

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA MARINHA

KAREN KINEIPPE KNUPFER

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ASSEMBLEIA DE COPÉPODES NO LITORAL
SUL DO BRASIL**

Rio de Janeiro

2021

KAREN KINEIPPE KNUPFER

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ASSEMBLEIA DE COPÉPODES NO LITORAL
SUL DO BRASIL**

Monografia apresentada ao Departamento de
Biologia Marinha para obtenção do Diploma de
Bacharel em Biologia Marinha - Instituto de
Biologia - UFRJ

Rio de janeiro

2021

Esta monografia foi realizada no Laboratório Integrado de e Zooplâncton e Ictioplâncton do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LIZI)

Orientador Científico: Prof. Dr. Sérgio Luiz Costa Bonecker, Departamento de Zoologia Universidade Federal do Rio de Janeiro

Co-orientadora Científica: Dra. Cristina de Oliveira Dias, Departamento de Zoologia Universidade Federal do Rio de Janeiro

Orientadora acadêmica: Prof.^a Dra. Gisela Mandali de Figueiredo, Departamento de Biologia Marinha Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

2021

Dedico este trabalho a minha avó Elzi Gomes e a
minha mãe Miriam Debora Gomes Kineippe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Instituto de Biologia, pela oportunidade de ter vivenciado todas as experiências de ser uma aluna da UFRJ de Ciências Biológicas, e viver a experiência de estudar em uma faculdade pública, gratuita e de qualidade, que me fez crescer como pessoa e como cientista. E o departamento de Biologia Marinha.

Agradeço aos meus orientadores Dr. Sergio Bonecker, Dra. Cristina de Oliveira Dias e Dra. Gisela Mandali por toda a ajuda, e por todos os ensinamentos, todos os puxões de orelha e todas as lições que tornaram este trabalho possível de ser concretizado. Obrigada.

Agradeço a realização do Projeto MULTISAR - abordagem multidisciplinar à sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) é uma medida compensatória estabelecida pelo Termo de Ajustamento de Conduta de Responsabilidade Chevron, realizado pelo Ministério Público Federal - FPM / RJ, com implantação do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade - Funbio.

Agradeço aos meus colegas do Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton da Universidade Federal do Rio de Janeiro, especialmente ao meu amigo B.Sc. Claudio de Souza Ressor pela ajuda na triagem dos Copepoda e ao MSc. Pedro Freitas de Carvalho pela confecção dos mapas e também a minha amiga Camila Andrade pelo companheirismo em todo esse percurso e a Dra. Ana Bonecker pelas suas instruções.

Agradeço as mulheres da minha vida, minha vó Elzi, que me abrigou no Rio de Janeiro e cuidou de mim como filha, me orientou por todo esse percurso da Faculdade e minha mãe Miriam que me fez ser tudo que sou. São as mulheres mais fortes que eu conheço, que me deram força para realizar esse sonho. Espero um dia poder ser metade do que foram para mim.

Agradeço ao meu companheiro Pedro Sanglard, por ter passando comigo boa parte do estresse da faculdade e também ter me apoiado nessa trajetória.

E por fim agradeço a todos os meus amigos de faculdade e de vida que me acompanharam nesse momento. Obrigado a todos!

*“Sem oceano, não há vida, sem azul não há verde,
sem oceano, não há nós.”*

Sylvia Earle – Mission Blue

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar o padrão de distribuição espacial da composição e abundância da Subclasse Copepoda em duas regiões oceanográficas na zona de transição do Atlântico Sudoeste, com diferentes condições hidrográficas, e avaliar a relação entre a estrutura da assembleia e a variação espacial de variáveis ambientais. Foram realizadas coletas em 22 estações com rede bongo e arrasto oblíquo, sob a plataforma sul do Brasil. As coletas de zooplâncton e medidas de temperatura, salinidade e clorofila-*a* foram determinadas em todas as estações de amostragem no período de 22 de março a 01 de abril de 2018. A área norte foi separada da área sul, influenciada pela Água Pluma de Prata (APP). Diferenças significativas foram registradas quanto à abundância dos Copepoda entre as regiões (Norte e Sul) e batimetria (região de plataforma e costeira), onde os maiores valores abundância foram registrados na região oceânica da área norte. As espécies *Temora stylifera*, *Oncaea venusta*, *Clausocalanus furcatus*, *Temora turbinata*, *Acrocalanus longicornis* e *Onycorycaeus giesbrechti* foram as mais abundantes e frequentes. Diferenças significativas foram encontradas entre a estrutura da assembleia de Copepoda em relação às duas áreas amostradas e a batimetria. A assembleia de Copepoda foi classificada em dois grupos em função da composição faunística distinta. A região costeira, com a influência da Água da Pluma de Prata e espécies indicadoras herbívoras associadas à clorofila-*a* foi separada da região oceânica com espécies indicadoras associadas as altas temperaturas e salinidade baixa. A diferença encontrada entre as regiões amostradas reflete a heterogeneidade dos ambientes e a influência das massas de água predominantes em cada região, associada ao aporte de nutrientes que favorece o desenvolvimento do microfitoplâncton.

Palavras-chave: Copepoda, Crustacea, Água da Pluma da Prata, Litoral Sul do Brasil

ABSTRACT

This study was conducted during March 22 to April 01, 2018 to determine the spatial distribution pattern of copepod composition and abundance in two oceanographic regions in the transitional zone of the Southwestern Atlantic with different hydrographic conditions, and evaluate the relationship between assemblage structure and spatial variation of environmental variables. Temperature, salinity and chlorophyll-*a* were determined in all sampling stations. Collections were carried out at 22 stations with bongo net and oblique trawl. The north area was separated from the south area, influenced by the Silver Plume Water (SPW). Significant differences were registered regarding the abundance of Copepoda between the regions (North and South) and bathymetry (shelf and coastal region), where the highest values were recorded in the oceanic region of the north area. *Temora stylifera*, *Oncaea venusta*, *Clausocalanus furcatus*, *Temora turbinata*, *Acrocalanus longicornis*, and *Onycorycaeus giesbrechti* were the most abundant and frequent species. Significant differences were found between the Copepoda assemblage structure in relation to the two sampled areas and the bathymetry. Copepoda assemblage was classified into two groups as a function of the distinct faunal composition. The coastal region, with the influence of Silver Plume Water and herbivorous indicator species associated with chlorophyll-*a* was separated of the oceanic region with indicator species associated with high temperatures and low salinity. The difference found between the sampled regions reflects the heterogeneity of environments and the influence of the predominant water masses in each region, associated with the nutrient input that favors microphytoplankton development.

Keywords: Crustacea, Copepoda, Silver Plume Water, South Coast of Brazil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Localização das estações de coleta do Cruzeiro Multisar, na região Sul do Brasil... 5
- Figura 2:** Divisão das estações em relação as áreas Norte e Sul e em relação a variação batimetria. Região Costeira (0 a 50m de profundidade) e Região de Plataforma (> 50 m de profundidade)..... 9
- Figura 3:** Diagramas TS para regiões amostrais: a) Região Norte , b) Região Sul. São indicados limites dos valores de temperatura e salinidade para cada massa de água. Massas d'água: Água da Pluma da Prata (APP), Água da Plataforma Subtropical (ASPT), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água de Mistura (AM)..... 11
- Figura 4:** Distribuição da Clorofila-*a* (mg.m^3) na costa sul do Brasil. a) 1 m e b) 14 m 12
- Figura 5:** ACP. Variáveis abióticas: temperatura 1 m (T1), temperatura 14 m (T14), salinidade 1 m (S1), salinidade 14 m (S14), clorofila-*a* (F1) e clorofila-*a* 14 m (F14) 13
- Figura 6:** Mapa da área de estudo com distribuição da abundância de Copepoda no litoral sul do Brasil..... 14
- Figura 7:** Variação dos parâmetros biológicos: (a) riqueza (S), (b) diversidade de Shannon (H'), e (c) equitabilidade de Pielou (J') no litoral sul do Brasil. 15
- Figura 8:** Distribuição da abundância (ind.m^{-3}) das espécies de Copepoda no litoral sul do Brasil: a) *Temora stylifera*, b) *Oncaea venusta*, c) *Clausocalanus furcatus* e d) *Temora turbinata* 18
- Figura 9:** Distribuição da abundância (ind.m^{-3}) das espécies de Copepoda no litoral sul do Brasil: a) *Acrocalanus longicornis*, e b) *Onycorycaeus giesbrechti*. 19
- Figura 10:** ACoP biplot da composição de espécies de copépodes no litoral sul do Brasil. *Nannocalanus minor* (Nmi), *Undinula vulgaris* (Uvu), *Calocalanus styliremis* (Cst), *Farranula gracilis* (Fgr), *Oncaea venusta* (Ove), *Oncaea venusta venella* (Ovv), *Triconia cf. conifera* (Tco), *Temora stylifera* (Tsty), *Temora turbinata* (Ttur), temperatura a 1 m (T1), temperatura a 14 m (T14), salinidade a 14 m (S14) e clorofia-*a* 14 m (14)..... 20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média e desvio padrão (ind.m ⁻³) de copépodes no litoral sul do Brasil. Regime trófico: Onívoro-herbívoro (Oni-herb), Onívoro-carnívoro (Oni-carn), Onívore- destrutivo (Oni-detr), Onívoro (Oni), Carnívoro (Carn).....	16
Tabela 2: Porcentagem de dissimilaridade mostrando a contribuição das espécies para as diferenças entre os grupos de estações evidenciadas pela análise de ACoP no litoral sul do Brasil. As espécies em negrito tiveram uma contribuição cumulativa correspondente a cerca de 70% da dissimilaridade.....	22

LISTA DE SIGLAS

AC	Água Costeira
ACAS	Água Central do Atlântico Sul
APP	Água da Pluma da Prata
ASTP	Água Subtropical de Plataforma
AT	Água Tropical
ACP	Análise de Componentes Principais
ACoP	Análise de Coordenadas Principais
GEMs	Grandes Ecossistemas Marinhos
MLG	Modelos lineares generalizados
PCSB	Plataforma Continental Sul Brasileira
PCSE	Plataforma Continental Sudeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO	3
2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	3
3. ÁREA DE ESTUDO	4
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
4.1 METODOLOGIA DE CAMPO	5
4.2 METODOLOGIA LABORATORIAL	6
4.3 ANÁLISE DE DADOS	6
5 RESULTADOS	11
5. DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O zooplâncton é constituído por animais que são caracterizados pelo poder limitado de locomoção. A maioria dos filos possui pelo menos uma das suas fases de vida na comunidade planctônica (Bonecker et al., 2009). O zooplâncton possui uma alta diversidade, com cerca de 40.000 espécies compondo essa comunidade. Podem ser classificados como organismos holoplanctônicos, que passam todo o seu ciclo vital no plâncton, ou meroplanctônicos, organismos que passam parte do seu ciclo de vida no plâncton (Omori & Ikeda, 1992; Lenz, 2000; Silveira et al. 2000; Bonecker et al., 2009). Este grupo de organismos tem um papel fundamental nos ecossistemas marinhos, por sua capacidade de servir como elo entre populações fitoplanctônicas (produtores) e os outros organismos da cadeia alimentar marinha (Nybakken & Bertness, 2005).

A distribuição e abundância dos organismos zooplanctônicos são influenciadas por um conjunto de fatores ambientais, e a presença ou ausência de certas espécies, pode fornecer dados sobre a qualidade ambiental da região estudada (Gasca et al., 1996). Os máximos de densidade mesozooplanctônicas na região sudeste-sul do Brasil encontram-se geralmente circunscritos às áreas internas da plataforma, com menos de 100 m de profundidade, ao largo de estuários ou em setores onde as intrusões da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) são mais intensas. A diversidade de espécies do mesozooplâncton nessas áreas aumenta em regiões ao mar aberto (Montú et al., 1997).

Os processos que controlam a distribuição espacial do zooplâncton, como temperatura, salinidade, qualidade da água e disponibilidade de nutrientes, diferem entre as áreas oceânicas em todo o mundo (McManus & Woodson, 2012; Trudnowska et al., 2015). Em ambientes tropicais, as pesquisas voltadas para a comunidade zooplanctônica da região oceânica ainda são escassas, quando comparadas com ambientes temperados (Eskinazi-Sant'Anna & Simon Björnberg, 2006; Dias et al., 2015; da Conceição et al., 2017). O conhecimento das comunidades zooplanctônicas é de grande interesse como potenciais indicadores de mudanças climáticas no ambiente marinho (Hays et al., 2005; Díaz-Gil et al., 2014)

No Atlântico Sudoeste, a plataforma sul do Brasil apresenta uma heterogeneidade de ambientes, principalmente devido à influência de diferentes massas de água (Gaeta & Brandini, 2006). A presença da ACAS, que emerge no Cabo Santa Marta, o efluente do Rio da Prata, e os meandros da Corrente do Brasil, fazem desta parte do litoral brasileiro uma das mais produtivas (Silveira et al., 2000; Acha et al., 2004; Gaeta & Brandini, 2006). Esta

variação é de grande importância na dinâmica indústria pesqueira brasileira (Kurtz & Matsuura, 2001; Gaeta & Brandini, 2006).

Nas comunidades zooplancônicas, os copépodes são conhecidos pelas suas altas diversidades, abundâncias e sua importância na cadeia alimentar (Björnberg, 1981). Podem representar entre 70-99% em termos de densidade e 20-88% da biomassa do zooplâncton (Bonecker et al., 2009; Thompson et al., 2013) e representam cerca de 70% da biomassa do mesozooplâncton herbívoro no sul do Brasil (22°00'-28°30'S; Lopes et al., 2006). Os copépodes, nos seus diferentes estágios de desenvolvimento, são as principais fontes de alimento para várias espécies de peixes planctófagos (Björnberg, 1981; Kurtz & Matsuura, 2001). As populações de diferentes espécies de peixes podem ser afetadas pelas variações na comunidade zooplancônica, com importantes consequências econômicas na pesca desses recursos (Mann, 1993). No litoral Sul do Brasil, a dinâmica da teia trófica varia de acordo com as estações do ano. Um dos eventos marcantes é no final do verão e início de outono, em que os flagelados substituem as diatomáceas, já que estas são altamente consumidas pelo zooplâncton, e assim os flagelados tendem a ocupar o vazio deixado pelas diatomáceas (Brandini et al., 2014). Este evento pode determinar alteração na composição das espécies de copépodes, com a substituição das espécies que se alimentam preferencialmente por diatomáceas pelas que preferem flagelados. Assim, o estudo da distribuição dos copépodes é essencial para saber como sua estrutura varia com o ambiente e compreensão do ecossistema pelágico (Díaz-Gil et al., 2014).

Segundo Lopes (2007), a comunidade zooplancônica da plataforma continental brasileira de 26°S-29°S é pouco explorada em comparação com outras áreas do litoral do Brasil. Estudos anteriores realizados na plataforma sul-sudeste do Brasil abordam principalmente aspectos ecológicos (Soares, 1983; Brandini, 1988, 1990; Ciotti et al., 1995; Fernandes & Brandini, 1999), mostrando que as mudanças sazonais e anuais nas comunidades planctônicas se relacionam principalmente com a influência das águas do rio da Prata e da Lagoa dos Patos (de Macedo-Soares et al., 2014), da região da confluência Brasil-Malvinas - Convergência Subtropical (Crelrier & Daponte, 2004; Berasategui et al., 2005; Avila et al., 2009). Onde convergem a fauna tropical e de água fria; e a processos sazonais, como os processos oceanográficos associados à influência do deslocamento *offshore* de corpos d'água pelo transporte de Ekman (Resgalla Jr. et al., 2001) e de frentes oceânicas no extremo sul (Muelbert et al., 2008).

No entanto, o conhecimento de seu papel e sua associação com a dinâmica das massas de água durante o outono na área subtropical de transição do Atlântico Subtropical Sudoeste não foi investigado em detalhes.

2. OBJETIVO

Determinar o padrão de distribuição espacial da composição e densidade de copépodes em duas regiões do litoral sul do Brasil, com diferentes condições hidrográficas. Avaliar também a relação entre as estruturas de assembleias e a variação espacial das variáveis oceanográficas (temperatura, salinidade e clorofila-a).

2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Verificar qual a forma e quais são os fatores ambientais que separam as amostras.
- Entender como ocorre a distribuição de clorofila-*a* nas amostras nas áreas (norte e sul) e nas regiões (costeira e de plataforma)
- Identificar as assembleias de copepodas das regiões estudadas, sua relação com o Litoral do Brasil, e com as Massas d'água presente na região.

3. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado, de acordo com a definição dos grandes ecossistemas marinhos (GEMs), na da plataforma Sul do Brasil estende-se de 22°S a 34°S ao longo da costa sudeste da América do Sul (Heileman & Asalla, 2008). A região é submetida a ressurgência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), relativamente intensa durante o verão. É o litoral mais produtivo da região banhada pela Corrente do Brasil, com produtividade primária moderadamente alta (150-300gC/m²/ano) (Heileman & Gasalla, 2008). Além das áreas de ressurgência, a produção também é sustentada por diversas fontes terrígenas, como da lagoa dos Patos e da foz do rio da Prata (Acha et al., 2004). A área é dividida em duas plataformas, Plataforma Continental Sudeste (PCSE) (23°S-28,5°S) caracterizada por eventos de ressurgência costeira, e Plataforma Continental Sul Brasileira (PCSB) (28,5°S-34°S) que é dominada pela forte influência das águas costeiras frias derivadas do rio da Prata e da lagoa dos Patos, que são mais fortes no inverno e primavera (Castro & Miranda, 1998).

As principais massas de água conhecidas em toda a área são: as águas salinas e oligotróficas (>36); Água Tropical (AT), a Água Costeira (AC). Águas fria e rica em nutrientes; Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Subtropical de Plataforma (ASTP), E águas com baixa salinidade (<30); Água da Pluma da Prata (APP) (Braga & Niencheski, 2006; Piola et al., 2008).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 METODOLOGIA DE CAMPO

As coletas foram realizadas em um cruzeiro oceanográfico no período de 22/03 a 01/04/2018, em duas áreas do litoral sul do Brasil ($26^{\circ}94'-32^{\circ}46'S$ e $047^{\circ}94'-051^{\circ}71'W$) na PCSE e PCSB de Itajaí (SC) até Rio Grande (RS) em oito estações localizadas próximo a Florianópolis (norte da área de estudo) e 14 fora do canal da lagoa dos Patos (sul da área de estudo), totalizando 22 estações amostrais (Fig. 1).

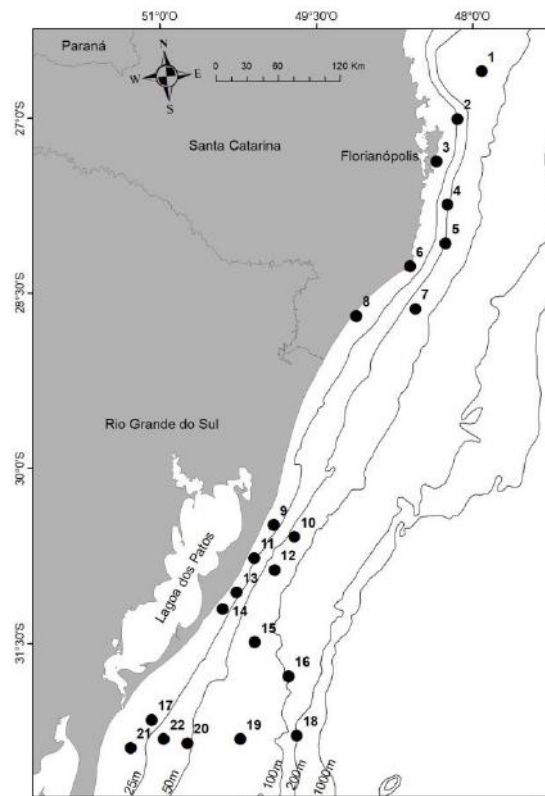


Figura 1: Localização das estações de coleta do Cruzeiro Multisar, na região Sul do Brasil.

Durante esse cruzeiro foram feitas amostragem de zooplâncton com arrastos oblíquos utilizando a rede bongô, arrastando por 5 minutos com $200\ \mu\text{m}$ de malha e acoplado um fluxômetro, previamente aferido, para medir o volume de água filtrada durante o arrasto. Imediatamente após as coletas, as amostras foram fixadas com formaldeído diluído a 4% em água do mar, previamente tamponado com tetraborato de sódio à razão de $20\ \text{g.L}^{-1}$. Além disso, também foram medidos perfis de temperatura d'água, salinidade e fluorescência da clorofila-*a* em todas as estações de amostragem através de um CTD Sea-Bird SBE 25plus Sealogger (Sea-Bird Electronics, Inc., Bellevue, WA, EUA). As profundidades de 1 m e 14 m,

comuns a todas as estações de amostragem, foram consideradas no estudo para representar adequadamente a coluna d'água.

4.2 METODOLOGIA LABORATORIAL

As amostras foram fracionadas com o auxílio do “Folsom Plankton Sample Splitter” (Mc Ewen et al., 1954) e os copépodes contados, sob microscópio estereoscópio Olympus SZ 51, até um limite mínimo de 100 indivíduos por amostra (Frontier, 1981). Todos os copépodes foram taxonomicamente identificados e contados em microscópio estereoscópico Zeiss Stemi SV6, de acordo com Bradford-Grieve et al., 1999 e Dias & Araujo, 2006. Todos os espécimes foram depositados na coleção de copépodes do Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

4.3 ANÁLISE DE DADOS

A abundância do zooplâncton coletado foi padronizada em indivíduo por metro cúbico de água filtrada (ind.m⁻³). As amostras da rede bongô foram consideradas repetições e foram utilizadas as médias dos resultados de densidade obtidos em cada estação de coleta. A abundância total de cada espécie foi estimada tanto na forma adulta quanto na juvenil. Os volumes de água filtrada na rede foram estimados através do cálculo da expressão:

$$V=a.nf.c$$

Onde:

V= volume de água filtrada (m³)

a= área da boca da rede (m²)

nf= número de rotações do fluxômetro (rot)

c= fator de aferição do fluxômetro após calibração do aparelho (m.rot⁻¹).

Para o cálculo da diversidade foi utilizado o índice de Shannon (1948) obtido através da fórmula:

$$H' = -\sum (p_i \cdot \log_2 p_i) \quad \text{sendo } p_i = n_i \cdot N^{-1}$$

Onde:

H' = índice de diversidade de Shannon

p_i = Proporção de coleta da espécie i na população a partir de sua frequência relativa ($n_i/N-1$)

n_i = número de indivíduos da espécie i

N = número total de indivíduos na amostra

A equitabilidade da comunidade foi conhecida pelo índice de Pielou (Clark & Warwick, 1994), obtido através da fórmula:

$$J = H' \ln s$$

Onde:

s = n° de espécies por coleta

H' = Índice de Shannon

A riqueza de espécies (número de espécies) da área de estudo foi obtida com o somatório das espécies identificadas. Para o cálculo destes índices, só foram utilizados os táxons identificados a nível específico. Os cálculos foram efetuados no programa PRIMER, versão 6 (Primer-ELtda).

A fim de reduzir a variância interna dos dados e ressaltar os descritores pertinentes aos objetivos desse estudo, os valores de densidade foram transformados através da expressão $\log(x+1)$. De acordo com Frontier (1981), a conversão pelo logaritmo é eficiente e aplicável aos dados de densidade.

Foi verificada a abundância relativa de cada espécie em todas as amostras, através da equação:

$$A = (n_i \times 100)/N;$$

Onde:

n_i = número de indivíduos da espécie i

N = número total de indivíduos na amostra.

Com base na abundância relativa, as espécies foram classificadas de acordo, usando os critérios de Lobo & Leighton (1986), como: Dominante > 50%; Abundante $\leq 50\%$ e > 30%; Abundância baixa $\leq 30\%$ e > 10% e Rara $\leq 10\%$.

A frequência de ocorrência dos táxons, em termos de porcentagem, foi calculada, através da equação:

$$FO = (p \times 100) / P$$

Onde:

P = número total de amostras contendo a espécie

p = número total de amostras coletadas.

A frequência de ocorrência foi categorizada segundo o método proposto por Matteucci & Colma (1982), nas seguintes categorias: Muito frequente > 70%; Frequente $\leq 70\%$ e > 40%; Infrequente $\leq 40\%$ e > 10% e Esporádica $\leq 10\%$.

Os copépodes foram classificados de acordo com o regime trófico em carnívoro, omnívoro, omnívoro-detritívoro, herbívoro-omnívoro e omnívoro-carnívoro seguindo Litchman et al., (2013) e Benedetti et al., (2016).

A direção Norte-Sul da costa, as regiões costeiras (0 a 50 m de profundidade) e de plataforma (> 50m de profundidade), e as interações entre esses dois fatores foram testadas por meio de modelos lineares generalizados (MLG) com família gamma (dispersão = 1) (Figura 2). Testamos a densidade total dos copépodes, densidade de espécies de copépodes com frequência de ocorrência superior a 75%, riqueza de espécies, diversidade e equitabilidade. Os resultados foram considerados significativos apenas quando $p < 0,05$.

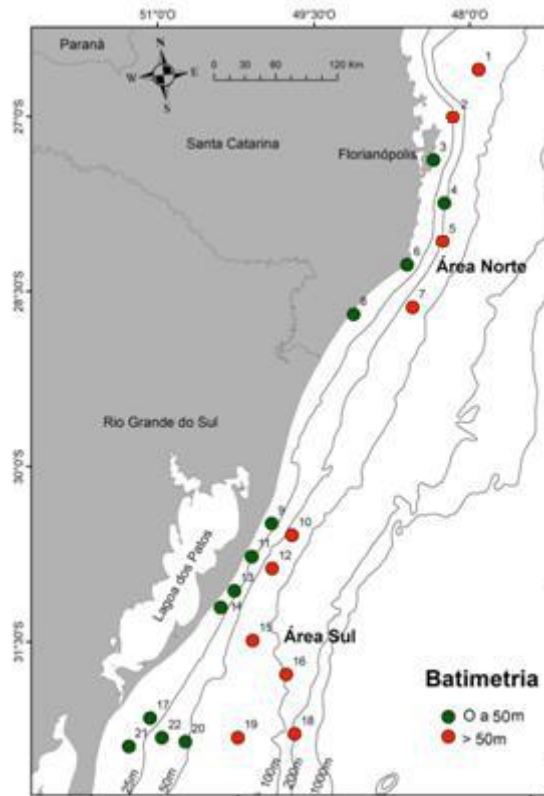


Figura 2: Divisão das estações em relação às áreas Norte e Sul e em relação à variação batimétrica. Região Costeira (0 a 50m de profundidade) e Região de Plataforma (> 50 m de profundidade)

Uma análise de componentes principais (ACP) foi utilizada para resumir as variáveis descritoras do ambiente. Os parâmetros ambientais utilizados foram temperatura da água (T), salinidade (S) e clorofila-*a* (A) nas profundidades de 1 e 14 m. A matriz de correlação foi usada para calcular os vetores próprios e componentes principais (CPs), que foram classificados em ordem de significância. O método Broken-Stick foi usado na ACP (Jackson, 1993). As Coordenadas das amostras dos eixos de ACP retidos foram usadas como nova variável para avaliar se os parâmetros ambientais variavam dependendo da direção da costa, usando análise de GLM. Os resultados foram considerados significativos apenas quando o nível de significância foi $<0,05$.

A matriz “estação x espécies de copépodes” (estações de amostragem como linhas e densidade de espécies de copépodes em cada estação como colunas) foi analisada. Uma Análise de Coordenadas Principais (ACoP) foi realizada para visualizar a similaridade das assembleias de copépodes, a partir de uma matriz de distância de Bray-Curtis. A matriz de abundância de espécies passou por uma transformação de Hellinger, com o objetivo de

reduzir a assimetria entre as espécies mais abundantes e raras (Legendre & Legendre, 2012). Para determinar quais espécies são mais capazes de categorizar (medida de bioindução) os setores com influência significativa na organização da assembleia, foi utilizada a Análise Indireta de Espécies (IndVal). Esta análise combina frequência de ocorrência com abundância relativa (Dufrêne e Legendre, 1977). A análise estatística de significância foi realizada por meio do teste de Monte Carlo, ($p < 0,05$). A ACoP foi utilizada para correlacionar as variáveis ambientais (temperatura da água (T), salinidade (S) e clorofila-*a* nas profundidades de 1 e 14 m) com os eixos de ordenação baseados na Correlação de Pearson. Essas análises foram realizadas usando o ambiente R versão 3.6.0 (R Development Core Team, 2020), juntamente ao pacote Vegan (Oksanen et al., 2020) para a transformação de Hellinger, matriz de distância Bray-Curtis, PCA e PCoA; e labdsv (Roberts, 2019) para Análise de Espécies Indicadoras.

A análise de similaridade (ANOSIM) foi usada para avaliar se a estrutura das assembleias de copépodes difere entre a direção da costa (Norte-Sul) ao longo da batimetria (regiões costeiras-plataforma). O teste SIMPER (Similarity of percentages) foi utilizado para identificar os táxons que mais contribuíram para a dissimilaridade entre os grupos evidenciada pela análise ANOSIM. Estas análises foram desenvolvidas empregando o pacote PRIMER (Plymouth Routines Multivariate Ecological Research), versão 6.0 (Clarke & Warwick, 1994).

5 RESULTADOS

Variáveis Ambientais

A região Norte apresentou temperatura e salinidade máximas de 25,18°C e 36,45 respectivamente, e mínima de 18,84°C e 35,18, respectivamente, com variação de 2,59°C (temperatura) e 0,06 (salinidade). Nessa região foi registrada a presença da AT, seguida por ASTP (Figura 2a). Na região Sul a temperatura variou entre 17,47 e 24,64°C, e a salinidade variou entre 32,54 e 36,91, com flutuação de 3,33°C e 1,51, respectivamente. A APP, ASTP, AT, e ACAS (abaixo de 140 m na estação 18) foram as massas de água registradas na região (Figura 2b). A APP foi registrada nas estações 19 (até 18,5 m de profundidade), 20 (até 43,5 m de profundidade) e 22 (até 23,5 m de profundidade).

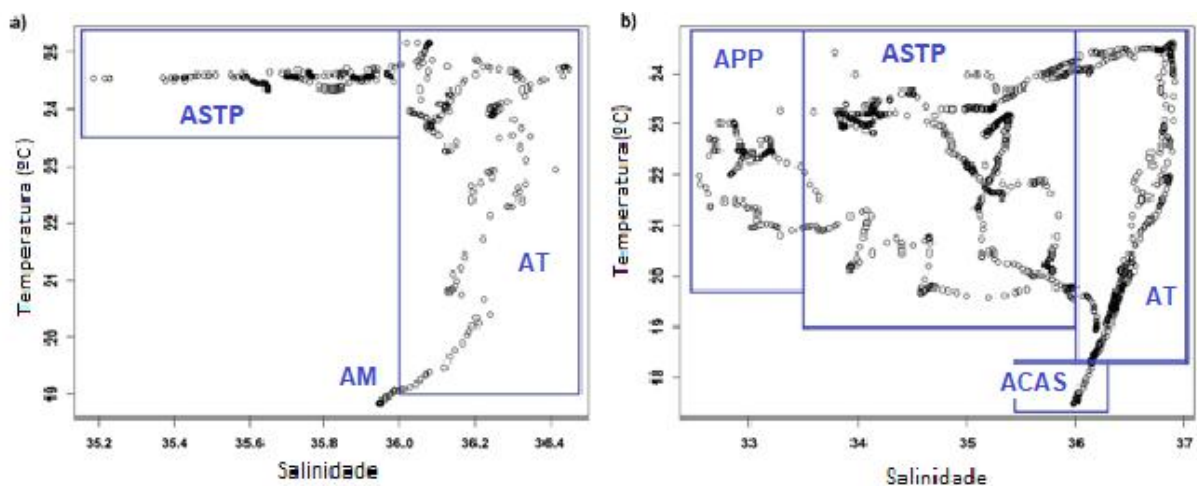


Figura 3: Diagramas TS para regiões amostrais: a) Região Norte, b) Região Sul. São indicados limites dos valores de temperatura e salinidade para cada massa de água. Massas d'água: Água da Pluma da Prata (APP), Água da Plataforma Subtropical (ASPT), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água de Mistura (AM).

A clorofila-*a* na região Norte apresentou máximo de 1,26 mg.m⁻³ (1 m) e 1,57 mg.m⁻³ (14 m) e mínimo de 0,18 mg.m⁻³ em ambas as profundidades. Na região Sul a clorofila-*a* máxima foi de 3,24 mg.m⁻³ (1 m) e 1,91 mg.m⁻³ (14 m), e a mínima 0,15 mg.m⁻³ (1 m) e 0,27 mg.m⁻³ (14 m) (Figura 3a e 3b).

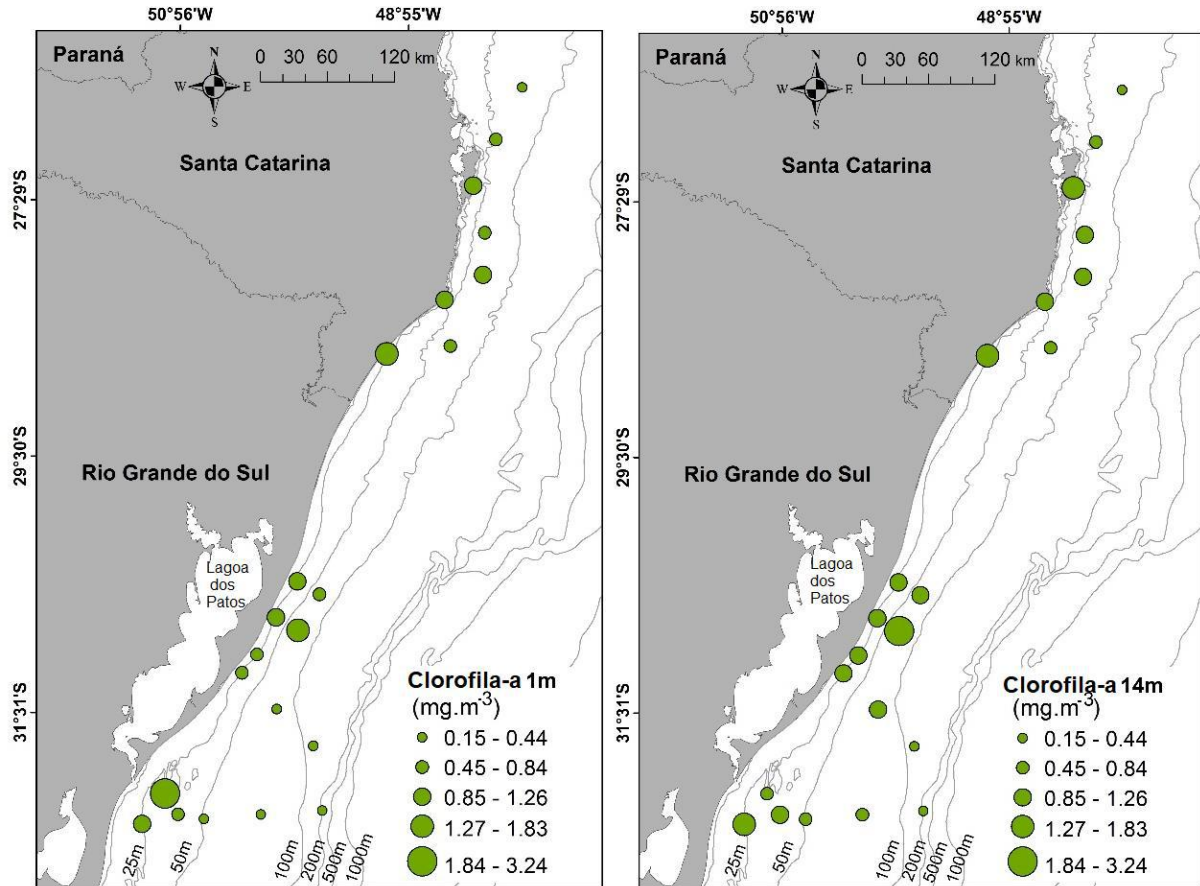


Figura 4: Distribuição da Clorofila-*a* (mg.m^{-3}) na costa sul do Brasil. a) 1 m e b) 14 m.

Nos dois primeiros eixos da ACP realizada, os fatores ambientais responderam por 86% da variância total. Apenas PC 1 (autovalor = 3,73) foi retido nas análises para explicar a variabilidade dos dados (62%). Os maiores valores de temperatura (1 m e 14 m = - 0,97) e salinidade (1 m = - 0,94, 14 m = - 0,96) foram responsáveis pela separação no lado negativo do eixo, enquanto o lado positivo apresentou relação inversa (Figura 5). Em termos gerais, o eixo 1 separou as estações de amostragem situadas na área Sul (lado direito) da área de estudo daquelas na região Norte (lado esquerdo). Nas estações 19, 20 e 22 (na região Sul) foi observada a presença de APP, responsáveis pela diminuição dos valores de temperatura e salinidade (Figura 5). O eixo 1 indicaram diferenças significativas entre as áreas (MLG; $\text{df} = 3$; $p < 0,05$).

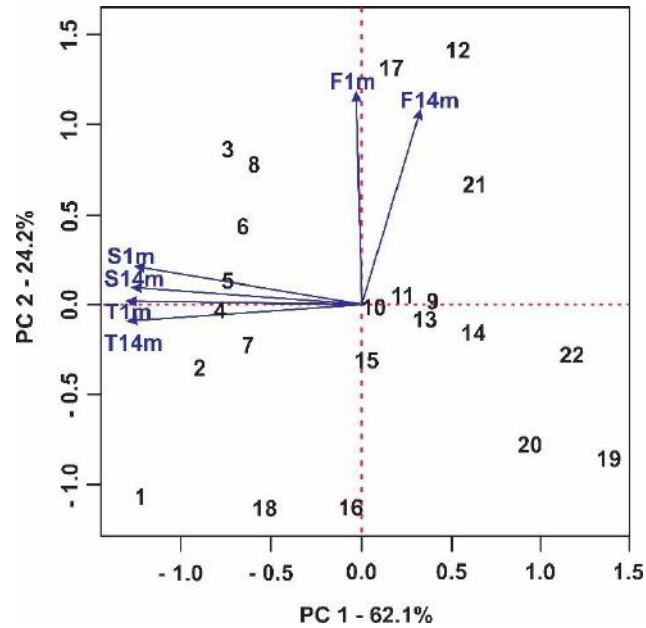


Figura 5: ACP. Variáveis abióticas: temperatura 1 m (T1), temperatura 14 m (T14), salinidade 1 m (S1), salinidade 14 m (S14), clorofila-*a* (F1) e clorofila-*a* 14 m (F14)

Abundância, riqueza, diversidade e composição da Assembleia de Copepoda

A abundância média de Copepoda foi de $1.163,75 \text{ ind.m}^{-3} \pm 732,55 \text{ ind.m}^{-3}$. A maior abundância foi observada na estação 2 ($3.245,47 \text{ ind.m}^{-3}$) localizada ao norte e a menor na estação 18 ($113,97 \text{ ind.m}^{-3}$) ao sul da área de estudo (Figura 6). Houve interação entre os efeitos de área (Norte e Sul) e região (costeira e de plataforma) ($p < 0,05$). A maior abundância média de Copepoda foi registrada na região Norte ($1.578,73 \pm 847,24 \text{ ind.m}^{-3}$) em comparação com a região Sul ($926,63 \pm 560,20 \text{ ind.m}^{-3}$). Em relação à batimetria, os maiores valores médios de abundância foram registrados na região da plataforma ($2.132,77 \pm 819,82 \text{ ind.m}^{-3}$) da região Norte; enquanto na região Sul foram registrados na região costeira ($1.079,48 \pm 550,98 \text{ ind.m}^{-3}$).

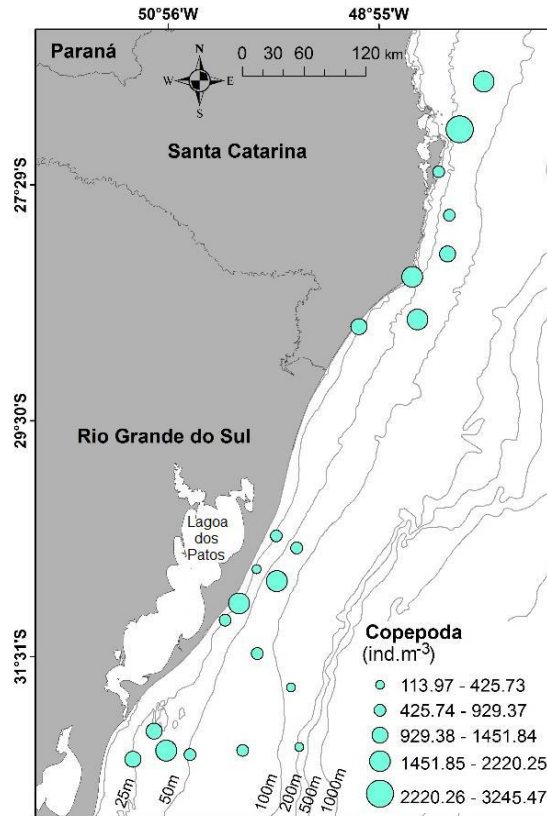


Figura 6: Mapa da área de estudo com distribuição da abundância de Copepoda no litoral sul do Brasil.

A riqueza de espécies variou de 9 nas estações 6, 11 (localizadas abaixo da isóbata de 50 m) e 12 a 19 (estação 18 localizada acima da isóbata de 50 m; Figura 7a). A diversidade variou de 1,08 (estação 12, localizada na região Sul abaixo da isóbata de 50 m) a 3,85 (estação 18, localizada na região Sul acima da isóbata de 50 m; Figura 7b). Em termos gerais, a equitabilidade segue o mesmo padrão da diversidade variando de 0,65 (estação 3) a 0,89 (estação 11; Figura 7c). Não foram encontradas diferenças significativas entre áreas, regiões, nem para sua interação ($p > 0,05$) em relação aos três parâmetros biológicos analisados (riqueza, diversidade e equitabilidade).

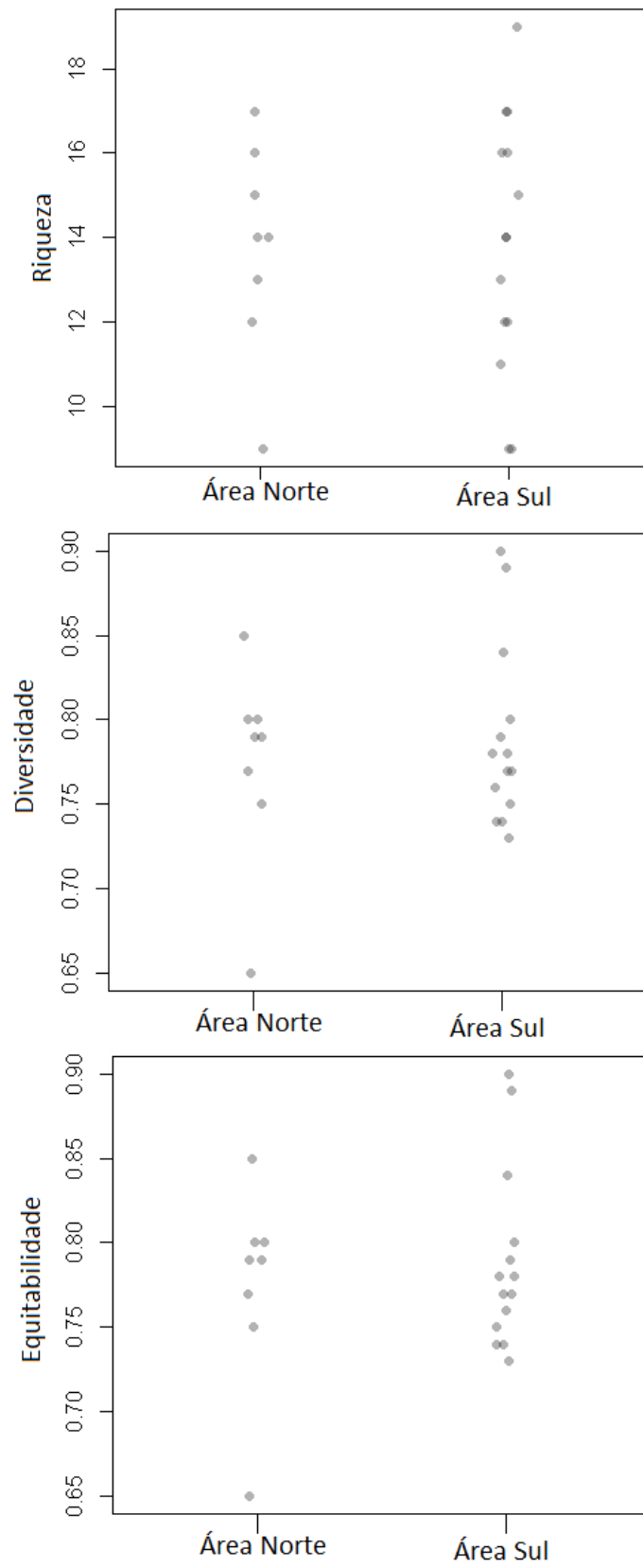


Figura 7: Variação dos parâmetros biológicos: (a) riqueza (S), (b) diversidade de Shannon (H'), e (c) equitabilidade de Pielou (J') no litoral sul do Brasil.

Um total de 35 táxons foi identificado com 24 espécies de Copepoda (Tabela 1). Entre a assembleia de copépodes, *Temora stylifera* ($251,78 \text{ ind.m}^{-3} \pm 192,74 \text{ ind.m}^{-3}$), *Oncaea venusta* ($179,94 \text{ ind.m}^{-3} \pm 192,30 \text{ ind.m}^{-3}$), *Clausocalanus furcatus* ($168,89 \text{ ind.m}^{-3} \pm 129,60 \text{ ind.m}^{-3}$), *Temora turbinata* ($130,04 \text{ ind.m}^{-3} \pm 140,30 \text{ ind.m}^{-3}$), *Acrocalanus longicornis* ($80,51 \text{ ind.m}^{-3} \pm 64,00 \text{ ind.m}^{-3}$) e *Onycorycaeus giesbrechti* ($66,40 \text{ ind.m}^{-3} \pm 66,52 \text{ ind.m}^{-3}$) foram os mais abundantes e frequentes, representando 75% da abundância total de Copepoda (Figura 8a-d e 9a-b). Destas espécies, apenas *O. venusta*, *O. giesbrechti* e *C. furcatus* apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) de abundância em relação à interação entre as áreas (Norte e Sul) e as regiões (costeiras e de plataforma). *Onycorycaeus giesbrechti* foi mais abundante na região sul, enquanto *C. furcatus* e *O. venusta* foram mais abundantes na região Norte. As três espécies mostraram sua maior abundância na região costeira, abaixo da isóbata de 50 m (Figura 7b-ce 8b)

Tabela 1. Média e desvio padrão (ind.m^{-3}) de copépodes no litoral sul do Brasil. Regime trófico: Onívoro-herbívoro (Oni-herb), Onívoro-carnívoro (Oni-carn), Onívoro-detritívoro (Oni-detr), Onívoro (Oni), Carnívoro (Carn). (Litchman et al., 2013; Benedetti et al., 2016).

Copepoda	Regime trófico	Região Norte		Região Sul	
		Média	D.P.	Média	D.P.
Ordem Calanoida	-	76,10	86,03	32,97	60,48
Familia Calanidae	-	3,79	10,71	0,49	1,33
<i>Nannocalanus minor</i>	Oni-herb	4,06	7,80	2,50	6,43
<i>Undinula vulgaris</i>	Oni-herb	12,05	18,89	3,22	5,73
<i>Centropages velificatus</i>	Oni-carn	0,47	1,33	3,36	5,53
<i>Clausocalanus furcatus</i>	Oni-herb	215,22	167,27	142,42	99,96
<i>Clausocalanus</i> spp.	-	6,27	10,74	-	-
<i>Paraeucalanus sewelli</i>	Oni-herb	3,43	7,86	18,21	23,73
<i>Euchaeta marina</i>	Carn	7,17	10,16	3,49	4,49
<i>Lucicutia ovalis</i>	Oni-herb	-	-	0,18	0,69
<i>Acrocalanus longicornis</i>	Oni-herb	90,87	87,14	74,59	49,23
<i>Calocalanus pavoninus</i>	Oni-herb	45,04	43,87	10,65	9,21
<i>Calocalanus styliremis</i>	Oni-herb	12,64	16,70	1,70	3,20
<i>Calocalanus</i> spp.	-	8,51	15,71	-	-

<i>Paracalanus</i> spp.	-	2,80	7,91	-	-
Familia Pontellidae	-	-	-	0,50	1,86
<i>Rhincalanus cornutus</i>	Oni-herb	4,24	12,00	2,02	5,48
<i>Subeucalanus pileatus</i>	Oni-herb	1,26	3,57	2,66	4,84
<i>Subeucalanus</i> spp.	-	1,26	3,57	-	-
<i>Temora stylifera</i>	Oni-herb	300,40	137,04	224,00	218,20
<i>Temora turbinata</i>	Oni-herb	128,56	118,83	130,89	155,54
<i>P - Calanus</i> sp.	-	10,52	14,93	17,41	27,27
<i>Oithona plumifera</i>	Oni	46,25	61,78	7,32	13,30
<i>Hemicyclops thalassius</i>	-	-	-	2,25	5,74
<i>Corycaeus speciosus</i>	Carn	20,75	24,84	11,68	10,82
<i>Farranulla gracillis</i>	Carn	30,56	35,47	6,71	7,71
<i>Onycorycaeus giesbrechti</i>	Carn	35,61	22,45	74,57	79,26
<i>Sapphirina angusta</i>	Carn	0,73	2,08	-	-
<i>Oncaea venusta</i>	Oni-detri	279,02	260,74	123,33	116,77
<i>Oncaea venusta venella</i>	Oni-detri	122,29	254,93	-	-
<i>Oncaea</i> spp.	-	0,47	1,33	-	-
<i>Triconia cf. conifera</i>	Oni-detri	90,90	89,26	17,14	20,44
<i>Macrosetella gracilis</i>	Oni-herb	17,48	15,81	12,14	15,42
<i>Clytemmestra</i> spp.	-	-	-	0,24	0,88

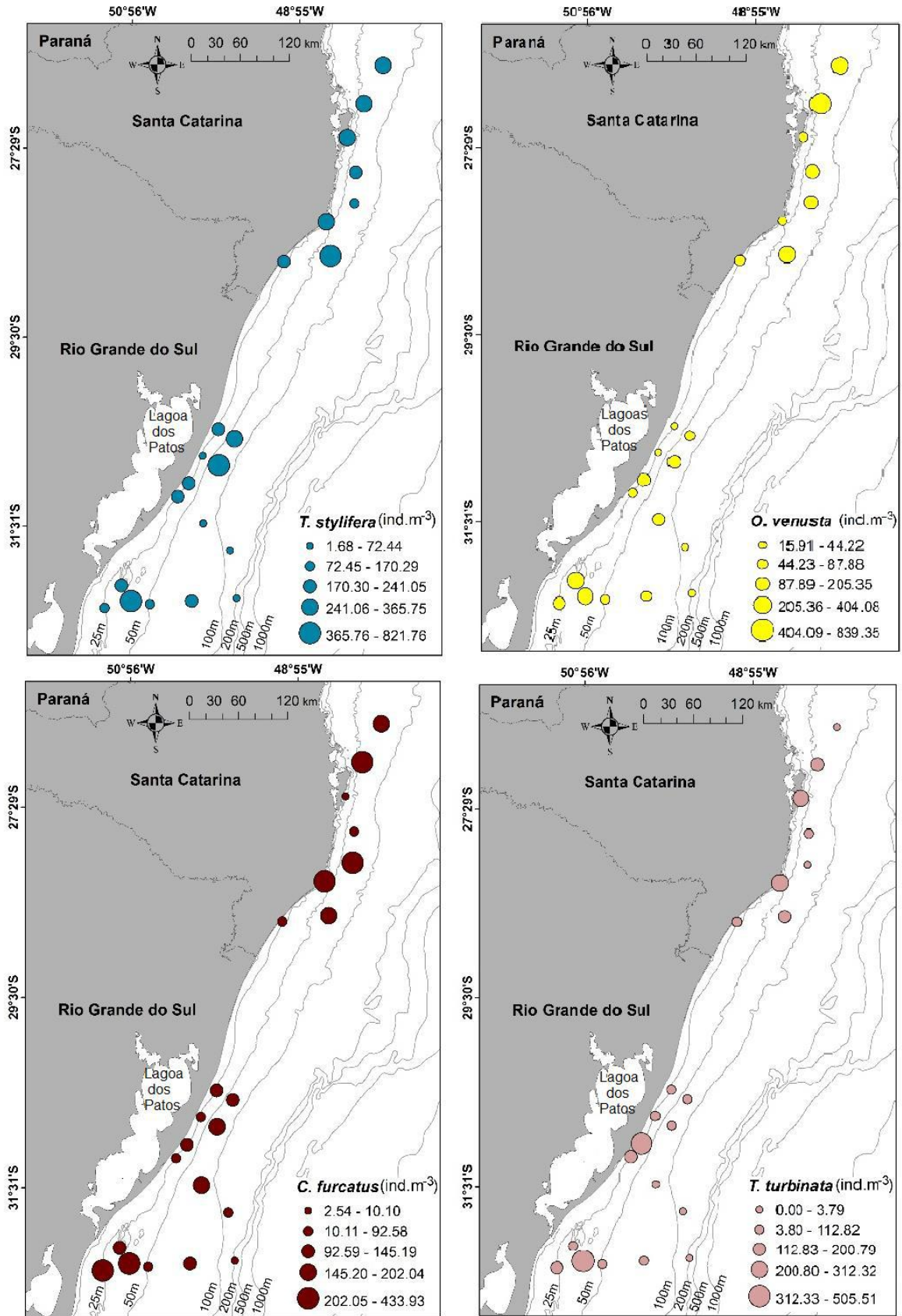


Figura 8. Distribuição da abundância (ind.m⁻³) das espécies de Copepoda no litoral sul do Brasil: a) *Temora stylifera*, b) *Oncaea venusta*, c) *Clausocalanus furcatus* e d) *Temora turbinata*

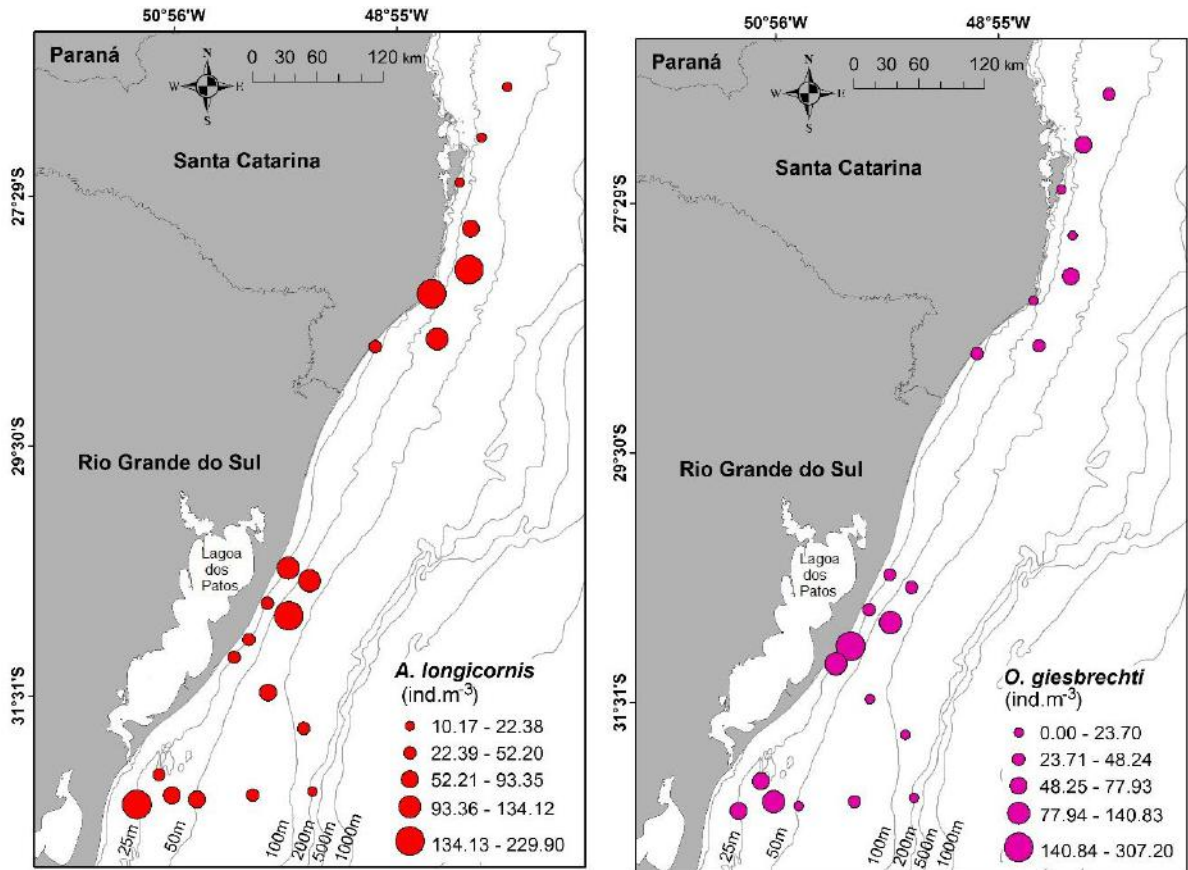


Figura 9. Distribuição da abundância (ind.m⁻³) das espécies de Copepoda no litoral sul do Brasil: a) *Acrocalanus longicornis*, e b) *Onycorycaeus giesbrechti*.

Estrutura da assembleia de copépodes

Foram encontradas diferenças significativas entre as assembleias de Copepoda em relação às duas áreas amostradas (nível de significância ANOSIM = 0,04% e R global = 0,322), e também em relação à batimetria das estações amostrais (nível de significância ANOSIM = 2,4% e R global = 0,141). Entretanto, a relação entre a região e a batimetria apresentou maior representatividade (nível de significância ANOSIM = 0,3% e R global = 0,482).

A ACoP explicou aproximadamente 48% da variabilidade combinada dos dados nos primeiros dois eixos (Figura 10). A ordenação produzida pelo ACoP evidenciou a separação das estações amostrais em função da composição faunística distinta entre os grupos. O diagrama mostrou a ocorrência de dois grupos de unidades amostrais. O grupo 1 contém principalmente as estações de amostragem mais profundas localizadas nas duas regiões de amostragem (Norte - estações 1 e 5 (acima de 50 m de profundidade), e Sul - estações 15, 16 e 18 (acima de 70 m de profundidade) com os maiores valores de riqueza específica e diversidade. Este grupo tem os copépodes com características de águas de plataforma e

oceânicas *Nannocalanus minor*, *Undinula vulgaris*, *Calocalanus styliremis* (omnívor-herbívoro), *Farranula gracilis* (carnívoro), *O. venusta*, *Oncaea venusta venella* e *Triconia cf. conifera* (omnívor- detritívoro) como espécies indicadoras determinada através do IndVal, associados a temperatura de 1 e 14 m e salinidade de 1 m. O Grupo 2 foi formado principalmente por estações de amostragem localizadas nas duas regiões de amostragem com condições opostas em relação ao grupo 1 (estações de amostragem com profundidade abaixo de 50 m na região Norte e 70 m na região Sul, e com os menores valores de riqueza específica e diversidade). As espécies indicadoras *T. stylifera* e *T. turbinata* (omnívor-herbívoro) são características da região costeira e plataforma e foram associadas com clorofila-a 14 m. Os demais parâmetros ambientais (salinidade a 14 m e clorofila-a a 1 m) não foram significativos ($p > 0,05$). Espécies onívoras-herbívoras apresentaram correlação de 0,44 com a clorofila-a a 14 m e espécies onívoras-carnívoras à temperatura de 1 m e salinidade 14 m ($- 0,43$; $p < 0,05$).

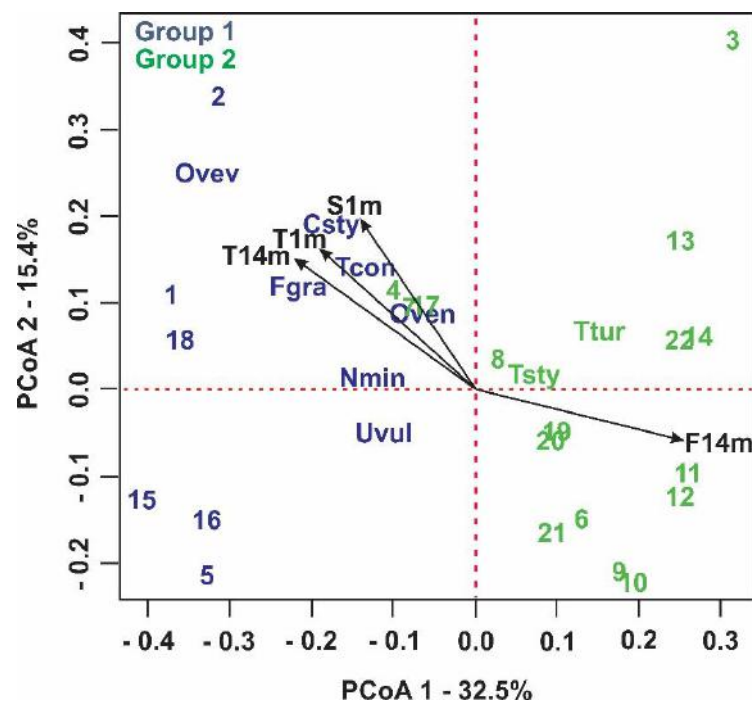


Figura 10: ACoP biplot da composição de espécies de copépodes no litoral sul do Brasil. *Nannocalanus minor* (Nmi), *Undinula vulgaris* (Uvu), *Calocalanus styliremis* (Cst), *Farranula gracilis* (Fgr), *Oncaea venusta* (Ove), *Oncaea venusta venella* (Ovv), *Triconia cf. conifera* (Tco), *Temora stylifera* (Tsty), *Temora turbinata* (Ttur), temperatura a 1 m (T1), temperatura a 14 m (T14), salinidade a 14 m (S14) e clorofila-a 14 m (14).

As diferenças observadas entre grupos de estações de amostragem evidenciadas pela análise de ACoP foram examinadas através da dissimilaridade média (SIMPER) entre os dois

conjuntos de dados (abundância de copépodes). Um total de 18 espécies contribuiu para esta dissimilaridade espacial (Tabela 2). Essas diferenças foram causadas pela abundância variável das espécies *T. turbinata*, *O. venusta venella*, *C. styliremis*, *Oithona plumifera*, *T. cf. conifera*, *F. gracilis*, *T. stylifera*, *Corycaeus speciosus*, *U. vulgaris*, *Macrosetella gracilis*, *Paraeucalanus sewelli* e *O. giesbrechti* entre os grupos de estação de amostragem. Essas espécies tiveram uma contribuição cumulativa correspondente a cerca de 70% da dissimilaridade.

Tabela 2. Porcentagem de dissimilaridade mostrando a contribuição das espécies para as diferenças entre os grupos de estações evidenciadas pela análise de ACoP no litoral sul do Brasil. As espécies em negrito tiveram uma contribuição cumulativa correspondente a cerca de 70% da dissimilaridade.

Espécies	Abundância média	Abundância Média	Contribuição acumulativa (%)
Grupo 1 vs Grupo 2 (Média de dissimilaridade 36.34)			
<i>Temora turbinata</i>	1,23	4,82	11,05
<i>Oncaea venusta venella</i>	2,70	0,00	18,02
<i>Calocalanus styliremis</i>	2,42	0,34	24,3
<i>Oithona plumifera</i>	2,21	1,71	29,89
<i>Triconia cf. conífera</i>	3,76	2,42	35,29
<i>Farranulla gracillis</i>	3,07	1,49	40,69
<i>Temora stylífera</i>	4,11	5,52	46,02
<i>Corycaeus speciosus</i>	2,22	1,88	50,74
<i>Undinula vulgaris</i>	1,79	0,81	55,45
<i>Macrosetella gracilis</i>	2,53	1,76	60,07
<i>Paraeucalanus sewelli</i>	1,53	1,64	64,67
<i>Onycorycaeus giesbrechti</i>	3,05	3,77	69,03
<i>Euchaeta marina</i>	1,59	0,95	72,91
<i>Clausocalanus furcatus</i>	4,83	4,69	76,79
<i>Calocalanus pavoninus</i>	2,47	2,49	80,65
<i>Oncaea venusta</i>	4,93	4,66	84,46
<i>Acrocalanus longicornis</i>	3,66	4,23	87,85
<i>Nannocalanus minor</i>	1,07	0,45	91,16

5. DISCUSSÃO

Variáveis ambientais

Os copépodes são elos importantes nas cadeias alimentares marinhas, representando o controle top-down dos níveis tróficos inferiores por serem os principais herbívoros do fitoplâncton. Além disso, também são importantes predadores da alça microbiana e são presas do ictioplâncton e de outros carnívoros pelágicos maiores (Turner, 2004; Wiggert et al., 2005). Os estudos sobre o zooplâncton ajudam a aumentar nossa compreensão dos processos pelos quais os ecossistemas marinhos respondem às mudanças climáticas e outras variações ambientais (Richardson, 2008; Chiba et al., 2018).

Durante o início do outono, a área de estudo recebeu contribuições de massas de água de diferentes origens, como Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Subtropical de Plataforma (ASTP) e Água da Pluma da Prata (APP). O litoral sul do Brasil apresenta diferentes zonas costeiras com massas de água e comunidade zooplânctônica única, variando de acordo com a latitude e batimetria (Peterson e Stramma, 1991; Marques et al., 2004). As massas de água encontradas na região de estudo durante o período de amostragem seguem o padrão pela climatologia de verão do leste da América do Sul, com maior influência do AT no norte, próximo a Santa Catarina, e maior influência do APP no sul da área de estudo (Piola et al., 2008; Möller et al., 2008). Porém, o fato da amostragem ter sido realizada no final do verão gerou peculiaridades. Normalmente, a haloclina de verão induzida pela descarga do Prata se estende para o norte até 32° S (Piola et al., 2008), sendo que no presente estudo a influência do APP foi registrada na região sul durante o período de amostragem.

A variação de temperatura e salinidade foram os fatores que diferenciaram as amostras em dois grupos que estão diretamente relacionados à influência das massas de água presentes na região, com uma clara separação das duas regiões amostrais. As estações de amostragem que foram influenciadas pela ocorrência de águas quentes e mais salinas características de AT (região Norte) foram separadas das demais influenciadas por águas frias e mistas com grande suprimento de nutrientes (ACAS e APP; região Sul). Apenas duas estações de amostragem não seguiram esse padrão, que estavam associadas as estações localizadas na região Norte. Estas estações localizavam-se na região Sul, ambas com profundidade superior a 100 m.

Houve também a separação visual, porém não significativa, das regiões com maior concentração de clorofila-*a* e conseqüente maior suprimento de nutrientes (estações costeiras e com menor profundidade) de regiões com baixa concentração de clorofila-*a* (estações oceânicas, com maior profundidade). Os maiores valores de clorofila-*a* foram registrados nas

regiões costeiras (abaixo da isóbata 50 m), principalmente na região Sul da área de estudo, onde foi detectada a maior influência de ACAS e APP. Podemos inferir que o fornecimento de nutrientes promovido por ACAS e APP também causou a diferença nos valores de clorofila-*a* entre as regiões de estudo (regiões Norte e Sul), uma vez que a concentração de clorofila-*a* está diretamente correlacionada com a biomassa fitoplanctônica (Falkowski & Kiefer, 1985; Zhao et al., 2008).

Abundância, riqueza e diversidade de Copepoda

A associação da distribuição dos copépodes com a dinâmica das massas de água durante o início do outono foi avaliada em uma área subtropical de transição da plataforma sul do Brasil. As duas áreas de amostragem (região Norte - próximo à ilha de Santa Catarina, e região Sul - próximo à lagoa dos Patos) diferem em termos de abundância devido às diferentes influências das massas de água em cada área. A contribuição das massas de água variou em relação ao seu aporte de nutrientes, influenciando na biomassa fitoplanctônica e conseqüentemente na abundância do zooplâncton.

Durante o período estudado, a abundância de copépodes revelou o efeito da intrusão de ACAS na camada profunda, favorecendo uma grande abundância de diatomáceas, permitindo a dominância de copépodes, estabelecendo uma cadeia trófica baseada em herbívoros. O acúmulo de fitoplâncton devido a processos físicos torna mais alimentos suspensos disponíveis para as comunidades zooplanctônicas, aumentando o fluxo de carbono no ecossistema (Huismann et al., 2006). A plataforma continental sudeste brasileira é conhecida pelas altas taxas de produção primária fitoplanctônica na zona costeira, em decorrência do efeito eutrófico da drenagem continental da lagoa dos Patos e da APP que invade essa região aumentando a produtividade primária e secundária (Brandini, 1990; Ciotti et al., 1995). O enriquecimento de nutrientes pela expansão da Água da Pluma do Prata foi fundamental para mudar também as características oligotróficas do ambiente. Esse fato foi apontado por Becker et al. (2018) em um estudo de distribuição do mesozoplâncton, na camada superior da plataforma do Atlântico Sudoeste (26°S a 29°S).

A abundância e a assembleia de copépodes mostraram um gradiente litoral-oceano típico. Em geral, a abundância foi maior nas estações costeiras sobre a plataforma interna (abaixo da isóbata de 50 m), seguindo os padrões das águas oligotróficas da Corrente do Brasil (Dias et al., 2015; Becker et al., 2018). A abundância de copépodes (média 1.163,75 ind.m⁻³) foi semelhante ao observado anteriormente na área por Becker et al. (2018) (média 1212 ind.m⁻³ durante o início do verão), Menezes et al. (2019) (média de 1.461 ind.m⁻³ durante o verão)

ambas com o mesmo tamanho de malha (200 μm), mas superior ao encontrado por Domingos-Nunes & Resgalla Jr. (2012) com 153 ind. m^{-3} . Os últimos autores usaram um tamanho de malha maior (300 μm) subestimando a abundância de copépodos e espécies pequenas.

No presente estudo, embora não tenha havido diferença significativa em relação à riqueza, diversidade e equitabilidade, houve uma tendência de as estações oceânicas apresentarem maior diversidade do que regiões mais costeiras e rasas como é esperado em outras regiões oceânicas (Keesing & Irvine, 2005; Costello & Chaudhary, 2017). No Brasil, o conhecimento disponível sobre a comunidade zooplânctônica oceânica indica que ela possui baixa abundância e alta diversidade de espécies (Cavalcanti & Larrazábal, 2004), devido à natureza oligotrófica da Corrente do Brasil e à falta de drenagem significativa de água continental.

Composição de copépodes e estrutura das Assembleias

Espécies epipelágicas e tropicais de tamanho médio-pequeno dominaram as assembleias gerais de copépodes (região Norte-Sul), com numerosas espécies herbívoras. As espécies amplamente difundidas *Temora stylifera*, *T. turbinata* (omnívora-herbívoras), *Oncaea venusta* (omnívora-detritívora) e *Onycorycaeus giesbrechti* (carnívora) são típicas em misturas de águas costeiras e AT (Lopes et al., 2006; Becker et al., 2018); *Clausocalanus furcatus* e *Acrocalanus longicornis* são características onde predomina a AT (Lopes et al., 2006; Dias et al., 2010; Becker et al., 2018). Dentre as cinco espécies abundantes, nota-se que apenas uma espécie é carnívora (*O. giesbrechti*) e é mais abundante na região Sul, indicando que esta região possui uma cadeia alimentar mais longa com a presença de zooplâncton carnívoro.

Temora stylifera e *T. turbinata* atingiram altas abundâncias e são consideradas espécies indicadoras da AT nos meses quentes (Resgalla Jr. & Montú, 1993, 1995; Resgalla Jr. et al., 2008; Resgalla Jr., 2011). *T. stylifera* é uma espécie recorrente na ressurgência do Cabo Frio (23° S) (Valentin, 1984, 1989; Campaner, 1985). *T. turbinata* é uma espécie invasora e em amplo processo de dispersão por praticamente toda a costa brasileira (Bradford, 1977; Lopes et al., 1998; Elmoor-Loureiro et al., 2016). Esta espécie possui uma dieta diversificada incluindo partículas, dinoflagelados e diatomáceas (Sant'Anna, 2013), adaptando-se bem às diferentes características ambientais (Menezes et al., 2019). Uma das explicações para a coexistência das espécies congênicas de *T. stylifera* e *T. turbinata* pode ser a não sincronia do ciclo de vida, uma vez que o tipo de dieta muda de acordo com os estágios de desenvolvimento, com as espécies ocupando nichos distintos na mesma época (Mauchline, 1998). Também podemos relacionar essa coexistência com a segregação espacial horizontal,

visto que *T. stylifera* é mais abundante na região Norte, enquanto *T. turbinata* é mais abundante na região Sul. A segregação espacial horizontal entre essas duas espécies foi relatada anteriormente por Cunha (2009).

A assembleia de copépodes foi composta por espécies estuarinas e costeiras (por exemplo, *Centropages velificatus*, *Hemicyclops thalassius*), espécies oceânicas (por exemplo, *Nannocalanus minor*, *Calocalanus pavoninus*, *Oithona plumifera*, *Corycaeus speciosus*) e/ou associadas às águas salinas da AT e a presença da ACAS (por exemplo, *Farranula gracilis*, *Undinula vulgaris*) (Bradford-Grieve et al., 1999).

As assembleias de copépodes foram estruturadas de acordo com a relação entre a região (Norte-Sul) e a batimetria. As estações amostrais foram separadas de acordo com a riqueza numérica de espécies e a diversidade em dois conjuntos em função da composição faunística distinta entre os grupos. O grupo 1 apresentou características mais oceânicas apresentando os copépodes *Nannocalanus minor*, *Undinula vulgaris*, *Calocalanus styliremis* (omnívoros-herbívoros), *Farranula gracilis* (carnívoro), *O. venusta*, *Oncaea venusta venella* e *Triconia* cf. *conifera* (omnívoros-detritívoros), encontrados nas águas sobre a plataforma continental e nas águas oceânicas, como espécies indicadoras. Este conjunto de copépodes foi associado a altos valores de salinidade e temperatura. O segundo grupo apresentou características mais costeiras com *T. stylifera* e *T. turbinata* (omnívoros-herbívoros) como espécies indicadoras. Essas espécies são características da região costeira e da plataforma continental e têm sido associadas à clorofila-*a* a 14 m. Em um cenário com alimento abundante em toda a coluna d'água, proporciona a dominância dos herbívoros, por serem os maiores consumidores de fitoplâncton. (Watkins e Cabelli, 1985; Lopes et al., 1998; Cardoso et al., 2012).

Os copépodes encontrados no presente estudo foram previamente registrados na plataforma sudeste do Brasil e no Oceano Atlântico Sudoeste (Björnberg, 1981; Lopes et al., 2006; Dias et al. 2010; Domingos-Nunes & Resgalla Jr., 2012; Becker et al., 2018; Menezes et al., 2019), refletindo influências oceanográficas tropicais e subtropicais. As assembleias de copépodes também foram semelhantes às encontradas na costa brasileira (Lopes et al., 1999; Cavalcanti & Larrazábal, 2004; Dias et al., 2015; Bonecker et al., 2018), e outras localidades oceânicas em oceanos tropicais (López-Salgado et al. (2000) no Mar do Caribe (Schnack-Schiel et al., 2010) no Atlântico subtropical/tropical oriental - 34°49,5'N-27°28,10'S (de Puelles et al., 2019) no Oceano Tropical e Subtropical - 35°N-40°S).

A região Sul do Brasil é muito importante para a manutenção da pesca brasileira. Apresenta locais de elevada produtividade que variam ao longo do ano de acordo com duas fontes

principais de nutrientes: ACAS no verão e APP no inverno, essenciais para alterar as características oligotróficas do ambiente. O objetivo deste estudo foi revisar nossa compreensão atual da biodiversidade de copépodes na costa sul do Brasil, reconhecendo os padrões na composição e abundância de copépodes. É relevante ter um estudo local detalhado, sazonal e espacialmente, para melhor compreender a teia trófica da região e sua influência na pesca e nas interações com outros organismos, uma vez que os copépodes são determinantes no estoque pesqueiro (Bradford-Grieve et al., 1999).

6. CONCLUSÃO

- Os fatores que separaram as duas regiões amostrais foram a variação de temperatura e salinidade que estão relacionadas à influência das massas de água presentes na região.
- Nas regiões costeiras (<50m), principalmente na Região Sul, onde foi detectado maior influência da ACAS e APP, foram registrados os maiores valores de clorofila-a,
- A assembleia de copépodes registrada é composta por espécies estuarinas e costeiras (por exemplo, *Centropages velificatus*, *Hemicyclops thalassius*), espécies oceânicas (por exemplo, *Nannocalanus minor*, *Calocalanus pavo*, *Oithona plumifera*, *Corycaeus speciosus*) e/ou associadas às águas salinas da AT e a presença da ACAS (por exemplo, *Farranula gracilis*, *Undinula vulgaris*)
- As espécies de copépodes encontradas são frequentes na plataforma sudeste do Brasil e no oceano Atlântico sudoeste, refletindo influências oceanográficas tropicais e subtropicais.
- As diferenças nas assembleias de copépodes estão intimamente ligadas à influência das diferentes massas de água que ocorrem na região, bem como a uma relação com a batimetria no presente estudo.
- Uma mistura de espécies epipelágicas costeiras e oceânicas, típicas de áreas neríticas do Atlântico Sudoeste tropical e subtropical, aumentou a diversidade e abundância do zooplâncton nas camadas superiores.

REFERÊNCIAS

- Acha, E. M. *et al.* 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America: Physical and ecological processes. *J. Mar. Syst.*, 44:83–105.
- Avila, T. R. *et al.* 2009. Variação temporal do zooplâncton da Praia de Tramandaí, Rio Grande do Sul, com ênfase em Copepoda. *Iheringia - Ser. Zool.*, 99:18–26.
- Becker, É. C. *et al.* 2018. Mesozooplankton distribution, especially copepods, according to water masses dynamics in the upper layer of the Southwestern Atlantic shelf (26°S to 29°S). *Cont. Shelf Res.*, 166:10–21.
- Benedetti, F. *et al.* 2016. Identifying copepod functional groups from species functional traits. *J. Plankton Res.*, 38:159–166
- Berasategui, A. D. *et al.* 2005. Patterns in diversity and community structure of epipelagic copepods from the Brazil-Malvinas Confluence area, south-western Atlantic. *J. Mar. Syst.*, 56:309–316.
- Björnberg, T. K. S. 1981. *Copepoda*. In Boltovskoy, D. (ed), **Atlas Del Zooplankton Del Atlantico Sudoccidental**, INIDEP, Mar Del Plata, pp. 587–679.
- Bonecker, A. C. T. *et al.* 2009. Plâncton marinho. pp. 213–239 *In*: Pereira, R. C & Soares-Gomes, A. (eds), *Biologia marinha*. Editora Interciência, Rio de Janeiro.
- Bonecker, A. C. T. *et al.* 2018. Vertical distribution of mesozooplankton and ichthyoplankton communities in the South-western Atlantic Ocean (23°14'1"S 40°42'19"W). *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, 1–15.
- Bonecker, S. L. C. *et al.* 2014. Horizontal and vertical distribution of mesozooplankton species richness and composition down to 2,300 m in the southwest atlantic ocean. *Zoologia*, 31:413–417.
- Bradford-Grieve, J. M. *et al.* 1999. *Copepoda*. In Boltovskoy, D. (ed), **South Atlantic zooplankton**. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 869–1098.
- Bradford, J. M. 1977. Distribution of the pelagic copepod *Temora turbinata* in New Zealand coastal waters, and possible trans-tasman population continuity. *New Zeal. J. Mar. Freshw. Res.*, 11:131–144.
- Braga, E.S., Niencheski, L.F.H., 2006. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na região entre o Cabo de SãoTomé (RJ) e o Chuí(RS). pp.161–218 *In*: CLDB, Rossi-Wongschowski, Madureira,L.S.(Eds.), *O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região*.Sudeste-Sul do Brasil, São Paulo.
- Brandini, F. P. *et al.* 2014. Deep chlorophyll maximum and plankton community response to oceanic bottom intrusions on the continental shelf in the South Brazilian Bight. *Cont.*

- Shelf Res.*, 89:61–75.
- Brandini, F. P. 1988. Hydrography, phytoplankton biomass and photosynthesis in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during autumn (May/June, 1983). *Bol. do Inst. Oceanogr.*, 36:63–72.
- Brandini, F. P. 1990. Produção primária e características fotossintéticas do fitoplâncton na região sueste do Brasil. *Bol. do Inst. Ocean.*, 38:147–159.
- Campaner, A. F. 1985. Occurrence and distribution of copepods (Crustacea) in the epipelagial off southern Brazil. *Bol. do Inst. Ocean. São Paulo*, 33:5–27.
- Cardoso, S. J. *et al.* 2012. Phytoplankton abundance, biomass and diversity within and between Pantanal wetland habitats. *Limnologica*, 42:235–241.
- Castro, B. M.; Miranda, L. B. 1998. Physical Oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S – Coastal segment (4,W). p. 209-251 *In:* Robinson, A. R.; Brink, K. H. *The Sea. New York: John Wiley & Sons, Inc.*, v. 11.
- Cavalcanti, E. A. H. & Larrazábal, M. E. L. de (2004) Macrozooplâncton da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica - REVIZEE/NE II) com ênfase em Copepoda (Crustacea). *Rev. Bras. Zool.*, 21, 467–475.
- Chiba, S. *et al.* 2018. Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris. *Mar. Policy*, 96:204–212.
- Ciotti, A. M. *et al.* 1995. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Cont. Shelf Res.*, 15:1737–1756.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. 2006 *PRIMER v6: User Manual/ Tutorial (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research)*. **PRIMER-E, Plymouth.**
- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 1994. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. **Natural Environment Research Council., Plymouth.**
- da Conceição, L. R. *et al.* 2017. Comunidade zooplânctônica da plataforma continental de Salvador, Bahia. *Arq. Ciências do Mar*, 50:94–106.
- Costello, M. J. & Chaudhary, C. 2017. Marine Biodiversity, Biogeography, Deep-Sea Gradients, and Conservation. *Curr. Biol.*, 27:R511–R527.
- Crelier, A. M. & Daponte, M. C. 2004. Chaetognatha of Brazil-Malvinas (Falkland) confluence: distribution and associations. *Iheringia - Ser. Zool.*, 94:403–412.
- Cunha, D. R. 2009. *Estudo comparativo dos copépodes *Temora stylifera* e *T. turbinata* na plataforma continental sudeste do Brasil no verão e inverno de 2002*. Dissertação de

- Mestrado em Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.
- Dias, C. D. O. & Araujo, A. V. De 2006. Copepoda. pp. 21–99 *In:* Bonecker, S. L. C. (ed), *Atlas do zooplâncton da região central da Zona Econômica Exclusiva*. Série Livros/ Documentos REVIZEE Score Central. Museu Nacional, Rio de Janeiro.
- Dias, C. de O. *et al.* 2010. Vertical copepod assemblages (0-2300 m) off Southern Brazil. *Zool. Stud.*, 49:230–242.
- Dias, C. O. *et al.* 2015. Spatial and temporal changes in biomass, production and assemblage structure of mesozooplanktonic copepods in the tropical south-west Atlantic Ocean. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, 95:483–496.
- Díaz-Gil, C. *et al.* 2014. Spatio-temporal composition and dynamics of zooplankton in the Kalmar Sound (western Baltic Sea) in 2009-2010. *Boreal Environ. Res.*, 19: 323–335.
- Domingos-Nunes, R. & Resgalla Jr., C. 2012 The zooplankton of Santa Catarina continental shelf in southern Brazil with emphasis on Copepoda and Cladocera and their relationship with physical coastal processes. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40: 893–913.
- Elmoor-Loureiro, L. M. A. *et al.* 2016. Avaliação dos Copépodos (Harpacticoida: Canthocamptidae, Parastenocarididae; Calanoida: Diaptomidae, Temoridae; Cyclopoida: Cyclopidae) pp. 113–125. *In:* Marcelo Pinheiro, H. B. (ed), *Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014*. Sociedade Brasileira de Carcinologia, Porto Alegre.
- Eskinazi-Sant’Anna, E. M. & Simon Björnberg, T. K. 2006 Seasonal dynamics of mesozooplankton in Brazilian coastal waters. *Hydrobiologia*, 563:253–268.
- Falkowski, P. & Kiefer, D. A. 1985. Chlorophyll a fluorescence in phytoplankton: relationship to photosynthesis and biomass. *J. Plankton Res.*, 7:715–731.
- Fernandes, L. F. & Brandini, F. P. 1999. Comunidades microplanctônicas no Oceano Atlântico Sul Ocidental: biomassa e distribuição em novembro de 1992. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 47:189–205.
- Frontier, S. 1981. Diseño de muestreos. p.103-108 *In:* Boltovskoy, D. ed. *Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. Mar dei Plata, INIDEP..
- Gaeta, S. A. & Brandini, F. P. 2006. Produção primária do fitoplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). pp. 219–264 *In:* Rossi-Wongtschowski, C. L. B. & Madureira, L. S. P. (eds), *O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região Sudeste-Sul do Brasil*. Editora da Universidade de São Paulo, São

- Paulo.
- Gasca, R.; Segura, P.L.; Suarez, E., 1996 . El zooplancton marino. pp 337–344 *In*: Gasca, R.; Hays, G. C. et al. 2005 *Climate change and marine plankton*. Trends Ecol. Evol., 20.
- Hays, G. C. *et al.* 2005. Climate change and marine plankton. *Trends Ecol. Evol.*, 20:337–344.
- Heileman, S. & Gasalla, M. A. 2008. South Brazil Shelf LME. pp. 723–734 *In*: Sherman, K. & Hempel, G. (eds), *The UNEP Large Marine Ecosystems Report: A Perspective on Changing Conditions in LMEs of the World's Regional Seas*. United Nations Environmental Program (UNEP), Nairobi.
- Huisman, J. *et al.* 2006 Reduced mixing generates oscillations and chaos in the oceanic deep chlorophyll deep maximum. *Nature*, 439:322–325.
- Huskin, I. *et al.* 2001. Mesozooplankton distribution and copepod grazing in the Subtropical Atlantic near the Azores : Influence of mesoscale structures. *J. Plankton Res.*, 23: 671–691.
- Jackson, D. A. 1993. Stopping rules in principal components analysis - a comparison of heuristic and statistical approaches. *Ecology*, 74:2204–2214.
- Keesing, J. & Irvine, T. 2005. Coastal biodiversity in the Indian Ocean: The known, unknown and unknowable. *Indian J. Mar. Sci.*, 34: 11–26.
- Kurtz, F. W. & Matsuura, Y. 2001. Food and feeding ecology of Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) larvae from the southeastern Brazilian Bight. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 49:61–74.
- Legendre, P. & Legendre, L. 2012. *Numerical ecology*. **3rd ed. Elsevier Science, Amsterdam.**
- Lenz, J., 2000. Introduction. p. 1–32 *In*: Harris, R.P. et al. (Ed.) *ICES Zooplankton Methodology Manual*. Academic Press.
- Litchman, E. et al. 2013. Trait-based approaches to zooplankton communities. *J. Plankton Res.*, 35:473–484.
- Lobo, E. & Leighton, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, 22:1–29.
- Lopes, R. M. *et al.* 1998. Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994. *Brazilian J. Oceanogr.*, 46:195–211.
- Lopes, R. M. *et al.* 1999. Distribution patterns of epipelagic copepods off Rio de Janeiro (SE

- Brazil) in summer 1991/1992 and winter 1992. *Hydrobiologia*, 411:161–174.
- Lopes, R. M. 2007. Marine zooplankton studies in Brazil - A brief evaluation and perspectives. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 79:369–379.
- Lopes, R. M. *et al.* 2006. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. *Sci. Mar.*, 70:189–202.
- López-Salgado, I. *et al.* 2000. La comunidad de copépodos (Crustacea) en los giros a mesoescala en el occidente del Golfo de México (julio, 1995). *Rev. Biol. Trop.*, 48:169–179.
- de Macedo-Soares, L. C. P. *et al.* 2014. Large-scale ichthyoplankton and water mass distribution along the South Brazil shelf. *PLoS One*, 9.
- Mann, K. H. 1993. Physical oceanography, food chains, and fish stocks: a review. *ICES J. Mar. Sci.*, 50:105-119
- Marques, M. *et al.* 2004. *Brazil Current: Global International Waters Assessment (GIWA) Regional assessment 39. University of Kalmar, Sweden.*
- Matteucci, S. D. & Colma, A. 1982. La metodología para el estudio de la vegetación. Colección de monografías científicas. *Colección Monogr. científicas, Série Biol.*, 22:1–168.
- Mauchline, J. 1998. *Advances in marine biology. The biology of calanoid copepods. Academic Press, California.*
- McEwen, G. F. *et al.* 1957. A statistical analysis of the performance of the Folsom Plankton Sample Splitter, based upon test observations. *Theor. Appl. Climatol.*, 7:502–527.
- McManus, M. A. & Woodson, C. B. 2012. Plankton distribution and ocean dispersal. *Journal of Experimental Biology*. 1008–1016.
- Menezes, B. S. *et al.* 2019. Changes in the plankton community according to oceanographic variability in a shallow subtropical shelf: SW Atlantic. *Hydrobiologia*, 835: 165–178.
- Möller, O. O. *et al.* 2008. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. *Cont. Shelf Res.*, 28: 1607–1624.
- Montú M.A., Gloeden I.M., Duarte A.K. & Resgalla C.JR. 1997. Zooplankton. p.110-114 *In*: Seeliger U, Odebrecht C., Castello J.P. (Eds). *Subtropical convergence environments. The coast and sea in the south western Atlantic*. Berlin: Springer,.
- Muelbert, J. H. *et al.* 2008. Biological, physical and chemical properties at the Subtropical Shelf Front Zone in the SW Atlantic Continental Shelf. *Cont. Shelf Res.*, 28: 1662–1673.
- Nybakken, J.W., Bertness, M.D. 2005. *Marine Biology: an ecological approach. 6th ed. São Francisco: Benjamin Cummings*

- Oksanen, J. *et al.* 2019. Package ‘Vegan’. **Community Ecology Package, Version 2.**
- Omori, M.; Ikeda T 1992. *Methods in Marine Plankton Ecology*. Malabar, FL: Krieger Publishing Co
- Peterson, W. T. and Stramma, L. 1991. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. *Prog. Oceanogr.*, 26:1–73.
- Piola, A. R. *et al.* 2008. Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. *Cont. Shelf Res.*, 28: 1639–1648.
- de Puellas, M. L. F. *et al.* 2019. Zooplankton Abundance and Diversity in the Tropical and Subtropical Ocean. *Diversity*, 11: 203.
- R Development Core Team 2019. R: A language and environment for statistical computing.
- Resgalla Jr., C. *et al.* 2008. Spatial and temporal variation of the zooplankton community in the area of influence of the Itajaí-Açu River, SC (Brazil). *Brazilian J. Oceanogr.*, 56:211–224.
- Resgalla Jr., C. 2011. The holoplankton of the Santa Catarina coast, southern Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 83: 575–588.
- Resgalla Jr., C. *et al.* 2001. The Influence of Ekman Transport on Zooplankton Biomass Variability off Southern Brazil. *J. Plankton Res.*, 23: 641–650.
- Resgalla Jr., C. & Montú, M. A. 1993. Cladóceros marinos da plataforma continental do Rio Grande do Sul – Brasil. *Nauplius*, 1: 63–79.
- Resgalla Jr., C. & Montú, M. A. 1995. Quetognatos de la plataforma continental del sur de Brasil. *Investig. Mar.*, 10: 23–41.
- Richardson, A. J. 2008. In hot water: zooplankton and climate change. *ICES J. Mar. Sci.*, 65:279–295.
- Sant’Anna, E. E. 2013. Remains of the protozoan *Sticholonche zanclea* in the faecal pellets of *Paracalanus quasimodo*, *Parvocalanus crassirostris*, *Temora stylifera* and *Temora turbinata* (Copepoda, Calanoida) in Brazilian coastal waters. *Brazilian J. Oceanogr.*, 61: 73–76.
- Schnack-Schiel, S. B. *et al.* 2010. Copepod abundance and species composition in the Eastern subtropical/tropical Atlantic. *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.*, 57: 2064–2075.
- Silveira, I. C. A. da *et al.* 2000. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Brazilian J. Oceanogr.*, 48: 171–183.
- Soares, F. C. 1983. Estudo do fitoplâncton de águas costeiras e oceânicas da região de Cabo Frio-RJ (23°31’S; 41°52’W) até Cabo de Santa Marta Grande-SC (28°43’S; 47°57’W).

- Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto de Oceanografia. 118p
- Thompson, G. A. *et al.* 2013. Structure, abundance and biomass size spectra of copepods and other zooplankton communities in upper waters of the Southwestern Atlantic Ocean during summer. *J. Plankton Res.*, 35: 610–629.
- Trudnowska, E. *et al.* 2015. Fine-scale zooplankton vertical distribution in relation to hydrographic and optical characteristics of the surface waters on the Arctic shelf. *J. Plankton Res.*, 37: 120–133.
- Turner, J. T. 2004. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zool. Stud.*, 43: 255–266.
- Valentin, J. L. 1989. A dinâmica do plâncton na ressurgência de Cabo Frio – RJ. pp. 26–35. *In:* Brandini, F. P. (ed), *Memórias do III Encontro Brasileiro de Plâncton*,. Editora da Universidade Federal do Paraná, Caiobá.
- Valentin, J. L. 1984. Spatial structure of the zooplankton community in the Cabo Frio region (Brazil) influenced by coastal upwelling. *Hydrobiologia*, 113: 183–199.
- Watkins, W. D. and Cabelli, V. J. 1985. Effect of fecal pollution on *Vibrio parahaemolyticus* densities in an estuarine environment. *Appl. Environ. Microbiol.*, 49: 1307–1313.
- Wiggert, J. *et al.* 2005. Monsoon-driven biogeochemical processes in the Arabian Sea. *Prog. Oceanogr.*, 65:176–213.
- Zhao, J. *et al.* 2008. Measuring natural phytoplankton fluorescence and biomass a case study of algal bloom in the Pearl River estuary. *Mar. Pollut. Bull.*, 10:1795–1801.