo de monitoramento ambiental e a manutenção da biodiversidade local.

4 REFERÊNCIAS

ACHA, E.M., MIANZAN, H.W., GUERRERO, R.A., FAVERO, M. & BAVA, J. Marine fronts at the continental shelves of austral South America: Physical and ecological processes. **Journal of Marine Systems**, 44: 83-105. 2004

AIDAR, E., GAETA, S. A., GIANESELLA, GALVÃO, S. M. F., KUTNER, M. B. B. & TEIXEIRA, C. Ecosistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba. Publ. esp. **Inst. oceanogr.**, S. Paulo, (10):9-43. 1993.

ALVES, T.P., MAFRA, L.L.JR., Diel variations in cell abundance and trophic transfer of diarrhetic toxins during a massive Dinophysis bloom in Southern Brazil. *Toxins* 10 (6), 232–251. <http://dx.doi.org/10.3390/toxins10060232>. 2018.

ARMSTRONG, H.A.; BRASIER, M.D. **Microfossils**. 2 ed. Oxford: Blackwell Publishing. P. 296, 2005.

BALECH, E. **Los dinoflagelados del Atlantico Sudoccidental**. *Publicaciones Especiales, Instituto Español de Oceanografía*. 1, 310 pp. 1988.

BECKER, E. C. **Comunidade planctônica, especialmente copépodos, da plataforma continental de Santa Catarina (26-29°S): associação com processos oceanográficos e estrutura de tamanho de fitoplâncton**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia. 2014.

BRAGA, E.S., CHIOZZINI, V.G., BERBEL, G.B.B., MALUF, J.C.C., AGUIAR, V.M.C., CHARO, M., MOLINA, D., ROMERO, R., EICHLER, B.B. Nutrients distribution over the southeastern South Atlantic continental shelf from Mar del Plata (Argentina) to Itajai (Brazil): winter–summer aspects. **Cont. Shelf Res.** 28, 1649–1661. 2008.

BRANDINI, F. P., M. NOGUEIRA JR, M. SIMIÃO, J. C. U. CODINA, & M. A. NOERNBERG. Deep chlorophyll maximum and plankton community response to oceanic bottom intrusions on the continental shelf in the South Brazilian Bight. **Continental Shelf Research** 89: 61–75, doi:10.1016/j.csr.2013.08.002. 2014.

BRANDINI, F.P., SILVA, A.S., SILVA, E.T., KOLM, H. Sources of nutrients and seasonal dynamics of chlorophyll in the inner shelf off Parana State – South Brazil Bight. **J. Coast. Res.** 23 (5), 1131–1140. <https://doi.org/10.2112/04-0360.1>. 2007.

BRANDINI, F.P. & L.F. FERNANDES. Microalgae 01 the continental shelf off Paraná State, southeastern Brazil: a review of studies. **Rev. Bras. Oceanogr.**, 44: 69-80. 1996.

BRANDINI, F.P. Produção primária e características fotossintéticas do fitoplâncton na região sueste do Brasil. *Bom. Inst. Oceanogr., São Paulo*, 38(2): 147-159. 1990.

BONEY, A. D., **Phytoplankton**. Edward Arnold, London. Institute of Biology's Studies in Biology. (52): 116p. 1973.

CARSTENSEN, J.; KLAIS, R.; CLOERN, J. E. Phytoplankton blooms in estuarine and coastal waters. Seasonal patterns as key species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. V. 162, p.98-109. 2015.

CLOERN, J. E. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, 210, 223- 253. 2001.

CASTRO FILHO, B. M. D. & MIRANDA, L. B. D. On the salt transport in the Cananéia sea during a spring tide experiment. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 44 (2), 123-133. 1996.

CIDASC><http://www.cidasc.sc.gov.br/defesasanimariaanimal/monitoramento-de-algas-nocivas> . Acesso em 09 de Junho de 2020.

CIOTTI, A.M., ODEBRECHT, C., FILLMANN, G., MÖLLER JR., O.O. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. **Continental Shelf Research** 15, 1737–1756. 1995.

CLOERN, J. E., FOSTER, S. Q., KLECKNER, A. E.: Phytoplankton primary production in the world's estuarine-coastal ecosystems, **Biogeo sciences**, 11, 2477–2501, <https://doi.org/10.5194/bg-11-2477-2014>. 2014.

CUPP, E.E. **Marine plankton diatoms of the west coast of North America**. Bulletin Scripps Institution of Oceanography of the University of California. University of California Press, 5(1): 1-238.1943.

CULLEN, J.J., FRANKS, P.J.S., KARL, D.M., LONGHURST, A. **Physical influences on marine ecosystem dynamics**, in: ROBINSON, A.R., MCCARTHY, J.J., ROTHCHILD, B.J. (Eds.), *The Sea*, vol. 12. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 297–336. 2002.

ESKINAZI-LEÇA, E., CUNHA, M.G.G.S., SANTIAGO, M.F., BORGES, G.C.P., LIMA, J.C., SILVA, M.H., LIMA, E.P. & MENEZES, M. **Bacillariophyceae**. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2010.

ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M. L.; SILVA-CUNHA, M. G. G. **Estrutura e Dinâmica da Comunidade Fitoplanctônica**. In.: *Oceanografia: Um cenário tropical* / Org. por Eskinazi-Leça; Sigrid Neumann-Leitão; Mônica Ferreira da Costa. Recife: Bagaço. UFPE. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia. 353 – 373 p. 2004.

FERNANDES, L.F., BRANDINI, F.P. Diatomas associations in the shelf Waters off Paraná states, souther Brazil: annual variation in relation to environmental factors. **Rev. Bras de oceanogr.** V.52,n. 1, p. 19-34. 2004.

FERNANDES, L.F. & BRANDINI, F.P. Comunidades microplanctônicas no Oceano Atlântico Sul Ocidental: biomassa e distribuição em novembro de 1992. **Rev. bras. oceanogr.**, 47(2):189-205. 1999.

FLOETER, S. R., ROCHA, L. A., ROBERTSON, D. R., JOYEUX, J. C., SMITH-VANIZ, W. F., WIRTZ, P., et al. Atlantic reef fish biogeography and evolution. **J. Biogeogr.** 35, 22–47. doi: 10.1111/j.1365-2699.2007.01790.x. 2008.

FLOMBAUM, P., GALLEGOS J,L. , GORDILLO, R. A., RINCÓN , J., ZABALA, L, L. , JIAO, N , KARL, D. M. , LOMAS, W. KW LI , , M. W. , VENEZIANO, D. , VERA, C. S. , VRUGT, J.A. , MARTINY, A, C. Present and future global distributions of the marine Cyanobacteria *Prochlorococcus* and *Synechococcus*. **National Academy of Sciences**, 110 (24) 9824-9829; DOI: 10.1073 / pnas.1307701110. 2013.

FOGG, G. E. The phytoplankton ways of life. **New Phytologist**. 118: 191-232, 1991.

FREIRE, A.S., VARELA, A.R.D., FONSECA, L.D., MENEZES, B.S., FEST, C.B., OBATA, C.S., GORRI, C., FRANCO, D., MACHADO, E.C., DE BARROS, G., MOLESSANI, L.S., SANTOS MADUREIRA, L.A., COELHO, M.P., CARVALHO, M., PEREIRA, T.L. **O Ambiente Oceanográfico**. In: Segal, B., Freire, A.S., Lindner, A., Krajevski, J.P., Soldateli, M. (Eds.) Monitoramento da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno (MAArE). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, pp. 159–200, 2017.

FRYXELL, G.A. & HASLE, G.R. **Taxonomy of harmful diatoms**. In Manual on Harmful Marine Microalgae: Monographs on Oceanographic Methodology (G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson & A.D. Cembella, eds). UNESCO Publ., Paris, p. 465-509. 2004.

GAETA, S. A.; LORENZETTI, J. A.; MIRANDA, L. B.; SUSINI-RIBEIRO, S. M. M.; POMPEU, M.; ARAÚJO, C. E. S., The Vitória Eddy and its relation to the phytoplankton biomass and primary productivity during the austral fall of 1995. **Arch. Fish. Mar. Res.** (47): 253-270. 1999.

GAETA, S. A. & BRANDINI, F. P. **Estrutura termohalina e circulação na região entre o cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS)**. In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. & MADUREIRA, L. (eds.). O ambiente oceanográfica da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. 472 pp. EDUSP, São Paulo. 2006.

GARCIA, M. & ODEBRECHT, C. Illustrated dichotomous key for the identification of *Thalassiosira* Cleve species (Bacillariophyceae) from Lagoa dos Patos estuary and adjacent areas (Rio Grande do Sul, Brazil). **Biota Neotrop.**, 9(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/en/abstract?identification-key+bn> .2009.

GIGLIOTTI, E.S.; GHERARDI, D.F.M.; PAES, E.T.; SOUZA, R.B.; KATSURAGAWA, M. Spatial analysis of egg distribution and geographic changes in the spawning habitat of the Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. **Journal of Fish Biology**, v. 77, p. 2248-2267, 2010.

GONÇALVES-ARAUJO, R., DE SOUZA, M. S., TAVANO, V. M., MENDES, C. R., SOUZA, R. B., DE SCHULTZ, C., *et al.* Phyto- and protozooplankton assemblages and hydrographic variability during an early winter survey in the Southern Brazilian **Continental Shelf**. **J. Mar. Syst.** 184, 36–49. doi: 10.1016/j.jmarsys.2018.04.005. 2018^a.

GRASSHOFF, K.; ENHRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of Seawater Analysis**. 2nd edition. Verlag Chemie, Weinheim. 419 p. 1983.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., and P. D. RYAN. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica** v.4, n 1: 9pp. 2001.

HASLE, G.R. **The Inverted-Microscope Methods**. In: Sournia, A., Ed., *Phytoplankton Manual*, Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura, Paris, 88-96. 1978.

HARRIS, G.P. **Phytoplankton ecology**: structure, function and fluctuation. London, Chapman & Hall. 1986.

HUTCHINGS, L., VERHEYE, H.M., MITCHELL-INNES, B.A., PETERSON, W.T., HUGGETT, J.A. AND S.J. PAINTING. **Copepod production in the southern Benguela system**. ICES J. mar Sci. 52: 439-455. 1995.

ICMBIO: <https://www.icmbio.gov.br/rebioarvoredo/> > acesso em 03 de outubro de 2020.

ISLABÃO, C. A., & ODEBRECHT. Dinoflagelados (Peridinales, Procentrales) do microplâncton na plataforma continental e talude do extremo sul do Brasil (inverno 2005, verão 2007). **Biota Neotropica**, 11(3), 153-166. <https://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000300012>. 2011.

KARL, D., MICHAELS, A., BERGMAN, B., CAPONE, D., CARPENTER, E., LETELIER, R., STAL, L. Dinitrogen fixation in the world's oceans. Springer Netherlands. 2002.

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

MAFRA, L. L., RIBAS, T., ALVES, T. P., PROENÇA, L. A. O., SCHRAMM, M. A., UCHIDA, H., & SUZUKI, T. Differential okadaic acid accumulation and detoxification by oysters and mussels during natural and simulated Dinophysis blooms. **Fisheries Science**, 81(4), 749–762. <https://doi.org/10.1007/s12562-015-0882-7>. 2015.

MAFRA, L. L.; FERNANDES, L. F.; PROENÇA, L. A. O. Algas e toxinas nocivas na baía do paranaguá, Brasil: bases para monitoramento. **Braz. j. oceanogr.**, São Paulo, v. 54, n. 2-3, pág. 107-121. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592006000200002>. 2006.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1.010 p. 1983.

MARGALEF, R. Sampling design - Some examples. In: SOURNIA, A. (Ed.). **Phytoplankton Manual**. Paris: Page Brothers, p. 17-31. 1978b.

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

MANN, K. H. & LAZIER, J. R. N. Dynamics of Mariner Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans. 2^a ed. Ed: Blackwell Science. 1996.

MANN, K. H. & LAZIER, J. R. N. Dynamics of marine ecosystems: Biological-physical interactions in the ocean. **Rev Fish Biol Fisheries** 2, 86–87 <https://doi.org/10.1007/BF00042919>. 1991.

MPA: Manual do MPA para o Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves – PNCMB. <http://www.cidasc.sc.gov.br/defesasanimariaanimal/files/2012/09/Manual-do-MPA-para-o-PNCMB-vers%C3%A3o-final-25.04.2013-LB.pdf>, 2013. Acesso 27 de outubro de 2020.

MATEUCCI, S.D. & COLMA, A. La Metodología para el estudio de la vegetación. Colección de Monografías Científicas. Série Biología 22 (1): 1-168. 1982.

MENEZES, B.S. **Variação temporal de copepoda (crustacea) em torno da Rebio Arvoredo (27°11'-27°16's e 48°19'-48°24'w): grupos funcionais, interação com o microplâncton e com a dinâmica das massas de água**. Dissertação. UFSC, Florianópolis, 2018.

MOISAN, J. R., MOISAN, T. A., ABBOTT, M. R. **Modelling the effect of temperature on the maximum growth rates of phytoplankton populations**. Ecological Modelling, 153: 197–215. 2002.

MÖLLER, O.O., PIOLA, A.R., FREITAS, A.C., CAMPOS, E.J.D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. Cont. Shelf Res. 28, 1607–1624. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.03.012>. 2008.

ODEBRECHT, C & V, M. T. GARCIA. **Phytoplankton**. IN: SEELIGER, U., C ODEBRECHT & JP CASTELLO (eds.). Subtropical Convergence Environments. Springer, Chap. 6: 105-109. 1998.

ODEBRECHT, C.; SEGATTO, A.Z. & FREITAS, C.A. Surf-zone Chlorophyll a variability at Cassino Beach, Southern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 41: 81-90. 1995.

OMURA, T., IWATAKI, M., BORJA, V. M., TAKAYAMA, H., & FUKUYO, Y. **Marine phytoplankton of the western pacific**. Tokyo: Kouseisha Kouseikaku Co., Ltd. 2012.

PIELOU, E.C. **The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination**. John Wiley & Sons, 1984.

PIELOU, E.C. **Mathematical ecology**. New York, Wiley. 1977.

PINTO-COELHO, R.M. **Fundamentos da Ecologia**. Porto Alegre, Artes Médicas Sul. 2000.

PIOLA, A.R., MÖLLER JR., O.O., GUERRERO, R.A., CAMPOS, E.J.D., Variability of the subtropical shelf front of eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. **Continental Shelf Research** 28, 1639– 1648. 2008.

PIOLA, A.R., CAMPOS, E.J.D., MOLLER JR., O.O., CHARO, M., MARTINEZ, C.M. Subtropical shelf front of eastern South America. **Geophys. Res. Lett.** 105, 6566– 6578. [https:// doi.org/10.1029/1999JC000300](https://doi.org/10.1029/1999JC000300). 2000.

PLANO DIRETOR DE BOMBINHAS. DIAGNÓSTICO URBANO DE BOMBINHAS: Disponível em https://static.fecam.net.br/uploads/476/arquivos/1019740_Diagnostico_Urbano_de_Bombinhas.pdf. Acesso em 24 de novembro de 2020.

PROENÇA, L. A. O.; SCHRAMM, M. A.; ALVES, T.A., PIOLA, A.R., **The extraordinary 2016 autumn DSP outbreak in Santa Catharina, South Brazil, explained by large-scale oceanographic processes**. 17th International Conference for Harmful Algae – Brazil. Abstract Book p. 194, 2016.

PROENÇA, L.A.O, FONSECA, R.S. & PINTO, T.O. **Microalgas em áreas de cultivo do litoral de Santa Catarina**. Rima Editora, São Carlos. 80 p. 2011.

REZENDE, K.R.V. & BRANDINI, F.P. Variação sazonal do fitoplâncton na zona de arrebentação na Praia de Pontal do Sul (Pontal do Paraná, PR). **Neritica** 11: 50- 78. 1997.

REYNOLDS, C., **The Ecology of Phytoplankton**. Cambridge. 535p. 2006.

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

RÖRIG, L.R.; KUROSHIMA, K. N. CARVALHO, J.L.B., BELLOTTO, V. R. & SCHETTINI, C.A.F. **Variação sazonal do fitoplâncton na área da Reserva Marinha Biológica do Arvoredo (Santa Catarina - Brasil)**. VII COLACMAR, Santos, Brasil. Resumos. 364-367pp. 1997.

RODRIGUES, R.R. & LORENZZETTI, J.A. A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on the southeast brazilian coastal upwelling. **Continental Shelf Research**, 21: 371-394. 2001.

SEGAL, B.; FREIRE, A.S.; SOLDATELI, M.; OLIVEIRA, A. F. S.; AYROZA, C. Projeto de Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo. **Relatório Técnico Final Volume 3: Indicadores Biológicos**. http://www.maare.ufsc.br/wpcontent/uploads/2018/06/Relatorio_Final_2017_Vol.III_c_rip.pdf (Relatório de pesquisa). 2017.

SCHAEFFER, L. R., **Distribuição espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica em uma área de malacultura no município de Anchieta – ES**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (Área: Fisiologia Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória – ES, 124f. 2007.

SCOR-UNESCO, W. G. **Determination of photosynthetic pigments**. Monogr. Oceanog. Methodol, V 1, 9- 18p. 1966.

SHANNON, C.E. A mathematical theory of communication. **Bulletin of System Technology Journal** 27: 379-423. 1948.

SILVEIRA, I.C.A., SCHMIDT, A.C.K., CAMPOS, E.J.D., GODOI, S.S., IKEDA, Y. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia** 48, 171–183. 2000.

SIMCOSTA: <http://www.simcosta.furg.br/home> > acesso em 29 de setembro de 2020.

SMAYDA, T. J.; REYNOLDS, C. S. Community assembly in marine phytoplankton; application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. **J. Plankton Res.**, v. 23, p. 447-461, 2001.

SOURNIA, A., BIRRIEN, J. L., DOUVILLE, J. L., KLEIN, B., & VIOLLIER, M. A daily study of the diatom spring bloom at Roscoff (France) in 1985. I. The spring bloom within the annual cycle. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 25(3), 355-367. 1987.

SOURNIA, A. **Phytoplankton Manual**. Paris: UNESCO. 337p.1978.

SUSINI-RIBEIRO S.M.M., POMPEU M., GAETA S.A., SOUZA J.S.D., MASUDA L.S.D. Topographical and hydrographical impacts on the structure of microphytoplankton assemblages on Abrolhos Bank region, Brazil. **Continental Shelf Research**, 70, 88-96. 2013.

TENENBAUM, D. R.; GOMES, E. A. T.; GUIMARÃES, G. P. Microorganismos planctônicos: pico, nano e micro. In: VALENTIN, J. L. **Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ)**. Série Documentos REVIZEE/SCORECentral. Brasília: Ideal gráfica, 2007. p. 83-124.

TALGATTI, D. *et al.* Transfer of *Fragilaria atomus* Hust. to the genus *Stauroforma* (Bacillariophyta) based on observation of type and newly collected material. **Phytotaxa** 158(1): 43–56. DOI: [10.11646/phytotaxa.158.1.3](https://doi.org/10.11646/phytotaxa.158.1.3). 2014.

TAYLOR, F.J.R. (Ed.) **The Biology of Dinoflagellates**. Blackwell Scientific Publ., Oxford, UK. 1987.

TAYLOR, F.S.R. Dinoflagellates. In: SOURNIA, A, ed. **Phytoplankton manual**. Monogr.oceanogr. Methodol. U.N., (6):143-147. 1978.

TOMAS, C. R. **Identifying marine phytoplankton**. San Diego: Academic Press. (chave de identificação). 1997.

TORGAN, L.C., BECKER, V. & PRATES, H.M. Checklist das diatomáceas (Bacillariophyceae) de ambientes de águas continentais e costeiras do Estado do Rio Grande do Sul. **Iheringia**. Série Botânica (52):89- 144. 1999.

UTERMÖHL, H. **Perfeccionamento del metodo cuantitativo de fitoplancton**. Michigan, Comun. Assoc. Int. Limnol. Teor. Apl., p. 9:1-89. 1958.

VALENTIN, J.L. **Ecologia Numérica: Uma Introdução à Análise Multi-variada de Dados Ecológicos**. Interciência, Rio de Janeiro. 2000.

VAN DEN HOEK, C., MANN, D.G E JAHNS, H.M., **Algae: An Introduction to Phycology**. Cambridge University Press, Cambridge. 1995.

VILLAC, M.C. & TENENBAUM, D.R. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. I. Historical account of its biodiversity. **Biota Neotropica** 10(2). 2010.

VILLAC, M. C., CABRAL-NORONHA, V. A. P. & PINTO, T. O. The phytoplankton biodiversity of the coast of the state of São Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, 8(3), 151-173. 2008.

WILLÉN, E. **Planktonic diatoms – an ecological review**. *Algological Studies*, 62, 69 – 1.1991.