



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

**NIVIA MARIA OLIVEIRA SANTOS**

**ASSEMBLEIAS DE COPÉPODES (CRUSTACEA: COPEPODA) NA COSTA  
SEMIÁRIDA DO BRASIL: UM ENFOQUE SOB DUAS REDES DE MALHA  
DISTINTAS**

**FORTALEZA**

**2016**

**NIVIA MARIA OLIVEIRA SANTOS**

**ASSEMBLEIAS DE COPÉPODES (CRUSTACEA: COPEPODA) NA COSTA  
SEMIÁRIDA DO BRASIL: UM ENFOQUE SOB DUAS REDES DE MALHA  
DISTINTAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Prospecção de Recursos Marinhos

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares

Coorientadora: Dra. Tatiane Martins Garcia

**FORTALEZA**

**2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Rui Simões de Menezes

---

S236a Santos, Nivia Maria Oliveira.

Assembléias de copépodes (CRUSTACEA: COPEPODA) na costa semiárida do Brasil: um enfoque sob duas redes de malha distintas / Nivia Maria Oliveira Santos. – 2016.  
55f.: il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2016.  
Área de Concentração: Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.  
Orientação: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Marcelo de Oliveira Soares.  
Co-Orientação: Dr<sup>a</sup>. Tatiane Martins Garcia.

1. Copepoda. 2. Zooplâncton marinho. 3. Coleta em rede de malha. I. Título.

---

CDD 595.34

## NIVIA MARIA OLIVEIRA SANTOS

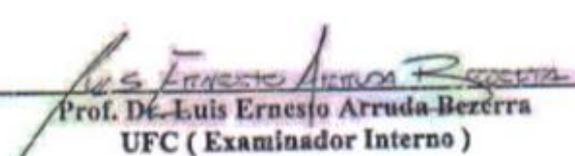
“ Assembleias de copépodes da Costa semiárida do Brasil: uma análise sob o enfoque de duas redes com malhas distintas “

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar, da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de MESTRE em Ciências Marinhas Tropicais, área de concentração em Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.

Aprovada em, 15 de março de 2016.

### BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares  
UFC ( Orientador – Presidente )

  
Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra  
UFC ( Examinador Interno )

  
Dra. Hortência de Sousa Barroso  
UFC ( Examinadora Externa à Instituição )

Ao meu avô Jeová Alves de Oliveira (*in  
memoriam*).

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter permitido, em sua infinita bondade, a conclusão de mais uma etapa em minha vida.

À minha família por todo apoio e presença.

Ao Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares por me orientar e me inspirar a ser uma profissional melhor, com um exemplo que dispense coragem e dedicação à ciência.

À minha coorientadora Dra. Tatiane Garcia por sua dedicação, profissionalismo e disponibilidade sempre admiráveis.

Aos companheiros, amigos e agregados do laboratório de plâncton pelos momentos inestimáveis de trabalho em equipe, pelas discussões de cunho científico e filosófico-pessoais e pelas ocasiões únicas de descontração vividas nas etapas de desenvolvimento desta pesquisa.

Aos verdadeiros amigos que a vida me deu, Nanda, May, Carol, Naty, Paulo, Nair, Bruna, Dan, Deicy e ao meu mais que amigo Pedro Veras por acreditar, estimular nas horas difíceis e compreender as ausências e inquietações próprias da jornada acadêmica.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) Transferência de materiais Continente-Oceano, coordenado pelo Prof. Luis Drude de Lacerda, pela permissão das coletas em um cruzeiro oceanográfico deste projeto.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo durante esses dois anos de pesquisa.

Aos membros da banca examinadora Dra. Hortência Barroso e Prof. Dr. Luis Ernesto Bezerra pelo tempo dedicado e valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, pelos ensinamentos preciosos e em especial aqueles que me encorajam a acreditar no ser humano e na educação, como Profa. Dra. Maria Ozilea, Dr. Rodrigo Maggioni, Profa. Helena Matthews-Cascon e Prof. Dr. Carlos Eduardo Peres.

“Não há saber mais ou saber menos.  
Há saberes diferentes.” Paulo Freire

## RESUMO

A avaliação quantitativa do plâncton é uma questão chave na determinação da estrutura de teias alimentares e da ciclagem de materiais, entretanto a escolha do amostrador para tal objetivo não é simples. É necessária a escolha de uma rede de malha adequada para evitar estimativas incorretas da abundância e biomassa do zooplâncton. O trabalho teve como objetivo avaliar a seletividade de captura das assembleias de copépodes utilizando as redes de 120 e de 300  $\mu\text{m}$ . As amostras foram coletadas em um perfil paralelo à costa com 18 estações, em julho e outubro de 2010, ao longo da plataforma continental interna dos estados do Ceará, Piauí e parte do Maranhão (Costa Semiárida do Brasil). Os resultados demonstram a ocorrência de 34 táxons. A densidade média dos copépodes capturados com a rede de 120  $\mu\text{m}$  foi de  $54,71 \pm 150,38 \text{ ind.m}^{-3}$  e a dos capturadas com a rede de rede 300  $\mu\text{m}$ , foram de  $9,67 \pm 41,21 \text{ ind.m}^{-3}$ . Na rede de 120 obteve-se maior riqueza, dominância e densidade. Na rede de 300 ocorreu maior número de táxons exclusivos. O diagrama de Venn revelou que 62,5% dos táxons exclusivos da rede de 120  $\mu\text{m}$ , são compostos por estágios iniciais de copépodes, enquanto apenas 40% dos mesmos estágios na rede de 300  $\mu\text{m}$  foram registrados. A densidade geral de todos os organismos capturados com a rede de 120  $\mu\text{m}$  foi cerca de seis vezes maior do que a dos organismos de 300  $\mu\text{m}$ . A rede de 120  $\mu\text{m}$  coletou com maior eficiência os pequenos copépodes e estágios iniciais de desenvolvimento, já a rede de 300  $\mu\text{m}$  demonstrou seletividade por táxons com maiores dimensões e adultos. Os táxons de maior frequência e densidade coletados com a rede de 120  $\mu\text{m}$  foram *Oithona* spp., *Euterpina acutifrons*, *Paracalanus aculeatus*. Estes mesmos táxons também foram coletados com a rede de 300  $\mu\text{m}$ , porém registraram densidades inferiores quando comparados à outra rede. É recomendado que para a melhor compreensão das assembleias de copépodes, empregue-se na amostragem mai se uma rede de coleta.

**Palavras-chave:** pequenos copépodes, seletividade de rede, regiões oligotróficas

## ABSTRACT

Quantitative assessment of planktonic organisms is a key issue in determining food web structure and material cycling in pelagic ecosystems, however the problem of the choice of sampler for quantitative plankton collection is not an easy one. Selection of a net with appropriate mesh size is necessary for reliable estimation of zooplankton abundance and biomass. The aim of this study was to investigate copepods sampled with 120 and 300  $\mu$  m simple net with a focus on selectivity of sampling method. Samples were taken on the inner continental shelf, at 18 stations parallel to the shore. All sampling procedures were made in July and October 2010, in continental shelf of Ceará, Piauí and Maranhão States (Semiarid Brazilian Coast). The results from analysis showed the occurrence of 34 taxa. The average abundance of copepods sampled with 120  $\mu$  m net was  $54.71 \pm 150.38 \text{ ind.m}^{-3}$  and with 300  $\mu$  m net was  $9.67 \pm 41.21 \text{ ind.m}^{-3}$ . Species richness, dominance and density are higher in 120  $\mu$  m net. In 300  $\mu$  m net, the number of exclusive taxa was higher. Venn diagram shows that early stages of copepods were recorded by 62.5% of exclusive taxa in 120  $\mu$  m net, while only 40% in 300  $\mu$  m net. Total copepods abundance sampled by 120  $\mu$  m net was six times higher than the one sampled by 300  $\mu$  m net. 120  $\mu$  m net was more efficient in the capture of small copepods and early developmental stages of copepods. Larger and adults copepods were sampled by 300  $\mu$  m net. The main taxa sampled in 120  $\mu$  m net were *Oithona* spp., *Euterpina acutifrons*, *Paracalanus aculeatus*. These taxa also were sampled in 300  $\mu$  m net, but their abundance was lower. To improving our understanding of copepod biology and ecology, it is recommended that at least two different net be used in order to sample copepods size ranges.

**Keywords:** small copepods, net selectivity, oligotrophic regions.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Esquema simplificado da alça microbiana em regiões oligotróficas quentes.....	15
Figura 2 -	A costa e a plataforma continental do Brasil.....	20
Figura 3 -	Área de estudo evidenciando as estações de coleta na costa semiárida do Brasil.....	23
Figura 4 -	Variáveis ambientais registradas na costa semiárida do Brasil.....	26
Figura 5 -	Curva de acúmulo de táxons coletados com a rede de 120 $\mu\text{m}$ (cinza) e 300 $\mu\text{m}$ (preto) na costa semiárida do Brasil.....	27
Figura 6 -	Abundância relativa dos principais táxons comuns nas redes de 120 e 300 $\mu\text{m}$ na costa semiárida do Brasil.....	30
Figura 7 -	Número de táxons (S) e de indivíduos (N) coletados com as redes de 120 e 300 $\mu\text{m}$ na costa semiárida do Brasil.....	31
Figura 8 -	A – Riqueza de Margalef (d), B – Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), C – Equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) e D – Dominância de Simpson ( $\lambda'$ ) na costa semiárida do Brasil.....	32
Figura 9 -	Diferença significativa dos táxons capturados com as redes de 120 e 300 $\mu\text{m}$ na costa semiárida do Brasil.....	33
Figura 10 -	Diagrama de Venn e densidade média ( $\text{ind.m}^{-3}$ ) dos táxons de copépodes exclusivos e comuns às redes de 120 $\mu\text{m}$ e de 300 $\mu\text{m}$ na costa semiárida do Brasil.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de amostras, táxons de copépodes, densidade média e frequência de ocorrência dos táxons nas redes de 120 e 300 $\mu\text{m}$ na costa semiárida do Brasil. Muito frequente (****), Frequente (***) , Pouco frequente (**), Esporádica (*) e sem ocorrência (-).....	28
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>HIPÓTESE.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>Amostragem do zooplâncton.....</b>	<b>22</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise de dados.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O zooplâncton representa a comunidade biológica constituída por protistas heterotróficos e animais que possuem capacidade natatória reduzida sendo, por isso, transportado pelas correntes marinhas (BOLTOVSKOY, 1981). Um dos seus principais componentes é a subclasse Copepoda, que compreende de 80 a 90% da densidade total do zooplâncton em ambientes costeiros e estuarinos (BONECKER *et al.*, 2009; RAKESH *et al.*, 2013). Os copépodes estão distribuídos em dez ordens (BRADFORD-GRIEVE, J. M., MARHASEVA, E. L., *et al.*, 1999), nas quais se destacam calanóides, ciclopóides e harpacticóides como as de maior importância em termos de densidade e biomassa no plâncton marinho (MELO-JÚNIOR, 2009).

No geral, o plâncton pode ser classificado quanto à dimensão de tamanho da seguinte forma: nanoplâncton (de 2 a 20  $\mu\text{m}$ ), micropoplâncton (de 20 a 200  $\mu\text{m}$ ), mesoplâncton (de 200 a 2000  $\mu\text{m}$ ), macropoplâncton (de 2 a 20 cm) e megaplâncton (> 20 cm) (LEVINTON, 2011). Outra classificação é referente ao seu hábitat. O zooplâncton nerítico é constituído por organismos que habitam as águas da plataforma continental, enquanto o oceânico encontra-se no sistema pelágico da bacia oceânica (LALLI e PARSONS, 1997). Geralmente, o plâncton costeiro é caracterizado por pequenos copépodes, muitos dos quais são raros ou ausentes no mar aberto (MCKINNON *et al.*, 2005; MCKINNON *et al.*, 2008).

Os pequenos copépodes marinhos (< 1 mm de comprimento) são os metazoários mais abundantes do planeta (TURNER, 2004) e representam uma importante fração da biomassa e produção do zooplâncton marinho (HOPCROFT *et al.*, 1998). Estes copépodes desempenham um papel fundamental nas teias tróficas pelágicas, pois se alimentam de protistas autotróficos e heterotróficos (CALBET, 2008), da neve marinha (KIORBOE, 2001) e de bactérias (ROFF *et al.*, 1995). Apesar disso, sua abundância, composição e estrutura etária não estão satisfatoriamente caracterizadas e comparadas devido ao uso de redes de malha inadequadas (TSENG *et al.*, 2011).

A avaliação quantitativa do plâncton é uma questão chave na determinação da estrutura de teias alimentares e da ciclagem de materiais (MAKABE *et al.*, 2012), entretanto a escolha do amostrador para tal objetivo não é simples (DE BERNARDI, 1984). É um axioma na pesquisa de plâncton que nenhum amostrador ou combinação de amostradores pode proporcionar uma verdadeira estimativa de abundância para todos os componentes do plâncton a qualquer momento (OWENS *et al.*, 2013). A eficiência do instrumento de coleta está, geralmente, relacionada à composição, estrutura e densidade da população a ser

amostrada e às características do ambiente (RICCARDI, 2010). Quando um amostrador do tipo rede de plâncton é empregado, é necessário que se escolha uma rede com abertura de malha de dimensões adequadas para evitar estimativas incorretas da abundância e biomassa do zooplâncton (MAKABE *et al.*, 2012). Tais erros trazem sérias implicações na compreensão dos fluxos mediados pelo zooplâncton nos ecossistemas pelágicos e na consequente criação de modelos ecológicos (GALLIENNE e ROBINS, 2001).

O tamanho do corpo é uma característica central de um organismo, refletindo sua fisiologia, ecologia e história evolutiva (SCHMIDT *et al.*, 2006). É previsto que as comunidades planctônicas mudem sua dominância para indivíduos de pequeno porte em resposta ao aquecimento global (DAUSFRENE *et al.*, 2009). A regra de Bergmann afirma que, em regiões quentes, o primeiro mecanismo a agir em escala de comunidade é o aumento na proporção de espécies de tamanho pequeno, em termos de abundância e/ou número de espécies (BERGMANN, 1847).

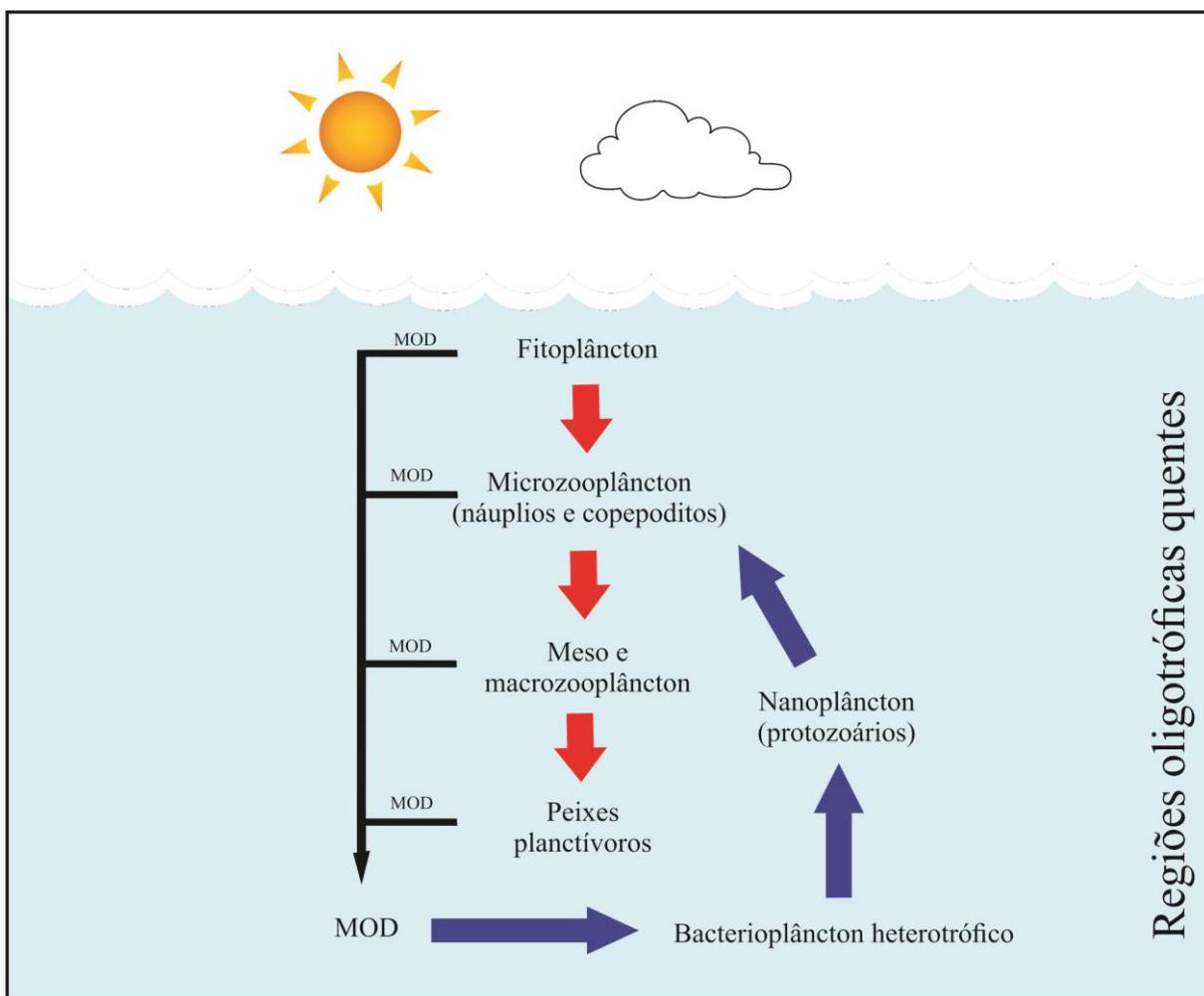
Em regiões oligotróficas quentes, o fitoplâncton é dominado por células muito pequenas ( $< 2 \mu\text{m}$ ), incapazes de serem diretamente consumidas pelo mesozooplâncton devido à limitação morfológica do seu aparelho alimentar (HANSEN, 1994; CALBET e LANDRY, 1999). Dessa forma náuplios e copepoditos juvenis, que se alimentam de partículas menores do que as utilizadas pelos grandes copépodes transferem a energia da alça microbiana para dentro das teias clássicas (FIGURA 1) (AZAM *et al.*, 1983; HOPCROFT *et al.*, 2001).

Uma grande proporção dos nutrientes nos sistemas oligotróficos está dissolvida na forma orgânica, favorecendo os pequenos procariotos heterotróficos sobre o fitoplâncton. A explicação mais aceita para este fato está relacionada aos aportes de carbono alóctones, que são importantes para a produção bacteriana e/ou acesso dos procariotos heterotróficos aos nutrientes que não estão disponíveis ao fitoplâncton nas baixas concentrações encontradas nesses ambientes (COTNER e BIDDANDA, 2002). As principais fontes alóctones de carbono orgânico dissolvido (COD) são a precipitação, lavagem da vegetação enriquecida com COD e nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) pela chuva, infiltração no horizonte orgânico do solo e dissolução de gases e poeira da atmosfera (AITKENHEAD-PETERSON *et al.*, 2003).

Em ambientes oligotróficos, a razão superfície/volume das células que possuem diâmetro menor, como o bacterioplâncton heterotrófico, é alta, com menos exigências estruturais internas, o que leva a uma maior capacidade de absorção de nutrientes. Já em sistemas eutróficos, as concentrações de nutrientes são mais altas, o que seleciona organismos

maiores que possuem boa capacidade de armazenamento interno de nutrientes e osmose eficiente. Por isso, as células (fitoplâncton) podem ser maiores e facilmente encontradas nesse ambiente por possuir um maquinário intracelular mais complexo (COTNER e BIDDANDA, 2002).

Figura 1: Esquema simplificado da alça microbiana em regiões oligotróficas quentes. As setas vermelhas indicam a teia alimentar clássica, enquanto as azuis indicam a alça microbiana. MOD – Matéria Orgânica Dissolvida.



Fonte: O autor.

Mudanças ecológicas causadas pelos impactos antrópicos na estrutura de tamanho do plâncton são fundamentais para a compreensão das teias tróficas marinhas (GARCÍA-COMAS *et al.*, 2014). Entretanto, os mecanismos pelos quais o aquecimento dos oceanos influenciam as comunidades de plâncton ainda não são totalmente conhecidos. As respostas da abundância de organismos planctônicos ao aumento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) são complexas e surgem porque a temperatura não só afeta diretamente a biota, mas também atua como um indicador útil para outros processos físicos que regulam a estrutura de tamanho, a composição taxonômica e a abundância dos indivíduos a nível de comunidade (RICHARDSON e SCHOEMANN, 2004).

A importância dos pequenos copépodes tem sido registrada em diferentes ecossistemas marinhos (SATAPOOMIN *et al.*, 2004; FONDA UMANI *et al.*, 2005; ZERVOUDAKI *et al.*, 2007; CALBET, 2008; ANJUSHA *et al.*, 2013). Entretanto, estudos sobre a captura das diferentes frações de tamanho do zooplâncton tem se concentrado, particularmente, em regiões temperadas da Europa, como no Mar do Norte (NICHOLS e THOMPSON, 1991), da América do Norte (OHMAN e SMITH, 1995; CHICK *et al.*, 2010) e do sul, a Patagônia (ANTACLI *et al.*, 2010), e na região polar da Antártica (MAKABE *et al.*, 2012). Dessa forma, apesar dos mares tropicais cobrirem 42% dos oceanos (LONGHURST e PAULY, 1987) em relação às outras regiões costeiras do globo, pouco é conhecido sobre a comparação da eficiência da metodologia de amostragem do zooplâncton (HWANG *et al.*, 2007; TSENG *et al.*, 2011) nessa região.

No Brasil, a maior parte dos estudos com o zooplâncton marinho está restrita a levantamentos sobre a distribuição espaço-temporal dos organismos em importantes estuários da região Norte, como o do rio Amazonas (MAGALHÃES *et al.*, 2006; COSTA *et al.*, 2011; COSTA *et al.*, 2013) e nas plataformas continentais do nordeste oriental (LOPES *et al.*, 2006; NEUMANN-LEITÃO, SIGRID *et al.*, 2008), da região sudeste (DIAS *et al.*, 2010) e sul (CAMPANER, 1985; LOUREIRO FERNANDES *et al.*, 2010). Além disso, trabalhos com enfoque na produção secundária de copépodes estuarinos vêm recebendo maior atenção no país desde o início deste século (ARA, 2004; MIYASHITA *et al.*, 2009; MAGALHÃES *et al.*, 2013).

Pesquisas que comparem as assembleias de copépodes usando variações de um mesmo sistema de amostragem, como as redes de plâncton de diferentes tamanhos de malha, são quase inexistentes no Brasil. Apenas uma pesquisa foi realizada na região sul, especificamente na costa do Paraná (FAVARETO *et al.*, 2009). Portanto, o presente estudo

vem reduzir essa lacuna sobre a eficiência de um método amostral no nordeste do país. Pesquisas que abordem aspectos metodológicos na investigação da biodiversidade são fundamentais, considerando que a base da ciência é o método científico, o qual deve ser objetivo, replicável e testável. Além disso, o conhecimento científico sobre a ecologia do plâncton na costa semiárida do Brasil é pouco explorada e, por isso, fornecerá subsídios para a compreensão do ecossistema local e a consequente conservação dos serviços fornecidos por ele, como a ciclagem de nutrientes e habitats para alimentação e/ou reprodução de espécies ameaçadas.

## **2 HIPÓTESE**

A rede de malha de 120  $\mu\text{m}$  é mais eficiente em capturar a densidade de copépodes do que a de 300  $\mu\text{m}$  na costa semiárida do Brasil, onde há a predominância de organismos menores.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo geral**

Investigar as assembleias de copépodes capturadas com a rede de 120 e de 300  $\mu\text{m}$ , analisando a densidade, diversidade, frequência de ocorrência e abundância relativa sob o enfoque da seletividade do tamanho da malha da rede empregada.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar as assembleias de copépodes das redes de 120 e 300  $\mu\text{m}$  ao menor nível taxonômico possível;
- Comparar as densidades totais, frequência de ocorrência e abundância relativa dos táxons coletados com as redes de 120 e 300  $\mu\text{m}$ ;
- Caracterizar a estrutura das assembleias de copépodes coletadas pelas redes de 120 e 300  $\mu\text{m}$ , através de índices de diversidade, riqueza, equitabilidade e dominância;
- Identificar quais táxons de copépodes foram capturados com maior eficiência pelas redes de 120 e 300  $\mu\text{m}$ .

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

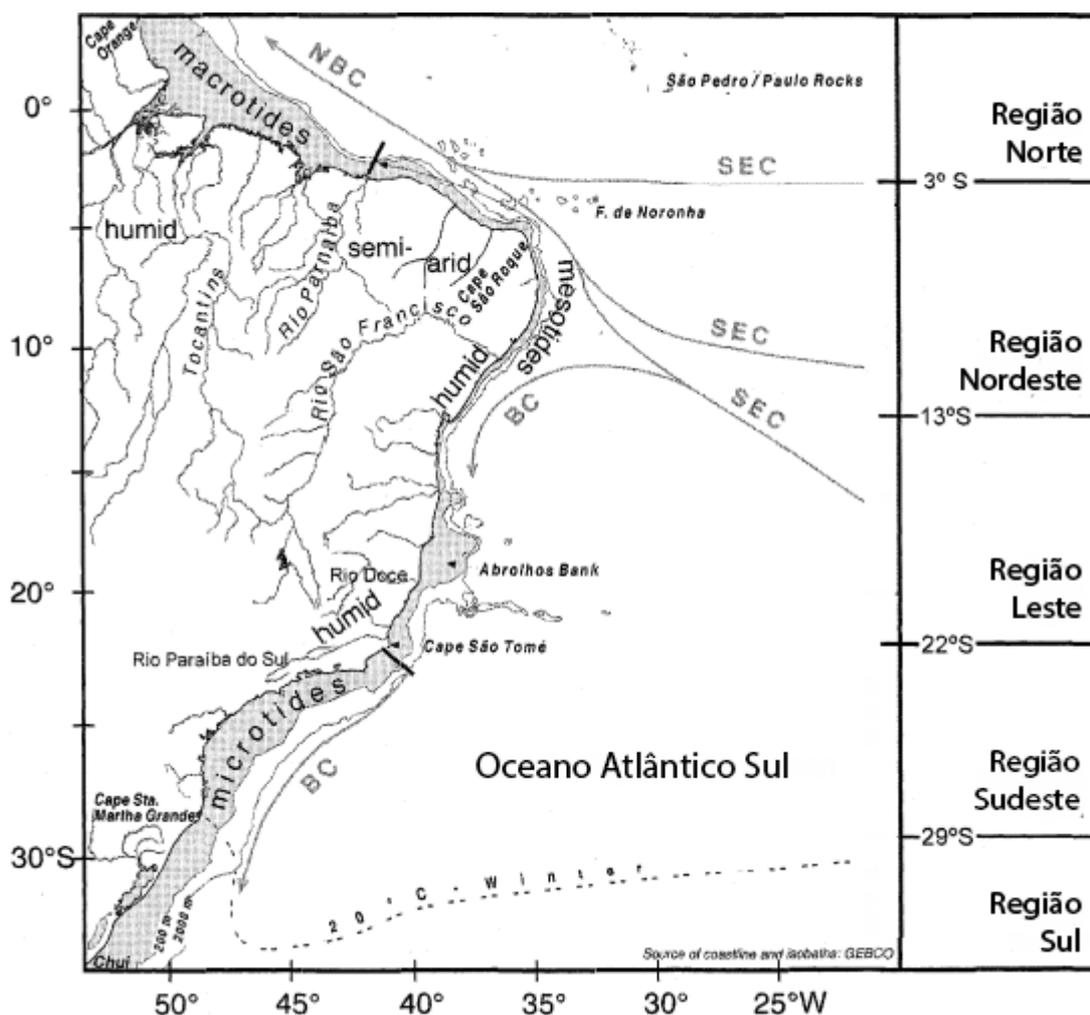
A plataforma continental (PC) brasileira está localizada no Atlântico Sul e possui geomorfologia diversificada, sendo a da região Norte a mais larga, em torno de 320 km, e a do Nordeste mais estreita, variando de 20 a 50 km (KNOPPERS *et al.*, 2002). No nordeste do Brasil, a PC abrange a região compreendida entre a foz do rio Parnaíba (entre MA e PI) e Salvador (BA), sendo marcada por duas importantes direções de linha de costa. O trecho compreendido entre a foz do rio Parnaíba e o Cabo de São Roque (RN), que apresenta direção leste-oeste (Costa Semiárida do Brasil), e outro situado ao sul do Cabo de São Roque (Costa Nordeste Oriental), com uma brusca mudança na orientação da linha de costa para a direção norte-sudeste (TESSLER e GOYA, 2005).

A zona costeira dos estados do Ceará, Piauí e parte do Maranhão está inserida na plataforma continental da costa semiárida (PCCS), que abrange desde a Ilha de Santana, à leste de São Luís do Maranhão, até o Cabo Calcanhar, no litoral do Rio Grande do Norte (BARROS, 2013) (FIGURA 2). A plataforma continental do Ceará (PCCE), que compreende a maior parte da costa semiárida, possui 578 km de extensão, apresenta largura média de 63 km e pode ser dividida em plataforma interna, 0 a 20 m de profundidade, e externa, que vai da isóbata de 20 m até a quebra da plataforma, o que ocorre numa profundidade média de 60 metros (MORAIS e FREIRE, 2003). A zona costeira do Piauí possui uma linha de costa com extensão linear de 66 km correspondente a área de proteção ambiental (APA) do delta do Parnaíba, possuindo o rio Ubatuba a leste e o rio Parnaíba a oeste como limites naturais (MARCELINO, 1999). A plataforma do Maranhão se estende da foz do rio Gurupi (PA) até a foz do rio Parnaíba (PI). Sua maior parte se encontra no Litoral Amazônico Oriental, na região de planícies de maré chamada de Reentrâncias Maranhenses, porém sua zona leste está situada na costa semiárida (PONTES e ROBRINI, 2008).

As características oceanográficas da Costa Semiárida são determinadas pela Corrente Norte do Brasil (CNB), resultado da bifurcação da Corrente Sul-equatorial proveniente do Atlântico (CAMPOS *et al.*, 2003). O Ceará é bordejado por esta corrente que corre paralela à costa e que seria a responsável pelas correntes litorâneas em direção noroeste (MORAIS *et al.*, 2006). A PCCE está submetida a um regime de mesomaré com periodicidade semidiurna

(SIGNORINI e MIRANDA, 1983). O Maranhão está sob o regime de macromarés e é marcado pela ocorrência de correntes de deriva litorânea no sentido leste-oeste, influenciadas por ventos dominantes que proveem do quadrante nordeste (EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

Figura 2 – A costa e a plataforma continental do Brasil.



Fonte: Adaptado de Knoppers (1999). NBC – North Brazil Current (Corrente Norte do Brasil); SEC - South Equatorial Current (Corrente Sul Equatorial); BC – Brazil Current (Corrente do Brasil). Macrotides – macromarés.

O nordeste semiárido brasileiro é uma região pobre em volume de escoamento de água dos rios (CIRILO, 2008). Devido a essa particularidade, seus estuários podem ser classificados como temporários (MIRANDA *et al.*, 2002). A maioria dos estuários que cortam a PCCS tem sua origem na zona semiárida, sujeitos à vazão irregular devido a forte sazonalidade climática, entretanto dois estuários se destacam por terem sua origem em bacias

hidrográficas situadas em áreas com maiores índices de precipitação, o do rio Parnaíba e o do rio Timonha. O estuário do rio Parnaíba possui o maior delta em mar aberto das Américas (DE PAULA FILHO *et al.*, 2015), e se caracteriza por apresentar extensas planícies flúvio-marinhas, cortadas por uma rede de canais, com a presença de extensas áreas de mangue (ANDRADE *et al.*, 2012). Ainda merecem destaque o estuário do rio Timonha, localizado na divisa do Ceará com o Piauí, abrigando a maior área de mangue no estado do Ceará (42,77 km<sup>2</sup>). Outro rio que merece destaque na PCCS é o rio Jaguaribe. Este rio é o maior curso d'água (72.043 km<sup>2</sup> de bacia de drenagem) do estado do Ceará (CAVALCANTE, 2013; GODOY, 2015).

A maior parte dos rios contidos na PCCS é intermitente, com baixo “runoff” e pouca quantidade de sedimentos carregados para a plataforma, comparados a outros rios tropicais. Um forte fator antrópico registrado na área é a construção de *barragens* ao longo do curso dos rios, com a finalidade de atender a demanda de água doce para as populações locais (MOLISANI *et al.*, 2007). Estas construções, que podem ser de grande e médio porte alteram os padrões de distribuição de sedimentos para os estuários e áreas costeiras, causando alterações no processo de produção, transporte e deposição de sedimentos (MORAIS *et al.*, 2008). Os barramentos implicarão no avanço da intrusão salina, aumento do tempo de residência da água dos estuários, hipersalinização e na redução da carga de sedimentos e nutrientes para a zona costeira (PINHEIRO e MORAIS, 2010). Ressalta-se que este setor da plataforma continental brasileira é o mais pobre em produtividade primária, devido principalmente às condições oligotróficas impostas pela Corrente Sul-equatorial (CAMPOS *et al.*, 2003) e as condições hidrográficas limitantes supracitadas. Além disso, não há ocorrência ressurgência costeira nesse trecho (DIAS *et al.*, 2013), assim são poucos os fenômenos promotores do aumento de nutrientes na zona fótica em termos de frequência e intensidade.

Quanto ao regime de ventos, a zona costeira é caracterizada por ventos fortes oriundos de um ciclo sazonal controlado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte e dos ventos alísios do Hemisfério Sul (MAIA, 1998). A migração e intensidade da ZCIT estão fortemente relacionadas ao regime de chuvas no Nordeste semiárido (XAVIER *et al.*, 2000). Normalmente ela migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente entre fevereiro a abril. Esse deslocamento da ZCIT está relacionado aos padrões da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre a bacia do oceano Atlântico Tropical no setor norte do Nordeste do Brasil (FERREIRA e MELLO,

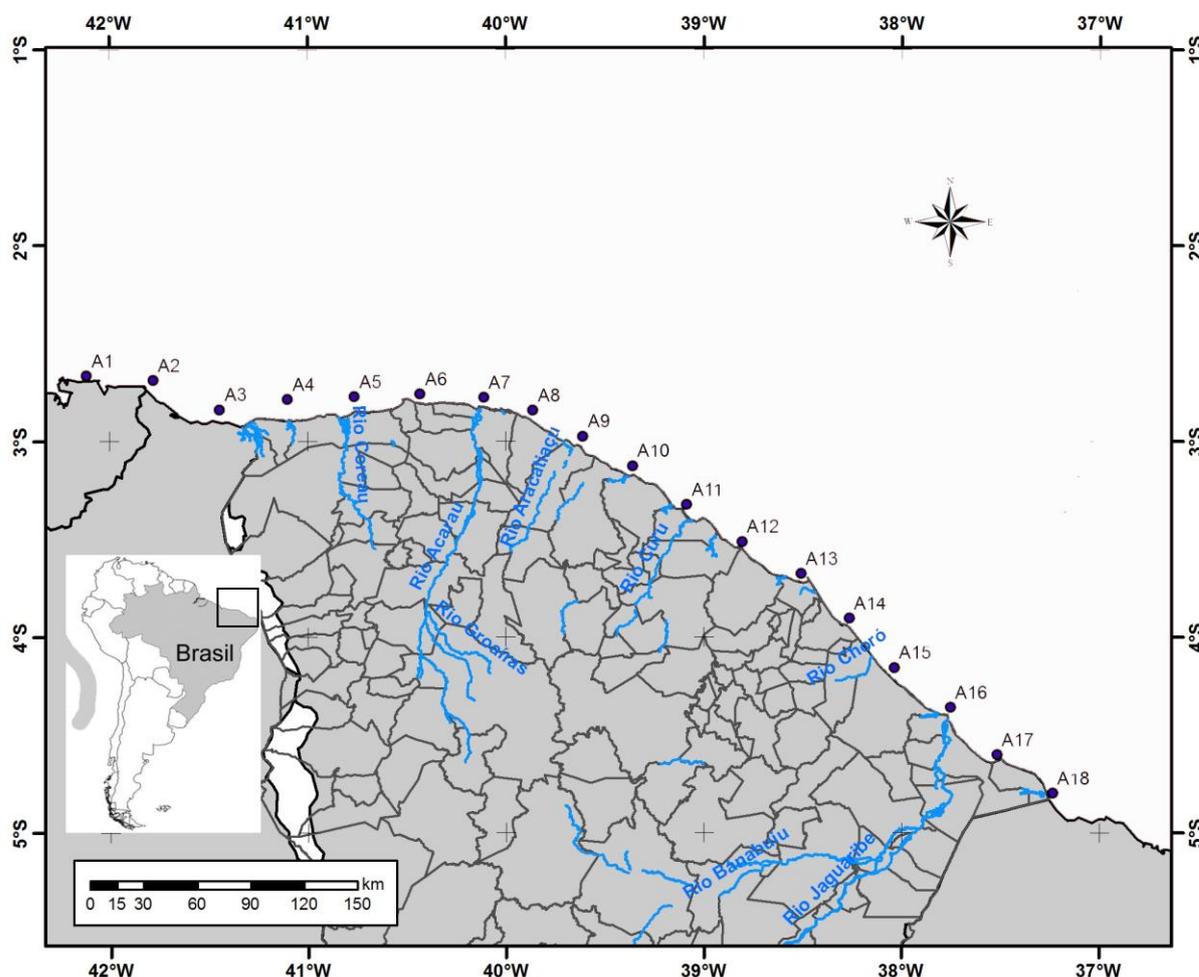
2005). Dessa forma, as chuvas se concentram, principalmente nos meses de fevereiro a junho, no verão chuvoso, quando a ZCIT exerce sua influência, e no período de Julho a Janeiro predomina a estação seca (OLIVEIRA, 1993). Outros sistemas sinóticos que geram chuvas na região são os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), Linhas de Instabilidade (LI), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) e as Ondas de Leste (OL) (MAGALHÃES e ZANELLA, 2011).

O fenômeno El Niño interfere nos processos de circulação atmosférica da região ao alterar o deslocamento da ZCIT. Em anos de El Niño, quando as águas do Pacífico estão mais aquecidas no centro-leste, toda a convecção se desloca para leste. Com a continuidade da circulação atmosférica, o ar quente daquela região é empurrado, originando um ramo descendente sobre o oceano Atlântico, próximo à região Nordeste do Brasil e à Amazônia oriental. A célula de Walker é uma célula de circulação troposférica, resultado das oscilações de pressão entre o setor oeste e leste, ao longo do cinturão da bacia do Oceano Pacífico Tropical (SILVA *et al.*, 2007). De acordo com a intensidade da célula de Walker e de sua fase de ocorrência, pode haver inibição da formação de nuvens e da descida da ZCIT para posições mais meridionais, e como consequência diminuição das chuvas no Nordeste Brasileiro (ZANELLA, 2014).

#### **4.2 Amostragem do zooplâncton**

As amostras foram provenientes dos cruzeiros oceanográficos realizados pelo INCT (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Transferência de Materiais Continente-Oceano) em julho e outubro de 2010. Um perfil paralelo à costa, com 18 estações de coleta foi definido ao longo da plataforma continental interna dos estados do Ceará, Piauí e parte do Maranhão. A área amostral cobriu 841 km de costa no total (MARCELINO, 1999; PONTES, 2007) (FIGURA 3).

Figura 3: Estações de coleta (A1-A18) na plataforma continental da costa semiárida do Brasil.



Fonte: O autor.

Os organismos foram capturados através de arrastos horizontais subsuperficiais durante 5 minutos com redes cilíndrico-cônicas de 166 cm de comprimento e 50 cm de diâmetro de boca, equipadas com fluxômetro *General Oceanics*, para medir o volume de água filtrado. As redes de abertura de malha de 120 e 300  $\mu\text{m}$  foram utilizadas com o objetivo de verificar quais organismos são mais eficientemente capturados por cada malha. Ainda a bordo as amostras foram fixadas em solução de formaldeído 4% tamponadas com tetraborato de sódio (0,5 g/L). Os parâmetros ambientais (salinidade, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido (mg/L), turbidez, condutividade e pH) foram coletados com sonda multiparamétrica. Os dados de pluviosidade foram obtidos junto à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Em laboratório, cada amostra foi quarteada com subamostrador do tipo Motoda (OMORI e IKEDA, 1984), em frações que variaram de 1/32 a 1/4096. Os copépodes

presentes na subamostra ( $\geq 100$  indivíduos do táxon mais abundante) foram identificados em microscópio ótico e contados em estereomicroscópio. Os organismos foram identificados até o menor nível taxonômico possível, de acordo com bibliografia especializada (BJÖNBERG, 1981; BRADFORD-GRIEVE, J. *et al.*, 1999a). As amostras estão alocadas no Laboratório de Plâncton e serão depositadas na Coleção de Plâncton Profa. Mariana Ferreira de Menezes (Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR-UFC).

### 4.3 Análise de dados

Copepoditos juvenis e náuplios de copépodes foram incluídos como táxons independentes dos adultos nas estimativas de densidade, pois os estágios iniciais de desenvolvimento de todos os copépodes adultos estão incluídos na categoria de pequenos copépodes (TURNER, 2004).

A densidade ( $\text{ind.m}^{-3}$ ) dos organismos foi calculada pela fórmula:

$D = N/V$ , onde:

$N$  = número total de cada táxon na amostra;

$V$  = volume de água filtrado ( $\text{m}^{-3}$ ).

O volume filtrado foi calculado através de

$V (\text{m}^{-3}) = A \cdot R \cdot C$ , onde:

$A$  = área da boca da rede;

$R$  = número de rotações do fluxômetro durante o arrasto;

$C$  = fator de aferição do fluxômetro.

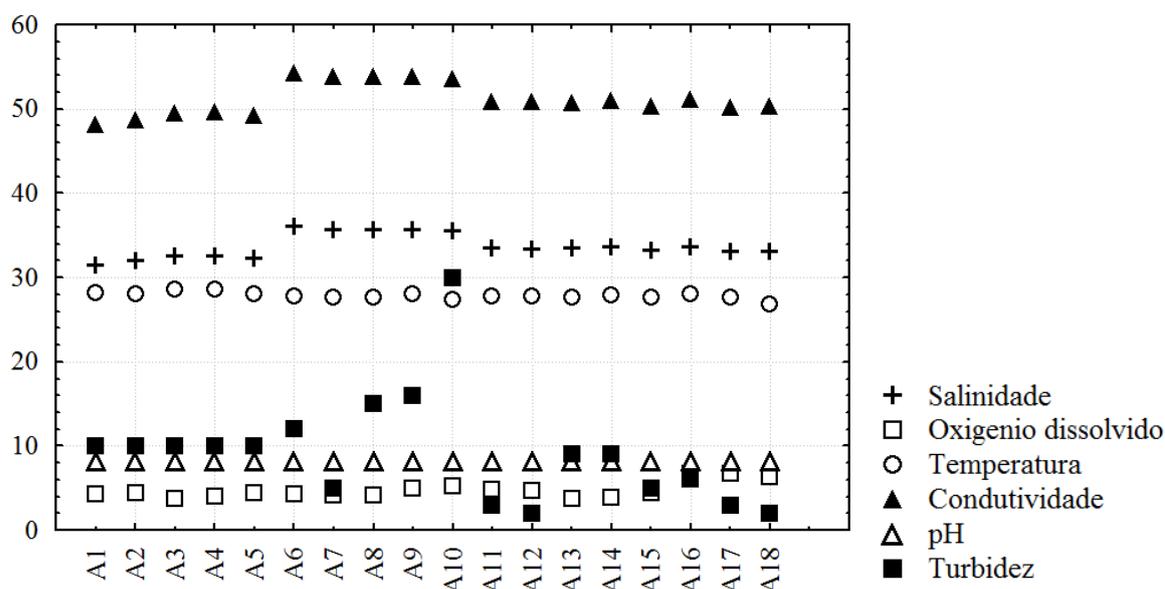
A normalidade dos dados de densidade foi verificada através do teste Kolmogorov-Smirnov no programa Statistica 7. Os dados não apresentaram distribuição normal e, por isso, as diferenças entre as redes de 120 e 300  $\mu\text{m}$  foram comparadas através do teste estatístico não paramétrico de Mann-Whitney. A estrutura das assembleias de copépodes foi descrita através da riqueza de Margalef ( $d$ ), da equitabilidade de Pielou ( $J'$ ), do índice de diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ) e da dominância de Simpson ( $\lambda'$ ), utilizando o programa Primer 6.0 e as diferenças entre estes índices foi calculada pelo teste de Mann-Whitney utilizando o programa Statistica 7. Um diagrama de Venn foi elaborado para simbolizar graficamente a relação entre as amostras, representando os táxons comuns e exclusivos de cada tamanho de malha, agregados aos dados de densidade para permitir melhor visualização comparativa. A curva de acumulação de espécies, que visa verificar a suficiência amostral, utilizada neste

trabalho foi a de Michaelis-Menton, tendo sido o índice calculado pelo software Primer 6.0. Uma regra de três simples foi empregada para calcular a porcentagem dos estágios iniciais que compuseram os táxons exclusivos de cada rede.

## 5 RESULTADOS

Em um contexto geral, as variáveis abióticas não apresentaram alterações na Costa semiárida do Brasil. A única exceção decorreu da turbidez na estação 10 (FIGURA 4). A média pluviométrica foi bastante reduzida nos meses de coleta foi de 3,1 mm, em julho, e 0,6 mm, em outubro (FUNCEME, 2016).

Figura 4 – Variáveis ambientais registradas na costa semiárida do Brasil.



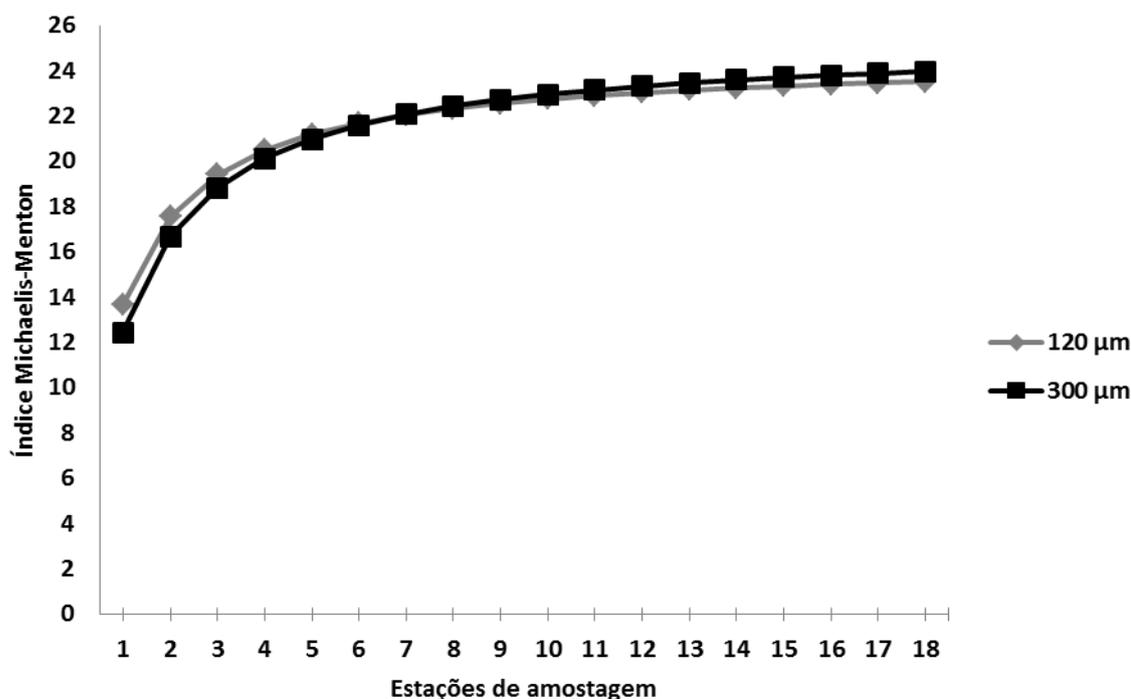
Fonte: O autor

A assembleia de copépodes esteve representada por 34 táxons (incluindo náuplios e copepoditos juvenis) pertencentes a 3 ordens, 14 famílias e 16 gêneros. O alcance da suficiência amostral dos táxons foi satisfatório na PCCS (FIGURA 5). Das amostras capturadas com a rede de 120  $\mu\text{m}$  foram identificados 24 táxons, com densidade média de  $54,71 \pm 150,38 \text{ ind.m}^{-3}$ . Já com a rede 300  $\mu\text{m}$ , 27 táxons foram identificados, com densidade média de  $9,67 \pm 41,21 \text{ ind.m}^{-3}$  (TABELA 1).

Dentre os organismos considerados muito frequentes da rede de 120  $\mu\text{m}$  merecem destaque os copepoditos juvenis de Paracalanidae, *Oithona* spp. e *Euterpina acutifrons*, que estiveram presente em 100% das amostras analisadas. Já em relação aos táxons capturados com a rede de 300  $\mu\text{m}$ , estiveram presentes em todas as amostras *Temora stylifera*, *Corycaeus (Ditrichocorycaeus) amazonicus* e *Corycaeus (Onychocorycaeus) giesbrechti*. O percentual de táxons considerados “muito frequente” foi maior na rede de 120  $\mu\text{m}$  (50%) do que na de

300  $\mu\text{m}$  (37,5%), enquanto as outras classes de frequência foram sempre maiores na rede de 300  $\mu\text{m}$  (TABELA 1).

Figura 5: Curva de acúmulo de táxons coletados com a rede de 120  $\mu\text{m}$  (cinza) e 300  $\mu\text{m}$  (preto) na costa semiárida do Brasil.



Fonte: O autor.

A análise de abundância relativa (AR) evidenciou que os táxons menores, como *Oithona* spp. (AR: 49,46%), *Paracalanus aculeatus* (AR: 8,30%) e *Euterpina acutifrons* (AR: 6,82%), registraram maiores valores na rede de 120  $\mu\text{m}$ . Já os copépodes com maiores dimensões, como *Corycaeus (Ditrichocorycaeus) amazonicus* (AR: 6,86%) e *Corycaeus (Onychocorycaeus) giesbrechti* (13,60%) registraram maior densidade quando capturados com a rede de 300  $\mu\text{m}$  (FIGURA 6).

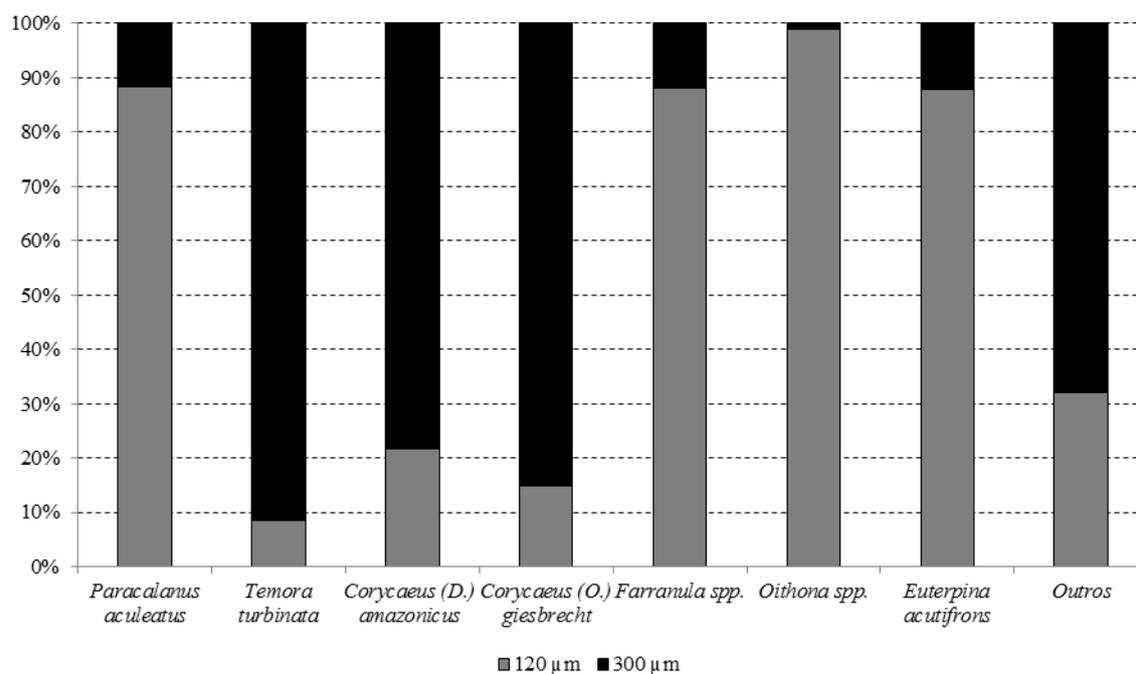
Tabela 1. Número de amostras, táxons identificados, densidade média ( $\text{ind.m}^{-3} \pm \text{Desvio Padrão}$ ) e frequência de ocorrência dos táxons capturados com as redes de 120 e 300  $\mu\text{m}$  na costa semiárida do Brasil. Muito frequente (\*\*\*\*), Frequente (\*\*\*), Pouco frequente (\*\*), Esporádica (\*) e sem ocorrência (-).

	Tamanho da malha				
	120 $\mu\text{m}$		300 $\mu\text{m}$		
Número de amostras	18		18		
Número de táxons identificados	24		27		
Densidade média	$54,71 \pm 150,38$		$9,67 \pm 41,21$		
	$\text{ind.m}^{-3}$	f	$\text{ind.m}^{-3}$	f	
<b>Ordem Calanoida</b>					
	Calanoida (Copepodito juvenil)	$5,31 \pm 8,86$	***	$0,02 \pm 0,06$	**
Acartiidae (Sars, 1900)	<i>Acartia (Odontacartia) lilljeborgi</i> (Giesbrecht, 1889)	$1,40 \pm 2,95$	**	$0,85 \pm 1,26$	****
	<i>Acartia (Odontacartia) lilljeborgi</i> (Copepodito juvenil)	$3,61 \pm 11,85$	**	$0 \pm 0$	-
Calanidae (Dana, 1849)	<i>Undinula vulgaris</i> (Dana, 1849)	$0 \pm 0$	-	$0,003 \pm 0,01$	*
	<i>Undinula vulgaris</i> (Copepodito juvenil)	$0 \pm 0$	-	$0,03 \pm 0,09$	**
Centropagidae (Giesbrecht, 1893)	<i>Centropages velificatus</i> (Oliveira, 1947)	$1,24 \pm 2,08$	***	$1,01 \pm 1,17$	****
	<i>Centropages velificatus</i> (Copepodito juvenil)	$2,82 \pm 7,37$	**	$0,56 \pm 0,70$	****
Clausocalanidae (Giesbrecht, 1893)	<i>Clausocalanus furcatus</i> (Brady, 1883)	$0 \pm 0$	-	$0,05 \pm 0,22$	**
Eucalanidae (Giesbrecht, 1893)	<i>Subeucalanus pileatus</i> (Giesbrecht, 1888)	$0 \pm 0$	-	$0,05 \pm 0,11$	**
	<i>Subeucalanus pileatus</i> (Copepodito juvenil)	$0 \pm 0$	-	$0,02 \pm 0,1$	*
Paracalanidae (Giesbrecht, 1892)	<i>Parvocalanus</i> spp.	$42,38 \pm 63,27$	****	$0 \pm 0$	-
	<i>Paracalanus aculeatus</i> (Giesbrecht, 1888)	$65,12 \pm 167,61$	****	$1,43 \pm 1,96$	****
	Paracalanidae (Copepodito juvenil)	$20,20 \pm 28,64$	****	$31,12 \pm 66,25$	****
Pontellidae (Dana, 1852)	<i>Calanopia americana</i> (F. Dahl, 1894)	$5,28 \pm 8,62$	***	$1,15 \pm 3,17$	****
	<i>Calanopia americana</i> (Copepodito juvenil)	$3,42 \pm 8,94$	**	$0,85 \pm 1,33$	****
	<i>Labidocera nerii</i> (Krøyer, 1849)	$0,06 \pm 0,26$	*	$0,05 \pm 0,07$	**
	<i>Labidocera</i> spp. (Copepodito juvenil)	$0 \pm 0$	-	$0,25 \pm 0,46$	***

Pseudodiaptomidae (Sars, 1902)		<i>Pseudodiaptomus acutus</i> (Dahl, 1894)	0,31 ± 1,31	*	0,08 ± 0,27	**
			120 µm		300 µm	
			ind.m <sup>-3</sup>	f	ind.m <sup>-3</sup>	f
Temoridae (Giesbrecht, 1893)	<i>Pseudodiaptomus acutus</i> (Copepodito juvenil)	0 ± 0	-		0,01 ± 0,06	*
	<i>Temora stylifera</i> (Dana, 1849)	0 ± 0	-		0,01 ± 0,02	*
	<i>Temora turbinata</i> (Dana, 1849)	30,43 ± 49,49	****		55,52 ± 123,57	****
	Temoridae (Copepodito juvenil)	4,06 ± 60,74	****		9,42 ± 29,09	****
<b>Ordem Cyclopoida</b>						
Corycaeidae (Dana, 1852)	<i>Corycaeus (Ditrichocorycaeus) amazonicus</i> (F. Dahl, 1894)	14,85 ± 22,85	****		9,03 ± 10,30	****
	<i>Corycaeus (Onychocorycaeus) giesbrechti</i> (F. Dahl, 1894)	18,67 ± 23,70	****		17,91 ± 23,66	****
	<i>Corycaeus (Onychocorycaeus) latus</i> (Dana, 1849)	0 ± 0	-		0,003 ± 0,01	*
Oithonidae (Dana, 1852)	Corycaeidae (Copepodito juvenil)	1,55 ± 3,55	**		0 ± 0	-
	<i>Farranula</i> spp.	10,95 ± 13,37	****		0,25 ± 0,33	***
	<i>Oithona</i> spp.	387,86 ± 391,00	****		0,66 ± 1,28	***
	Oithonidae (Copepodito juvenil)	12,50 ± 16,67	****		0 ± 0	-
<b>Ordem Harpacticoida</b>						
Ectinosomatidae (Sars, 1903)	<i>Microsetella rosea</i> (Dana, 1849)	0,19 ± 0,82	*		0 ± 0	-
Euterpinidae (Brian, 1921)	<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1849)	53,47 ± 93,89	****		1,24 ± 2,09	***
	<i>Euterpina acutifrons</i> (Copepodito juvenil)	27,07 ± 71,26	***		0 ± 0	-
Miraciidae (Dana, 1846)	<i>Macrosetella gracilis</i> (Dana, 1848)	0 ± 0	-		0,13 ± 0,29	**
Náuplio de copepoda		35,42 ± 67,73	****		0 ± 0	-

Fonte: O autor.

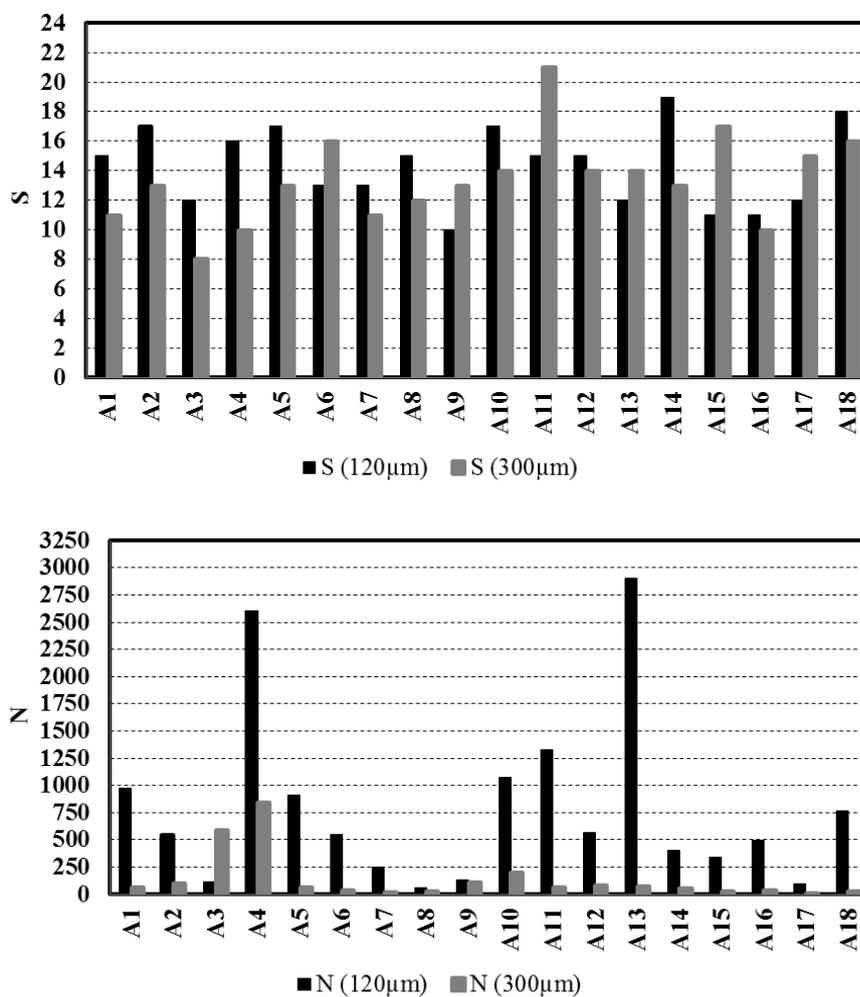
Figura 6: Abundância relativa dos principais táxons comuns às redes de 120 e 300  $\mu\text{m}$  na costa semiárida do Brasil.



Fonte: O autor.

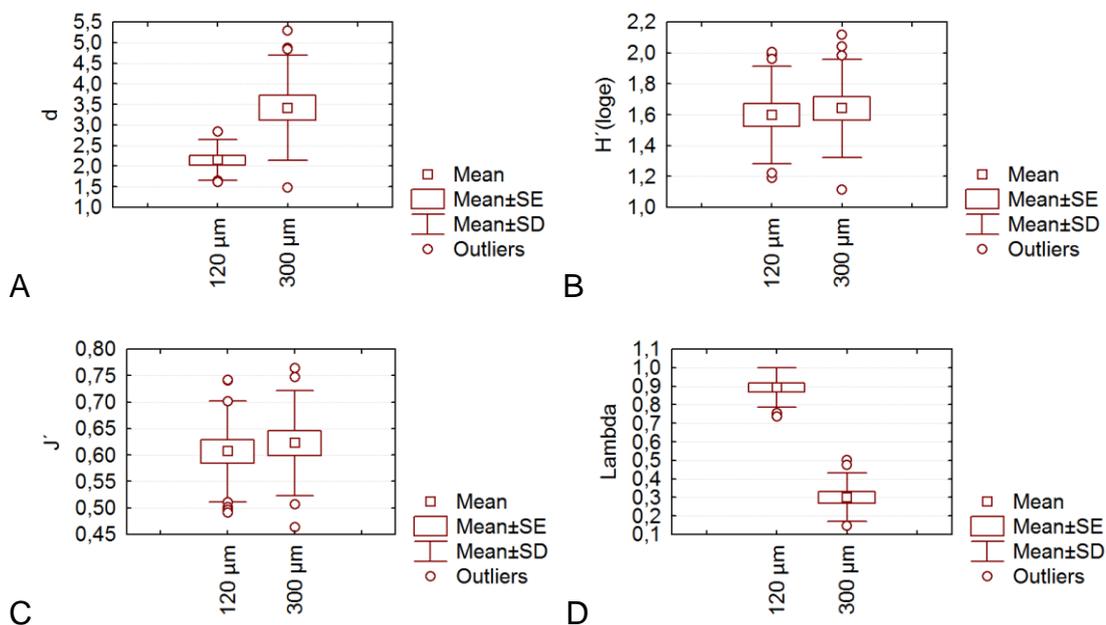
O número total de táxons foi maior em grande parte das estações para os organismos capturados com a rede de 120  $\mu\text{m}$ , as exceções ficaram por conta das estações A6, A9, A11, A13, A15 e A17. O número de indivíduos também foi maior na rede de 120  $\mu\text{m}$ , exceto na estação 3 (120  $\mu\text{m}$ , 109,28; 300  $\mu\text{m}$ , 588,58) (FIGURA 7). A riqueza de Margalef (d) (Mann-Whitney,  $p = 0,0005$ ) e a dominância de Simpson ( $\lambda'$ ) (Mann-Whitney,  $p = 0,0000004$ ) foram significativamente diferentes comparando-se as duas redes. Tanto a equitabilidade de Pielou, como a diversidade de Shannon-Wiener não apresentaram diferença significativa ( $p = 0,47$  e  $p = 0,59$ , respectivamente). A riqueza de Margalef foi em média  $2,15 \pm 0,49$  na rede de 120 e  $3,41 \pm 1,25$  na rede de 300  $\mu\text{m}$  e a dominância de Simpson foi de  $0,89 \pm 0,1$  na rede de 120 e de  $0,25 \pm 0,13$  na rede de 300  $\mu\text{m}$ . Nos dois tamanhos de malha a equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) foi  $> 0,50$  (120  $\mu\text{m}$ ;  $J' = 0,61 \pm 0,01$ ; 300  $\mu\text{m}$ ;  $J' = 0,62 \pm 0,01$ ). O índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) apresentou valores médios similares (120  $\mu\text{m}$ ;  $H' = 1,60 \pm 0,31$  e 300  $\mu\text{m}$ ;  $H' = 1,64 \pm 1,32$ ), indicando que a diversidade nas duas redes foi semelhante (FIGURA 8).

Figura 7 – Número de táxons (S) e número de indivíduos (N) coletados com a rede de 120 e 300  $\mu\text{m}$  na costa semiárida do Brasil.



Fonte: O autor.

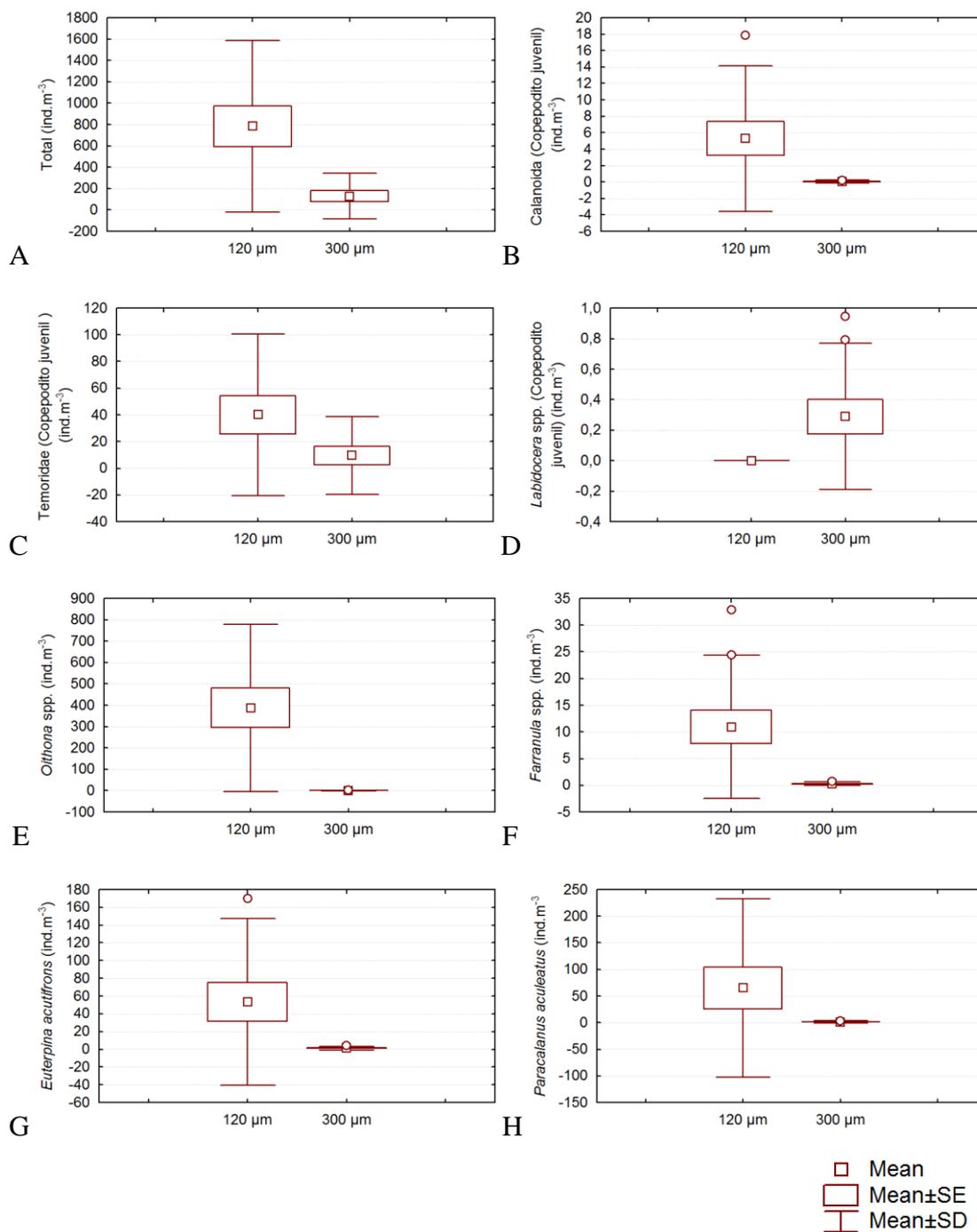
Figura 8: A - Riqueza de Margalef (d), B - Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), C - Equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) e D - Dominância de Simpson ( $\text{Lambda } \lambda'$ ) da assembleia de copépodes na costa semiárida do Brasil.



Fonte: O autor.

Apesar da densidade total dos organismos capturados com as diferentes redes ter apresentado diferença significativa, apenas sete táxons específicos registraram o mesmo padrão. As densidades dos copepoditos juvenis de Calanoida, Temoridae e *Labidocera* spp. e dos adultos de *Oithona* spp., *Farranula* spp., *Euterpina acutifrons* e *Paracalanus aculeatus* capturados com a rede de 120 µm foram significativamente maior do que aquelas obtidas com a rede de 300 µm (FIGURA 9).

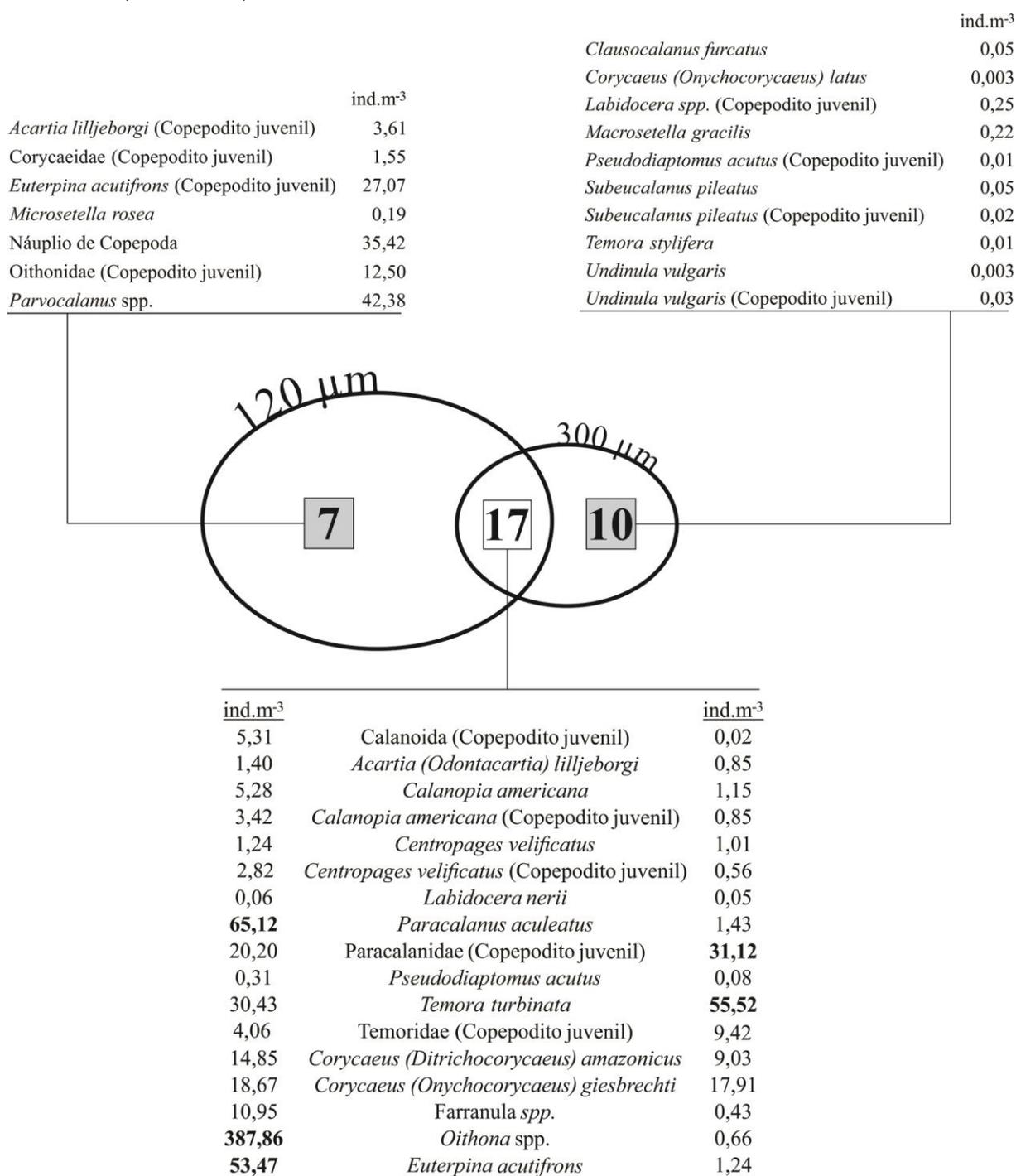
Figura 9 – Diferença significativa táxons capturados com as redes 120 e 300  $\mu\text{m}$  na costa semiárida do Brasil. Densidade geral (A), Calanoida (Copepodito juvenil) (B), Temoridae (Copepodito juvenil) (C), *Labidocera* spp. (Copepodito juvenil) (D), *Oithona* spp. (E), *Farranula* spp., (F) *Euterpina acutifrons* (G) e *Paracalanus aculeatus* (H).



Fonte: O autor.

O diagrama de Venn possibilita a visualização da ocorrência e densidade dos táxons comuns e exclusivos de cada malha. É possível verificar que dentre os táxons exclusivos da rede de 120  $\mu\text{m}$ , 62,5% foram compostos por estágios iniciais de copépodes (copepoditos juvenis e náuplios), enquanto na rede de 300  $\mu\text{m}$ , apenas 40% dos táxons exclusivos pertenceram aos mesmos estágios. Os táxons que ocorreram apenas na rede de 300  $\mu\text{m}$  representam a parcela do mesozooplâncton analisada nesse estudo e os de 120  $\mu\text{m}$ , a do microzooplâncton. A rede de 300 capturou maior número de táxons exclusivos do que a de 120  $\mu\text{m}$ , porém, tanto os exclusivos como os comuns à outra rede, apresentaram baixas densidades. Apesar dos 50% dos táxons terem sido capturados por ambas as redes, a seletividade da rede de 120  $\mu\text{m}$  está relacionada à densidade numérica. A densidade geral de todos os organismos capturados com a rede de 120  $\mu\text{m}$  foi cerca de seis vezes maior do que a dos organismos de 300  $\mu\text{m}$  (FIGURA 10).

Figura 10: Diagrama de Venn e densidade média (ind.m<sup>-3</sup>) dos táxons de copépodes exclusivos e comuns às redes de 120 µm e de 300 µm na costa semiárida do Brasil.



Fonte: O autor.

## 6 DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho apresentam informações referentes a biodiversidade de copépodes em uma região pouco conhecida do litoral brasileiro, bem como aspectos metodológicos importantes que irão embasar futuras pesquisas. Na costa semiárida do Brasil, alguns táxons foram subestimados quando apenas uma das redes foi considerada. A rede de 120  $\mu\text{m}$  mostrou maior eficiência para coletar organismos de menor tamanho, em termos de densidade, como os copépodes do gênero *Oithona* spp., *Euterpina acutifrons*, *Farranula* spp., além dos náuplios que foram coletados com eficácia pela rede de menor tamanho de malha. Táxons com maiores dimensões, como *Subeucalaus pileatus* e *Undinula vulgaris* ocorreram apenas na rede de 300  $\mu\text{m}$ . A redução do tamanho da malha pode aumentar a retenção dos pequenos organismos, porém pode reduzir a eficiência de filtração e fazer com que os grandes evitem a rede, pois possuem maior habilidade de sentir as vibrações na água da rede que se aproxima e fugir (SKJOLDAL *et al.*, 2013). Na rede de 120 obteve-se maior riqueza, dominância e densidade. Na rede de 300  $\mu\text{m}$  ocorreu maior número de táxons exclusivos.

Não houve diferença entre as estações de coleta e, por isso, as águas da plataforma interna da costa semiárida foram consideradas homogêneas durante o período de amostragem. A turbidez apresentou uma alteração expressiva na estação 10 diante dos outros pontos amostrais, porém este valor é improcedente e não foi considerado na interpretação dos dados, possivelmente por ter sido um erro amostral. A plataforma continental do Nordeste é estreita, aberta ao mar recebendo no geral pouco “runoff” urbano, com uma margem passiva, onde não ocorrem grandes fenômenos, como a ressurgência costeira (BRUNSKILL, 2010; DIAS *et al.*, 2013), além disso, na plataforma interna não há atuação de vórtices.

A fração do mesozooplâncton ( $> 200 \mu\text{m}$ ) tem sido o foco dos estudos sobre o zooplâncton na zona costeira do Brasil (KRUMME e LIANG, 2004; SCHWAMBORN *et al.*, 2004; AVILA *et al.*, 2009; DIAS e BONECKER, 2009; MOTA, 2013). Apesar do uso difundido em todo o mundo de redes com maior abertura de malha, as informações geradas tanto sobre a abundância como sobre a distribuição espacial e temporal são duvidosas (TSENG *et al.*, 2011) ou incompletas, justamente por não considerar as frações de menor tamanho, que incluem, até mesmo, os estágios juvenis e frações menores do mesozooplâncton.

A maior parte dos táxons presentes na PCCS está inserida na categoria de pequenos copépodes marinhos. Adultos de calanóides, como os do gênero *Pseudocalanus*, *Acartia* e

*Clausocalanus*; ciclopóides como *Oithona*, *Oncea* e *Corycaeus* e haparctícoides planctônicos do gênero *Microsetella*, além de náuplios da maioria das espécies são comumente referidos como copépodes pequenos (TURNER, 2004). A seletividade quantitativa da rede de 120 µm está relacionada a táxons específicos como os pequenos copépodes do gênero *Oithona* e *Euterpina*, além dos copepoditos juvenis e estágios naupliares. Foi observado que a rede de 300 µm capturou também copepoditos juvenis, como os juvenis de *Subeucalanus aculeatus*, *Undinula vulgaris* e *Pseudodiaptomus acutus*, entretanto estes organismos possuem dimensões maiores.

A diferença significativa entre as densidades de *Oithona* spp. capturadas com a rede de malhas finas (120 µm) e grossas (300 µm) é um dos principais destaques deste estudo. Os adultos da família Oithonidae tem diâmetro esférico equivalente < 200 µm, sendo capazes de passar através dos poros de redes maiores (HWANG *et al.*, 2007). Diferenças consideráveis na abundância de *Oithona* entre redes grandes e pequenas são comuns em muitos estudos ao redor do mundo (HWANG *et al.*, 2007; ANTACLI *et al.*, 2010; RICCARDI, 2010). Esses organismos possuem baixas taxas de respiração e passam grande parte do tempo imóvel, esperando capturar suas presas através de um salto rápido em direção a elas (NAKAMURA e TURNER, 1997; TURNER, 2004). Essas estratégias resultam em uma economia de energia que pode ser canalizada para a reprodução ao invés do crescimento, contribuindo para sucesso colonizador do gênero (TURNER, 2004).

*E. acutifrons* também é um pequeno copépode que apresentou clara seletividade numérica para a rede de 120 µm. Essa espécie é nerítica (VILLATE, 1997) e vive em ecossistemas com alta concentração de material particulado (SAUTOUR e CASTE, 1993). No aspecto físico, a plataforma continental e a zona costeira são ambientes bastante energéticos, nos quais as variações de temperatura da água, salinidade, nível do mar e correntes são mais expressivos do que no oceano aberto (KNOX, 2000). As condicionantes hidrodinâmicas que regem a circulação da plataforma podem ser determinadas pelo vento, marés astronômicas, marés meteorológicas, campo de densidade, contribuição continental e ondas (CALLING, 1998). O período amostrado e a zona costeira da PCCS são caracterizados por alta intensidade dos ventos, o que aumenta a energia e a dinâmica da costa, proporcionando um ambiente favorável para a ocorrência de *E. acutifrons*.

Os poucos táxons que apresentaram diferença significativa ao compararem-se as duas malhas confirmam esta afirmativa. Isso é corroborado também pela alta equitabilidade das assembleias estudadas, que por apresentarem valores maiores que 0,5 indicaram uma boa

distribuição das densidades na área e também baixa dominância de espécies na rede de 300  $\mu\text{m}$ . Apesar da densidade dos organismos capturados com a rede de 120 ter sido, de maneira geral, superior a de 300  $\mu\text{m}$ , esses números ainda são bem baixos frente aos registrados com redes similares em plataformas continentais de outros locais como no estudo de WU *et al.* (2011) que registrou densidade média de  $12\,490\,00 \pm 20\,802 \text{ ind.m}^{-3}$  de copépodes capturados com uma rede de 100  $\mu\text{m}$  nas águas no mar do Leste da China e de TSENG *et al.* (2011) que capturou  $735,98 \pm 407,41$  com a mesma rede, no Mar do Norte da China.

As pequenas densidades de copépodes na PCCS podem estar relacionadas aos baixos índices de precipitação, já que as coletas foram executadas no período de estiagem. O ano de 2010 foi um ano com atuação do fenômeno El Niño no Nordeste do Brasil, o que levou as médias pluviométricas ficarem abaixo da faixa normal esperada para a quadra chuvosa (FERREIRA *et al.*, 2012). A drenagem dos estuários pode modificar as características da plataforma, como a concentração de nutrientes, influenciando a composição e a distribuição da comunidade zooplânctônica (ALBAINA e IRIGOIEN, 2004). A chuva influencia o “input” de nutrientes através da drenagem continental, fertilizando a produtividade planctônica costeira. Se há pouca quantidade de chuvas é possível que a atividade bacteriana e fitoplânctônica não sejam estimuladas, não havendo um consequente aumento da abundância nesses compartimentos tróficos (LUGOMELA *et al.*, 2001). Apesar de muitos trabalhos avaliarem a dinâmica sazonal do zooplâncton nas regiões norte e nordeste do Brasil, abordando a influência de períodos de chuvas sobre a estrutura da comunidade (ALMEIDA E SILVA *et al.*, 2003; DIAS *et al.*, 2009; MAGALHÃES, ANDRÉ *et al.*, 2009; COSTA *et al.*, 2011), essa questão ainda não é totalmente compreendida, principalmente na PCCS que apresenta índices pluviométricos inferiores a costa nordeste oriental e da costa amazônica.

Outro motivo que explica a seletividade (que se refletiu na densidade e dominância) dos pequenos copépodes da rede de 120  $\mu\text{m}$  neste estudo é a natureza oligotrófica das águas da PCCS. Em águas oligotróficas tropicais e subtropicais, o microzooplâncton é o principal predador do fitoplâncton, consumindo em média 75% da produção primária e cerca de metade da biomassa do fitoplâncton por dia (CALBET, 2008). Os copepoditos juvenis neste estudo foram frequentes nas estações amostradas e tiveram densidade média bastante elevada quando capturados com a rede de 120  $\mu\text{m}$ . Como exemplo temos os copepoditos juvenis de *Acartia lilljeborgi*, *Euterpina acutifrons*, Corycaeidae e Oithonidae.

Os náuplios de copépodes ocorreram apenas na rede de 120  $\mu\text{m}$ , com densidades elevadas. A altas densidades dos estágios iniciais dos organismos capturados principalmente

pela rede de 120  $\mu\text{m}$  neste estudo, em seus aspectos qualitativos e também quantitativos, sugere que não é adequado realizar uma coleta com a rede de 300  $\mu\text{m}$  se o objetivo é analisar as fases iniciais do desenvolvimento, pois muitos copepoditos juvenis e náuplios são perdidos, tendo sua densidade fortemente subestimada em amostras obtidas com redes de malha maiores. Para analisar quantitativamente os copepoditos, NICHOLS e THOMPSON (1991) recomendam malhas de até 124  $\mu\text{m}$ , enquanto os náuplios requerem malhas menores que 61  $\mu\text{m}$ . MAKABE *et al.* (2012) demonstrou que quando capturados com rede de 60  $\mu\text{m}$ , náuplios de copépodes tiveram uma densidade média de  $4684 \pm 2826 \text{ ind. m}^{-3}$ , quando usada a rede de 100  $\mu\text{m}$  a densidade caiu para  $997 \pm 548 \text{ ind. m}^{-3}$  e, quando usada a de 330  $\mu\text{m}$ , a densidade desses organismos diminuiu para  $73 \pm 37 \text{ ind. m}^{-3}$ .

A captura de todas as frações do zooplâncton em ambientes marinhos por uma única rede varia de acordo com cada autor. Alguns recomendam a utilização de malhas pequenas, como a de 80  $\mu\text{m}$  indicada por GALLIENNE e ROBINS (2001), que demonstraram que as redes convencionalmente empregadas (200 - 330  $\mu\text{m}$ ) coletam menos de 10% da densidade de todas as frações do zooplâncton. SKJOLDAL *et al.* (2013) sugere que em águas costeiras, com ocorrência de comunidades de zooplâncton neríticas, haja preferência pela rede de abertura de malha de 150  $\mu\text{m}$ . Segundo os referidos autores, o uso da rede de 150  $\mu\text{m}$  captura melhor os pequenos copépodes com menor possibilidade de uma colmatagem da rede. É necessário também mencionar que o comprimento é frequentemente considerado para representar o tamanho do plâncton, porém a retenção na rede de coleta está relacionada à sua largura (GALLIENNE e ROBINS, 2001). O ideal é que em amostragens quantitativas, a abertura da malha corresponda a 75% da largura do menor animal a ser amostrado (NICHOLS e THOMPSON, 1991). De modo geral, é importante deixar claro no delineamento e desenvolvimento da pesquisa o que se denomina por tamanho, se é comprimento, largura ou Diâmetro Esférico Equivalente (ESD), para tornar possível a comparação entre estudos diferentes.

A assembleia de copépodes na PCCS ainda foi composta de outras espécies menos abundantes, que podem permanecer subestimadas mesmo após o uso da rede de 120  $\mu\text{m}$ . As estações que apresentaram maiores densidades estão próximas de importantes estuários que cortam a plataforma continental. As maiores densidades da rede de 300  $\mu\text{m}$  foram registradas em estações do extremo oeste do Ceará (CAMPOS, 2014), próximas ao estuário do rio Coreaú e adjacentes ao estuário do rio Timonha (A3 e A4), que possui a maior área conservada de manguezal do Ceará (NASCIMENTO e SASSI, 2001). As altas densidades da

rede de 120  $\mu\text{m}$  na estação A13 podem estar relacionadas a pouca circulação de água na área. A estação está bem próxima ao Porto do Mucuripe (Fortaleza - CE), uma região com alta incidência de esgotos e nutrientes oriundos da drenagem urbana (BURUAEM *et al.*, 2012) e sob influência do estuário do rio Cocó, que já foi registrado em condições hipereutróficas, no período de estiagem (BARROSO, 2014). É reconhecida que a distribuição da comunidade planctônica é heterogênea (SEURONT e LAGADEUC, 2001), onde muitas vezes agregados de organismos (“patchily”) são observados, sustentados por mecanismos do ambiente marinho como a correlação com características físicas, variação aleatória de predadores, dentre outros (BRETNALL *et al.*, 2003). As médias de densidade de cada táxon apresentaram grandes valores de desvio padrão, o que podem indicar a característica de distribuição em manchas (“patchilly”) dos copépodes.

As principais espécies que contribuíram para a elevada densidade da rede de 300  $\mu\text{m}$  foram os copepoditos de Paracalanidae e o copépode exótico *Temora turbinata*. A ocorrência e abundância desses táxons também foram comuns e consideráveis na rede de 120  $\mu\text{m}$ . As espécies da família Paracalanidae são frequentemente encontradas em águas neríticas e oceânicas das regiões subtropicais e tropicais, com temperatura e salinidade altas (BJÖRNBERG, 1981). A presença frequente e grande abundância de copepoditos de Paracalanidae foram registradas também em um estudo na costa sudeste do Brasil (AMARAL *et al.*, 2007). *T. turbinata* é reconhecida como exótica à costa brasileira e foi introduzida provavelmente através da água de lastro (SILVA *et al.*, 2004). Ela é costeira e oceânica, bastante difundida e tolerante a uma ampla variação das condições ambientais (BRADFORD, 1977; BJÖRNBERG, 1981; BRADFORD-GRIEVE, J. *et al.*, 1999b). Esta espécie possui registros em muitos estuários brasileiros (SILVA, 2003; ARA, 2004; STERZA e FERNANDES, 2006).

As espécies endêmicas do Brasil *Acartia (Odontocartia) lilljeborgi* e *Pseudodiaptomus acutus*, comuns às duas redes, foram encontradas em grandes densidades nas estações próximas à importantes estuários, como o do rio Parnaíba e o do rio Coreau. *A. lilljeborgi* é costeira e estuarina (BJÖRNBERG, 1981; BRADFORD-GRIEVE, J. M., MARKHASEVA, E. L., *et al.*, 1999), comumente encontrada em águas costeiras do Atlântico Sul (SILVA, 2003; MARCOLIN *et al.*, 2010). Os copépodes do gênero *Pseudodiaptomus* são os únicos tipicamente estuarinos. A espécie *P. acutus* ocorre com frequência em ambientes estuarinos do país (SANKARANKUTTY *et al.*, 1995; SILVA, 2003; MAGALHÃES, A. *et al.*, 2009).

Os resultados demonstram a necessidade de uma visão mais ampla da assembleia de copépodes na PCCS, considerando espécies menores e seus estágios de desenvolvimento. É importante que a abordagem escolhida esteja associada aos objetivos do estudo. O pesquisador deverá optar pela rede com abertura de malha mais adequada para as espécies alvo do estudo, ou ao estudo da ecologia de comunidades. Esta pesquisa fornece um conhecimento taxonômico, ecológico e de delineamento metodológico para o diagnóstico de comunidades e populações do zooplâncton.

## 6 CONCLUSÕES

As redes com aberturas de malha de 120 e 300  $\mu\text{m}$  coletaram densidades de copépodes muito distintas na costa semiárida do Brasil.

Houve variação na riqueza, dominância e em táxons exclusivos de copépodes de acordo com a rede empregada.

A rede de 120  $\mu\text{m}$  coletou com maior eficiência os pequenos copépodes e estágios iniciais de desenvolvimento. Já a rede de 300  $\mu\text{m}$  demonstrou seletividade por táxons com maiores dimensões e adultos.

Em regiões oligotróficas semelhantes às condições da PCCS (Atlântico Equatorial), redes com aberturas de malha menor, como a de 120  $\mu\text{m}$ , devem ser sempre empregadas devido à dominância de pequenos organismos na teia trófica.

## REFERÊNCIAS

- AITKENHEAD-PETERSON, J. A.; MCDOWELL, W. H.; NEFF, J. C. Sources, Production, and Regulation of Allochthonous Dissolved Organic Matter Inputs to Surface Waters. In: PRESS, A. (Ed.). **Aquatic Ecosystems**. Burlington, 2003. p.25-70. ISBN 978-0-12-256371-3.
- ALBAINA, A.; IRIGOIEN, X. Relationships between frontal structures and zooplankton communities along a cross-shelf transect in the Bay of Biscay (1995 to 2003). **Marine Ecology Progress Series**, v. 284, p. 65-75, 2004.
- ALMEIDA E SILVA, T. et al. Diel and seasonal changes in the macrozooplankton community of a tropical estuary in Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 3, p. 439-446, 2003.
- AMARAL, T. S.; FERREIRA, M. M.; LOUREIRO, F. L. **Variação sazonal da comunidade Zooplanctônica em um recife artificial marinho**. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. Caxambu: Anais... . 8 2007.
- ANDRADE, I. M. et al. Diversidade de fanerógamas do Delta do Parnaíba - Litoral Piauiense. In: EDUFPI (Ed.). **Biodiversidade do Delta do Parnaíba: litoral piauiense**. Parnaíba, 2012. p.62-114. ISBN 978-85-7463538-5.
- ANJUSHA, A. et al. Trophic efficiency of plankton food webs: Observations from the Gulf of Mannar and the Palk Bay, Southeast Coast of India. **Journal of Marine Systems**, v. 115-116, p. 40-61, 2013. ISSN 09247963.
- ANTACLI, J. C.; HERNÁNDEZ, D.; SABATINI, M. E. Estimating copepods' abundance with paired nets: Implications of mesh size for population studies. **Journal of Sea Research**, v. 63, n. 1, p. 71-77, 2010. ISSN 13851101.
- ARA, K. Temporal Variability and Production of the Planktonic Copepod Community in the Cananéia Lagoon Estuarine System, São Paulo, Brazil. **Zoological studies**, v. 43, n. 2, p. 179-186, 2004.
- AVILA, T. R.; PEDROZO, C. S.; BERSANO, J. G. F. Variação temporal do zooplâncton da Praia de Tramandaí, Rio Grande do Sul, com ênfase em Copepoda. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 99, p. 18-26, 2009. ISSN 0073-4721. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0073-47212009000100003&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-47212009000100003&nrm=iso)> .
- AZAM, F. et al. The Ecological Role of Water-Column Microbes in the Sea. **Marine Ecology Progress Series**, v. 10, p. 257-263, 1983.
- BARROS, K. V. S. **Influências ambientais sobre o ecossistema *Halodule wrightii* na Costa Semiárida do Brasil**. 2013. 166 p. (Doutorado). Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, 2013.

BARROSO, H. S. **Estrutura das assembleias de bacterioplâncton, arqueoplâncton e fitoplâncton em estuários sob estresses antropogênicos (NE - BRASIL)**. 2014. 160 p. (Doutorado). Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BJÖNBERG, T. K. S. Copepoda. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). **Atlas Del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajos con el zooplancton marino**. Mar del Plata: INIDEP, 1981. p.587-679.

BJÖRNBERG, T. S. K. Copepoda Mar del Plata. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). **Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Metodos de Trabajo con el Zooplancton Marino**: INIDEP, 1981. p.587-679.

BLANCO-BERCIAL, L. et al. DNA Barcoding of Marine Copepods: Assessment of Analytical Approaches to Species Identification. **PLoS Currents**, San Francisco, USA, v. 6, p. ecurrents.tol.cdf8b74881f87e3b01d56b43791626d2, 2014. ISSN 2157-3999. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4073882/> >.

BOLTOVSKOY, D. **Atlas del zooplancton del Atlantico Sudoccidental y métodos de con el zooplancton marino**. Mar del Plata: INIDEP, 1981. 936.

BONECKER, A. C. T.; BONECKER, S. L. C.; BASSANI, C. Plâncton marinho. In: INTERCIÊNCIA (Ed.). **Biologia marinha**. Rio de Janeiro, v.2, 2009. cap. 213-237, p.631.

BRADFORD-GRIEVE, J. et al. **Copepoda**. Zooplankton of the South Atlantic Ocean. BOLTOVSKOY, D. Netherlands: Leiden. 2: 1627p p. 1999a.

\_\_\_\_\_. Copepoda. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). **Zooplankton of the South Atlantic Ocean**. Netherlands: Leiden, v.2, 1999b. p.869-1098.

BRADFORD-GRIEVE, J. M. et al. Copepoda. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). **South Atlantic Zooplankton**. Leiden: Backhuys Publishers., v.2 1999. p.869-1098.

BRADFORD-GRIEVE, J. M. et al. Copepoda. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). **Zooplankton of the South Atlantic Ocean**. Leiden: Backhuys Publishers, v.2, 1999. p.869-1098.

BRADFORD, J. M. Distribution of the pelagic copepod temora turbinata in New Zealand coastal waters, and possible transtasman population continuity. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 11, n. 131-144, 1977.

BRENTNALL, S. J. et al. Plankton patchiness and its effect on larger-scale productivity. **Journal of Plankton Research**, v. 25, n. 2, p. 121-140, 2003.

BRUNSKILL, G. J. Tropical Margins. In: SPRINGER (Ed.). **Carbon and Nutrient Fluxes in Continetal Margins: A Global Synthesis**. Berlin, v.1, 2010. p.423-481.

BURUAEM, L. M. et al. Contamination of port zone sediments by metals from Large Marine Ecosystems of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 3, p. 479-88, Mar 2012. ISSN 1879-3363 (Electronic) 0025-326X (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22306311> >.

CALBET, A. The trophic roles of microzooplankton in marine systems. **Journal of Marine Science**, v. 65, n. 3, p. 325-331, 2008.

CALBET, A.; LANDRY, M. R. Mesozooplankton influences on the microbial food web: Direct and indirect trophic interactions in the oligotrophic open ocean. **American Society of Limnology and Oceanography**, v. 44, n. 6, p. 1370-1380, 1999.

CALLING, A. **Ocean Circulation**. England: The Open University, 1998. 237.

CAMPANER, A. F. Occurrence and distribution of copepods (Crustacea) in the epipelagic off Southern Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 33, n. 1, p. 5-27, 1985.

CAMPOS, A. A. et al. **A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a Gestão Integrada**. Fortaleza: AQUASIS, 2003.

CAMPOS, C. C. **Assembleia de Copépodes (Copepoda:Crustacea) na Plataforma Continental do Nordeste do Brasil**. 2014. 46 (Mestrado). Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CAVALCANTE, M. S. **Comportamento geoquímico do carbono dissolvido sob diferentes condições de maré no estuário do rio Jaguaribe** 2013. 69 (Bacharelado). Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CHICK, J. H. et al. Underestimation of rotifer abundance a much greater problem than previously appreciated. **Limnology and oceanography methods**, v. 8, n. 3, p. 79-87, 2010.

CIRILO, J. A. Public Water Resources Policy for the Semi-Arid Region. **Estudos Avançados** v. 22, n. 63, p. 61-81, 2008.

COSTA, K. G. et al. Tidal - Induced Changes in the Zooplankton Community of an Amazon Estuary. **Journal of Coastal Research**, v. 29, n. 4, p. 756-765, 2013.

COSTA, R. M. et al. Seasonal and spatial variation in hydrological parameters and microzooplankton communities in an Amazonian estuary **Journal of Coastal Research**, v. 64, p. 1477-1481, 2011.

COTNER, J. B.; BIDDANDA, B. A. Small Players, Large Role: Microbial Influence on Biogeochemical Processes in Pelagic Aquatic Ecosystems. **Ecosystems**, v. 5, n. 2, p. 105-121, 2002. ISSN 1432-9840 1435-0629.

DAUSFRENE, M.; LENGFELLNER, K.; SOMMER, U. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, n. 31, p. 12788-12793, 2009.

DE BERNARDI, R. Methods for the estimation of zooplankton abundance. In: BLACKWELL, O. (Ed.). **A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters**, 1984. p.59-86 p.

DE PAULA FILHO, F. J.; MARINS, R. V.; DE LACERDA, L. D. Natural and anthropogenic emissions of N and P to the Parnaíba River Delta in NE Brazil. **Estuarine, Coastal and shelf science**, v. 166, p. 34-44, 2015. ISSN 02727714.

DEFEO, O. et al. Threats to sandy beach ecosystems: A review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 81, n. 1, p. 1-12, 2009. ISSN 02727714.

DIAS, C. D. O. et al. Vertical copepod assemblages (0-2300 m) off southern Brazil. **Zoological Studies**, v. 49, n. 2, p. 230-242, 2010.

DIAS, C. O.; ARAUJO, A. V.; BONECKER, S. L. C. Seasonal variability of planktonic copepods (Copepoda: Crustacea) in a tropical estuarine region in Brazil. **Zoologia (Curitiba, Impresso)**, v. 26, p. 705-715, 2009. ISSN 1984-4670. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-46702009000400015&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-46702009000400015&nrm=iso) >.

DIAS, C. O.; BONECKER, S. L. C. The copepod assemblage (Copepoda: Crustacea) on the inner continental shelf adjacent to Camamu Bay, northeast Brazil. **Zoologia (Curitiba)**, v. 26, p. 629-640, 2009. ISSN 1984-4670. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-46702009000400007&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-46702009000400007&nrm=iso) >.

DIAS, F. J. S.; CASTRO, B. M.; LACERDA, L. D. Continental shelf water masses off the Jaguaribe River (4S), northeastern Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 66, p. 123-135, 2013. ISSN 02784343.

EL-ROBRINI, M. et al. Maranhão. In: AMBIENTE, M. D. M. (Ed.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. cap. 87-130, p.475. ISBN 85-7738-028-9.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; BJÖRNBERG, T. K. S. Seasonal Dynamics of Mesozooplankton in Brazilian Coastal Waters. **Hydrobiologia**, v. 563, n. 1, p. 253-268, 2006. ISSN 1573-5117. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0014-6> >.

FAVARETO, L. R. et al. Selectivity of plankton nets over planktonic Copepoda in two sub-tropical estuaries. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 21, n. 1, p. 66-77, 2009.

FERREIRA, B. P. et al. The effects of sea surface temperature anomalies on oceanic coral reef systems in the southwestern tropical Atlantic. **Coral Reefs**, v. 32, n. 2, p. 441-454, 2012. ISSN 0722-4028 1432-0975.

FERREIRA, G. A.; MELLO, A. G. S. Main atmospheric systems acting over the Northeastern region of Brazil and the influence of Pacific ANS Atlantic Oceans On the region Climate. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FONDA UMANI, S. et al. Relationships between microzooplankton and mesozooplankton: competition versus predation on natural assemblages of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). **Journal of Plankton Research**, v. 27, n. 10, p. 973-976, 2005.

FUNCEME. Calendário das chuvas no estado do Ceará., 2016. Disponível em: < <http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/633-calend%C3%A1rio-das-chuvas> >.

GALLIENNE, C. P.; ROBINS, D. B. Is Oithona the most important copepod in the world's ocean? **Journal of Plankton Research**, v. 23, n. 12, p. 1421-1432, 2001.

GARCÍA-COMAS, C. et al. Mesozooplankton size structure in response to environmental conditions in the East China Sea: How much does size spectra theory fit empirical data of a dynamic coastal area? **Progress in Oceanography**, v. 121, p. 141-157, 2014. ISSN 00796611.

GODOY, M. D. P. **Alteração nas áreas de mangue em estuários no estado do Ceará devido a mudança no uso do solo e mudanças climáticas**. 2015. 202 Tese (Doutorado). Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

HANSEN, B. The size ratio between planktonic predators and their prey. **Limnology and Oceanography** v. 39, n. c2, p. 395-403, 1994.

HOPCROFT, R. R.; ROFF, C. J.; LOMBARD, D. Production of tropical copepods in Kingston Harbour, Jamaica: the importance of small species. **Marine Biology**, v. 130, n. 4, p. 593-604, 1998. ISSN 1432-1793. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s002270050281> >.

HOPCROFT, R. R.; ROFF, J. C.; CHAVEZ, F. P. Size paradigms in copepod communities: a re-examination. **Hydrobiologia**, v. 453, n. 1, p. 133-141, 2001. ISSN 1573-5117. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013167917679> >.

HWANG, J. et al. Mesh size affects abundance estimates of Oithona spp. (Copepoda, Cyclopoida). **Crustaceana**, v. 80, n. 7, p. 827-837, 2007.

KIORBOE, T. G. Formation and fate of marine snow: small-scale processes with large-scale implications. **Scientia Marina**, v. 65, p. 57-71, 2001.

KNOPPERS, B. et al. Zona Costeira e Plataforma continental do Brasil. In: (Ed.). **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. p.353-361.

KNOX, G. A. **The Ecology of Seashores**. Florida: CRC Press, 2000. 571.

KRUMME, U.; LIANG, T. tidal-Induced Changes in a Copepod-Dominated Zooplankton Community in a Macrotidal Mangrove Channel in Northern Brazil. **Zoological studies**, v. 43, n. 2, p. 404-414, 2004.

LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. **Biological Oceanography: an introduction**. 1997. 337 p.

LEVINTON, J. **Marine biology: function, biology and ecology**. Nova York: Oxford University Press, 2011. 588 p.

LONGHURST, A. R.; PAULY, D. **Ecology of Tropical Oceans**. California: Academic Press, 1987.

LOPES, R. M. et al. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. **Scientia Marina**, v. 70, n. 2, p. 189-202, 2006.

LOUREIRO FERNANDES, L. F. et al. **Distribuição e biodiversidade dos diferentes grupos zooplanctônicos do Atlântico Sul Subtropical**: In: Congresso Brasileiro de Oceanografia: 1486-1489 p. 2010.

LUGOMELA, C.; WALLBERG, P.; NIELSEN, T. G. Plankton composition and cycling of carbon during the rainy season in a tropical coastal ecosystem, Zanzibar, Tanzania. **Journal of Plankton Research**, v. 23, n. 10, p. 1121-1136, 2001.

MAGALHÃES, A. et al. 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**, v. 66, n. 2A, p. 421-430, 2006.

MAGALHÃES, A. et al. **Seasonal variation in the copepod community structure from a tropical Amazon estuary, Northern Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 81: 187-197 p. 2009.

MAGALHÃES, A. et al. Seasonal variation in the copepod community structure from a tropical Amazon estuary, Northern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 81, n. 2, p. 187-197, 2009.

MAGALHÃES, A. et al. Diel variation in the productivity of *Acartia lilljeborgii* and *Acartia tonsa* (Copepoda: Calanoida) in a tropical estuary (Taperaçu, Northern Brazil). **Journal of coastal research**, v. 165, p. 1164-1169, 2013. ISSN 0749-0208 1551-5036.

MAGALHÃES, G. B.; ZANELLA, M. E. Comportamento Climático da Região Metropolitana de Fortaleza. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 10, n. 23, p. 129-145, 2011.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE- Brasil): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral**. 1998. 269 Doctorado Departament d'Estratigrafia i Paleontologia, Universitat de Barcelona, Barcelona.

MAKABE, R.; TANIMURA, A.; FUKUCHI, M. Comparison of mesh size effects on mesozooplankton collection efficiency in the Southern Ocean. **Journal of Plankton Research**, v. 34, n. 5, p. 432-436, 2012. ISSN 0142-7873 1464-3774.

MARCELINO, A. M. T. **Caracterização dos Ecossistemas Costeiros dos Estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí**. Natal - RN: 1999. 70.

MARCOLIN, C. R. et al. Mesozooplankton and Ichthyoplankton composition in two tropical estuaries of Bahia, Brazil. **Journal of species list and distribution**, v. 6, n. 2, p. 210-216, 2010.

MCKINNON, A. D. et al. Summer planktonic copepod communities of Australia's North West Cape (Indian Ocean) during the 1997–99 El Niño/La Niña. **Journal of Plankton Research**, v. 30, p. 839-855, 2008.

MCKINNON, A. D.; DUGGAN, S.; DE'ATH, G. Mesozooplankton dynamics in nearshore waters of the Great Barrier Reef. **Estuarine, Coastal and shelf science**, v. 63, n. 4, p. 497-511, 2005. ISSN 0272-7714. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027277140500003X> >.

MELO-JÚNIOR, M. **Produção secundária e aspectos reprodutivos de copépodes pelágicos ao largo de Ubatuba (SP, Brasil)**. 2009. 186 Doutorado Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física dos Estuários**. São Paulo: Editora da USP, 2002.

MIYASHITA, L. K.; DE MELO JÚNIOR, M.; LOPES, R. M. Estuarine and oceanic influences on copepod abundance and production of a subtropical coastal area. **Journal of Plankton Research**, v. 31, n. 8, p. 815-826, August 1, 2009 2009. Disponível em: < <http://plankt.oxfordjournals.org/content/31/8/815.abstract> >.

MOLISANI, M. M. et al. Effects of water management on hydrology and water quality of a semi-arid watershed in the Northeast of Brazil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 18, n. 2, p. 43-49, 2007.

MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S. Plataforma Continental. In: AQUASIS (Ed.). **A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a Gestão Integrada**. Fortaleza, 2003. p.27-80. ISBN 85-89491-01-3.

MORAIS, J. O. et al. Ceará. In: AMBIENTE, M. D. M. (Ed.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. cap. 131-154, p.475.

MORAIS, J. O. et al. Coastal erosion of Beaches near River Mouths: The Case of the Pontal de Maceió, Ceará, Brazil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 8, n. 2, p. 61-76, 2008.

MOTA, E. M. T. **Distribuição e Abundância do Ictioplâncton na Plataforma Continental (42-37 W, 48-21 S) no Nordeste do Brasil**. 2013. 66 p. (Mestrado). Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

NAKAMURA, Y.; TURNER, T. Predation and respiration by the small cyclopoid copepod *Oithona similis*: How important is feeding on ciliates and heterotrophic flagellates? **Journal of Plankton Research**, v. 19, n. 9 p. 1275-1288, 1997.

NASCIMENTO-VIEIRA, D. A. D. et al. Mesozooplâncton de área recifal do Atlântico Sudoeste Tropical. **Tropical Oceanography**, v. 38, n. 1, p. 47-59, 2010.

NASCIMENTO, M. S. V.; SASSI, R. INTERFERÊNCIAS HUMANAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO MANGUEZAL DOS RIOS TIMONHA/UBATUBA, ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 15, n. 2, p. 73-90, 2001.

NEUMANN-LEITÃO, S. et al. Diversity and distribution of the mesozooplankton in the tropical Southwestern Atlantic. **Journal of Plankton Research**, v. 30, n. 7, p. 795-805, July 1, 2008 2008. Disponível em: <  
<http://plankt.oxfordjournals.org/content/30/7/795.abstract> >.

NEUMANN-LEITÃO, S. et al. Diversity and distribution of the mesozooplankton in the tropical Southwestern Atlantic. **Journal of Plankton Research**, v. 30, n. 7, p. 795-805, July 1, 2008 2008. Disponível em: <  
<http://plankt.oxfordjournals.org/content/30/7/795.abstract> >.

NICHOLS, J. H.; THOMPSON, A. B. Mesh selection of copepodite and nauplius stages of four calanoid copepod species. **Journal of Plankton Research**, v. 13, n. 3661-671, 1991.

OHMAN, M. D.; SMITH, P. E. A comparasion of zooplankton sampling methods in the CalCOFI. **CalCOFI Reports**, v. 36, p. 154-158, 1995.

OLIVEIRA, A. M. E. **Composição e distribuição ecológica da ictiofauna no estuário do rio Pacoti, Ceará, Brasil**. 1993. 149 p. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OMORI, M.; IKEDA, T. **Methods in marine zooplankton ecology**. New York: J. Wiley & Sons, 1984. 332.

OWENS, N. J. P. et al. All plankton sampling systems underestimate abundance: Response to “Continuous plankton recorder underestimates zooplankton abundance” by J.W. Dippner and M. Krause. **Journal of Marine Systems**, v. 128, p. 240-242, 2013. ISSN 0924-7963. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092479631300119X> >.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O. Barrier Interference on Catú Estuarine Hydrologic System - Ceará - NE - Brazil. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 2, p. 237-250m, 2010.

PONTES, P. H. P. **Identificação e caracterização das massas d'água da plataforma continental do Maranhão, durante os períodos seco (Novembro, 1997) e chuvoso (Junho, 1999)**. 2007. 134 Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade federal do Pará, Belém.

PONTES, P. H. P.; ROBRINI, M. Massa d'água da plataforma continental do Maranhão, durante o período seco (Novembro, 1997). **Boletim do laboratório de hidrobiologia**, v. 21, p. 17-24, 2008. Disponível em: < <http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/blabohidro/article/viewFile/1892/42> >.

RAKESH, M. et al. Small copepods structuring mesozooplankton community dynamics in a tropical estuary-coastal system. **Estuarine, Coastal and shelf science**, v. 126, p. 7-22, 2013.

RICCARDI, N. Selectivity of plankton nets over mesozooplankton taxa: implications for abundance, biomass and diversity estimation. **Journal of Limnology**, v. 2, p. 287-296, 2010.

RICHARDSON, J. A.; SCHOEMANN, D. S. Climate Impact on Plankton Ecosystems in the Northeast Atlantic. **Science**, v. 305, p. 1609-16012, 2004.

ROFF, C. J. et al. Bacterivory by tropical copepod nauplii: extent and possible significance. **Aquatic microbial ecology**, v. 9, n. 2, p. 165-175, 1995.

SANKARANKUTTY, C. et al. Further observations on zooplankton of the Potengi Estuary (Natal, Rio Grande do Norte, Brazil) with special reference to the larvae of *Brachyura* (Crustacea, Decapoda). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 12, n. 2, p. 273-301, 1995.

SATAPOOMIN, S.; NIELSEN, T. G.; HANSEN, P. J. Andaman Sea copepods: spatio-temporal variations in biomass and production, and role in the pelagic food web. **Marine Ecology Progress Series**, v. 274, p. 99-122, 2004.

SAUTOUR, B.; CASTE, J. Feeding behaviour of the coastal copepod *Euterpina acutifrons* on small particles. **Cahiers de Biologie Marine**, v. 34, p. 239-251, 1993.

SCHMIDT, D. N. et al. Biogeography and evolution of body size in marine plankton. **Earth-Science Reviews**, v. 78, n. 3-4, p. 239-266, 2006. ISSN 0012-8252.

Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825206000754> >.

SCHWAMBORN, R. et al. Mesozooplankton grazing under conditions of extreme eutrophication in Guanabara Bay, Brazil. **Journal of Plankton Research**, v. 26, n. 9, p. 983-992, 2004. ISSN 1464-3774.

SEURONT, L.; LAGADEUC, Y. Multiscale patchiness of the calanoid copepod *Temora longicornis* in a turbulent coastal sea. **Journal of Plankton Research**, v. 23, n. 10, p. 1137-1145, 2001.

SIGNORINI, S. R.; MIRANDA, L. B. Tidal and low-frequency currents near the shelf-break: Northeastern Coast of Brazil. **American Meteorological Society**, v. 13, p. 2107-2115, 1983. Disponível em: <  
<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0485%281983%29013%3C2107%3AATALFCN%3E2.0.CO%3B2> >.

SILVA, A. P. et al. Mesozooplankton of an impacted bay in North Eastern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, p. 485-493, 2004. ISSN 1516-8913. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-89132004000300020&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132004000300020&nrm=iso) >.

SILVA, E. M. D. et al. Uma aplicação de conjuntos difusos na otimização do prognóstico de consenso sazonal de chuva no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 83-93, 2007. ISSN 0102-7786. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862007000100009&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862007000100009&nrm=iso) >.

SILVA, T. A. **Zooplâncton demersal na área de proteção ambiental de Tamandaré (APA dos Corais) Pernambuco (BRASIL)**. 2003. 89 p. (Doutorado). Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Recife, Recife.

SKJOLDAL, H. R. et al. Intercomparison of zooplankton (net) sampling systems: Results from the ICES/GLOBEC sea-going workshop. **Progress in Oceanography**, v. 108, p. 1-42, 2013. ISSN 00796611.

STERZA, J. M.; FERNANDES, L. L. Zooplankton community of the Vitoria Bay Estuarine System (Southeastern Brazil). Characterization during a three-year study. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 54, n. 2/3, p. 95-105, 2006.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 11-23, 2005.

TSENG, L. et al. Can different mesh sizes affect the results of copepod community studies? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 398, n. 1-2, p. 47-55, 2011. ISSN 0022-0981. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022098110004983> >.

TURNER, J. T. The Importance of Small Planktonic Copepods and Their Roles in Pelagic Marine Food Webs. **Zoological studies**, v. 43, n. 2, p. 255-266, 2004.

VILLATE, F. Tidal influence on zonation and occurrence of resident and temporary zooplankton in a shallow system (Estuary of Mundaka, Bay of Biscay). **Scientia Marina**, v. 61, n. 2, p. 173-188, 1997.

WIEBE, P. H.; BENFIELD, M. C. From the Hensen net toward four-dimensional biological oceanography. **Progress In Oceanography**, v. 56, n. 1, p. 7-136, 2003. ISSN 0079-6611. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079661102001404> >.

WU, C.-J.; CHIANG, K.-P.; SHIN, C.-M. Does the Mesh Size of the Plankton Net Affect the Result of Statistical Analyses of the Relationship Between the Copepod Community and Water Masses? **Crustaceana**, v. 84, n. 9, p. 1069-1083, 2011. ISSN 0011-216X 1568-5403.

XAVIER, T. M. B. Z. et al. A zona de convergência intertropical - ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará (1964-98). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 1, p. 27-43, 2000.

ZANELLA, M. E. CONSIDERATIONS ON CLIMATE AND WATER RESOURCES OF THE NORTHEASTERN SEMIARID. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. Volume Especial, n. 36, p. 126-142, 2014.

ZERVOUDAKI, S. et al. The importance of small-sized copepods in a frontal area of the Aegean Sea. **Journal of Plankton Research**, v. 29, n. 4, p. 317-338, 2007. ISSN 0142-7873 1464-3774.

**APÊNDICE A – PRINCIPAIS COPÉPODES COLETADOS COM AS REDES DE 120 E 300 µm NA COSTA SEMIÁRIDA DO BRASIL**

A - *Oithona* spp.; B - *Euterpina acutifrons*; C - *Corycaeus (Ditrichocorycaeus) amazonicus*; D - *Corycaeus (Onychocorycaeus) giesbrechti*; E - *Farranula* spp.; F - *Paracalanus aculeatus*; G - *Calanopia americana*; H - *Pseudodiaptomus acutus*; I - *Temora turbinata*; J - *Parvocalanus* spp.

