

# Mesozooplâncton do estuário do rio Emboraí Velho, Norte do Brasil

## Mesozooplankton of the Emboraí Velho River estuary, Northern Brazil

Farley Darlan dos Santos Fernandes<sup>1</sup>  | Brenda Ribeiro Padilha da Silva<sup>1</sup> 

João Victor de Moraes Souza Pinheiro<sup>1</sup>  | Jislene Brito Matos Queiroz<sup>1</sup> 

Luci Cajueiro Carneiro Pereira<sup>1</sup>  | Rauquírio Marinho da Costa<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará. Belém, Pará, Brasil

**Resumo:** Este estudo investigou as variações espaço-temporais do mesozooplâncton do estuário do rio Emboraí Velho, no Norte do Brasil. As coletas foram realizadas em duas estações fixas, nos meses de janeiro, abril, agosto e novembro de 2018, e abril, setembro e dezembro de 2019. Amostras do zooplâncton foram obtidas através de arrastos horizontais realizados com redes de plâncton. As variáveis hidrológicas e as concentrações de clorofila-a foram simultaneamente medidas. Observou-se elevadas temperaturas ( $29,06 \pm 0,16$  °C) em dezembro/2019 (E1), turbidez ( $134,50 \pm 80,00$  UNT) em abril/2019 (E2), concentrações de oxigênio dissolvido ( $6,00 \pm 0,98$  mg.L<sup>-1</sup>) em agosto/2018 (E2) e concentrações de clorofila-a ( $15,04 \pm 6,21$  mg.m<sup>-3</sup>) em janeiro/2018 (E1). *Pseudodiaptomus richardi* ( $1.097,31 \pm 1.903,50$  ind.m<sup>-3</sup>) apresentou as maiores densidades na estação-E2, em abril/2019. Copepoditos de *Acartia* ( $15.481,49 \pm 45.094,33$  ind.m<sup>-3</sup>) e de *Pseudodiaptomus* ( $830,22 \pm 1.588,92$  ind.m<sup>-3</sup>) apresentaram maiores densidades em abril/2019 (E2). Elevadas densidades de *Oikopleura dioica* ( $1.349,81 \pm 115,50$  ind.m<sup>-3</sup>; E1) e larvas de Gastropoda ( $3.822,92 \pm 10.853,39$  ind.m<sup>-3</sup>; E2) ocorreram em janeiro/2018 e abril/2019, respectivamente. *Acartia lilljeborgii* e *Euterpina acutifrons* apresentaram também elevados valores de densidade, ambas em novembro/2018 (E1). A estrutura e a dinâmica da comunidade mesozooplancônica do estuário do rio Emboraí Velho apresentaram variações espaciais e temporais, as quais estiveram influenciadas pela precipitação e pelas flutuações locais de salinidade.

**Palavras-chave:** Estuário amazônico. Plâncton costeiro. Variáveis ambientais. Variação espaço-temporal.

**Abstract:** This study investigated the spatio-temporal variations of mesozooplankton from the estuary of the River Emboraí Velho River (Northern Brazil). Samplings were performed at two fixed stations in January, April, August and November 2018, and April, September and December 2019. Zooplankton samples were obtained through horizontal trawls carried out with plankton nets. Hydrological variables and chlorophyll-a concentrations were simultaneously measured. High temperatures ( $29.06 \pm 0.16$  °C) were observed in December/2019 (E1), turbidity ( $134.50 \pm 80.00$  NTU) in April/2019 (E2), dissolved oxygen concentrations ( $6.00 \pm 0.98$  mg.L<sup>-1</sup>) in August/2018 (E2), and chlorophyll-a concentrations ( $15.04 \pm 6.21$  mg.m<sup>-3</sup>) in January/2018 (E1). *Pseudodiaptomus richardi* ( $1,097.31 \pm 1,903.50$  ind.m<sup>-3</sup>) showed the highest abundances at station-E2, in April/2019. Copepodites of *Acartia* ( $15,481.49 \pm 45,094.33$  ind.m<sup>-3</sup>) and *Pseudodiaptomus* ( $830.22 \pm 1,588.92$  ind.m<sup>-3</sup>) showed higher abundances in April/2019 (E2). High Abundances of *Oikopleura dioica* ( $1,349.81 \pm 115.50$  ind.m<sup>-3</sup>; E1) and Gastropoda larvae ( $3,822.92 \pm 10,853.39$  ind.m<sup>-3</sup>; E2), in turn, occurred in January/2018 and April/2019, respectively. *Acartia lilljeborgii* and *Euterpina acutifrons* also showed high abundance values, both in November/2018 (E1). The structure and dynamics of the mesozooplanktonic community in the estuary of the River Emboraí River, presented spatial and temporal variations, which were influenced by precipitation and local fluctuations in salinity.

**Keywords:** Amazonian estuary. Coastal plankton. Environmental variables. Spatio-temporal variation.

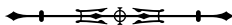
Fernandes, F. D. S., Pinheiro, J. V. M. S., Queiroz, J. B. M., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2023). Mesozooplâncton do estuário do rio Emboraí Velho, Norte do Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 18(2), e2023-e867. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v18i2.867>

Autor para correspondência: Farley Darlan dos Santos Fernandes. Universidade Federal do Pará. Alameda Leandro Ribeiro, s/n, Aldeia Bragança, PA, Brasil. CEP 68600-000 (farleydarllan@gmail.com).

Recebido em 04/10/2022

Aprovado em 04/06/2023

Responsabilidade editorial: Valéria Juliete Silva



## INTRODUÇÃO

Nos ecossistemas costeiros, a biota aquática é afetada por alterações espaço-temporais periódicas nas condições ambientais, as quais são resultantes de diversos processos, como a variação da descarga fluvial, os ciclos de marés e as correntes, bem como a disponibilidade de alimentos e a interação entre estes fatores (Elliott & Mclusky, 2002; Chew et al., 2015; Andrade et al., 2016).

Os estuários estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo e são regiões de transição entre o continente e o ambiente marinho, apresentando um importante papel ecológico na geração da matéria orgânica e na ciclagem dos nutrientes, favorecendo o desenvolvimento de organismos pelágicos e bentônicos (Day Jr. et al., 1989; Lam-Hoai et al., 2006; Ventura et al., 2017). São ecossistemas muito dinâmicos, com oscilações das variáveis hidrológicas e hidrodinâmicas, variações diurnas, espaciais e sazonais, entre elas na salinidade, bem como nas concentrações de oxigênio e de nutrientes inorgânicos dissolvidos, as quais influenciam diretamente a densidade e a diversidade dos organismos que habitam estes ambientes (Villate, 1997; Wooldridge & Callahan, 2000; V. Santos, 2009). Estas características, combinadas com a descarga fluvial, impõem limitações fisiológicas à biota local, a qual acaba desenvolvendo adaptações para sobreviver sob tais condições (Saiz-Salinas & González-Oreja, 2000).

Considerando os ambientes estuarinos amazônicos, é possível observar a interação de processos ambientais e antrópicos bastante peculiares, como elevada descarga de águas fluviais, elevada descarga de partículas e sedimentos, elevadas taxas de precipitação (> 2.000 mm), temperaturas altas e estáveis (> 20 °C), ventos alísios de nordeste, regime de macromarés semidiurnas e processos de urbanização acelerados (Meade et al., 1985; Pereira et al., 2010; Magalhães et al., 2015; Monteiro et al., 2016).

A dinâmica estuarina na região costeira amazônica depende de diversos fatores, tais como a geomorfologia dos estuários, as marés (e, conseqüentemente, o tempo

de residência da água), a natureza sedimentológica e a extensão da região entremarés, o fluxo de entrada de nutrientes, as condições climáticas locais, entre outros fatores. Todos estes aspectos, em conjunto, estabelecem as características hidrológicas (físicas e químicas) destes ecossistemas e, conseqüentemente, a composição e a dinâmica espaço-temporal da biota residente e transitória, em especial do zooplâncton (Leite et al., 2009; Magalhães et al., 2015; Andrade et al., 2016, 2022; Atique et al., 2017).

Nestes ecossistemas, o zooplâncton é comumente dominado pelo grupo dos copépodos (Maxillopoda: Copepoda), os quais compreendem cerca de 60% a 80% da biomassa pelágica herbívora (López-Ibarra & Palomares-García, 2006). Os organismos pertencentes a este grupo influenciam, juntamente com a disponibilidade de luz e nutrientes, o crescimento das populações fitoplanctônicas, consumindo quantidades variáveis dos organismos pertencentes a este último grupo no decorrer do ano (Heinle, 1966; Carlson, 1978; Nicolajsen et al., 1983), sendo caracterizados como excelentes indicadores de variações ambientais devido ao seu curto ciclo de vida (Resgalla Jr., 2011). Desta forma, acabam fazendo parte da dieta de inúmeras espécies zooplanctófagas, algumas de valor comercial, como peixes, mamíferos marinhos, tartarugas, entre outros (Richardson, 2008; Leandro et al., 2014), sendo, por conseguinte, considerados um grupo-chave na trofodinâmica dos ambientes estuarinos e marinhos (Gonçalves et al., 2015; Andrade et al., 2016).

Nos estuários amazônicos, as variações espaciais e temporais da densidade, biomassa e produção dos organismos zooplanctônicos estão principalmente condicionadas por oscilações nas taxas de precipitação e vazão fluvial (Nittrouer & Demaster, 1996; Magalhães et al., 2015; Leite et al., 2016; Atique et al., 2017) e, em menor escala, pela ação das marés, as quais, nos estuários locais, podem alcançar até 12 m, como ocorre no igarapé do Inferno, no Amapá (DHN, 2019). Não obstante, alguns

autores destacam também o papel de outras variáveis hidrológicas (salinidade, temperatura, concentrações de nutrientes dissolvidos, entre outras) sobre a dinâmica destes organismos (Krumme & Liang, 2004; Leite et al., 2009; Pinheiro et al., 2013; Sousa et al., 2013; Andrade et al., 2016; K. Costa et al., 2018, entre outros).

Embora estudos sobre a dinâmica e a ecologia dos estuários amazônicos e de suas comunidades zooplânctônicas tenham se intensificado nos últimos anos, em decorrência da extensão geográfica da região amazônica e de seu litoral com áreas de difícil acesso, muitos ecossistemas estuarinos amazônicos não apresentam informações disponíveis na literatura ou encontram-se em fase inicial de estudo, como é o caso do estuário do rio Emboraí Velho (Sousa et al., 2013; Barros et al., 2019). Neste contexto, este estudo visa avaliar as variações espaciais e temporais da dinâmica da comunidade mesozooplânctônica do estuário do rio Emboraí Velho, de modo a compreender se os efeitos das flutuações pluviométricas sobre sua composição e distribuição espaço-temporal são similares aos observados em outros estuários amazônicos. Estas informações podem constituir um importante instrumento para determinação das interações tróficas existentes neste ecossistema e permitirão a ampliação do conhecimento sobre o papel destes organismos nas redes alimentares pelágicas costeiras amazônicas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

A Zona Costeira Amazônica Brasileira (ZCAB) apresenta uma configuração irregular e bastante recortada por estuários, com aproximadamente 2.500 km de extensão, indo desde a baía do Marajó, no estado do Pará, até a Ponta do Tubarão, na baía de São José, no estado do Maranhão (M. Santos et al., 2008; Pereira et al., 2010; Goes et al., 2014). Apresenta características hidrológicas e hidrodinâmicas únicas (Souza Filho et al., 2003;

Krumme & Liang, 2004), compreendendo a maior faixa contínua de manguezais do mundo, com cerca de 56,6% dos manguezais brasileiros, dos quais 2.177 km<sup>2</sup> estão localizados no estado do Pará (Souza Filho, 2005).

O regime de macromarés semidiurnas é característico da região, dominando o litoral amazônico e, conseqüentemente, os estuários da região (Krumme & Liang, 2004; Souza Filho, 2005; Pereira et al., 2010), favorecendo a inundação das áreas mais elevadas dos manguezais a cada duas semanas, durante as marés de sizígia, carreando, assim, partículas orgânicas, inorgânicas e solutos para o interior destes ambientes (Pereira et al., 2010; Monteiro et al., 2016).

O clima predominante da região é o equatorial quente e úmido, com temperaturas médias anuais estáveis em torno de 25 °C e 27 °C e elevada umidade relativa do ar, entre 80% e 91% (INMET, 2020). Normalmente, esta região apresenta duas estações bem definidas ao longo do ano: a estação chuvosa, estendendo-se de janeiro a julho, e a estação menos chuvosa, de agosto a dezembro (Moraes et al., 2005; INMET, 2020), com precipitações médias anuais em torno de 2.450 mm (INMET, 2020).

O estuário do rio Emboraí Velho está localizado na costa amazônica oriental (Figura 1), na vila de Nova Olinda, que pertence ao município de Augusto Corrêa (SEPOF/Pará, 2008). Este estuário, centrado nas coordenadas 0° 52' 54" S e 46° 26' 54" W, drena parte do sistema de manguezais da Costa do Urumajó, Área de Proteção Ambiental (APA) Costa do Urumajó, possuindo uma hidrografia característica, com amplas baías litorâneas (Sousa et al., 2013).

Na comunidade de Nova Olinda, está instalada a Associação de Agricultores e Aquicultores de Nova Olinda (AGROMAR) desde 2014, sendo que a área de ostreicultura é uma das maiores da região (SECULT, 2021). Neste entorno, a comunidade local utiliza esta atividade como fonte de renda para diversas famílias, sendo a ostra cultivada nativa, o que representa um diferencial em comparação com outras regiões do Brasil.

## PRECIPITAÇÃO

Os dados de precipitação foram cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), provenientes da estação meteorológica de Tracuateua (01° 06' 00" S e 46° 87' 00" W), situada a 56 km da vila de Nova Olinda, no estado do Pará.

## PROCEDIMENTOS DE CAMPO

As amostras de água e de plâncton foram coletadas em janeiro, abril, agosto e novembro de 2018 e abril, setembro e dezembro de 2019, totalizando 126 amostras. As coletas foram realizadas em períodos regulares de três horas, durante um ciclo nictemeral (25 horas; total de nove amostras por estação), em marés de sizígia, em duas estações fixas de amostragem (E1: 46° 26' 51,14" W e 1° 03' 16,37" S; E2: 46° 26' 33,13" W e 1° 2' 25,89" S), sendo a mais interna (E1) localizada no trecho estuarino onde há o cultivo de ostras e a mais externa (E2) próxima à desembocadura do estuário (Figura 1).

As amostragens do mesozooplâncton foram realizadas através de arrastos horizontais na camada subsuperficial da coluna d'água, com o auxílio de redes de plâncton cônicas com 50 cm de diâmetro de boca e abertura de malha de 200  $\mu\text{m}$ , equipada com fluxômetro mecânico (General Oceanics 2030R) para estimar o volume de água filtrada pela rede. Os arrastos, com duração de aproximadamente três minutos, foram realizados com o auxílio de embarcações a motor que se deslocaram a uma velocidade aproximada de 1,5 nós.

As variáveis físicas e químicas da água (salinidade, temperatura, concentrações de oxigênio dissolvido - OD e turbidez) foram medidas *in situ*, em intervalos médios de dez minutos, usando-se para tal sensores de condutividade, temperatura, profundidade e oxigênio dissolvido (CTDO's) (RBRmaestro) com sensores de turbidez da mesma marca, fundeados por um período de 25 h. Adicionalmente, amostras subsuperficiais de água (500 mL) foram coletadas em intervalos de três horas, com uma garrafa oceanográfica

de Niskin (*General Oceanics*) para a determinação, em laboratório, das seguintes variáveis: pH, concentrações de nutrientes dissolvidos (nitrito- $\text{NO}_2^-$ , nitrato- $\text{NO}_3^-$ , fosfato- $\text{PO}_4^{3-}$ , silicato- $\text{SiO}_3$ , nitrogênio total - NT e fósforo total - PT) e de clorofila-a (biomassa fitoplanctônica).

## PROCEDIMENTOS EM LABORATÓRIO

As amostras de água coletadas para a determinação das concentrações de nutrientes dissolvidos e clorofila-a foram filtradas em bomba de vácuo, utilizando-se para tal filtros de fibra de vidro (Macherey-Nagel GF/F 0.7  $\mu\text{m}$ , 47 mm). Após este processo, a água filtrada e os filtros foram congelados para posterior análise. As concentrações dos nutrientes dissolvidos ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , silicato- $\text{SiO}_3$ , NT e PT) foram determinadas por espectrofotometria, seguindo os procedimentos descritos por Strickland & Parsons (1972) e Grasshoff et al. (1983). A clorofila-a foi

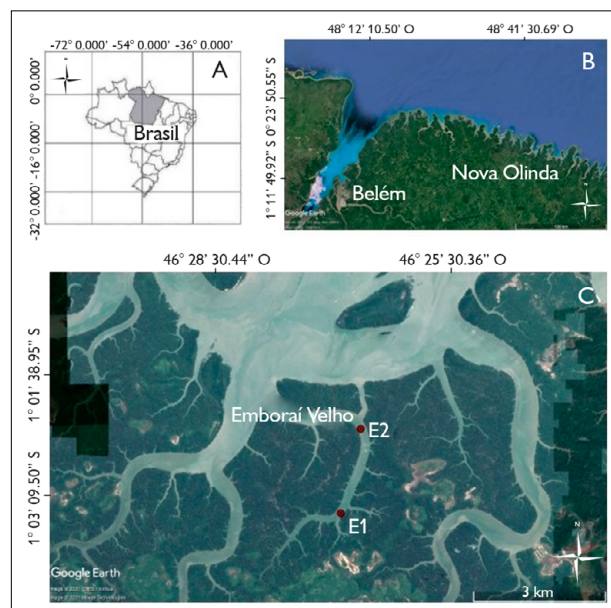


Figura 1. A) Mapa do Brasil; B) nordeste do Pará; e C) localização geográfica do estuário do rio Emborai Velho (costa amazônica brasileira) com as duas estações fixas de coleta, sendo E1 a estação superior e E2 a estação inferior do estuário.

Figure 1. A) Map of Brazil; B) Northeast of Pará; and C) geographic location of the estuary of the Emborai Velho River (Brazilian Amazonian coast) with two fixed collection stations, E1 being the upper station and E2 the lower station of the estuary.

extraída com acetona 90% (v.v.) e suas concentrações foram determinadas espectrofotometricamente, segundo Parsons & Strickland (1963) e UNESCO (1966).

As amostras contendo os organismos zooplânctônicos fixados foram lavadas com água destilada para a remoção da formalina e, em seguida, divididas em alíquotas, com um subamostrador tipo Folsom para a obtenção de subamostras contendo, no mínimo, 300 indivíduos. Os espécimes presentes nestas subamostras foram identificados (Björnberg, 1981; Bradford-Grieve et al., 1999), classificados taxonomicamente (WoRMS, 2020) e contados em placas de Petri quadriculadas com o auxílio de um microscópio estereoscópico Zeiss Modelo Stemi 2000.

Os dados quantitativos obtidos para cada amostra foram utilizados para calcular a densidade ( $\text{ind.m}^{-3}$ ), a abundância relativa (%) e a frequência de ocorrência, bem como a riqueza (número de espécies presentes na amostra) e os índices ecológicos de diversidade (Shannon, 1948) e equitabilidade (Pielou, 1969), os quais foram calculados utilizando-se o programa estatístico PRIMER-6, de acordo com Clarke et al. (2014).

## ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para identificar padrões de alteração das variáveis hidrológicas e biológicas em relação às estações amostradas (E1 e E2) e períodos sazonais (seco e chuvoso), testes prévios de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade de variâncias (Levene) foram aplicados. Quando os dados não foram normais, foram realizadas as transformações  $\log(x + 1)$  para atingir uma distribuição quase normal. O teste não paramétrico de Mann-Whitney ( $U$ ) ( $p < 0,05$ ) foi utilizado para dados não normais (Zar, 1999). Todas as análises foram realizadas com o *software* Statistica® V8 (StatSoft, 2001).

Análises de variância (ANOVA *two-way*,  $p < 0,05$ ) foram utilizadas para comparar os dados hidrológicos e biológicos em escala temporal (períodos de maré, ciclo circadiano, mensal, sazonal e interanual) e espacial (estações de amostragem). A interação entre os fatores foi também

levada em consideração nas referidas análises. O teste de Fisher-LSD (*Least Significant Difference Method*) foi utilizado como método de comparação das médias *a posteriori* sempre que foram registradas diferenças significativas através das análises de variâncias. Para estas análises, adotou-se o nível de significância de  $p < 0,05$  (Underwood, 1997; Zar, 1999), sendo as mesmas realizadas com o auxílio do *software* Statistica® V8 (StatSoft, 2001).

Por fim, uma análise de correspondência canônica (ACC) foi utilizada para explorar as relações existentes entre a abundância das espécies e as variáveis ambientais. Para esta análise, apenas os *taxa* com abundância superior a 25% em pelo menos uma amostra foram considerados. A significância geral da ordenação e a significância do primeiro eixo foram testadas com um teste de permutação de Monte Carlo ( $p < 0,05$ ), utilizando-se permutações irrestritas. Essas análises foram realizadas por meio do *software* Canoco 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 2002).

## RESULTADOS

As variáveis hidrológicas (salinidade, temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato, fosfato, silicato, nitrogênio total e fósforo total) e biológicas (diversidade, equitabilidade, riqueza e concentrações de clorofila-*a*) foram agrupadas (média  $\pm$  desvio padrão) e analisadas em escala temporal (diária, mensal, sazonal e interanual) e espacial (Tabela 1).

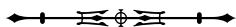
## PRECIPITAÇÃO

De acordo com os dados obtidos do INMET, a precipitação média histórica anual entre 1985 e 2019 foi de 2.471,6 mm. Durante os anos de estudo, observou-se que 2019 foi bastante chuvoso, apresentando uma precipitação total de 3.512 mm, valores estes mais elevados do que os observados em 2018 (2.509,5 mm) e para a média histórica (Figura 2A), com 17,74% da precipitação correspondendo ao mês de abril (623 mm) e apenas 2,31% a setembro e dezembro (81,4 mm).

Tabela 1. Resumo da análise estatística univariada para a densidade ( $\text{ind.m}^{-3}$ ) dos principais grupos de organismos e de variáveis hidrológicas no estuário do rio Emborá Velho, nordeste do Pará. As diferenças temporais (mensais, sazonais e interanuais), espaciais (estações de amostragem) bem como entre os ciclos circadianos (dia e noite) foram determinadas por meios dos testes de ANOVA (*one-way*), Mann-Whitney e Kruskal-Wallis. Os traços contínuos representam a inexistência de diferença significativa entre os fatores e os descontínuos identificam as diferenças obtidas. O \* representa onde foram observadas as maiores diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Legenda: n.s = não significativo.

Table 1. Summary of univariate statistical analysis for density ( $\text{ind.m}^{-3}$ ) of the main groups of organisms and hydrological variables in the estuary of the Emborá Velho River, northeast Pará. Temporal (monthly, seasonal and interannual) and spatial (sampling stations) differences, as well as between circadian cycles (day and night) were determined by means of ANOVA (*one-way*), Mann-Whitney and Kruskal-Wallis tests. The continuous lines represent the inexistence of significant difference between the factors and the discontinuous ones identify the obtained differences. The "\*" represents where the greatest significant differences were observed ( $p < 0.05$ ).

| Variáveis                             | Ciclo circadiano  | Espacial          | Sazonal              | Mensal                                       | Anual             |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--|-------------------|
| Salinidade                            | n.s               | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | nov dez <u>jan ago abr2018 set abr2019 *</u> | <u>2018/2019*</u> |
| Temperatura                           | n.s               | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | dez nov <u>ago jan abr2018 set abr2019 *</u> | n.s               |
| pH                                    | n.s               | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | abr2018 nov set abr2019 <u>dez ago jan *</u> | n.s               |
| Oxigênio dissolvido                   | <u>Dia/Noite*</u> | <u>Dia/Noite*</u> | n.s                  | dez abr2019 jan abr2018 ago nov set *        | <u>2018/2019*</u> |
| Turbidez                              | <u>Dia/Noite*</u> | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | abr2019 abr2018 nov jan set dez ago *        | n.s               |
| Nitrito                               | n.s               | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | ago set dez nov jan abr2018 <u>abr2019 *</u> | <u>2018/2019*</u> |
| Nitrato                               | n.s               | <u>E1/E2*</u>     | <u>Chuvoso/Seco*</u> | jan ago dez set abr2018 nov <u>abr2019 *</u> | n.s               |
| Fosfato                               | n.s               | <u>E1/E2*</u>     | <u>Chuvoso/Seco*</u> | set jan ago dez <u>abr2018 nov abr2019 *</u> | n.s               |
| Silicato                              | n.s               | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | jan ago set dez abr2018 nov <u>abr2019 *</u> | <u>2018/2019*</u> |
| NT                                    | n.s               | n.s               | n.s                  | abr2019 dez abr2018 set <u>ago nov jan *</u> | <u>2018/2019*</u> |
| PT                                    | n.s               | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | abr2018 nov jan abr2019 dez ago set *        | <u>2018/2019*</u> |
| Clorofila-a                           | <u>Dia/Noite*</u> | n.s               | n.s                  | n.s  | <u>2018/2019*</u> |
| Mesozooplâncton Total                 | <u>Dia/Noite*</u> | n.s               | n.s                  | dez jan abr2018 ago nov abr2019 set *        | n.s               |
| <i>A. lilljeborgii</i>                | <u>Dia/Noite*</u> | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | abr2018 jan ago nov abr2019 set dez *        | <u>2018/2019*</u> |
| <i>P. richardi</i>                    | <u>Dia/Noite*</u> | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | set dez jan ago nov abr2018 <u>abr2019 *</u> | n.s               |
| Copepoditos de <i>Acartia</i>         | <u>Dia/Noite*</u> | n.s               | n.s                  | jan abr2018 dez nov ago set abr2019 *        | <u>2018/2019*</u> |
| Copepoditos de <i>Pseudodiaptomus</i> | <u>Dia/Noite*</u> | <u>E1/E2*</u>     | <u>Chuvoso/Seco*</u> | dez jan ago nov set abr2018 <u>abr2019 *</u> | n.s               |
| <i>E. acutifrons</i>                  | n.s               | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | jan ago nov set dez <u>abr2018 abr2019 *</u> | n.s               |
| <i>O. dioica</i>                      | n.s               | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | abr2019 abr2018 dez jan ago nov set *        | <u>2018/2019*</u> |
| Larvas de Gastropoda                  | <u>Dia/Noite*</u> | n.s               | <u>Chuvoso/Seco*</u> | abr2019 abr2018 dez jan ago nov set *        | n.s               |
| Riqueza                               | n.s               | <u>E1/E2*</u>     | n.s                  | abr2018 set ago abr2018 nov dez jan *        | <u>2018/2019*</u> |
| Diversidade                           | n.s               | n.s               | n.s                  | abr2018 nov dez jan ago abr2019 set *        | <u>2018/2019*</u> |
| Equitabilidade                        | n.s               | <u>E1/E2*</u>     | n.s                  | abr2018 nov dez jan ago abr2019 set *        | n.s               |



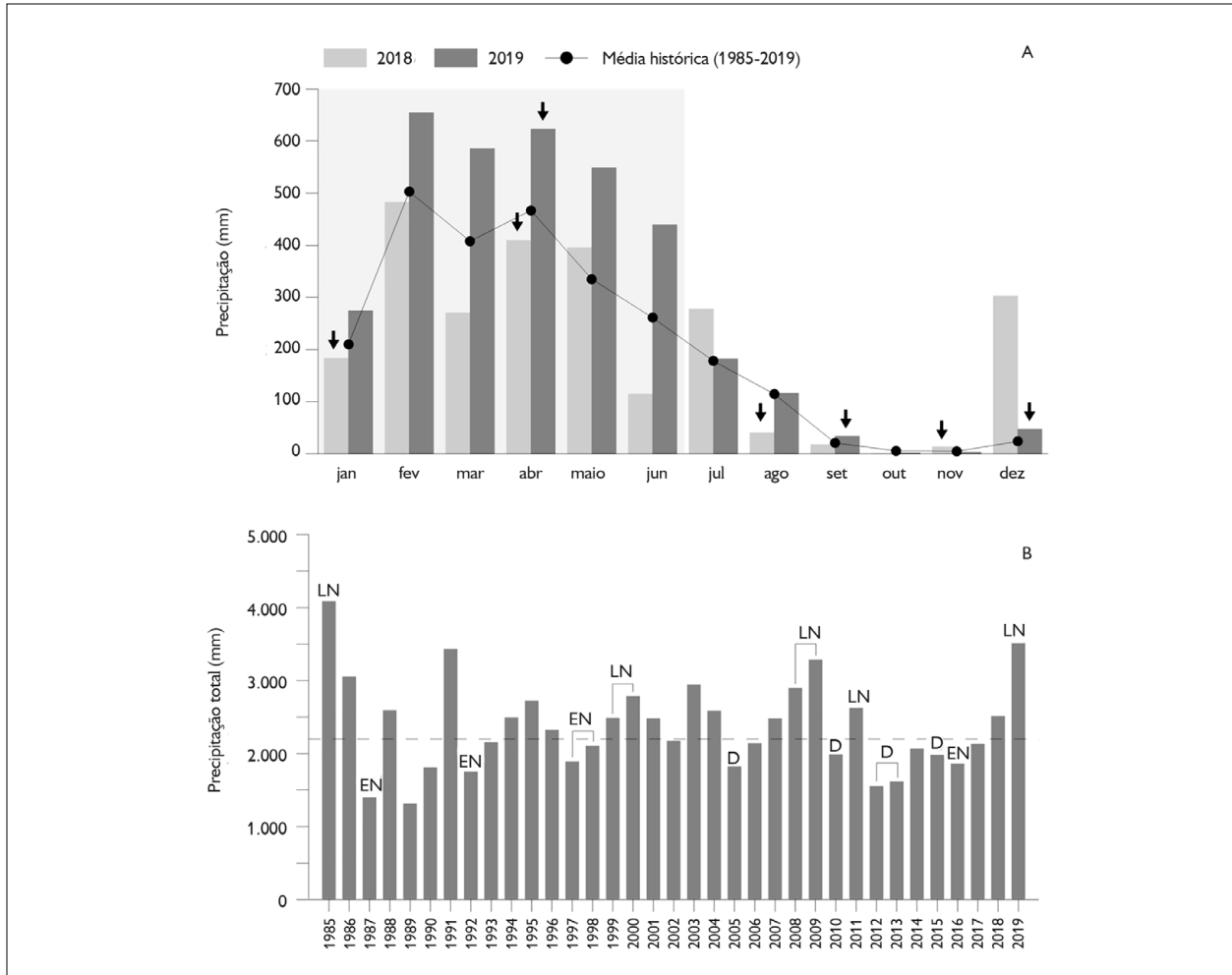


Figura 2. Precipitação dos anos 2018 e 2019, com média histórica entre 1985 e 2019 (A) e média histórica do mesmo período mostrando os eventos climáticos de El Niño (EN), La Niña (LN) e seca ('Drought' - D) extrema (B). Em (A), as setas negras representam os meses em que houve coleta de dados, e a área marcada em cinza representa o período chuvoso.

Figure 2. Precipitation for the years 2018 and 2019 with historical average between 1985 and 2019 (A) and historical average for the same period showing the weather events of El Niño (EN), La Niña (LN) and drought ('Drought' - D) extreme (B). In (A), the black arrows represent the months in which data was collected, and the area marked in gray represents the rainy season.

Em dezembro de 2018, a precipitação alcançou 302 mm, valores estes explicados pela influência do evento La Niña, observado em 2018 (Figura 2B).

### VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

A salinidade apresentou diferenças significativas mensais ( $H = 102,64; p < 0,05$ ), sazonais ( $U = 1.233,00; p < 0,05$ ) e anuais ( $U = 1226,00; p < 0,05$ ), com valores médios

variando entre  $3,38 \pm 0,35$  em abril/2019, na estação E2, e  $32,49 \pm 3,41$  em novembro/2018, na estação E1 (Figura 3A e Tabela 1). Em relação à temperatura, esta apresentou diferenças significativas sazonais ( $F = 181,00; p < 0,05$ ) e mensais ( $H = 103,74; p < 0,05$ ), oscilando entre  $27,58 \pm 0,12$  °C em abril/2019 e  $29,05 \pm 0,16$  °C em dezembro/2019, ambos valores obtidos na estação E2 (Figura 3B e Tabela 1).

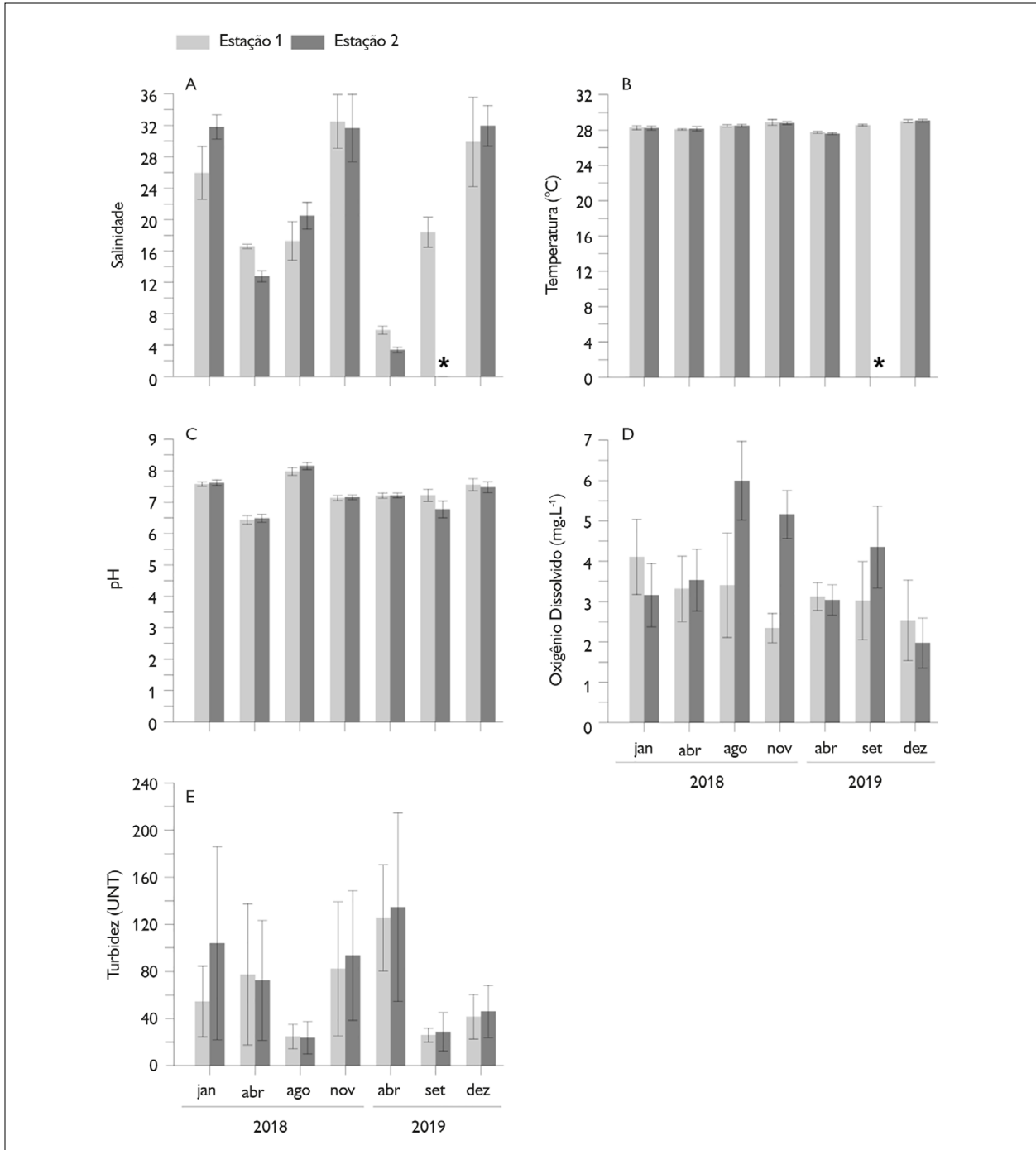


Figura 3. Variações espaciais e temporais médias ( $\pm$  DP) das variáveis hidrológicas mensuradas no estuário do rio Emboráí Velho, nordeste do Pará, durante o período estudado. O símbolo \* indica ausência de dados por problemas no equipamento durante a coleta. Notar diferenças de escalas.

Figure 3. Mean spatial and temporal variations ( $\pm$  SD) of the hydrological variables measured in the estuary of the Emboráí Velho River, northeast of Pará, during the period studied. The symbol \* indicates absence of data due to equipment problems during collection. Note differences in scales.



Para o pH, observou-se diferenças significativas mensais ( $H = 110,92$ ;  $p < 0,05$ ) e sazonais ( $F = 28,28$ ;  $p < 0,05$ ), com valores que foram de levemente ácidos ( $6,43 \pm 0,14$ ) em abril/2018, na estação E1, a alcalinos ( $8,12 \pm 0,11$ ) em agosto/2018, na estação E2 (Figura 3C e Tabela 1). Diferenças significativas mensais ( $H = 102,64$ ;  $p < 0,05$ ) e anuais ( $U = 1206,00$ ;  $p < 0,05$ ) foram observadas para as concentrações de oxigênio dissolvido, com valores médios variando entre  $1,97 \pm 0,62 \text{ mg.L}^{-1}$  em dezembro/2019, na estação E2, e  $6,00 \pm 0,98 \text{ mg.L}^{-1}$  em agosto/2018, na estação E2 (Figura 3D e Tabela 1). Para esta variável, foram também observadas variações espaciais com valores mais elevados na estação E2 ( $U = 1324,50$ ;  $p < 0,05$ ).

A turbidez, por sua vez, apresentou diferenças mensais ( $H = 26,65$ ;  $p < 0,05$ ) e durante o ciclo circadiano (Tabela 1). Seus valores médios oscilaram entre  $23,63 \pm 13,83 \text{ UNT}$  em agosto/2018, na estação E2, e  $134,58 \pm 80,0 \text{ UNT}$ , em abril/2019, também na estação E2 (Figura 3E e Tabela 1).

Em relação aos nutrientes inorgânicos dissolvidos, as concentrações de nitrito apresentaram diferenças significativas mensais ( $H = 58,99$ ;  $p < 0,05$ ), sazonais ( $U = 1423,00$ ;  $p < 0,05$ ) e anuais ( $U = 1511,50$ ;  $p < 0,05$ ), com valores médios mínimos ( $0,36 \pm 0,22 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) observados em agosto/2018, na estação E2, e máximos ( $2,08 \pm 0,49 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) em janeiro/2018, na estação E1 (Figura 4A e Tabela 1). Padrão similar foi observado para o nitrato, cujas concentrações apresentaram diferenças mensais ( $H = 104,22$ ;  $p < 0,05$ ) e sazonais ( $F = 273,31$ ;  $p < 0,05$ ) significativas, com valores médios entre  $1,22 \pm 1,09 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  em agosto/2018, na estação E1, e  $14,43 \pm 2,97 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  em abril/2019, na estação E1 (Figura 4B e Tabela 1).

O fosfato, por sua vez, apresentou diferenças significativas mensais ( $F = 10,48$ ;  $p < 0,05$ ) e sazonais ( $U = 1425,00$ ;  $p < 0,05$ ), com valores médios oscilando de  $0,44 \pm 0,11 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  em abril/2019, na estação E2, a  $1,25 \pm 0,36 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  em setembro/2019, na estação E1

(Figura 4C e Tabela 1). Espacialmente, foram observados valores mais elevados na estação E1 ( $F = 8,44$ ;  $p < 0,05$ ). O silicato apresentou comportamento análogo ao fosfato, com diferenças significativas mensais ( $H = 67,82$ ;  $p < 0,05$ ) e anuais ( $U = 1503,50$ ;  $p < 0,05$ ), com valores médios que variaram de  $11,18 \pm 3,86 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  em abril/2019 a  $46,32 \pm 27,20 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  em dezembro/2019, ambos na estação E1 (Figura 4D e Tabela 1). No que concerne à análise espacial, estes valores foram mais elevados na estação E1 ( $F = 5,49$ ;  $p < 0,05$ ).

Em relação ao nitrogênio total, este apresentou diferenças significativas mensais ( $H = 73,34$ ;  $p < 0,05$ ) e anuais ( $U = 522,00$ ;  $p < 0,05$ ) em suas concentrações, com médias que variaram entre  $15,31 \pm 6,89 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  em abril/2019 e  $83,67 \pm 14,58 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  em janeiro/2018, ambos valores observados na estação E2 (Figura 4E e Tabela 1). Padrão similar foi observado para o fósforo total, o qual apresentou diferenças significativas mensais ( $F = 12,11$ ;  $p < 0,05$ ), sazonais ( $U = 1239,50$ ;  $p < 0,05$ ) e anuais ( $U = 1167,50$ ;  $p < 0,05$ ), com valores médios oscilando entre  $0,55 \pm 0,15 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  em abril/2018, na estação E2, e  $1,70 \pm 0,49 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  em setembro/2019, na estação E1 (Figura 4F e Tabela 1). Para esta variável, os valores mais elevados ( $F = 5,02$ ;  $p < 0,05$ ) foram observados na estação E1.

As concentrações de clorofila-a, por sua vez, apresentaram diferenças circadianas (Tabela 1) e anuais ( $F = 5,72$ ;  $p < 0,05$ ), com valores médios observados entre  $7,00 \pm 4,12 \text{ mg.m}^{-3}$  em abril/2019, na estação E2, e  $15,04 \pm 6,21 \text{ mg.m}^{-3}$  em janeiro/2018, na estação E1 (Figura 5).

## MESOOZOOPLÂNCTON

Dentre os organismos identificados, foram registradas 21 espécies pertencentes aos filos Sarcomastigophora, Annelida, Cnidaria, Mollusca, Echinodermata, Arthropoda, Chaetognatha e Chordata, com a maior quantidade de espécies e grupos

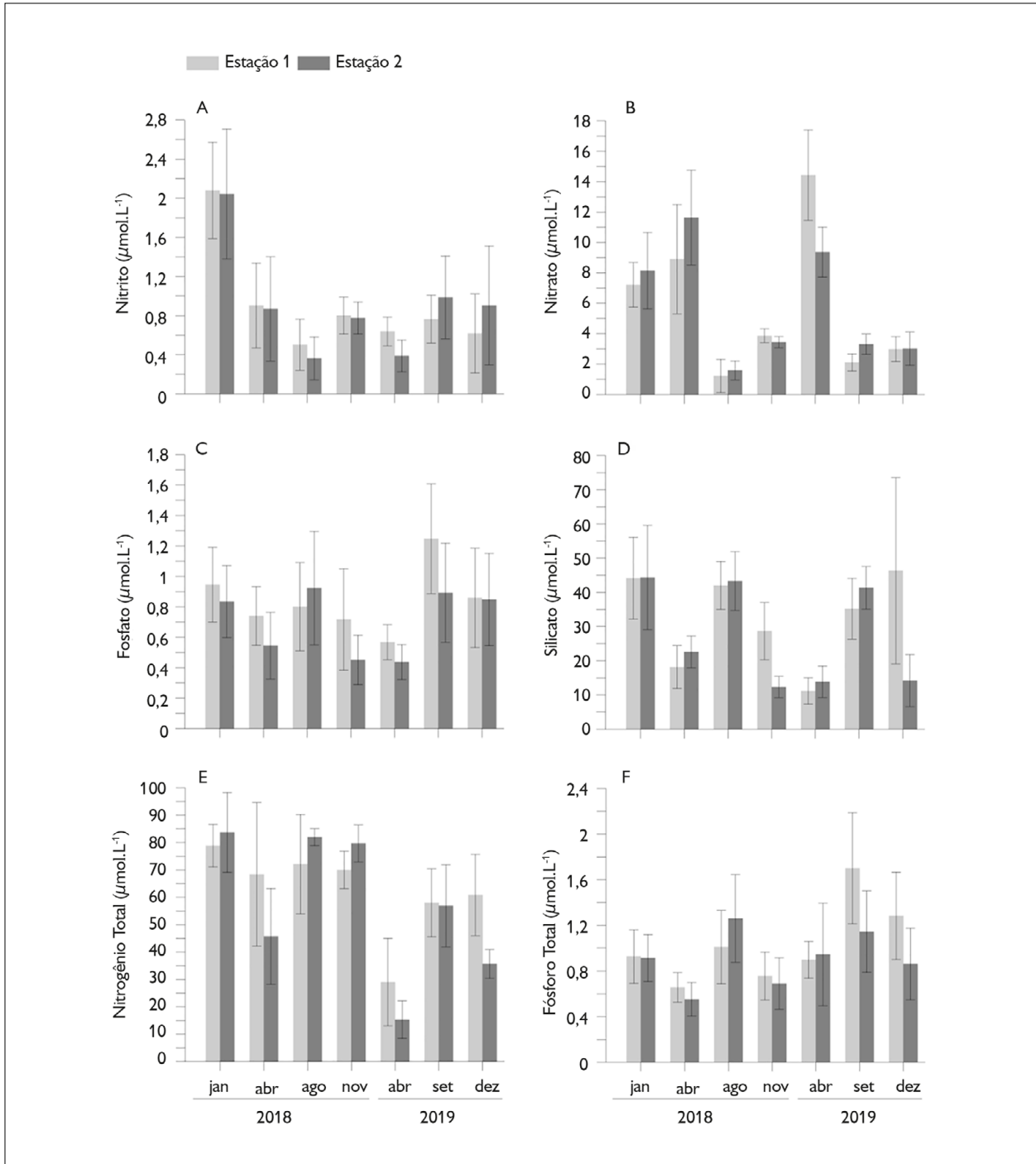
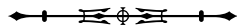


Figura 4. Variações espaciais e temporais médias ( $\pm$  DP) dos valores médios dos nutrientes inorgânicos dissolvidos no estuário do rio Emboráí Velho, nordeste do Pará, durante o período estudado. Notar diferenças de escalas.

Figure 4. Mean spatial and temporal variations ( $\pm$  SD) of the mean values of dissolved inorganic nutrients in the estuary of the Emboráí Velho River, northeast of Pará, during the period studied. Note differences in scales.



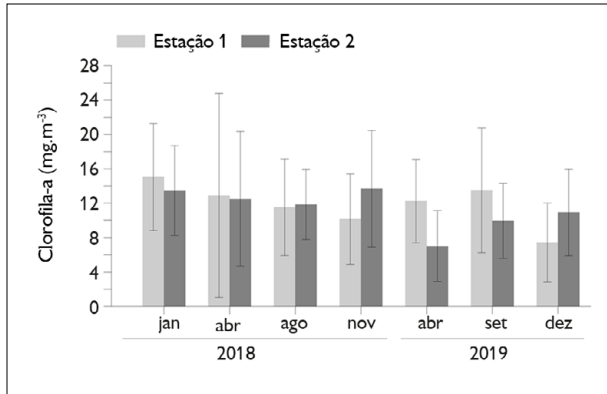


Figura 5. Variação temporal média ( $\pm$ DP) dos valores médios de clorofila-a observados no estuário do rio Emborai Velho, nordeste do Pará, durante o período estudado.

Figure 5. Mean temporal variation ( $\pm$ SD) of the mean values of chlorophyll-a observed in the estuary of the Emborai Velho River, northeast of Pará, during the period studied.

representados pelo filo Arthropoda (Apêndices 1 e 2). O estuário do rio Emborai Velho foi temporalmente ( $H = 22,42$ ;  $p < 0,05$ ) heterogêneo no que diz respeito à densidade mesozooplancônica mensal total e ao ciclo circadiano (Tabela 1), com valores que oscilaram entre  $261,14 \pm 240,21 \text{ ind.m}^{-3}$  em dezembro/2019 e  $10.328,7 \pm 15.465,9 \text{ ind.m}^{-3}$  em setembro/2019, ambos obtidos na estação E2 (Figura 6A).

Dentre os organismos identificados, destacaram-se: *Acartia lilljeborgii* (Giesbrecht, 1889), *Pseudodiaptomus richardi* (Dahl F., 1894), copepoditos de *Acartia*, copepoditos de *Pseudodiaptomus*, pertencentes à ordem Calanoida (Copepoda); *Euterpina acutifrons* (Dana, 1847), pertencente à ordem Harpacticoida (Copepoda); *Oikopleura (Vexillaria) dioica* (Fol, 1872) (Chordata), pertencente à ordem Copelata (Tunicata); e larvas de Gastropoda (Mollusca).

A espécie *A. lilljeborgii* apresentou diferenças significativas mensais ( $F = 14,64$ ;  $p < 0,05$ ), sazonais ( $U = 1218,00$ ;  $p < 0,05$ ) e anuais ( $F = 20,03$ ;  $p < 0,05$ ) em sua densidade, com valores médios oscilando entre  $39,50 \pm 51,80 \text{ ind.m}^{-3}$  em abril/2018, na estação E2, e  $2.708,07 \pm 4.955,55 \text{ ind.m}^{-3}$ , em novembro/2018, também na estação E2 (Figura 6B e Tabela 1). Para esta

espécie, foram observados elevados valores de abundância relativa (54,05%) em janeiro/2018, na estação E1 (Figura 7). A espécie *P. richardi*, por outro lado, apresentou diferenças mensais ( $H = 70,88$ ;  $p < 0,05$ ) e sazonais ( $U = 973,50$ ;  $p < 0,05$ ), com valores médios de densidade que oscilaram de  $1,31 \pm 2,72 \text{ ind.m}^{-3}$  em setembro/2019, na estação E1, a  $1.097,31 \pm 1.903,50 \text{ ind.m}^{-3}$  em abril/2019, na estação E2 (Figura 6C e Tabela 1). Esta espécie contribuiu com cerca de 21% da contribuição relativa em abril/2018, na estação E2 (Figura 7).

Para os copepoditos de *Acartia*, observou-se diferenças significativas mensais ( $H = 27,78$ ;  $p < 0,05$ ) e anuais ( $F = 5,752$ ;  $p < 0,05$ ), com densidades médias oscilando entre  $58,93 \pm 58,78 \text{ ind.m}^{-3}$ , em dezembro/2019, na estação E2, e  $15.481,49 \pm 45.094,34 \text{ ind.m}^{-3}$  em abril/2019, na estação E2 (Figura 6D e Tabela 1). Para estes organismos, foram registradas também variações espaciais significativas ( $F = 5,30$ ;  $p < 0,05$ ), com valores mais elevados em agosto/2018, na estação E2. Estes organismos apresentaram abundância relativa de 34,64% (Figura 7).

Os copepoditos de *Pseudodiaptomus*, por sua vez, apresentaram diferenças significativas mensais ( $H = 47,44$ ;  $p < 0,05$ ) e sazonais ( $U = 1112,00$ ;  $p < 0,05$ ), com densidades médias que variaram de  $0,11 \pm 0,29 \text{ ind.m}^{-3}$  em dezembro/2019 e  $830,23 \pm 1.588,92 \text{ ind.m}^{-3}$  em abril/2019, ambos valores obtidos na estação E2 (Figura 6E e Tabela 1), contribuindo com mais de 18% da abundância relativa na estação E1, em abril/2019 (Figura 7).

Padrão similar foi observado para *Euterpina acutifrons*, a qual apresentou diferenças significativas mensais ( $H = 73,161$ ;  $p < 0,05$ ) e sazonais ( $F = 24,15$ ;  $p < 0,05$ ), apresentando valores médios de densidade entre  $0,20 \pm 0,50 \text{ ind.m}^{-3}$ , em abril/2018, na estação E2, e  $339,25 \pm 677,62 \text{ ind.m}^{-3}$ , em novembro/2018, na estação E1 (Figura 6F e Tabela 1). Esta espécie apresentou abundância relativa de apenas 4,21%, valor este obtido em novembro/2018 (Figura 7), na estação E1.

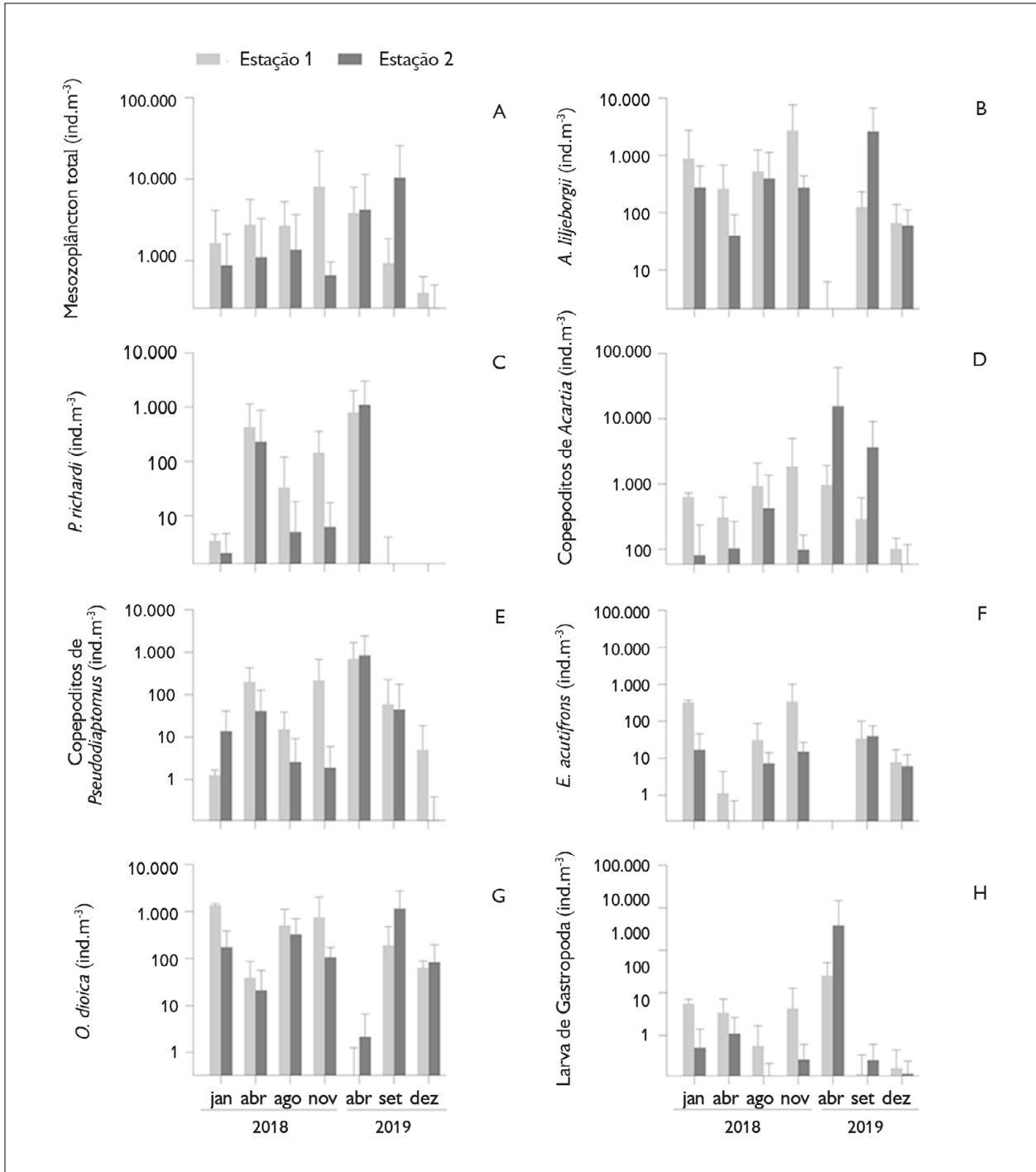


Figura 6. Variações espaciais e temporais médias (+ DP) do Log de densidade do mesozooplâncton total e dos principais grupos e espécies mensurados no estuário do rio Emborai Velho, nordeste do Pará, durante o período estudado. Notar diferenças de escalas.

Figure 6. Mean spatial and temporal variations (+SD) of the log of density of total mesozooplankton and of the main groups and species measured in the estuary of the Emborai Velho River, northeast of Pará, during the period studied. Note differences in scales.

Outra espécie característica de ambientes marinhos é a *Oikopleura (Vexillaria) dioica*, única espécie, além das pertencentes ao grupo dos copépodos, que apresentou diferenças significativas mensais ( $F = 27,14; p < 0,05$ ), sazonais ( $U = 785,00; p < 0,05$ ) e anuais ( $U = 1368,00; p < 0,05$ ),

com densidades médias que variaram de  $0,33 \pm 0,94 \text{ ind.m}^{-3}$ , em abril/2019, na estação E1, a  $1.349,81 \pm 115,50 \text{ ind.m}^{-3}$ , em janeiro/2018, na estação E1 (Figura 6G e Tabela 1). Esta espécie contribuiu com mais de 30% da abundância relativa em dezembro/2019 (Figura 7), na estação E2.

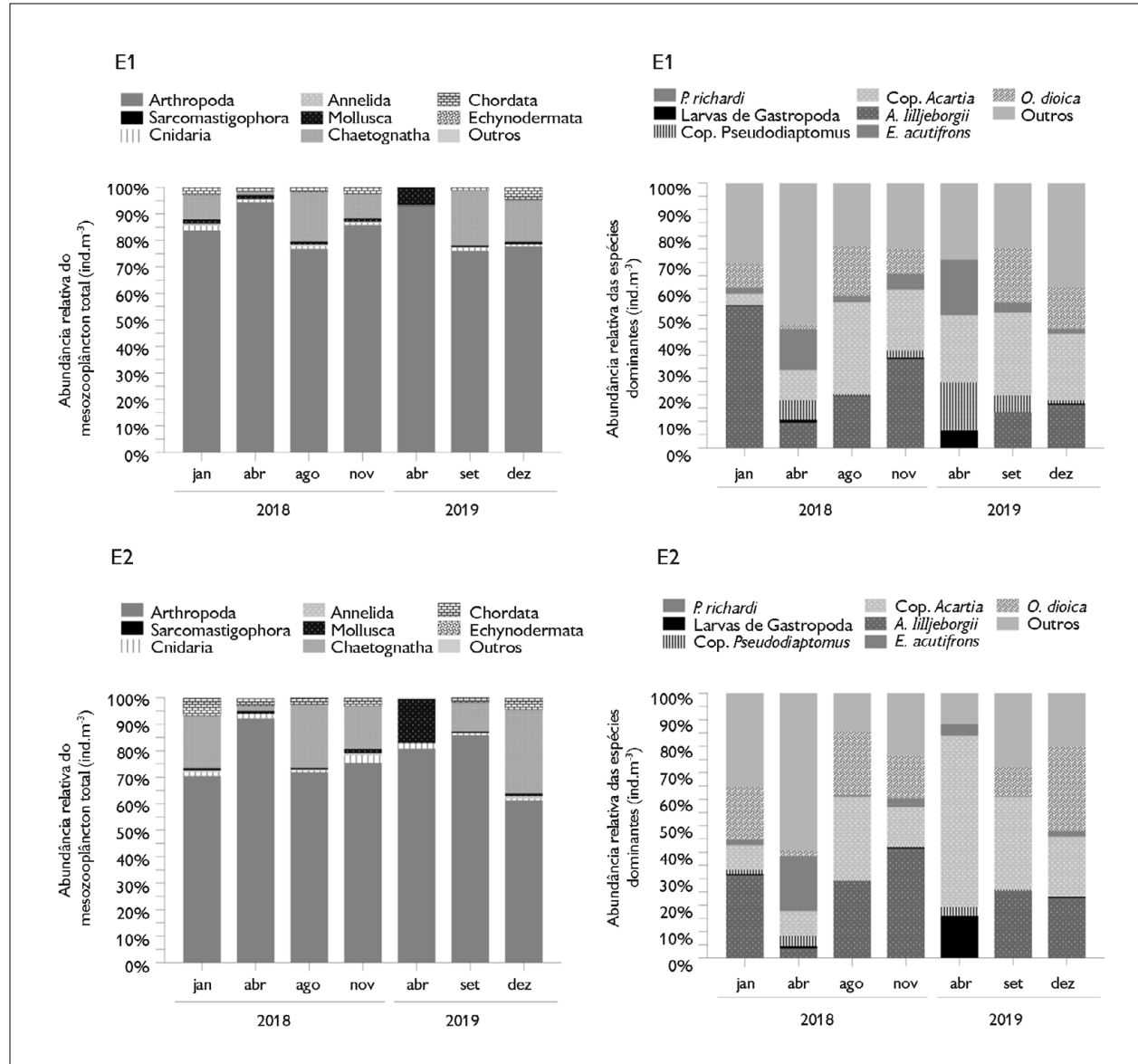


Figura 7. Variações espaciais e temporais da abundância relativa (%) dos principais grupos constituintes do mesozooplâncton e das principais espécies do estuário do rio Emborá Velho, nordeste do Pará, durante o período estudado.

Figure 7. Spatial and temporal variations of the relative abundance (%) of the main constituent groups of mesozooplankton and of the main species of the estuary of the Emborá Velho River, northeast of Pará, during the period studied.

Gastropoda foi a única classe de Mollusca que se destacou entre os grupos identificados, com suas larvas apresentando variações significativas mensais ( $H = 42,46$ ;  $p < 0,05$ ) e sazonais ( $U = 1098,50$ ;  $p < 0,05$ ), com valores de densidade que oscilaram de  $1,12 \pm 1,09$  ind.m<sup>-3</sup> em agosto/2018, na estação E2, a  $3.822,92 \pm 10.853,39$  ind.m<sup>-3</sup> em abril/2019, na estação E2 (Figura 6H e Tabela 1), com uma contribuição relativa de aproximadamente 16% em abril/2019 (Figura 7), na estação E2.

A riqueza das espécies apresentou diferenças significativas mensais ( $F = 6,85$ ;  $p < 0,05$ ) e anuais ( $F = 14,06$ ;  $p < 0,05$ ), com valores entre  $1,95 \pm 1,00$  em abril/2019, na estação E1, e  $4,45 \pm 1,21$  em janeiro/2018, na estação E2 (Figura 8A). Foram também observadas diferenças espaciais (Tabela 1), com valores significativamente mais elevados na estação E2.

A diversidade, por sua vez, apresentou diferenças significativas mensais ( $H = 34,12$ ;  $p < 0,05$ ) e anuais ( $U = 1380$ ;  $p < 0,05$ ), a qual variou entre  $1,50 \pm 0,36$  em agosto/2018, na estação E2, e  $2,20 \pm 0,20$  em abril/2018, na estação E1 (Figura 8B). Para a equitabilidade, foram constatadas diferenças mensais ( $H = 30,09$ ;  $p < 0,05$ ), com médias entre  $0,47 \pm 0,09$  em agosto/2018, na

estação E2, e  $0,72 \pm 0,07$  em abril/2018, na estação E1 (Figura 8C). Para este índice, foram também observadas variações espaciais significativas, com valores mais elevados na estação E1 (Tabela 1).

### ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (ACC)

Na ACC, o teste de Monte Carlo  $F$ -ratio mostrou que as variáveis hidrológicas e biológicas contribuíram de forma significativa para explicar a distribuição dos organismos do mesozooplâncton ( $p < 0,01$ ) (Apêndice 3).

Os dois primeiros eixos da ordenação explicaram 97,4% da variância associada às relações mesozooplâncton-ambiente. O primeiro eixo (69,5%) revelou uma separação dos meses do período seco e chuvoso (abril/2018 e abril/2019). Não obstante, o mês de janeiro/2018, embora constituinte do período chuvoso, se associou aos meses do período seco. O segundo eixo (27,9%), por sua vez, destacou as diferenças entre os meses de agosto/2018, setembro/2019 e dezembro/2019 em relação aos meses de janeiro e abril de 2018 (Figura 9).

No primeiro eixo, os táxons *Pseudodiptomus richardi*, larvas de Gastropoda, copepoditos de *Pseudodiptomus* e

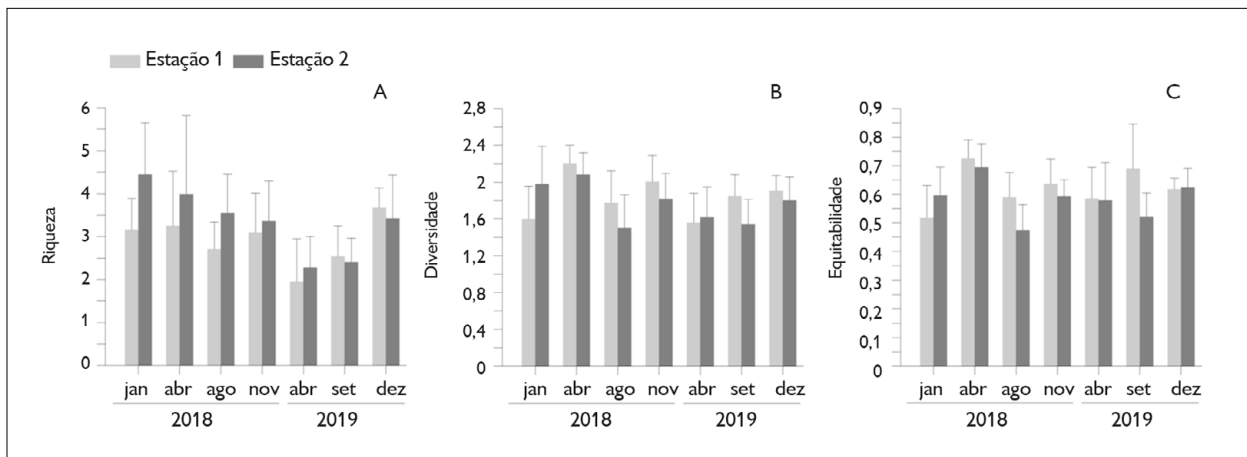


Figura 8. Variações temporais e espaciais médias (+ DP) dos índices ecológicos no estuário do rio Emborai Velho, nordeste do Pará, onde (A) corresponde à riqueza, (B) à diversidade e (C) à equitabilidade. Notar diferença de escalas.

Figure 8. Mean temporal and spatial variations (+ SD) of ecological indices in the estuary of the Emborai Velho River, northeast of Pará, where (A) corresponds to richness, (B) diversity and (C) equitability. Note the difference in scales.

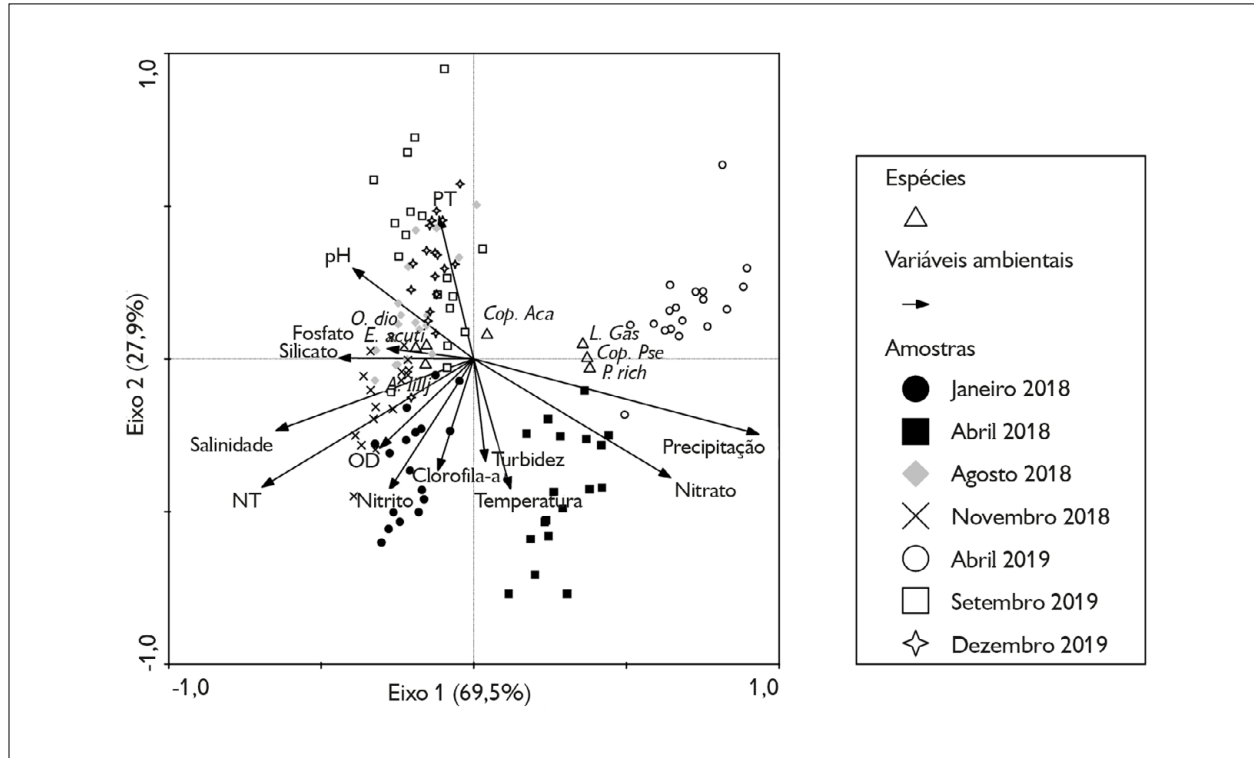


Figura 9. Diagrama de dispersão mensurada a partir da ACC durante os anos de estudo (2018 e 2019), aplicados às variáveis ambientais e às espécies dominantes no estuário do rio Emborai Velho, nordeste do Pará. Legendas: Cop. Aca = copepodito de *Acartia*; Cop. Pse = copepodito de *Pseudodiaptomus*; L. Gas = larvas de *Gastropoda*; P. rich = *Pseudodiaptomus richardi*; A. lil = *Acartia lilljeborgii*; E. acuti = *Euterpina acutifrons*; O. dio = *Oikopleura dioica*.

Figure 9. Scatter diagram measured from the Canonical Correspondence Analysis (CCA) during the years of study, applied to environmental variables and dominant taxa in the estuary of the Emborai Velho River, northeast Pará. Caption: Cop. Aca: Copepodites of *Acartia*; Cop. Pse: copepodites of *Pseudodiaptomus*; L. Gas: *Gastropoda* larvae; P. rich: *Pseudodiaptomus richardi*; A. lil: *Acartia lilljeborgii*; E. acu: *Euterpina acutifrons*; O. dio: *Oikopleura dioica*.

copepoditos de *Acartia* estiveram associados aos meses de maiores índices de precipitação (abril de 2018 e abril de 2019), período no qual foram observadas as menores temperatura, turbidez e concentrações de nitrato, sendo possível observar correlações negativas com salinidade, pH, silicato e fosfato. A dominância de *A. lilljeborgii*, *E. acutifrons* e *O. dioica*, por outro lado, foi favorecida por estas últimas variáveis, principalmente nos meses de agosto e novembro de 2018. No segundo eixo, as elevadas concentrações de fósforo total estiveram associadas principalmente ao mês de setembro de 2019, sendo possível observar alta correlação negativa com as concentrações de clorofila-a, turbidez e temperatura e, em segundo plano, com as concentrações

de OD e nitrito, os quais apresentaram forte correlação positiva com o mês de janeiro/2018.

## DISCUSSÃO

Na região amazônica, as variações pluviométricas estão associadas, em grande parte, ao deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que, no primeiro semestre do ano, se desloca em direção ao hemisfério sul, ocasionando aumento nos níveis de precipitação e na descarga de água doce dos rios locais nos meses de janeiro a julho. Na estação seca, por sua vez, verifica-se a migração da ZCIT em direção ao hemisfério norte, o que repercute nos baixos índices pluviométricos observados nos meses

de agosto a dezembro (Figueroa & Nobre, 1990; Marengo, 1995; ANA, 2020; INMET, 2020).

De acordo com os dados hidrológicos e biológicos obtidos nos anos de 2018 e 2019, o estuário do rio Emboráí Velho apresentou variações temporais (interanuais, circadianas, mensais e sazonais) e espaciais, decorrentes principalmente das oscilações nos níveis de precipitação sobre esta variável. Não obstante, características hidrológicas, morfológicas e morfodinâmicas particulares, tais como o reduzido influxo de água doce (Barros et al., 2019) e o fato de este estuário não desembocar diretamente no oceano Atlântico, o fazem diferir de diversos outros estuários da região (R. Costa et al., 2011; Magalhães et al., 2011, 2015).

A composição e a densidade do mesozooplâncton do estuário do rio Emboráí Velho apresentaram variações espaciais e sazonais significativas, muito embora tenham sido similares às observadas em outros estuários nos quais se observa o predomínio de organismos holoplanctônicos (Sterza & Fernandes, 2006; Howson et al., 2017; Rose et al., 2019, 2020), oriundos de águas estuarinas, costeiras e oceânicas, como observado previamente em outros ecossistemas costeiros e estuarinos da costa brasileira (Atique et al., 2017; Neumann-Leitão et al., 2018; Garcia et al., 2020).

Sarcomastigophora, Annelida, Cnidaria, Mollusca, Echinodermata, Arthropoda, Chaetognatha e Chordata, grupos comumente identificados em estuários amazônicos (K. Costa et al., 2008, 2018; Leite et al., 2009), estiveram entre os filos identificados durante o presente estudo. Dentre os táxons dominantes, destacaram-se: *Acartia lilljeborgii*, *Pseudodiaptomus richardi*, copepoditos de *Acartia*, copepoditos de *Pseudodiaptomus*, *Euterpina acutifrons*, *Oikopleura (Vexillaria) dioica* e larvas de Gastropoda. Geralmente, em ecossistemas estuarinos e marinhos, os copépodos representam cerca de 60 a 80% da comunidade mesozooplânctônica total (Eskinazi-Sant'Anna, 2000; R. Costa et al., 2011; Leite et al., 2016), sendo superados, no entanto, por larvas (meroplâncton) de outros grupos taxonômicos com contribuições sazonais pontuais, como

cirripédios, bivalves, gastrópodes e poliquetos (Muxagata et al., 2004; Magalhães et al., 2015; K. Costa et al., 2018; El-Tohamy et al., 2018) durante o período reprodutivo.

*Acartia lilljeborgii*, espécie de copépodo numericamente importante durante o estudo, apresentou seus maiores valores de densidade média ( $< 2.700 \text{ ind.m}^{-3}$ ) no período seco de 2018 (novembro), ano com a menor taxa anual de pluviometria (2.509,5 mm), demonstrando, assim, sua preferência por águas mais salinas, o que corrobora resultados obtidos em outros estudos realizados em estuários da região amazônica (Magalhães et al., 2015; Andrade et al., 2016; Leite et al., 2016) e em outras regiões do país (Ara, 2001; Schwamborn et al., 2001; Dias & Bonecker, 2008). O potencial reprodutivo desta espécie estuarina-marinha pode ser afetado em salinidades inferiores a 25, uma vez que a variação ótima de salinidade para produção de ovos nesta espécie encontra-se entre 25 e 35 (Magalhães et al., 2015). Salinidades inferiores a estas, como as observadas no estuário do rio Emboráí Velho, principalmente durante o período chuvoso (3,38), certamente contribuíram para observação de suas menores densidades durante este período sazonal. Por outro lado, a elevada representatividade de *A. lilljeborgii* no estuário em estudo poderia estar também relacionada às elevadas concentrações de matéria orgânica sob forma de detrito exportadas pelos manguezais adjacentes, uma vez que, segundo Schwamborn et al. (2001), cerca de 13 a 40% do carbono orgânico assimilado por organismos desta espécie em ecossistemas estuarinos são oriundos dos manguezais. *Acartia tonsa*, por sua vez, embora bastante representativa em outros estuários tropicais (Montú, 1980), inclusive amazônicos (Andrade et al., 2016; Atique et al., 2017), não apresentou densidades elevadas no presente estudo, não constituindo, desta forma, uma espécie representativa do estuário do rio Emboráí Velho. Como esta espécie costuma ser uma das mais representativas durante o período seco em muitos dos estuários amazônicos já estudados (Andrade et al., 2022), possivelmente grande parte dos indivíduos registrados nos referidos ambientes



podem ser oriundos do recrutamento de zonas marinhas adjacentes com salinidades normalmente mais elevadas do que as registradas nos estuários da região, o que explicaria as baixas densidades observadas no Emboraí Velho, um vez que este estuário não se conecta diretamente com o mar, e sim com as águas da baía do Urumajó.

Padrão similar ao registrado para *A. lilljeborgii* foi verificado para a *E. acutifrons*, espécie nerítica (Villate, 1997; R. Costa & Fernández, 2002) e onívora (Turner, 1984), geralmente descrita em ambientes com altas concentrações de material particulado em suspensão (Sautour & Castel, 1993; Atique et al., 2017; Barros et al., 2019). Esta espécie apresentou densidades significativamente mais elevadas no mês de novembro/2018 (ano menos chuvoso), em águas polihalinas, de elevada turbidez, corroborando os resultados obtidos por Andrade et al. (2016), no estuário do Taperaçu. Tais resultados sugerem que a dinâmica populacional de organismos desta espécie é controlada, em grande parte, pelas oscilações da salinidade, uma vez que apresentam preferência por ambientes mais salinos (K. Costa et al., 2008; Pinheiro et al., 2013), onde se observa maior produção de ovos e melhor desenvolvimento de organismos desta espécie (Ara, 2001).

Algumas espécies de copépodos são adaptadas fisiologicamente a variações de salinidade, como *Pseudodiaptomus richardi*, espécie eurihalina (Montú, 1980) que ocorreu ao longo de todo o período de estudo no Emboraí Velho, como previamente observado em outros estuários amazônicos (K. Costa et al., 2013, 2018). Não obstante, suas maiores densidades médias foram registradas em abril/2019, mês no qual ocorreram as maiores taxas de precipitação, mostrando a sua preferência por águas oligohalinas a mesohalinas (Krumme & Liang, 2004; Magalhães et al., 2006). Este padrão está relacionado com as condições ótimas de salinidade para esta espécie e a elevada disponibilidade de alimentos durante o período chuvoso, o que contribui para a produção de ovos e para o desenvolvimento de suas formas juvenis e adultas (Magalhães et al., 2006; Kaminski et al., 2014). *P. marshi*,

embora pouco representativa no ano de 2018, apresentou densidades médias elevadas no período chuvoso de 2019, demonstrando um padrão similar ao observado por outros autores em estuários amazônicos (Magalhães et al., 2010, 2011; K. Costa et al., 2013), os quais destacaram sua preferência por águas menos salinas.

Outro organismo numericamente dominante, embora não pertencente ao grupo dos copépodos, foi *Oikopleura (Vexillaria) dioica* (Tunicata), espécie onívora (Gorsky et al., 2006) e tipicamente marinha, registrada também em estuários com águas polihalinas (Mouny & Dauvin, 2002; K. Costa et al., 2008; R. Costa et al., 2009; Leite et al., 2009). Por estarem normalmente relacionados a ambientes com elevadas salinidades, organismos pertencentes a este táxon estão normalmente descritos como representativos de estuários tropicais, principalmente durante o período seco, como observado no presente estudo. Os organismos pertencentes a este táxon apresentam elevada taxa de fecundidade e de crescimento as quais, aliadas à sua capacidade de produzir quantidades significativas de matéria orgânica (descarte de cascas mucilaginosas), os tornam de fundamental importância no fluxo de energia para os níveis tróficos superiores das teias tróficas aquáticas (Gorsky & Fenaux, 1998).

Os copepoditos de *Pseudodiaptomus* apresentaram maiores densidades durante o período chuvoso de 2019 (ano com maiores valores de precipitação), mostrando, desta forma, sua preferência por águas oligohalinas/mesohalinas, corroborando os resultados obtidos por Magalhães et al. (2015) e indicando que o período reprodutivo das principais espécies do gênero, no estuário do rio Emboraí Velho, ocorre durante este período sazonal. Padrão semelhante foi observado para os copepoditos de *Acartia*, os quais apresentaram seus maiores valores médios de densidade no período chuvoso (2019). Possivelmente, estes resultados estão associados ao hábito onívoro dos organismos pertencentes a este gênero, alimentando-se indistintamente de detritos oriundos dos manguezais adjacentes, aumentando sua capacidade reprodutiva e

favorecendo o desenvolvimento das formas juvenis e adultas, as quais desempenham um importante papel na transferência de energia nas teias tróficas aquáticas (Chen et al., 2018).

No estuário do rio Emborá Velho, a riqueza e os índices de diversidade apresentaram valores relativamente baixos quando comparados aos obtidos em estudos prévios realizados na região (Magalhães et al., 2009, 2015; Andrade et al., 2016). Estes baixos valores podem ser resultantes da ação conjunta da baixa influência fluvial e da ausência de conexão direta com o Atlântico, o que poderia ter um efeito negativo no recrutamento de espécies de organismos limnéticos e marinhos, respectivamente. Padrão similar foi registrado por K. Costa et al. (2018), no estuário do rio Paracauari, o qual não se conecta diretamente com o oceano Atlântico, muito embora tenha um caudal fluvial mais expressivo do que o do rio Emborá Velho.

A ACC corroborou diversos dos aspectos já discutidos anteriormente, bem como resultados prévios obtidos por outros autores em estudos realizados em estuários tropicais (Muxagata et al., 2004; El-Tohamy et al., 2018) e, mais especificamente, em estuários amazônicos (Leite et al., 2009; Magalhães et al., 2015; K. Costa et al., 2018), evidenciando a preferência de larvas de Gastropoda, de *P. richardi*, copepoditos de *Pseudodiaptomus* e copepoditos de *Acartia* por águas oligohalinas, como as observadas no período chuvoso (abril/2018 e abril/2019), e de *A. lilljeborgii*, *E. acutifrons* e *O. dioica*, por águas mais salinas, como as registradas no período menos chuvoso.

## CONCLUSÃO

O estuário do rio Emborá Velho apresenta características particulares, como baixa descarga fluvial e ausência de ligação direta com o oceano Atlântico, diminuindo o recrutamento de espécies marinhas e, dessa maneira, apresentando baixos valores de riqueza quando comparado a outros estuários amazônicos. As variações anuais, espaciais e temporais das densidades do mesozooplâncton e dos nutrientes inorgânicos foram diretamente influenciadas pelas taxas de precipitação, bem como pela hidrodinâmica

e hidrologia local. A precipitação influenciou diretamente nas diferenças de densidades totais do mesozooplâncton observadas nos dois anos de estudos, sendo os maiores valores de densidade média do mesozooplâncton local, assim como de larvas de Gastropoda, copepoditos de *Acartia*, copepoditos de *Pseudodiaptomus* e *P. richardi* evidenciados no período chuvoso de 2019, ano no qual as maiores taxas de precipitação foram registradas devido a eventos globais, como o La Niña, entre 2017 e 2018. A salinidade, como já visto em outros trabalhos, atuou de maneira significativa sobre a densidade e a diversidade do mesozooplâncton. Além destas, a predação e a mortalidade natural possivelmente influenciaram também a dinâmica populacional do mesozooplâncton.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o ecossistema em estudo pode ser considerado altamente dinâmico e produtivo, devido às suas características particulares e aos manguezais adjacentes, os quais são bastante preservados e considerados fontes importantes de detritos e matéria orgânica para as águas estuarinas. Tais características contribuem para o desenvolvimento fitoplanctônico e, conseqüentemente, favorecem a reprodução e o desenvolvimento do mesozooplâncton, o qual apresenta densidades similares às observadas em outros estuários amazônicos.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (#425872/2016-5) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (88881.736742/2022-01). Os autores R. M. Costa e L. C. C. Pereira agradecem ao CNPq pelas bolsas de pesquisa (#311782/2017-5 e #314040/2021-8; e #309491/2018-5 e #314037/2021-7, respectivamente). O suporte logístico e financeiro foi provido pelo Laboratório de Plâncton e Cultivo de Microalgas e Laboratório de Oceanografia Costeira e Estuarina do Instituto de Estudos Costeiros (IECOS) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas (ANA). (2020). *Séries históricas de estações*. <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>
- Andrade, M. P., Magalhães, A., Pereira, L. C. C., Flores-Montes, M. J., Pardal, E. C., Andrade, T. P., & Costa, R. M. (2016). Effects of a La Niña event on hydrological patterns and copepod community structure in a shallow tropical estuary (Taperaçu, Northern Brazil). *Journal of Marine Systems*, 164, 128-143. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.07.006>
- Andrade, M. P., Magalhães, A., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2022). Effects of environmental variables on mesozooplankton dynamics in an Amazonian estuary. *Ecology & Hydrobiology*, 22(3), 511-529. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2022.05.002>
- Ara, K. (2001). Daily egg production rate of the planktonic calanoid copepod *Acartia lilljeborgii* Giesbrecht in the Cananéia Lagoon estuarine system, São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, 445(1), 205-215. <https://doi.org/10.1023/A:1017573917281>
- Atique, P., Costa, K. G., Monteiro, M. C., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2017). Copepod assemblages in a highly dynamic equatorial estuary on the Brazilian Amazon Coast. *Marine Ecology*, 38(1), e12385. <https://dx.doi.org/10.1111/maec.12385>
- Barros, F. A., Andrade, M., Silva, T. R., Pereira, L. C., & Costa, R. M. (2019). Composição e mudanças espaciais e temporais da diversidade e densidade do mesozooplâncton em um estuário amazônico (Emboraí Velho, Pará, Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 14(3), 307-330. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v14i3.220>
- Björnberg, T. S. K. (1981). Copepoda. In D. Boltovskoy (Ed.), *Altas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino* (pp. 587-689). INIDEP.
- Bradford-Grieve, J. M. (1999). Copepoda. In D. Boltovskoy (Ed.), *South Atlantic zooplankton* (pp. 869-1098). Backhuys.
- Carlson, D. M. (1978). The ecological role of zooplankton in a Long Island salt marsh. *Estuaries*, 1(2), 85-92. <https://doi.org/10.2307/1351596>
- Chen, M., Kim, D., Liu, H., & Kang, C. K. (2018). Variability in copepod trophic levels and feeding selectivity based on stable isotope analysis in Gwangyang Bay of the southern coast of the Korean Peninsula. *Biogeosciences*, 15(7), 2055-2073. <https://doi.org/10.5194/bg-15-2055-2018>
- Chew, L. L., Chong, V. C., Ooi, A. L., & Sasekumar, A. (2015). Vertical migration and positioning behavior of copepods in a mangrove estuary: interactions between tidal, diel light and lunar cycles. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 152, 142-152. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.11.011>
- Clarke, K. R., Gorley, R. N., Somerfield, P. J., & Warwick, R. M. (2014). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis*. Primer-E Ltd.
- Costa, K. G., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2008). Short and long-term temporal variation of the zooplankton in a tropical estuary (Amazon region, Brazil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 3(2), 127-141. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v3i2.681>
- Costa, K. G., Bessa, R. D. S. C., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2013). Short and medium-term changes of Pseudodiaptomidae copepods in the Amazonian Mangrove Coast: the Paracauari River estuary (Brazil). *Journal of Coastal Research*, 2(65), 1116-1121. <https://www.jstor.org/stable/26490936>
- Costa, K. G., Azevedo, S. S., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2018). Variabilidade temporal do zooplâncton no sistema estuarino do rio Paracauari (Ilha do Marajó, Pará). *Tropical Oceanography*, 46(1), 53-69. <https://doi.org/10.5914/tropocean.v46i1.237250>
- Costa, R. M., & Fernández, F. (2002). Feeding and survival rates of the copepods *Euterpina acutifrons* Dana and *Acartia grani* Sars on the dinoflagellates *Alexandrium minutum* Balech and *Gyrodinium corsicum* Paulmier and the Chryptophyta *Rhodomonas baltica* Karsten. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 273(2), 131-142. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(02\)00132-6](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(02)00132-6)
- Costa, R. M., Leite, N. R., & Pereira, L. C. C. (2009). Mesozooplankton of the Curuçá estuary (Amazon coast, Brazil). *Journal of Coastal Research*, 51(56), 400-404. <https://www.jstor.org/stable/25737606>
- Costa, R. M., Atique, P., Costa, K. G., & Pereira, L. C. C. (2011). Seasonal and spatial variation in hydrological parameters and microzooplankton communities in an Amazonian estuary. *Journal of Coastal Research*, 64(s1), 1477-1481. <https://www.jstor.org/stable/26482421>
- Day Jr., J. W., Hall, C. A. S., Kemp, W. M., & Yanez-Arancibia, A. (1989). *Estuarine ecology*. Wiley-Interscience.
- Dias, C. D. O., & Bonecker, S. L. C. (2008). Inter-annual variability of planktonic copepods in a tropical bay in southeastern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51, 531-542. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132008000400011>
- Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). (2019). *Previsão de marés*. <https://www.marinha.mil.br/dhn/>
- El-Tohamy, W. S., Hopcroft, R. R., & Abdel Aziz, N. E. (2018). Environmental determinants of zooplankton community in the Damietta Estuary of the Nile River, Egypt. *Pakistan Journal of Zoology*, 50(5), 1785-1798. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz.2018.50.5.1785.1798>
- Elliott, M., & McLusky, D. S. (2002). The need for definitions in understanding estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55(6), 815-827. <https://doi.org/10.1006/ecss.2002.1031>



- Eskinazi-Sant'Anna, E. M. (2000). Zooplankton abundance and biomass in a tropical estuary (Pina Estuary-Northeast Brazil). *Tropical Oceanography*, 28(1), 21-34. <https://doi.org/10.5914/tropocean.v28i1.2711>
- Figueroa, S. N., & Nobre, C. A. (1990). Precipitation distribution over central and western tropical South America. *Climanálise*, 5, 36-45.
- Garcia, T. M., Matthews-Cascon, H., Schettini, C. A., Matsumura-Tundisi, J. G., & Neumann-Leitão, S. (2020). Mesozooplankton community of a dammed estuary in Brazilian semi-arid region. *Cahiers de Biologie Marine*, 61, 149-158. <http://dx.doi.org/10.21411/CBM.A.3B7F837B>
- Goes, J. I., Gomes, H. R., Chekalyuk, A. M., Carpenter, E. J., Montoya, J. P., Coles, V. J., & Hafez, M. A. (2014). Influence of the Amazon River discharge on the biogeography of phytoplankton communities in the western tropical north Atlantic. *Progress in Oceanography*, 120, 29-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2013.07.010>
- Gonçalves, D. A., Marques, S. C., Primo, A. L., Martinho, F., Bordalo, M. D. B., & Pardal, M. Â. (2015). Mesozooplankton biomass and copepod estimated production in a temperate estuary (Mondego estuary): effects of processes operating at different timescales. *Zoological Studies*, 54(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s40555-015-0135-6>
- Gorsky, G., & Fenaux, R. (1998). The role of Appendicularia in marine food webs. In Q Bone (Ed.), *The Biology of Pelagic Tunicates* (pp. 161-169). Oxford University Press.
- Gorsky, G., Youngbluth, M. J., & Deibel, D. (2006). *Response of marine ecosystems to global change: ecological impact of appendicularians*. Éditions Scientifiques.
- Grasshoff, K., Kremling, K., & Erhardt, M. (1983). *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie Weinheim.
- Heinle, D. R. (1966). Production of a calanoid copepod, *Acartia tonsa*, in the Patuxent River estuary. *Chesapeake Science*, 7(2), 59-74. <https://doi.org/10.2307/1351126>
- Howson, U. A., Buchanan, G. A., & Nickels, J. A. (2017). Zooplankton community dynamics in a western mid-Atlantic lagoonal estuary. *Journal of Coastal Research*, 78(sp1), 141-168. <https://doi.org/10.2112/SI78-012.1>
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). (2020). *Normas climatológicas*. <https://portal.inmet.gov.br/>
- Kaminski, S. M., Bersano, J. G., & Freire, C. A. (2014). Euryhalinity of the estuarine copepod *Pseudodiaptomus richardi* and its high potential to be employed as live food in aquaculture. *Aquaculture*, 424-425, 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.034>
- Krumme, U., & Liang, T. H. (2004). Tidal-induced changes in a Copepod-Dominated zooplankton community in a macrotidal mangrove channel in Northern Brazil. *Zoological Studies*, 43(2), 404-414.
- Lam-Hoai, T., Guiral, D., & Rougier, C. (2006). Seasonal change of community structure and size spectra of zooplankton in the Kaw River estuary (French Guiana). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68(1-2), 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.eccs.2006.01.009>
- Leandro, S. M., Tiselius, P., Marques, S. C., Avelas, F., Correia, C., Sá, P., & Queiroga, H. (2014). Copepod production estimated by combining in situ data and specific temperature-dependent somatic growth models. *Hydrobiologia*, 741(1), 139-152. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1833-5>
- Leite, N. R., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2009). Distribuição temporal do mesozooplâncton no furo Muriá, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 4(2), 149-164. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v4i2.662>
- Leite, N. R., Magalhães, A., Silva, L. M., Andrade, T. P., Matos, J. B., Costa, Á. K., & Costa, R. M. (2016). Short and medium term variation in the dynamics of the mesozooplankton community of an Amazonian estuary. *Journal of Coastal Research*, 75(sp1), 218-222. <https://doi.org/10.2112/SI75-044.1>
- López-Ibarra, G. A., & Palomares-García, R. (2006). Estructura de la comunidad de copépodos en Bahía Magdalena, México, durante El Niño 1997-1998. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41(1), 63-76. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572006000100009>
- Magalhães, A., Costa, R. M., Liang, T. H., Pereira, L. C. C., & Ribeiro, M. J. S. (2006). Spatial and temporal distribution in density and biomass of two *Pseudodiaptomus* species (Copepoda: Calanoida) in the Caeté River Estuary (Amazon Region-North of Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 66(2a), 421-430. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000300006>
- Magalhães, A., Bessa, R., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2009). Temporal variation in composition, occurrence and distribution of Copepoda (Crustacea) from Taperaçu estuary, Pará, Brazil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 4(2), 133-148. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v4i2.661>
- Magalhães, A., Pereira, L. C. C., Ribeiro, M. J. S., Liang, T. H., & Costa, R. M. (2010). Populational dynamics of *Pseudodiaptomus marshi* (Crustacea: Copepoda) in the Caeté estuary (Brazil). *Tropical Oceanography*, 38(2), 173-182. <https://doi.org/10.5914/tropocean.v38i2.5169>
- Magalhães, A., Nobre, D. S. B., Bessa, R. S. C., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2011). Seasonal and short-term variations in the copepod community of a shallow Amazon estuary (Taperaçu, Northern Brazil). *Journal of Coastal Research*, (64), 1520-1524. <https://www.jstor.org/stable/26482429>

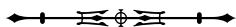
- Magalhães, A., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2015). Relationships between copepod community structure, rainfall regimes, and hydrological variables in a tropical mangrove estuary (Amazon coast, Brazil). *Helgoland Marine Research*, 69, 123-136. <https://doi.org/10.1007/s10152-014-0421-4>
- Marengo, J. A. (1995). Interannual variability of deep convection over the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. *International Journal of Climatology*, 15(9), 995-1010. <https://doi.org/10.1002/joc.3370150906>
- Meade, R. H., Dunne, T., Richey, J. E., Santos, U. D. M., & Salati, E. (1985). Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon River of Brazil. *Science*, 228(4698), 488-490. <https://doi.org/10.1126/science.228.4698.488>
- Monteiro, M. C., Jiménez, J. A., & Pereira, L. C. C. (2016). Natural and human controls of water quality of an Amazon estuary (Caeté-PA, Brazil). *Ocean & Coastal Management*, 124, 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.01.014>
- Montú, M. (1980). Zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos. I-Estrutura e variações temporais e espaciais da comunidade. *Atlântica*, 4, 53-72.
- Moraes, B. C. D., Costa, J. M. N. D., Costa, A. C. L. D., & Costa, M. H. (2005). Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica*, 35(2), 207-214. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- Mouny, P., & Dauvin, J. C. (2002). Environmental control of mesozooplankton community structure in the Seine estuary (English Channel). *Oceanologica Acta*, 25(1), 13-22. [https://doi.org/10.1016/S0399-1784\(01\)01177-X](https://doi.org/10.1016/S0399-1784(01)01177-X)
- Muxagata, E., Williams, J. A., & Shearer, M. (2004). Composition and temporal distribution of cirripede larvae in Southampton Water, England, with particular reference to the secondary production of *Elminius modestus*. *ICES Journal of Marine Science*, 61(4), 585-595. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.03.015>
- Neumann-Leitão, S., Melo, P. A., Schwamborn, R., Diaz, X. F., Figueiredo, L. G., Silva, A. P., & Thompson, F. (2018). Zooplankton from a reef system under the influence of the Amazon River plume. *Frontiers in Microbiology*, 9, 355. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00355>
- Nicolajsen, H., Møhlenberg, F., & Kiørboe, T. (1983). Algal grazing by the planktonic copepods *Centropages hamatus* and *Pseudocalanus* sp.: diurnal and seasonal variation during the spring phytoplankton bloom in the Øresund. *Ophelia*, 22(1), 15-31. <https://doi.org/10.1080/00785326.1983.10427222>
- Nittrouer, C. A., & DeMaster, D. J. (1996). The Amazon shelf setting: tropical, energetic, and influenced by a large river. *Continental Shelf Research*, 16(5-6), 553-573. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(95\)00069-0](https://doi.org/10.1016/0278-4343(95)00069-0)
- Parsons, T. R., & Strickland, J. D. H. (1963). Discussion of spectrophotometric determination of marine-plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *Journal of Marine Research*, 21(3), 155-163.
- Pereira, L. C., Monteiro, M. C., Guimarães, D. O., Matos, J. B., & Costa, R. M. (2010). Seasonal effects of wastewater to the water quality of the Caeté river estuary, Brazilian Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(2), 467-78. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652010000200022>
- Pielou, E. C. (1969). *An introduction to mathematical ecology*. Wiley-Interscience.
- Pinheiro, S. C. C., Magalhães, A., Costa, V. B., Pereira, L. C. C., & Costa, R. M. (2013). Temporal variation of zooplankton on a tropical Amazonian beach. *Journal of Coastal Research*, 65(sp2), 1838-1843. <https://doi.org/10.2112/SI65-311.1>
- Resgalla Jr., C. (2011). The holoplankton of the Santa Catarina coast, southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(2), 575-588. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652011000200017>
- Richardson, A. J. (2008). In hot water: zooplankton and climate change. *ICES Journal of Marine Science*, 65(3), 279-295. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fns028>
- Rose, T. H., Tweedley, J. R., Warwick, R. M., & Potter, I. C. (2019). Zooplankton dynamics in a highly eutrophic microtidal estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 433-451. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.047>
- Rose, T. H., Tweedley, J. R., Warwick, R. M., & Potter, I. C. (2020). Influences of microtidal regime and eutrophication on estuarine zooplankton. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 238, 106689. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106689>
- Saiz-Salinas, J. I., & González-Oreja, J. A. (2000). Stress in estuarine communities: lessons from the highly-impacted Bilbao estuary (Spain). *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 7, 43-55. <https://doi.org/10.1023/A:1009919429985>
- Santos, M. L., Medeiros, C., Muniz, K., Feitosa, F. A., Schwamborn, R., & Macêdo, S. J. (2008). Influence of the Amazon and Pará Rivers on water composition and phytoplankton biomass on the adjacent shelf. *Journal of Coastal Research*, 24(3), 585-593. <https://doi.org/10.2112/05-0538.1>
- Santos, V. G. (2009). *Distribuição espaço-temporal do zooplâncton no estuário do Rio Maraú, Baía de Camamu-BA* [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Santa Cruz].
- Sautour, B., & Castel, J. (1993). Feeding-behaviour of the coastal copepod *Euterpina acutifrons* on small particles. *Cahiers de Biologie Marine*, 34, 239-251. <https://doi.org/10.21411/CBM.A.DA7C2B07>



- Schwamborn, R., Neumann-Leitão, S., Silva, T. A., Silva, A. P., Ekau, W., & Saint-Paul, U. (2001). Distribution and dispersal of decapod crustacean larvae and other zooplankton in the Itamaracá estuarine system, Brazil. *Tropical Oceanography*, 29(1), 1-18. <https://doi.org/10.5914/tropocean.v29i1.2834>
- Secretaria de Cultura do Estado do Pará (SECULT). (2021). *Associação dos Agricultores e Aquicultores de Nova Olinda – AGROMAR*. <https://mapacultural.pa.gov.br/agente/24594/>
- Secretaria de Planejamento, Orçamento e Finanças (SEPOF/Pará). (2008). *Estatística municipal de Augusto Corrêa*. <https://www.pa.gov.br/sepof>
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Sousa, J. A., Cunha, K. N., & Nunes, Z. M. P. (2013). Influence of seasonal factors on the quality of the water of a tidal creek on the Amazon Coast of Brazil. *Journal of Coastal Research*, 65 (sp1), 129-134. <https://doi.org/10.2112/SI65-023.1>
- Souza Filho, P. W. M., Tozzi, H. A. M., & El-Robrini, M. (2003). Geomorphology, land-use and environmental hazards in Ajuruteua macrotidal sandy beach, Northern Brazil. *Journal of Coastal Research*, (35), 580-589. <https://www.jstor.org/stable/40928810>
- Souza Filho, P. W. M. (2005). Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23(4), 427-435. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2005000400006>
- StatSoft, I. N. C. (2001). *Statistica (data analysis software system), version 6*. Tulsa, USA, 150, 91-94.
- Sterza, J. M., & Fernandes, L. L. (2006). Zooplankton community of the Vitória Bay estuarine system (Southeastern Brazil): characterization during a three-year study. *Brazilian Journal of Oceanography*, 54(2-3), 95-105. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592006000200001>
- Strickland, J. D. H., & Parsons, T. R. (1972). *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada.
- Ter Braak, C. J., & Smilauer, P. (2002). *Canoco reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)*. www.canoco.com
- Turner, J. T. (1984). *The feeding ecology of some zooplankters that are important prey items of larval fish* (NOAA Technical Report NMFS 7). NOAA.
- Underwood, A. J. (1997). *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (1966). Determination of photosynthetic pigments. In Autor, *Determination of photosynthetic pigments in sea-water* (pp. 9-18). UNESCO.
- Ventura, C., Sousa, J., & Fernandes, A. (2017). Os estuários e as alterações climáticas: impactos da subida do nível das águas do mar em Vila Franca de Xira. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, (11), 327-350. <http://dx.doi.org/10.17127/got/2017.11.015>
- Villate, F. (1997). Tidal influence on zonation and occurrence of resident and temporary zooplankton in a shallow system (estuary of Mundaka, Bay of Biscay). *Scientia Marina*, 61(2), 173-188.
- Wooldridge, T. H., & Callahan, R. (2000). The effects of a single freshwater release into the Kromme Estuary. 3: Estuarine zooplankton response. *Water SA*, 26(3), 311-318.
- World Register of Marine Species (WoRMS). (2020). *An authoritative classification and catalogue of marine names*. <https://www.marinespecies.org>
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. Pearson Education India.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

F. D. S. Fernandes contribuiu com análise formal, curadoria de dados, investigação, metodologia e escrita (rascunho original, revisão e edição); B. R. P. Silva com coleta de amostras, curadoria de dados, análise formal e revisão do manuscrito; J. V. M. S. Pinheiro com coleta de amostras, análise formal e curadoria de dados; J. B. M. Queiroz com curadoria de dados, análise dos dados e revisão do manuscrito; L. C. C. Pereira com aquisição de financiamento e escrita (revisão e edição); e R. M. Costa com administração do projeto, recursos, supervisão dos dados e do manuscrito, validação e escrita (revisão e edição).



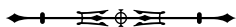
Apêndice 1. Lista de táxons identificados e respectivos valores médios sazonais e anual de densidade ( $\text{ind. m}^{-3} \pm \text{DP}$ ) e frequência de ocorrência (FO) (%) no ano de 2018. Legenda: NI = não identificado.

Appendix 1. List of identified taxa and respective seasonal and annual mean density values ( $\text{ind. m}^{-3} \pm \text{SD}$ ) and frequency of occurrence (FO) (%) in the year 2018. Subtitle: NI = not identified.

| Taxa                                      | 2018                     |        |                          |        |                          |        |
|---|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|
|   | Chuvoso                  |        | Seco                     |        | Anual                    |        |
|   | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | FO %   | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | FO %   | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | FO %   |
| FORAMINIFERA                              | 0,34 ± 0,71              | 33,33% | 0,39 ± 1,23              | 19,44% | 0,37 ± 1,00              | 26,39% |
| CNIDARIA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| HYDROZOA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| Hidromedusae                              | 22,29 ± 31,99            | 91,67% | 29,44 ± 86,72            | 83,33% | 25,87 ± 65,00            | 87,50% |
| ANNELIDA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| Polychaeta (larva)                        | 5,35 ± 12,97             | 86,12% | 0,83 ± 1,19              | 47,2%  | 10,24 ± 29,66            | 80,56% |
| MOLLUSCA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| Bivalvia (larva)                          | 8,17 ± 23,85             | 83,33% | 25,41 ± 70,86            | 86,11% | 16,79 ± 53,21            | 84,72% |
| Gastropoda (larva)                        | 14,01 ± 24,51            | 77,78% | 12,99 ± 45,13            | 75,00% | 13,49 ± 36,06            | 76,39% |
| ARTHROPODA                                |                          |        |                          |        |                          |        |
| CLADOCERA                                 |                          |        |                          |        |                          |        |
| <i>Diaphanosoma</i> spp.                  | 0,05 ± 0,07              | 2,78%  | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,01 ± 0,05              | 1,39%  |
| CIRRIPEDIA                                |                          |        |                          |        |                          |        |
| Cirripedia (cypris)                       | 1,35 ± 6,61              | 11,11% | 6,14 ± 21,68             | 63,89% | 3,76 ± 16,10             | 38,89% |
| Cirripedia (náuplio)                      | 29,57 ± 99,55            | 86,11% | 11,71 ± 27,06            | 63,89% | 20,68 ± 72,99            | 75,00% |
| DECAPODA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| Mysidacea                                 | 0,01 ± 0,03              | 2,78%  | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,01 ± 0,02              | 1,39%  |
| Larva de camarão                          | 0,55 ± 1,54              | 44,44% | 3,02 ± 16,81             | 33,33% | 1,80 ± 11,92             | 38,89% |
| Ostracoda                                 | 0,15 ± 0,54              | 8,33%  | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,07 ± 0,39              | 4,17%  |
| Isopoda                                   | 1,19 ± 2,74              | 44,44% | 0,64 ± 1,27              | 27,78% | 0,92 ± 2,24              | 36,11% |
| Amphipoda                                 | 1,76 ± 6,45              | 25,00% | 2,92 ± 16,83             | 19,44% | 2,34 ± 12,67             | 22,22% |
| Decapoda (larva)                          | 0,08 ± 0,31              | 8,33%  | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,04 ± 0,22              | 4,17%  |
| Paguridae (zoea)                          | 1,33 ± 3,51              | 33,33% | 0,83 ± 1,19              | 47,22% | 1,08 ± 2,61              | 40,28% |
| Brachyura (zoea)                          | 222,89 ± 490,63          | 88,89% | 23,42 ± 37,20            | 58,33% | 123,15 ± 359,77          | 87,50% |
| Brachyura (megalopa)                      | 2,87 ± 3,91              | 63,89% | 1,99 ± 4,62              | 38,89% | 2,43 ± 4,27              | 51,39% |
| Porcelanidae (zoea)                       | 0,03 ± 0,20              | 2,78%  | 0,40 ± 1,03              | 25,00% | 0,22 ± 0,76              | 13,89% |
| <i>Belzebub faxoni</i> (Borradaile, 1915) | 0,01 ± 0,01              | 2,78%  | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,01 ± 0,01              | 1,39%  |
| COPEPODA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| Copepoda NI*                              | 1,01 ± 3,82              | 13,89% | 0,29 ± 1,72              | 2,78%  | 0,65 ± 2,96              | 8,33%  |
| Copepoda (parasita)                       | 0,20 ± 0,55              | 22,22% | 3,86 ± 21,27             | 22,22% | 2,03 ± 15,05             | 22,22% |
| Copepoda (náuplio)                        | 14,93 ± 37,69            | 80,56% | 87,56 ± 324,20           | 94,44% | 51,25 ± 232,06           | 87,50% |



| Taxa  | 2018                     |         |                          |         |                          |         |
|---|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|
|   | Chuvoso                  |         | Seco                     |         | Anual                    |         |
|   | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | FO %    | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | FO %    | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | FO %    |
| HARPACTICOIDA                                   |                          |         |                          |         |                          |         |
| Harpacticoida NI*                               | 13,13 ± 37,43            | 69,44%  | 2,39 ± 9,13              | 13,89%  | 7,60 ± 27,20             | 41,67%  |
| TISBIDAE  |                          |         |                          |         |                          |         |
| <i>Tisbe</i> spp.                               | 0,00 ± 0,00              | 0,00%   | 0,01 ± 0,02              | 2,78%   | 0,01 ± 0,01              | 1,39%   |
| TACHIDIIDAE                                     |                          |         |                          |         |                          |         |
| <i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1847)        | 13,50 ± 30,15            | 63,89%  | 98,01 ± 354,59           | 94,44%  | 55,76 ± 253,46           | 79,17%  |
| CALANOIDA                                       |                          |         |                          |         |                          |         |
| ACARTIIDAE                                      |                          |         |                          |         |                          |         |
| <i>Acartia tonsa</i> (Dana, 1849)               | 41,89 ± 78,00            | 83,33%  | 61,83 ± 134,98           | 86,11%  | 51,90 ± 109,91           | 84,72%  |
| <i>Acartia lilljeborgii</i> (Giesbrecht, 1889)  | 360,94 ± 988,82          | 100,00% | 972,44 ± 2627,41         | 100,00% | 666,69 ± 1.994,95        | 100,00% |
| <i>Acartia</i> (copepodito)                     | 139,96 ± 215,02          | 100,00% | 823,70 ± 1805,99         | 94,44%  | 481,83 ± 1.322,55        | 97,22%  |
| PSEUDODIAPTOMIDAE                               |                          |         |                          |         |                          |         |
| <i>Pseudodiaptomus acutus</i> (Dahl F., 1894)   | 13,14 ± 60,97            | 27,78%  | 0,05 ± 0,21              | 11,11%  | 6,60 ± 43,31             | 19,44%  |
| <i>Pseudodiaptomus marshi</i> (Wright S., 1936) | 58,11 ± 181,57           | 52,78%  | 36,14 ± 123,64           | 55,56%  | 47,13 ± 154,63           | 54,17%  |
| <i>Pseudodiaptomus richardi</i> (Dahl F., 1894) | 165,10 ± 495,94          | 66,67%  | 47,15 ± 125,81           | 58,33%  | 106,16 ± 364,11          | 62,50%  |
| <i>Pseudodiaptomus</i> (copepodito)             | 63,37 ± 142,97           | 66,67%  | 58,18 ± 240,78           | 55,56%  | 60,78 ± 196,63           | 61,11%  |
| PARACALANIDAE                                   |                          |         |                          |         |                          |         |
| <i>Paracalanus quasimodo</i> (Bowman, 1971)     | 209,02 ± 465,71          | 100,00% | 147,15 ± 441,73          | 97,22%  | 178,09 ± 451,75          | 98,61%  |
| <i>Paracalanus</i> (copepodito)                 | 0,08 ± 0,40              | 5,56%   | 7,67 ± 22,16             | 5,56%   | 0,08 ± 0,40              | 5,56%   |
| PONTELLIDAE                                     |                          |         |                          |         |                          |         |
| <i>Labidocera fluviatilis</i> (Dahl F., 1894)   | 2,01 ± 5,05              | 44,44%  | 7,83 ± 29,76             | 52,78%  | 4,96 ± 21,54             | 48,61%  |
| <i>Labidocera</i> (copepodito)                  | 0,65 ± 2,42              | 22,22%  | 7,67 ± 22,16             | 69,44%  | 4,16 ± 16,05             | 45,83%  |
| SUBEUCALANIDAE                                  |                          |         |                          |         |                          |         |
| <i>Subeucalanus pileatus</i> (Giesbrecht, 1888) | 0,83 ± 1,80              | 30,56%  | 0,16 ± 0,62              | 8,33%   | 0,50 ± 1,38              | 33,33%  |
| <i>Subeucalanus crassus</i> (Giesbrecht, 1888)  | 1,57 ± 7,87              | 19,44%  | 3,93 ± 21,31             | 11,11%  | 2,72 ± 16,00             | 15,28%  |
| <i>Subeucalanus</i> (copepodito)                | 1,47 ± 3,37              | 30,56%  | 3,49 ± 16,81             | 33,33%  | 2,50 ± 12,16             | 31,94%  |
| TEMORIDAE                                       |                          |         |                          |         |                          |         |
| <i>Temora turbinata</i> (Dana, 1849)            | 0,00 ± 0,00              | 0,00%   | 1,86 ± 10,64             | 13,89%  | 0,93 ± 7,53              | 6,94%   |
| <i>Temora</i> (copepodito)                      | 0,04 ± 0,15              | 11,11%  | 0,11 ± 0,40              | 8,33%   | 0,07 ± 0,30              | 9,72%   |





## Apêndice 1 | Appendix 1.

(Conclusão) | (Conclusion)

| Taxa   | 2018                     |         |                          |        |                          |                     |  |
|--|--------------------------|---------|--------------------------|--------|--------------------------|---------------------|--|
|  | Chuvoso                  |         | Seco                     |        | Anual                    |                     |  |
|  | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | FO %    | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | FO %   | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | FO %                |  |
| <b>CENTROPAGIDAE</b>                                   |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| <i>Centropages furcatus</i> (Dana, 1849)               | 0,01 ± 0,02              | 2,78%   | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,01 ± 0,01              | 1,39%               |  |
| <b>CYCLOPOIDA</b>                                      |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| <b>OITHONIDAE</b>                                      |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| <i>Oithona hebes</i> (Giesbrecht, 1891)                | 15,80 ± 34,02            | 55,56%  | 114,15 ± 218,51          | 97,22% | 64,98 ± 162,97           | 76,39%              |  |
| <i>Oithona oswaldocruzi</i> (Oliveira, 1945)           | 12,10 ± 22,28            | 77,78%  | 23,82 ± 60,78            | 69,44% | 17,96 ± 45,83            | 73,61%              |  |
| <i>Oithona</i> (copepodito)                            | 2,45 ± 6,37              | 38,89%  | 44,38 ± 154,12           | 61,11% | 23,42 ± 110,34           | 50,00%              |  |
| <b>CORYCAEIDAE</b>                                     |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| <i>Corycaeus speciosus</i> (Dana, 1849)                | 0,08 ± 0,34              | 5,56%   | 0,01 ± 0,05              | 8,33%  | 0,05 ± 0,24              | 6,94%               |  |
| <i>Corycaeus amazonicus</i> (Dahl F., 1894)            | 0,00 ± 0,00              | 0,00%   | 0,01 ± 0,02              | 5,56%  | 0,00 ± 0,02              | 2,78%               |  |
| <i>Corycaeus</i> spp.                                  | 0,00 ± 0,00              | 0,00%   | 0,17 ± 1,01              | 5,56%  | 0,09 ± 0,71              | 2,78%               |  |
| <b>ONCAEIDAE</b>                                       |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| <i>Oncaea</i> spp.                                     | 0,00 ± 0,00              | 0,00%   | 9,75 ± 50,60             | 22,22% | 4,88 ± 35,87             | 11,11%              |  |
| <b>CHAETOGNATHA</b>                                    |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| <b>SAGITTIDAE</b>                                      |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| <i>Parasagitta friderici</i> (Ritter-Záhony, 1911)     | 0,70 ± 3,56              | 8,33%   | 0,17 ± 0,95              | 13,89% | 0,44 ± 2,60              | 11,11%              |  |
| <i>Parasagitta tenuis</i> (Conant, 1896)               | 41,21 ± 57,70            | 88,89%  | 70,34 ± 193,36           | 86,11% | 55,77 ± 142,43           | 87,50%              |  |
| <i>Parasagitta</i> spp.                                | 0,00 ± 0,00              | 0,00%   | 0,29 ± 1,72              | 2,78%  | 0,14 ± 1,21              | 1,39%               |  |
| <b>ECHINODERMATA</b>                                   |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| ECHINOIDEA (pluteus)                                   | 0,19 ± 0,64              | 16,67%  | 0,73 ± 3,38              | 16,67% | 0,46 ± 2,43              | 16,67%              |  |
| <b>CHORDATA</b>  |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| <b>OIKOPLEURIDAE</b>                                   |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| <i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i> (Fol, 1872)      | 95,69 ± 136,54           | 100,00% | 418,78 ± 741,99          | 97,22% | 257,23 ± 554,12          | 98,61%              |  |
| <i>Oikopleura (Vexillaria) longicauda</i> (Vogt, 1854) | 0,06 ± 0,25              | 5,56%   | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,03 ± 0,18              | 2,78%               |  |
| <i>Oikopleura</i> spp.                                 | 0,02 ± 0,14              | 2,78%   | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,01 ± 0,10              | 1,39%               |  |
| <b>VERTEBRATA</b>                                      |                          |         |                          |        |                          |                     |  |
| Pisces (ovo)   | 0,07 ± 0,42              | 5,56%   | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,04 ± 0,30              | 2,78%               |  |
| Pisces (larva)   | 2,49 ± 6,32              | 50,00%  | 0,35 ± 0,76              | 38,89% | 1,43 ± 4,60              | 44,44%              |  |
| Densidade total  |                          |         |                          |        |                          | 2.382,62 ± 6.976,85 |  |



Apêndice 2. Lista de táxons identificados e respectivos valores médios sazonais e anual de densidade (ind. m<sup>-3</sup>±DP) e frequência de ocorrência (FO) (%) no ano de 2019. Legenda: NI = não identificado.

Appendix 2. List of identified taxa and respective seasonal and annual mean density values (ind. m<sup>-3</sup>±SD) and frequency of occurrence (FO) (%) in the year 2019. Subtitle: NI = not identified.

| Taxa                                      | 2019                     |        |                          |        |                          |        |
|---|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|
|   | Chuvoso                  | FO     | Seco                     | FO     | Anual                    | FO     |
|   | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | %      | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | %      | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | %      |
| FORAMINIFERA                              | 6,47 ± 16,98             | 16,67% | 0,13 ± 0,57              | 8,33%  | 2,25 ± 10,09             | 16,67% |
| CNIDARIA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| HYDROZOA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| Hidromedusae                              | 39,02 ± 108,35           | 33,33% | 19,80 ± 47,39            | 77,78% | 26,21 ± 73,03            | 74,07% |
| ANNELIDA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| Polychaeta (larva)                        | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 2,37 ± 4,67              | 58,33% | 2,38 ± 4,86              | 55,56% |
| MOLLUSCA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| Bivalvia (larva)                          | 14,73 ± 45,49            | 19,44% | 18,4 ± 90,7              | 75,00% | 17,23 ± 77,68            | 62,96% |
| Gastropoda (larva)                        | 426,08 ± 861,53          | 50,00% | 1,68 ± 2,57              | 55,56% | 143,15 ± 528,08          | 70,37% |
| ARTHROPODA                                |                          |        |                          |        |                          |        |
| CIRRIPEDIA                                |                          |        |                          |        |                          |        |
| Cirripedia (cypris)                       | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 1,26 ± 2,47              | 44,44% | 0,84 ± 2,08              | 29,63% |
| Cirripedia (náuplio)                      | 3,27 ± 5,93              | 25,00% | 0,46 ± 1,77              | 16,67% | 1,40 ± 3,90              | 27,78% |
| DECAPODA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| Mysidacea                                 | 0,07 ± 0,29              | 2,78%  | 0,59 ± 3,27              | 11,11% | 0,42 ± 2,64              | 9,26%  |
| Larva de camarão                          | 0,68 ± 1,89              | 13,89% | 3,01 ± 8,87              | 47,22% | 2,24 ± 7,32              | 40,74% |
| Ostracoda                                 | 10,08 ± 21,71            | 33,33% | 0,33 ± 1,67              | 25,00% | 3,58 ± 13,21             | 38,89% |
| Isopoda (epicariidae)                     | 4,62 ± 10,31             | 30,56% | 4,18 ± 13,81             | 47,22% | 4,33 ± 12,66             | 51,85% |
| Amphipoda                                 | 0,04 ± 0,15              | 5,56%  | 0,09 ± 0,37              | 13,89% | 0,08 ± 0,32              | 12,96% |
| Paguridae (zoea)                          | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,62 ± 3,07              | 19,44% | 0,45 ± 2,53              | 16,67% |
| Brachyura (zoea)                          | 0,10 ± 0,34              | 5,56%  | 386,74 ± 1.951,63        | 94,44% | 264,33 ± 1.595,68        | 87,04% |
| Brachyura (megalopa)                      | 19,51 ± 32,92            | 36,11% | 11,30 ± 46,27            | 41,67% | 10,72 ± 41,19            | 50,00% |
| Porcelanidae (zoea)                       | 9,54 ± 29,65             | 33,33% | 0,00 ± 0,07              | 2,78%  | 0,00 ± 0,01              | 1,85%  |
| <i>Belzebub faxoni</i> (Borradaile, 1915) | 7,40 ± 27,03             | 36,11% | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  |
| COPEPODA                                  |                          |        |                          |        |                          |        |
| Copepoda NI*                              | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,08 ± 0,37              | 5,56%  | 0,06 ± 0,31              | 5,56%  |
| Copepoda (parasita)                       | 4,15 ± 9,83              | 19,44% | 0,02 ± 0,07              | 11,11% | 1,40 ± 5,91              | 11,11% |
| Copepoda (náuplio)                        | 2,64 ± 6,47              | 16,67% | 26,73 ± 76,72            | 94,44% | 18,71 ± 63,50            | 94,44% |
| HARPACTICOIDA                             |                          |        |                          |        |                          |        |
| Harpacticoida NI*                         | 3,01 ± 8,35              | 8,33%  | 0,05 ± 0,17              | 8,33%  | 1,04 ± 4,94              | 8,33%  |
| TACHIDIIDAE                               |                          |        |                          |        |                          |        |
| <i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1847)  | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 21,64 ± 39,41            | 94,44% | 14,43 ± 33,64            | 94,44% |



## Apêndice 2 | Appendix 2.

(Continua) | (Continue)

| Taxa  | 2019                     |        |                          |         |                          |         |
|---|--------------------------|--------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|
|   | Chuvoso                  | FO     | Seco                     | FO      | Anual                    | FO      |
|   | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | %      | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | %       | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | %       |
| CALANOIDA   |                          |        |                          |         |                          |         |
| ACARTIIDAE  |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Acartia tonsa</i> (Dana, 1849)                 | 66,27 ± 114,06           | 27,78% | 1,80 ± 6,27              | 11,11%  | 23,29 ± 71,69            | 11,11%  |
| <i>Acartia liljeborgii</i> (Giesbrecht, 1889)     | 1,04 ± 3,03              | 5,56%  | 716,91 ± 2260,33         | 97,22%  | 478,29 ± 1.868,15        | 97,22%  |
| <i>Acartia</i> (copepodito)                       | 1.550,16 ± 3.590,21      | 50,00% | 1016,66 ± 3024,37        | 100,00% | 1.194,50 ± 3.199,88      | 100,00% |
| PSEUDODIAPTOMIDAE                                 |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Pseudodiaptomus acutus</i> (Dahl F., 1894)     | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 43,30 ± 154,70           | 44,44%  | 28,87 ± 127,40           | 44,44%  |
| <i>Pseudodiaptomus marshi</i> (Wright S., 1936)   | 408,70 ± 1182,78         | 36,11% | 25,97 ± 93,08            | 36,11%  | 153,55 ± 698,29          | 36,11%  |
| <i>Pseudodiaptomus richardi</i> (Dahl F., 1894)   | 649,68 ± 907,65          | 47,22% | 0,32 ± 1,47              | 5,56%   | 216,78 ± 599,76          | 5,56%   |
| <i>Pseudodiaptomus</i> (copepodito)               | 513,36 ± 720,4           | 50,00% | 27,00 ± 104,71           | 44,44%  | 189,13 ± 476,73          | 44,44%  |
| PARACALANIDAE                                     |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Paracalanus quasimodo</i> (Bowman, 1971)       | 181,43 ± 345,65          | 41,67% | 73,58 ± 184,96           | 100,00% | 109,53 ± 252,09          | 100,00% |
| <i>Paracalanus</i> (copepodito)                   | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 8,11 ± 33,73             | 30,56%  | 5,41 ± 27,68             | 30,56%  |
| <i>Parvocalanus crassirostris</i> (Dahl F., 1984) | 4,92 ± 16,51             | 8,33%  | 0,09 ± 0,47              | 8,33%   | 1,70 ± 9,63              | 8,33%   |
| PONTELLIDAE                                       |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Labidocera fluviatillis</i> (Dahl F., 1894)    | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 8,84 ± 35,21             | 33,33%  | 5,90 ± 28,92             | 33,33%  |
| <i>Labidocera</i> (copepodito)                    | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 13,35 ± 42,58            | 47,22%  | 8,90 ± 35,19             | 47,22%  |
| SUBEUCALANIDAE                                    |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Subeucalanus pileatus</i> (Giesbrecht, 1888)   | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,18 ± 0,77              | 11,11%  | 0,12 ± 0,59              | 11,11%  |
| <i>Subeucalanus crassus</i> (Giesbrecht, 1888)    | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 2,15 ± 12,93             | 2,78%   | 1,43 ± 10,56             | 2,78%   |
| <i>Subeucalanus</i> (copepodito)                  | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,52 ± 1,27              | 27,78%  | 0,35 ± 1,01              | 27,78%  |
| TEMORIDAE   |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Temora turbinata</i> (Dana, 1849)              | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,06 ± 0,37              | 8,33%   | 0,04 ± 0,29              | 8,33%   |
| <i>Temora</i> (copepodito)                        | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,00 ± 0,07              | 2,78%   | 0,00 ± 0,02              | 2,78%   |
| CENTROPAGIDAE                                     |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Centropages furcatus</i> (Dana, 1849)          | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,13 ± 0,71              | 5,56%   | 0,09 ± 0,58              | 5,56%   |
| CYCLOPOIDA  |                          |        |                          |         |                          |         |
| OITHONIDAE  |                          |        |                          |         |                          |         |



Apêndice 2 | Appendix 2.

(Conclusão) | (Conclusion)

| Taxa   | 2019                     |        |                          |         |                          |         |
|--|--------------------------|--------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|
|  | Chuvoso                  | FO     | Seco                     | FO      | Anual                    | FO      |
|  | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | %      | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | %       | Ind.m <sup>-3</sup> ± DP | %       |
| <i>Oithona hebes</i> (Giesbrecht, 1891)                | 9,43 ± 26,83             | 16,67% | 7,02 ± 15,82             | 50,00%  | 7,83 ± 19,93             | 50,00%  |
| <i>Oithona oswaldocruzi</i> (Oliveira, 1945)           | 15,47 ± 42,13            | 16,67% | 78,80 ± 222,48           | 75,00%  | 57,70 ± 184,84           | 75,00%  |
| <i>Oithona</i> (copepodito)                            | 0,67 ± 2,88              | 2,78%  | 0,16 ± 0,77              | 5,56%   | 0,33 ± 1,75              | 5,56%   |
| CORYCAEIDAE  |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Corycaeus speciosus</i> (Dana, 1849)                | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,12 ± 0,77              | 2,78%   | 0,08 ± 0,62              | 2,78%   |
| ONCAEIDAE  |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Oncaea</i> spp.                                     | 38,09 ± 57,16            | 38,89% | 31,48 ± 164,79           | 47,22%  | 33,69 ± 137,81           | 47,22%  |
| CHAETOGNATHA   |                          |        |                          |         |                          |         |
| SAGITTIDAE   |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Parasagitta friderici</i> (Ritter-Záhony, 1911)     | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 5,33 ± 25,81             | 38,89%  | 3,56 ± 21,13             | 38,89%  |
| <i>Parasagitta tenuis</i> (Conant, 1896)               | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 45,54 ± 149,42           | 86,11%  | 30,37 ± 123,34           | 86,11%  |
| <i>Parasagitta</i> spp.                                | 0,02 ± 0,09              | 2,78%  | 0,55 ± 3,07              | 5,56%   | 0,37 ± 2,47              | 5,56%   |
| CHORDATA   |                          |        |                          |         |                          |         |
| OIKOPLEURIDAE  |                          |        |                          |         |                          |         |
| <i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i> (Fol, 1872)      | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 369,76 ± 900,33          | 100,00% | 246,92 ± 752,37          | 100,00% |
| <i>Oikopleura (Vexillaria) longicauda</i> (Vogt, 1854) | 1,24 ± 3,272             | 11,11% | 1,06 ± 5,37              | 11,11%  | 0,83 ± 4,46              | 11,11%  |
| <i>Oikopleura</i> spp.                                 | 0,35 ± 1,404             | 5,56%  | 0,00 ± 0,00              | 0,00%   | 0,00 ± 0,00              | 0,00%   |
| VERTEBRATA   |                          |        |                          |         |                          |         |
| Pisces (larva)   | 0,00 ± 0,00              | 0,00%  | 0,25 ± 0,57              | 33,33%  | 2,64 ± 15,69             | 33,33%  |
| Densidade total  | 3.317,45 ± 1.1156,20     |        |                          |         |                          |         |



Apêndice 3. Scores dos fatores (coeficientes de correlação) de variáveis ambientais com raízes canônicas estimadas por análise de correspondência canônica na Figura 9.

*Appendix 3. Factor scores (correlation coefficients) of environmental variables with canonical roots estimated by Canonical Correspondence Analysis in Figure 9.*

| Variável            | Primeiro eixo canônico | Segundo eixo canônico |
|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Precipitação        | 0.9368                 | -0.2630               |
| Salinidade          | -0.6369                | -0.3206               |
| Temperatura         | 0.1371                 | -0.4584               |
| pH                  | -0.4039                | 0.1128                |
| Oxigênio dissolvido | -0.2987                | -0.3173               |
| Turbidez            | 0.0355                 | -0.4932               |
| Nitrito             | -0.2729                | -0.4650               |
| Nitrato             | 0.6541                 | -0.4304               |
| Fosfato             | -0.2803                | 0.1694                |
| Silicato            | -0.4368                | 0.1550                |
| Nitrogênio total    | -0.6731                | -0.3859               |
| Fósforo total       | -0.1232                | 0.5986                |
| Clorofila-a         | -0.1100                | -0.3547               |

