Tropical Oceanography
Revista on line

Recife	vol. 44	n.2	53-65	2016
C.D.U. 551.46:57(26) CDD. 551.4605 ISSN: 1679-3013				

ESTIMATIVA DA BIOMASSA, ABUNDÂNCIA, DENSIDADE E BIOVOLUME DO ZOOPLÂNCTON ESTUARINO E MARINHO TROPICAL ATRAVÉS DE ANÁLISE DE IMAGEM

Nathália Lins SILVA[1];
Simone Maria de Albuquerque LIRA[1];
Ralf SCHWAMBORN[1];

RESUMO

A biomassa, biovolume e estrutura da comunidade zooplanctônica do estuário do Rio Formoso e da Baía de Tamandaré foram estudadas durante junho e agosto de 2013. Estas informações permitem um maior conhecimento das interações ecológicas e os aspectos relevantes das populações que consistem a comunidade zooplanctônica nas áreas estudadas. As amostras foram coletas usando duas redes de plâncton (malhas de 200 e 300 µm) através de arrastos subsuper-ficiais horizontais com duração de 5 minutos. Em laboratório, foi obtido o peso úmido de cada amostra (n=24 amostras). Para quantificar o biovolume dos grupos taxonômicos das foi utilizado o equipamento ZooScan, sistema óptico desenvolvido para detectar e mensurar a distribuição de tamanhos de partículas do zooplâncton. Copépodes, decápodes e apendiculárias formaram os grupos mais abundantes. Valores mais elevados e biomassa úmida total, densidade total e biovolume total ocorreram no ambiente estuarino em relação ao ambiente marinho e na rede com abertura de malha de 200 micrometros em relação a malha de 300. Os resultados também demons-traram a existência de uma relação linear entre os valores de biomassa e os de biovolume. Este estudo mostra a viabilidade do ZooScan para o estudo das comunidades do zooplâncton estuarino tropical e costeiro.

Palavras-chave: Zooscan, peso úmido, Rio Formoso, Baía de Tamandaré.

ABSTRACT

The biomass, biovolume and structure of the zooplankton community of the Rio Formoso estuary and Tamandaré Bay were studied during June and August 2013. This information allows a better understanding of the ecological interactions and relevant aspects of the zooplankton communities in these areas. The samples were collected using two plankton nets (200 and 300 µm mesh size) with horizontal subsurface tows lasting 5 minutes. In the laboratory, the wet weight of each sample was determined (n = 24). To quantify the biovolume of taxonomic groups the ZooScan, optical system was used, designed to detect and measure the size distribution of particles and zooplankton. Copepods, decapods and appendicularians were the most abundant groups. Higher values of total wet biomass, total density, and total biovolume occurred in the estuarine environment than in the marine environment and in the 200 micrometer net in relation to the 300 mesh net. The results also demonstrated the existence of a linear relationship between biomass

1- Universidade Federal de Pernambuco
* rs@ufpe.br

and the biovolume. This study shows the practicability of the ZooScan approach for the study of tropical estuarine and coastal zooplankton communities.

Key words: ZooScan, wet weight, Rio Formoso, Tamandaré Bay.

INTRODUÇÃO

Situadas na costa Sul do estado de Pernambuco, as áreas em estudo possuem clima litorâneo tropical quente e úmido, com elevada precipitação pluviométrica anual com maiores concentrações entre os meses de abril e agosto, caracterizando assim, o período chuvoso e os ventos dominantes são de SE e NE (NASCIMENTO-VIEIRA, et al., 2010). A temperatura do ar varia entre 25ºC e 30ºC (SILVA, et al., 2003).

Na zona costeira do nordeste brasileiro, a exportação do material de manguezais via descarga fluvial e a ressurgência de borda de plataforma são mecanismos que contribuem para a produtividade das suas águas (MAFALDA JR, et al., 2004), justificando os altos valores de biomassa e densidade das espécies (MELO JUNIOR, et al., 2007). Já a baixa diversidade é observada principalmente em praias arenosas e lodosas, pois, abrigam organismos especializados, em função da ausência de substratos disponíveis para a fixação e pela limitada oferta de alimentos (PRATES; LIMA, 2007).

O conhecimento da comunidade planctônica é de extrema importância, pois, os organismos que constituem o zooplâncton atuam como elo importante na transferência de energia na forma de fitoplâncton – bacterioplâncton ou de detritos orgânicos particulados para os demais níveis da teia alimentar, influenciando e determinando as comunidades nectônicas e bentônicas que tem estágio de vida no plâncton (CAVALCANTI; NEUMANN-LEITÃO; VIEIRA, 2008).

Uma das maneiras de se estudar a comunidade zooplanctônica é através das medições de biomassa por meio do peso úmido. Esta medida consiste em uma das etapas necessárias para quantificar a transferência de matéria e energia através de teias alimentares planctônicas (ALCARAZ, et al., 2003). No entanto, em muitos estudos de zooplâncton, esta medida pode suplementar e complementar, mas não substituir a abundância numérica e composição taxonômica (MELO JUNIOR, et al., 2007).

Informações sobre a biomassa, as distribuições espacial e temporal, produtividade e interações tróficas do zooplâncton estão disponíveis para vários ambientes ao longo da costa nordestina brasileira, com destaque para os complexos estuarinos da Bacia do Pina (ESKINAZI-SANT'ANNA, 2000), Canal de Santa Cruz (MELO JUNIOR, et al., 2007; SANTOS, et al., 2009), Barra de Jangadas (CAVALCANTI; NEUMANN-LEITÃO; VIEIRA, 2008) e ambientes marinhos, como na área recifal de Tamandaré (NASCIMENTO-VIEIRA, et al., 2010). No entanto, pouco se conhece sobre o transporte de biomassa zooplanctônica entre o estuário e o litoral. Um dos poucos trabalhos existentes na literatura que quantifica o fluxo de transporte de biomassa na Barra de Catuama (Nordeste do Brasil) utilizou a combinação de perfis de corrente de alta resolução ADCP e concluiu que a Barra de Catuama atua como um corredor na troca de biomassa de zooplâncton entre o Canal de Santa Cruz e a zona costeira adjacente (MELO JUNIOR, et al., 2007).

Projetos de pesquisas envolvendo os organismos do zooplâncton envolvem atividades árduas realizadas manualmente em laboratório que consiste no grande esforço, tempo de análise e trabalho especializado necessário. Estas atividades acabam dificultando a capacidade de compreensão da dinâmica dos processos dos ecossistemas pelágicos em múltiplas escalas de tempo e espaço. Buscando minimizar tais problemas foi desenvolvido um sistema semi-automático de classificação de imagem, o ZooScan, sendo este uma alternativa à tradicional análise manual (GORSKY, et al., 2010; VANDROMME, et al., 2012). O ZooScan possibilita uma classificação rápida e precisa dos organismos zooplanctônicos, auxilia nos cálculos de contagem, biomassa, biovolume,

dentre outros parâmetros, contribuindo desta forma, para o aumento na quantidade de amostras processadas em laboratório em um menor tempo de análise. (FOREST, et al., 2012; GORSKY, et al., 2010).

Desta forma, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar os padrões quantitativos do mesozooplâncton quanto à abundância relativa, densidade e biovolume, bem como estimar e comparar a biomassa úmida e o biovolume destes organismos buscando relações entre os ambientes estuarino e marinho do litoral Sul de Pernambuco, bem como, avaliar a eficiência da classificação semi-automática para os organismos associados a tais ambientes.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREAS ESTUDADAS

ESTUÁRIO DO RIO FORMOSO

O município de Rio Formoso está localizado a 92 km do Recife. Parte de seu território está incluída em uma Área de Proteção Ambiental – APA através do Decreto Estadual nº 19.635, de 13 de março de 1997, APA de Guadalupe. Hidrograficamente, este município está inserido nas bacias dos rios Una e Sirinhaém, além de outros pequenos grupos de rios. Neste complexo fluvial, destaca-se o estuário do Rio Formoso, situado entre as coordenadas geográficas 8°39' a 8°42' S e 35°10' a 35°05' W, com uma área aproximada de 2.724 hectares com uma extensão de 12 km e, ao longo do seu percurso recebe despejos domésticos e resíduos advindos da agroindústria açucareira. A área estuarina é de planície alagada, margeada em toda sua extensão por mangues das espécies *Rhizophora mangle L.* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa (L.) Gaertn. F.(*mangue branco), *Avincenia schaueriana Stapf*. e *Leechman* (mangue preto), *Canocarpuserectus L.* (mangue botão) (SILVA, et al., 2003).

BAÍA DE TAMANDARÉ

A Baía de Tamandaré está localizada na cidade de Tamandaré, a cerca de 110 km ao sul da cidade do Recife. O litoral do município está localizado entre as latitudes 08°45'36" a 08°47'20" S e longitudes 35°03'45" a 35°06'45" W e tem sua área costeira dividia em três praias: Carneiros ao norte, Campas ao centro e ao sul, a propriamente dita, Baía de Tamandaré (NASCIMENTO-VIEIRA, et al., 2010). A Baía de Tamandaré trata-se de uma enseada aberta e com cerca de 3 Km² de superfície, destacando-se por possuir uma linha de recifes, separando-o do mar-aberto e constituindo um "quebra-mar" natural e recebe o aporte fluvial de três bacias hidrográficas, Rio Formoso, Rio Mamucabas e Rio Una.

AMOSTRAGEM

As coletas de zooplâncton foram feitas nos meses de junho e agosto de 2013 em 6 estações de coleta localizadas ao Sul do estado de Pernambuco (Fig. 1). Sendo 3 estações distribuídas ao longo do estuário do Rio Formoso e outras 3 ao longo da Baía de Tamandaré. Em cada estação foram obtidos as variáveis ambientais de temperatura e salinidade monitoradas *in situ* com o auxílio do equipamento mini-CTD CastAway. As coletas foram realizadas durante as marés vazante e enchente. As amostras de zooplâncton foram coletadas através de arrastos horizontais subsuperficiais com duas redes cônicas distintas: 30 cm de diâmetro de boca / 200 µm de abertura de malha e 60 cm de diâmetro de boca / 300 µm, ambas com fluxômetro *Hydro-Bios* acoplado para determinação do volume filtrado. O tempo de arrasto foi de 5 minutos com embarcação a uma velocidade de 2 a 3 nós. Os organismos foram fixados em solução de formoldeído tamponado com tetraborato de sódio (5 $g*L^{-1}$), com concentração final de 4%.

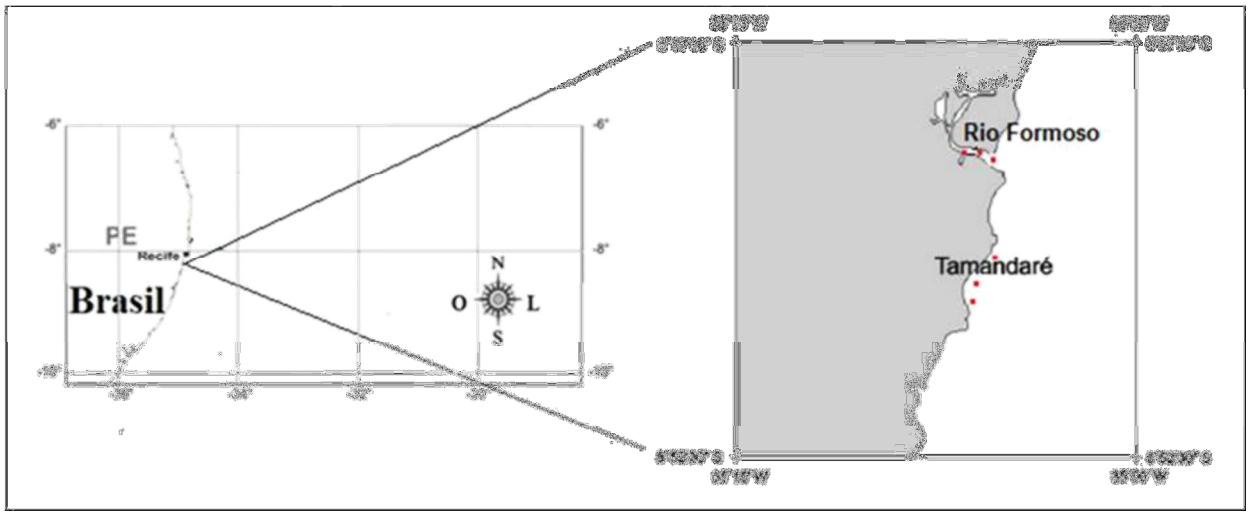

Figura 1 - Mapa do estuário do Rio Formoso e da Baía de Tamandaré com as estações de coleta (marcadores vermelhos) do presente estudo. 2 transectos com três estações de coleta em cada transecto.

Em laboratório foi obtida a biomassa zooplanctônica com base no peso úmido de cada amostra. Estas foram filtradas usando filtros de nylon com abertura de malha de 120 µm e pesadas em uma balança analítica de precisão (0,001 $mg.m^{-3}$) de acordo com as técnicas descritas em Omori e Ikeda (1984). Para os cálculos de biomassa foram retirados do conjunto total da amostra macrodetritos, pedaços vegetais e lixo, visto que os valores desses elementos poderiam influenciar nos valores de peso úmido obtidos. Já o efeito desconhecido que os microdetritos e fitoplâncton exercem sobre os cálculos de biomassa, pode não ser significativo (MELO JUNIOR, et al., 2007).

Para quantificar o biovolume individual dos organismos e possibilitar a identificação automatizada, foi utilizado o ZooScan. Para gerar imagens no ZooScan, cada amostra foi diluída, homogeneizada e posteriormente foi retirada uma alíquota de 10 ml para realização do escaneamento. Foram quantificados de 300 a 2000 organismos zooplanctônicos por escaneio. As imagens foram geradas em tons de cinza a uma resolução de 1.200 dpi e posteriormente analisadas com o software ZooProcess (http://www.obs-vlfr.fr/LOV/ZooPart/ZooScan). Este software isola imagens, conhecidas como vinhetas. Para cada vinheta, parâmetros relativos ao tamanho, nível de cinza e forma foram armazenados em um arquivo de resultado (*.pid), que posteriormente foi carregado no software Plankton Identifier (GORSKY, et al., 2010; MARCOLIN, et al., 2013). Estas vinhetas foram classificadas manualmente usando o modelo Cross-*validation* 2 (C-SVC linear) e armazenadas objetivando criar uma base de treinamento (*training sets*) gerado a partir do banco de dados para a interpretação dos biovolumes para uma posterior identificação automatizada em nível de grandes grupos dos organismos que constituem o zooplâncton. Os resultados foram identificados manualmente (validados) para corrigir imprecisões de classificação residual entre as categorias taxonômicas mostradas.

Os resultados validados foram processados para remover artefatos de digitalização e vinhetas com organismos múltiplos (MARCOLIN et al., 2013). Após validação da base de treinamento observou-se que as amostras eram compostas por organismos do holoplâncton e do meroplâncton, representados pelos grupos taxonômicos dos copépodes, apendiculárias, decápodes, quetognatas, gastrópodes, cnidárias, poliquetas, anfípodas, foraminíferas, ictioplâncon, briozoários e bivalves.

A abundância do zooplâncton ($org.m^{-3}$) foi calculada dividindo-se o número de indivíduos presentes na amostra total pelo volume de água filtrado. A contribuição dos diferentes táxons para a abundância total do zooplâncton foi expressa pela abundância relativa (%) de cada táxon na amostra total.

A densidade de organismos por unidade de volume filtrado (ind.m^{-3}) foi calculada a partir das rotações do fluxômetro *Hydro-Bios* multiplicando-se o número total de organismos de cada táxon presente nas amostras pelo volume total de água filtrado.

Para a estimativa da distribuição do biovolume (mm³.m^{-3}), foram levadas em consideração as medidas referentes aos eixos maior e menor do tamanho corpóreo de cada organismos (VANDROMME, et al., 2012) (Fig. 2). Visando a caracterização do biovolume (Bv) dos objetos estudados, levou-se em consideração as variáveis de tamanho relacionadas a área de superfície do objeto com formato elipsóide estimada em pixels, obtido por: $Bv = \frac{4}{3}\pi * a^2 * b$ .Onde, a = eixo menor, b = eixo maior.

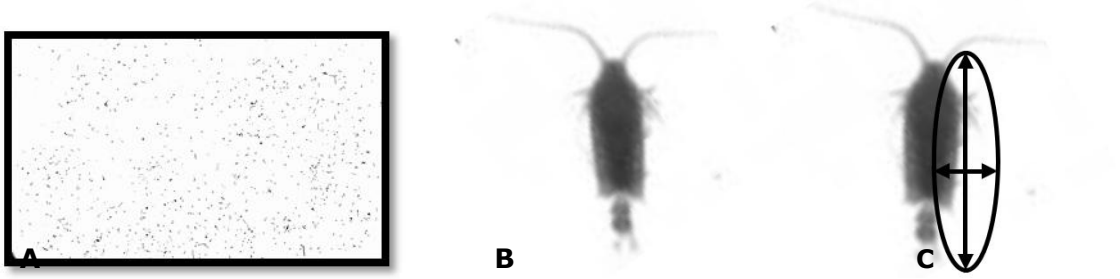

Figura 2 - Análise da imagem de uma amostra (objetos) feita com o ZooProcess. A) Imagem da amostra total na célula de digitalização do ZooScan. B) Objeto de digitalização em destaque (Copepoda). C) O mesmo objeto para o cálculo do biovolume, evidenciando os eixos maior e menor da elipse.

Para as análises estatísticas, os parâmetros utilizados foram: biomassa úmida (mg.m^{-3}), densidade (ind.m^{-3}) e biovolume (mm³.m^{-3}). Todos os parâmetros foram testados a normalidade e homocedasticidade com os testes Kolmogorov-Smirnov e Levene (ZAR, 1996). O teste de Mann-Whitney foi aplicado para testar dois grupos entre os conjuntos de amostras (ZAR, 1996). Estas análises foram realizadas através de um programa estatístico.

RESULTADOS

HIDROGRAFIA

A temperatura da água apresentou um valor médio de 27,87 ºC (± 0,66 ºC) para a Baía e 27,24 ºC (± 0,59 ºC) para o estuário. A salinidade foi significativamente mais elevada ($p<0,05$) na Baía, cuja média foi de 35,39 (± 0,32) em relação a salinidade média do estuário 27,92 (± 1,69) (FIG. 3).

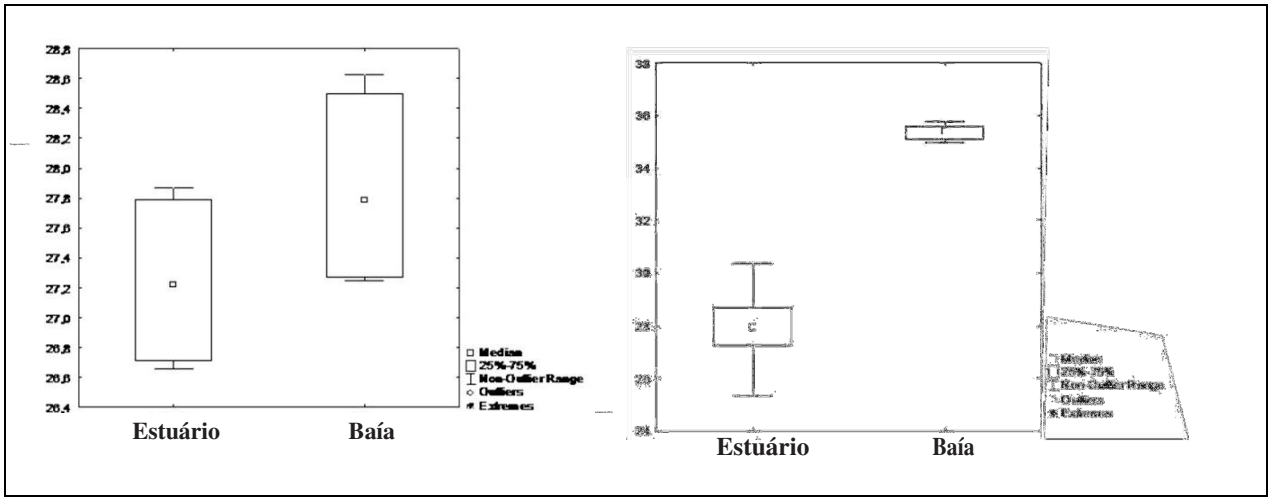

Figura 3. Gráficos Box-Plot (mediana e quartis) representando a variação da temperatura (ºC) e da salinidade (PSS) no estuário do Rio Formoso e Baía de Tamandaré nos meses de junho e agosto de 2013.

ZOOPLÂNCTON

BIOMASSA ÚMIDA

A biomassa úmida variou entre 1,53 e 2941,8 mg.m^{-3}, sendo que o valor mínimo foi registrado no ambiente marinho, na malha de 300 µm e o valor máximo no ambiente estuarino, na malha de 200 µm. Para a malha de 200 µm, o estuário apresentou os valores variando de 711,27 a 2941,87 mg.m^{-3} e a Baía apresentou os valores variando entre 1,53 a 122,85 mg.m^{-3}. Para a malha de 300 µm, o estuário mostrou uma variação de 35,50 a 1239,58 mg.m^{-3} e a Baía, valores entre 4,23 e 45,16 mg.m^{-3}. Estes valores apresentaram diferentes padrões de variação, tanto entre as áreas quanto entre as malhas estudadas, mostrando que o ambiente marinho apresenta uma menor biomassa úmida do que a do ambiente estuarino, havendo valores significativamente maiores (p=0,006) nas malhas de 200 em relação às malhas de 300 µm (Fig. 4).

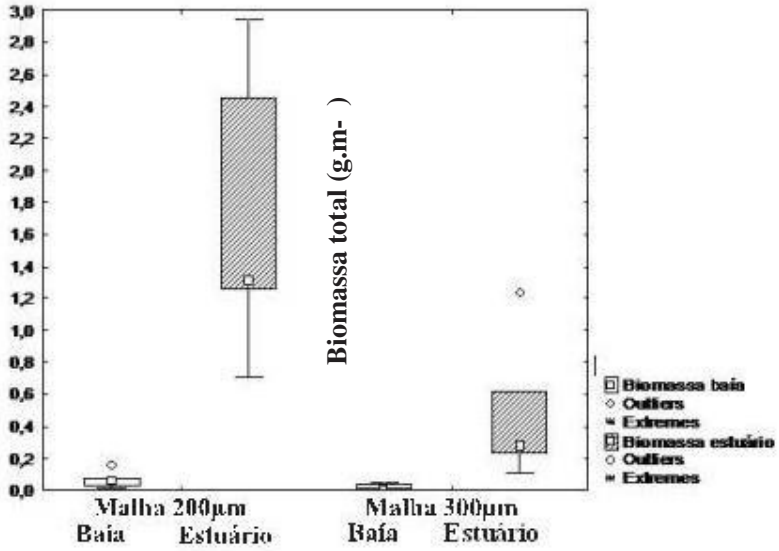

Figura 4 - Gráfico Box-Plot (mediana e quartis) representando a biomassa úmida (g.m^{-3}) da comunidade planctônica (n=24 amostras total), 2 malhas em dois ambientes costeiros do Oceano Atlântico Tropical (Baía de Tamandaré e estuário do Rio Formoso), no período de junho e agosto de 2013.

ABUNDÂNCIA RELATIVA

Comparando a abundância relativa dos organismos nas amostras dos ambientes estuarino e marinho nas diferentes aberturas de malha (200 µm e 300 µm), o zooplâncton foi mais abundante no ambiente marinho sob análise da malha de 200 µm.

Para a malha de 200 µm, a abundância relativa do zooplâncton na Baía, correspondeu a 76% de organismos marinhos, sendo o restante distribuído entre às partículas em suspensão no plâncton e artefatos. Já no ambiente estuarino, a abundância relativa apresentou 22% de zooplâncton e 72% de partículas em suspensão no plâncton e artefatos. Na Baía, o grupo taxonômico dominante foi copépoda, com 95% de abundância. No Estuário, entretanto o zooplâncton dominante foi representado pelos copépodes com 80%, seguido de apendiculárias (15%) e decápodes (4%).

Na malha de 300 µm, o ambiente estuarino, apresentou apenas 30% de zooplâncton, sendo o restante, 70%, representado pelas partículas em suspensão. Na Baía, o grupo taxonômico dominante foi copépoda, com 90%. No Estuário, o zooplâncton

mais abundante também foi representado por copépoda com 53%, porém, os decápodes apresentaram importante abundância relativa, 37%, seguido das apendiculária, 11%.

Os quetognatos, gastrópodos, cnidários, poliquetos, ictioplâncton e os demais grupos que foram verificados durante o processo de validação das amostras, não contribuíram de forma significativa para a abundância total do zooplâncton, constituindo em geral menos de 2% do zooplâncton total.

DENSIDADE

A densidade total do mesozooplâncton foi significativamente maior nas amostras obtidas através da rede com abertura de malha de 200 µm em relação a malha de 300 µm. Em geral, os valores médios mais elevados foram encontrados no estuário com a malha de 200 µm. Para a malha de 200 µm, considerando todos os objetos escaneados, foram registrados para a Baía valores variando entre 0.96 a 12649.5 ind.m^{-3}, e para o estuário 21.43 a 36944.7 ind.m^{-3}. Já no que se referiu a rede de 300 µm, o ambiente estuário também concentrou os valores mais elevados de indivíduos por metro cúbico com uma variação de 3.00 a 4048.29 ind.m^{-3}. Como pode ser observado em relação aos valores de densidade entre os dois ambientes estudados, houve diferença significativa ($p<0,05$) com maiores valores no Estuário em relação à Baía (Fig. 5).

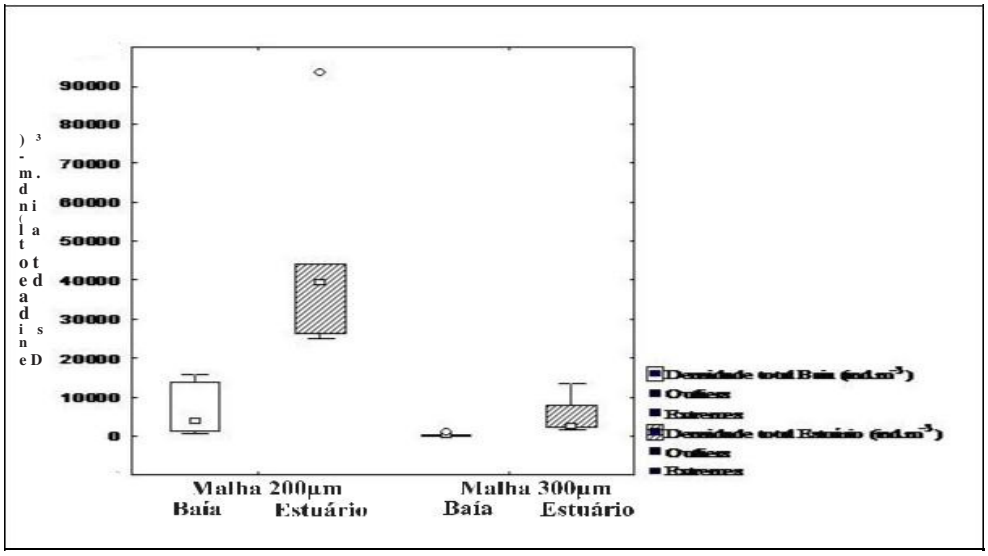

Figura 5 - Gráfico Box-Plot (mediana e quartis) representando a densidade total (mg.m^{-3}) dos organismos do plâncton (n=24 amostras), 2 malhas em dois ambientes costeiros do Oceano Atlântico Tropical (Baía de Tamandaré e estuário do Rio Formoso), no período de junho e agosto de 2013.

BIOVOLUME

O zooplâncton apresentou maiores valores de biovolume dentre as amostras obtidas através da rede com abertura de malha de 200 µm em relação a malha de 300 µm para os dois ambientes costeiros. Foi observada diferença significativa ($p<0,05$) no estuário em relação às malhas (Fig. 6).

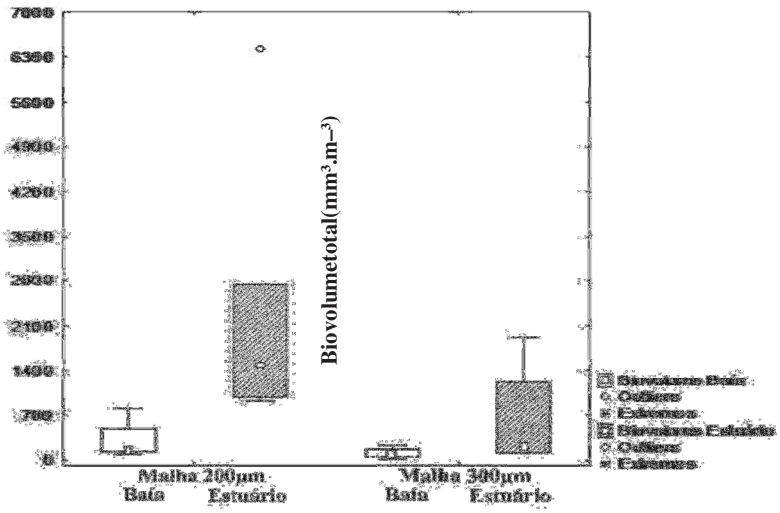

Figura 6 - Gráfico Box-Plot (mediana e quartis) representando a análise comparativa do biovolume do zooplâncton ($mm^3.m^{-3}$) (n=24 amostras; 6 amostras por categoria, 2 malhas) em dois ambientes costeiros do Oceano Atlântico Tropical (Baía de Tamandaré e estuário do Rio Formoso), no período de junho e agosto de 2013.

A relação entre o biovolume elipsóide total (obtido através do ZooScan) e biomassa úmida (obtida com o peso úmido) apresentou uma correlação linear positiva e significativa ($p<0,05$; n=24; r=0,84) (Fig. 7).

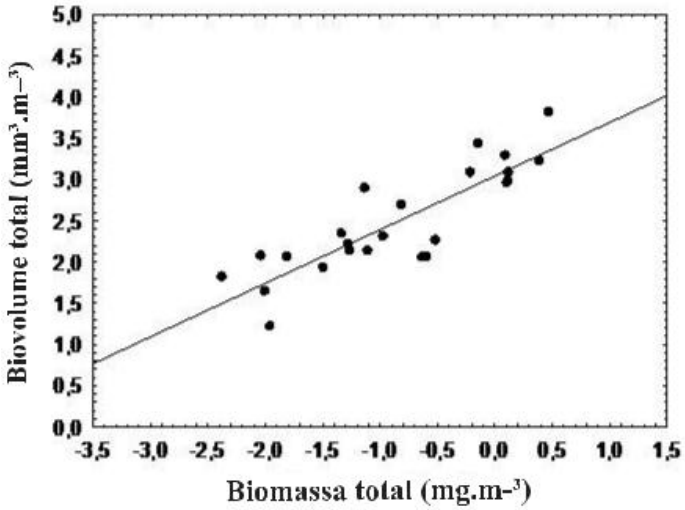

Figura 7 – Gráfico de dispersão com a linha de tendência representando a relação linear, obtida através da correlação de Pearson, entre biomassa úmida ($mg.m^{-3}$) e o bivolume elipsoide total ($mm^3.m^{-3}$) das amostras do plâncton (n=24 amostras total; 6 amostras por categoria, 2 malhas) em dois ambientes costeiros do Oceano Atlântico Tropical (Baía de Tamandaré e estuário do Rio Formoso), no período de junho e agosto de 2013.

DISCUSSÃO

O presente estudo foi o primeiro a quantificar a contribuição relativa dos grupos do mesozooplâncton com base na biomassa úmida, densidade e biovolume em duas malhas distintas (200µm e 300 µm), com base na análise de imagem, além de comparar a relação existente entre a biomassa úmida e o biovolume dos organismos do zooplâncton associados ao ecossistema marinho e estuarino no nordeste do Brasil.

Grande parte dos trabalhos sobre a comunidade zooplanctônica estudam esses organismos com base de levantamento de espécies, e padrões migratórios relacionados a variação da maré e nictimeral (MELO JUNIOR, et al., 2007; NEUMANN-LEITÃO, et al., 1998; NASCIMENTO-VIEIRA, et al., 2010). Um dos poucos estudos que relacionou os grupos do zooplâncton com outros parâmetros biológicos, como os espetros de biomassa normalizada e o biovolume, estimou a biomassa do zooplâncton através da análise de imagem num estuário eutrófico do Atlântico Mediterrâneo (ALCATEZ, et al., 2003). O estudo da comunidade do mesozooplânctonicas no Banco de Abrolhos, baseado em análises de imagem mostrou que as estações de coleta localizadas mais próximas à costa apresentaram maiores valores de biomassa zooplanctônica em relação àquelas que estavam localizadas em direção ao oceano aberto (MARCOLIN, et al., 2013).

Os resultados obtidos durante este trabalho demonstraram que os valores de salinidade e temperatura registrados nos dois ambientes estudados foram considerados comuns para a região, visto que estudos pretéritos realizados nesses locais e ao longo dos meses que compreendem o período chuvoso, também foram observados por outros pesquisadores, como por exemplo, na área da Baía de Tamandaré em um estudo sobre as variações na biodiversidade e distribuição espacial e sazonal do mesozooplâncton (NASCIMENTO-VIEIRA, et al., 2010) e para a área do Rio Formoso, o estudo sobre a distribuição espacial da meio fauna (VASCONCELOS, et al., 2004).

Os grupos taxonômicos do zooplâncton encontrados no estuário do Rio Formoso e na Baía de Tamandaré foram similares aos encontrados em estudos anteriores realizados nestas áreas (NEUMANN-LEITÃO, et al., 1995; NASCIMENTO-VIEIRA, et al., 2010) e em outros ambientes costeiros nordestinos (GUSMÃO, et al., 1997; NEUMANN-LEITÃO, et al., 1998; ESKINAZI-SANT'ANNA, 2000; MELO JUNIOR, et al., 2007; PESSOA et al., 2009).

A dominância numérica dos copépodes, que chegaram a atingir 95% no ambiente marinho e 80% no ambiente estuarino, é uma das características marcantes do mesozooplâncton não só para as áreas costeiras do nordeste do Brasil, mas para a maioria dos ecossistemas costeiros (LOPES; VALE; BRANDINI, 1998; MARTINS; COSTA; PEREIRA, 2006). Estes organismos dominam as águas superficiais de ambientes marinhos e são caracterizados como animais comuns destes ambientes, mesmo quando estes apresentam situações abióticas distintas (CAVALCANTI; NEUMANN-LEITÃO; VIEIRA, 2008; NASCIMENTO-VIEIRA et al., 2010 & MARCOLIN et al., 2013). No entanto, a área de Tamandaré mostrou que em alguns períodos (março e maio de 1990), apendicularias, zoeas de brachyura e outras larvas de decápodes foram mais abundantes do que o grupo copépoda (NASCIMENTO-VIEIRA, et al., 2010).

A grande abundância de decápodes para a rede de 300 µm pode ser explicada pela época em que foi realizada a coleta desse estudo (junho e agosto), período este que representa o período chuvoso na região, pois, algumas espécies de zoea de brachyura são favorecidas por menores valores de salinidade que são encontrados no período chuvoso (SILVA-FALCÃO; SEVERI; ROCHA, 2007). Ou ainda, pode-se estar associada aos ciclos reprodutivos da espécie, por exemplo, o grupo brachyura, que tem seu período de desova praticamente durante todo o ano (SCHWAMBORN, et al., 2004). Outro fator que também deve ser levado em consideração é a estrutura corpórea do grupo brachyura, que possui um espinho lateral que pode ter atuado como um gancho ficando aprisionado entre as aberturas da rede da malha (observação pessoal).

A variação da biomassa nos dois locais de estudo apresentou elevados valores de biomassa registrados no ambiente estuarino quando comparados ao ambiente marinho foram considerados comuns, visto que, estes resultados confirmam trabalhos anteriores (CHAVES, et al., 2006; MELO JUNIOR, et al., 2007), estes autores quantificaram a biomassa do zooplâncton na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do nordeste do Brasil e o fluxo de transporte de biomassa do estuário para o mar, respectivamente. Corroborando o importante papel que o zooplâncton tem na transferência da biomassa, pois, não se limita a teia alimentar estuarina, mas também afeta a cadeia alimentar marinha

adjacente, confirmando o importante papel de berçário que este ambiente costeiro tem para a sobrevivência de muitas espécies de peixes e crustáceos (SCHWAMBORN; SAINT-PAUL, 1997).

É importante considerar que umas das características mais comuns dos ambientes estuarinos é a quantidade de materiais em suspensão na coluna d'água, e este fator é importante nos estudos da biomassa, pois, pode ser considerado como uma boa estimativa de energia armazenada (SCHWAMBORN; SAINT-PAUL, 1997; MAFALDA JR, et al., 2004; MELO JUNIOR, et al., 2007). No entanto, a realização de comparações de biomassa zooplanctônica de estudos para estudo é difícil devido aos diferentes métodos de amostragem e estimativas que podem influenciar nas medições deste parâmetro (MELO JUNIOR, et al., 2007).

A variabilidade dos valores de densidade entre os ambientes estudados é parcialmente explicada pela eutrofização decorrente da descarga doméstica e industrial ao longo do ambiente estuarino, que, favorecem o aumento da produtividade primária nos primeiros metros da coluna d'água influenciando o zooplâncton, direta ou indiretamente (VEGA-PÉREZ, 1993; MAFALDA JR, et al., 2004).

O fato de que as amostras obtidas através da rede com abertura de malha de 200 µm atingirem valores mais elevados em todos os parâmetros estudados em relação as amostras obtidas através da malha de 300 µm, deve-se ao fato de que nas comunidades e ecossistemas os organismos pequenos são geralmente mais numerosos e podem atingir maiores densidades que os organismos grandes, e, geralmente existem um maior número de espécies com organismos pequenos do que grandes e que, redes com abertura de malha menor é capaz de acumular tanto organismos e partículas de tamanho igual ao da malha quanto maiores (STANLEY, 1973).

Quanto ao parâmetro biovolume, o presente estudo mostrou que os organismos que apresentaram os maiores valores de biovolume estavam concentrados nas amostras estuarinas havendo diferença significativa entre as malhas. O mesmo ocorreu com os resultados encontrados por MARCOLIN, et al., 2013, que revelaram que estações de coleta localizadas mais próximas à costa concentraram maiores valores de biomassa mesozooplanctônica que aquelas que estavam localizadas em direção ao oceano aberto. O padrão de distribuição do biovolume observado neste estudo, provavelmente deve-se tanto as maiores taxas de densidades observadas no ambiente estuarino, sobretudo, para a malha de 200 µm, quanto a dominância do grupo dos copépodes nos dois ambientes estudados e nas duas redes amostradas, visto que, o biovolume é baseado em estimativas de combinação elipsóide e permite uma aproximação mais coerente do diâmetro esférico equivalente para os organismos que possuem o formato do corpo mais elíptico, como é o caso dos copépodes que mais se assemelham com o formato elipsóide. (GORSKEY, et al., 2010; FOREST, et al., 2012).

De formas similares tanto para a biomassa úmida (obtida através dos cálculos realizados a partir do peso úmido) quanto para o biovolume (obtido com o auxílio do equipamento ZooScan) observou-se uma relação linear positiva entre os dois parâmetros, demonstrando que a medida que os valores de biomassa úmida total aumentam, o biovolume total segue a mesma tendência. Estes resultados confirmam um estudo realizadps por GORSKEY, et al., 2010, que concluíram que as medições automatizadas são consistentes e reprodutíveis, apesar de que seus valores podem diferir um pouco dos valores determinados manualmente, visto que no momento de escaneio dos organismos os mesmos se encontram em diferentes posições, a exemplo das caudas apendiculárias que frequentemente são escaneadas curvadas.

CONCLUSÃO

Através do uso do ZooScan foi possível obter a classificação dos organismos ao nível dos grandes grupos, viabilizando as estimativas de abundância, densidade e biovolume possibilitando a formação de um banco de dados digital da comunidade do

mesozooplâncton amostrada no estuário do Rio Formoso e na Baía de Tamandaré. Mesmo assim, o nível de refinamento taxonômico foi bastante limitado, impossibilitando avaliações a nível de espécie. Os grupos zooplanctônicos dominantes que apresentaram maiores percentuais em abundância no estuário do Rio Formoso e na Baía de Tamandaré foram os copépodes, appendiculárias e decápodes. Os valores referentes a biomassa úmida, abundância relativa, densidade total e biovolume foram maiores no ambiente estuarino em relação ao ambiente marinho e na malha de 200 µm. A biomassa úmida e o biovolume apresentaram uma relação linear. O presente estudo demonstrou a eficácia da análise de imagens para os estudos ecológicos que envolvem a comunidade do zooplâncton.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto de pesquisa "ST-Esplan-Tropic" ("Séries Temporais de Espectros de Tamanho do Zooplâncton Marinho Tropical, com ênfase nas larvas de Decapoda", Processo CNPq No. 471038/2012-1). Os autores agradecem ao ICMBIO pelas licenças no. 37482-3 e 38428-2. Agradecemos ao CEPENE/IBAMA pelo apoio prestado durante a realização das coletas. Agradecemos a Renata P. S. Campelo e Gleice S. Santos pelas sugestões na melhoria deste trabalho. Agradecemos aos barqueiros e as pessoas que participaram das coletas: Lucas, Alejandro, Igor, Laisa, Pedro, Aislan, etc,) pelo apoio logístico durante as coletas. Por fim, os autores agradecem a todos os colegas e colaboradores do Laboratório de Zooplâncton do Departamento de Oceanografia da UFPE pela participação nas atividades de campo e de laboratório e pelas valiosas sugestões e contribuições.

REFERÊNCIAS

ALCARAZ, M.; SAIZ, E.; CALBET, A.; TREPAT, I.; BROGLIO, E. Estimating zooplankton biomass through image analysis. **Marine Biology**, v. 143, p. 307–315, 2003.

CAVALCANTI, E. A. H.; NEUMANN-LEITÃO, S.; VIEIRA, D. A. N. Mesozooplâncton do sistema estuarino de Barra das Jangadas, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 3, p. 436-444, 2008.

CHAVES, T. B. C.; MAFALDA JR, P.; SANTOS, C.; SOUZA, C. S.; MOURA, G.; SAMPAIO, J.; MELO, G.; PASSAVANTE, J. Z. O.; FEITOSA, F. A. N. Biomassa planctônica e hidrografia na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil. **Tropical Oceanography** (Revista online), Recife, v. 34, n. 1, p. 12-30, 2006.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Zooplankton abundance and biomass in a tropical estuary (Pina estuary-Northeast Brazil. Trab. **Oceanog. Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 28, n. 1, p. 21-34, 2000.

FOREST, A.; STEMMANN, L.; PICHERAL, M.; BURDORF, L.; ROBERT, D.; FORTIER, L.; BABIN, M. Size distribution of particles and zooplankton across the shelf-basin system in southeast Beaufort Sea: combined results from an Underwater Vision Profiler and vertical net tows. **Biogeosciences**, v. 9, p. 1301–1320, 2012.

GORSKY, G.; OHMAN, M. D.; PICHERAL, M.; GASPARINI, S.; STEMMANN, L.; ROMAGNAN, J.; CAWOOD, A.; PESANT, S.; GARCIA-COMAS, C.; PREJGER, F. Digital zooplankton image analysis using the ZooScan integrated system. **Journal of Plankton Research**, v. 32, n. 3, p. 285–303, 2010.

GUSMÃO, L. M. O.; NEUMANN-LEITÃO, S.; NASCIMETO VIEIRA, D. A.; SILVA, T. A.; SILVA, A. P.; PORTO NETO, F. F.; MOURA, M. C. O. Zooplâncton oceânico entre os estados do Ceará e Pernambuco, Brasil. **Trab. Oceanog. Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 25, p. 17-30, 1997.

LOPES, R. M.; VALE, R.; BRANDINI, F. P. Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994. **Revista brasileira de oceanografia**, v. 46, n. 2, p. 195-211, 1998.

MELO JUNIOR, M.; PARANAGUÁ, M. N.; SCHWAMBORN, R.; NEUMANN-LEITÃO, S.; EKAU, W. Fluxes of zooplankton biomass between a tidal estuary and the sea in Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanographic**, v. 55, n. 4, p. 239-249, 2007.

MAFALDA JR, P. O.; SINQUE, C.; BRITO, R. R. C.; SANTOS, J. J. Biomassa planctônica, hidrografia e pluviosidade na Costa Norte da Bahia, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v.32, n. 2, p. 143-158, 2004.

MARCOLIN, C. R.; SCHULTES, S.; JACKSON, G. A.; LOPES, R. M. Plankton and seston size spectra estimated by the LOPC and ZooScan in the Abrolhos Bank ecosystem (SE Atlantic). Continental Shelf Research, v. 70, p. 74-87, 2013.

MARTINS, A. A. V.; COSTA, R. A. M.; PEREIRA, L. C. C. Distribuição espaço-temporal da comunidade zooplanctônica de uma lagoa costeira artificial na região amazônica, Bragança, Pará, Brasil. **Bol. Mus. Pará**, Belém, v. 1, n. 3, p. 103-111, 2006.

NASCIMENTO-VIEIRA, D. A.; NEUMANN-LEITÃO, S.; PORTO NETO, F. F.; SILVA, T. A.; SILVA, A. P. Mesozooplâncton de área recifal do atlântico sudoeste tropical. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 38, n. 1, p. 47-59, 2010.

NEUMMAN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O.; VIEIRA, D. A. N.; PARANHOS, J. D. N. Zooplâncton na área estuarina do Rio Formoso – PE (Brasil). Trabalhos oceanográficos Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 23, p. 55-64, 1995.

NEUMMAN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O.; NASCIMENTO VIEIRA, D. A.; SILVA, T. A.; SILVA, A. P.; PORTO NETO, F. F.; MOURA, M. C. O. Biodiversidade do mesozooplâncton do nordeste do Brasil. **Trabalhos oceanográficos Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 26, n. 1, p. 27-34, 1998.

OMORI, M. & IKEDA, T. **Methods in marine zooplankton ecology**. John Willey & Sons, New York, 332p., 1984.

PESSOA, V. T.; NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O.; SILVA, A. P.; PORTO-NETO, F. F. Comunidade zooplanctônica na Baía de Suape e nos estuários dos Rios Tatuoca e Massangana, Pernambuco (Brasil). **Rev. Bras. Enga. Pesca**, v. 4, n. 1, 2009.

PRATES, A. P. L.; LIMA, L. H. **Biodiversidade Costeira e Marinha**. Atualização – Potaria MMA n. 9, de 23 de janeiro de 2007.

SANTOS, T. G.; GUSMÃO, L. M. O.; NEUMANN-LEITÃO, S.; CUNHA, A. G. Zooplâncton como indicador biológico da qualidade ambiental nos estuários dos rios Carrapicho e Botafogo, Itamaracá – PE. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, 2009.

SCHWAMBORN, R.; BONECKER, S. L. C.; GALVÃO, I. B.; SILVA, T. A.; NEUMANN-LEITÃO, S. Mesozooplankton grazing under conditions of extreme eutrophication in Guanabara Bay, Brazil. **J. Plankton Res**., vol. 26, n. 9, p. 983-992. 2004.

SCHWAMBORN, R.; SAINT-PAUL, U. Mangroves – Forgotten forests? Natural Resources and Development. v. 43/44, p. 13-36, 1997.

SILVA-FALCÃO, E. C.; SEVERI, W.; ROCHA, A. A. F. Dinâmica espacial e temporal de zoeas de Brachyura (Crustacea, Decapoda) no estuário do Rio Jaguaribe, Itamaracá, Pernambuco, Brasil. **Iheringia**, Sér. Zool., Porto Alegre, v. 97, n. 4, p. 434-440, 2007.

SILVA,T. A.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SCHWAMBORN, R.; GUSMÃO, L. M. O.; NASCIMENTO-VIEIRA, D. A. Diel and seasonal changes in the macrozooplankton community of a tropical estuary in Northeaster Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 3, p. 439–446, 2003.

STANLEY, S. M. An explanation for Cope's rule. Evolution, vol. 27, p.1-26, 1973.
VANDROMME, P.; STEMMANN, L.; GARCÌA-COMAS, C.; BERLINE, L.; SUN, X.; GORSKY, G. **Assessing biases in computing size spectra of automatically classified zooplankton from imaging systems**: A case study with the ZooScan integrated system. Elsevier, v. 1-2, p. 3-21, 2012.

VASCONCELOS; SANTOS, D. M.; TRINDADE, P. J. P.; LOPES, R. Distribuição espacial da meiofauna no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil. **Atlântica**, Rio Grande, v. 26, n. 1, p. 45-54, 2004.

VEGA-PÉREZ, L. A. Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, estado de São Paulo. ed. Estrutura e função do ecossistema de plataforma continental do Atlântico Sul brasileiro. Instituto oceanográfico, São Paulo, v. 10, p. 65-84, 1993.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 3ª edição. Prentice Hall International Editions. 662p. 1996.