Rita Monteiro Camargo

Distribuição espaço-temporal de *Olivella minuta* (LINK, 1807) (Mollusca, Gastropoda, Olividae) na zona entremarés da Baía do Araçá, litoral norte do Estado de São Paulo

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, área de Oceanografia Biológica.

Orientador: Prof. Dr. Alexander Turra

São Paulo

2012

Universidade de São Paulo

Instituto Oceanográfico

Distribuição espaço-temporal de *Olivella minuta* (LINK, 1807) (Mollusca, Gastropoda, Olividae) na zona entremarés da Baía do Araçá, litoral norte do Estado de São Paulo

Rita Monteiro Camargo

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, área de Oceanografia (Biológica).

Julgada em ___/___/___ por

_____ _____
Prof(a). Dr(a). Conceito

_____ _____
Prof(a). Dr(a). Conceito

_____ _____
Prof(a). Dr(a). Conceito

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....vi
EPÍGRAFE.....ix
RESUMO.....1
ABSTRACT.....2
INTRODUÇÃO GERAL.....3
CAPÍTULO 1- A escala espacial é relevante na análise de distribuição da macrofauna? Uma abordagem em uma praia arenosa protegida.....9
RESUMO.....9
INTRODUÇÃO.....10
OBJETIVOS.....12
MATERIAL E MÉTODOS.....13
Área de estudo.....13
Procedimentos amostrais e análise de dados.....15
RESULTADO.....20
Distribuição em mesoescala.....20
Distribuição em microescala.....33
DISCUSSÃO.....34
CAPÍTULO 2- Variação temporal da abundância e da zonação de *Olivella minuta* na região entremarés da Baía do Araçá.....42
RESUMO.....42
INTRODUÇÃO.....43
OBJETIVOS.....45
MATERIAL E MÉTODOS.....45
Área de estudo.....45
Procedimentos amostrais e análise de dados.....46
RESULTADOS.....48
DISCUSSÃO.....54
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....59
LITERATURA CITADA.....61
ANEXOS.....70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (A) Localização da região da Baía do Araçá no canal de São Sebastião, entre os municípios de São Sebastião e Ilhabela. **(B)** Baía do Araçá e áreas amostradas na região entremarés (julho/2009).....14
Figura 2. Média e desvio-padrão da densidade de *O. minuta* nas XVI estações amostradas no entremarés da Baía do Araçá. Letras diferentes indicam estações significativamente diferentes das demais discriminadas através do teste SNK.....21
Figura 3. Média e desvio-padrão dos fatores sedimentológicos: diâmetro médio do grão (DMG) (A), coeficiente de seleção (CS) (B), porcentagem de silte-argila (silte-argila %) (C), porcentagem de carbonato de cálcio ($CaCO_3$ %) (D) e porcentagem de matéria orgânica (MO %) (E), nas XVI estações amostradas no entremarés da Baía do Araçá. Letras indicam estações significativamente diferentes das demais discriminadas através do teste SNK.....23
Figura 4. Análise de componentes principais (ACP) – ordenação das estações amostrais (B) com relação às variáveis ambientais (A) (diâmetro médio do grão; coeficiente de seleção; porcentagens de silte-argila; porcentagens de carbonato de cálcio; porcentagens de matéria orgânica). Porcentagens de explicação: PC1 = 56,0 % e PC2 = 36,0 %.....24
Figura 5. Média e desvio-padrão dos descritores da comunidade (riqueza (s) (A), densidade (N) (B), diversidade (H') (C) e equidade (J) (D)) nas XVI estações amostradas no entremarés da Baía do Araçá. Letras diferentes indicam estações significativamente diferentes das demais discriminadas através do teste SNK.....27
Figura 6. Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrica (n-MDS) – ordenação das estações estudadas com relação às variáveis bióticas (densidade das espécies em cada estação). Os números de 1 a 4 indicam os grupos formados a partir da matriz de similaridade de Bray Curtis.....29
Figura 7. Regressão simples (linear e não-linear) entre os fatores abióticos (diâmetro médio do grão – DMG (A), coeficiente de seleção – CS (B), porcentagem de silte-argila (C), porcentagem de carbonato de cálcio - $CaCO_3$ (%) (D), e porcentagem de matéria orgânica – MO (%) (E) e os descritores da comunidade (riqueza – s (F), densidade – N (G), equidade – J (H) e diversidade – H' (I)) e a densidade de *Olivella minuta* (* = significativa para $p<0,05$).....32
Figura 8. Modelo esquemático da metodologia de coleta utilizada na região entremarés da Praia de Pernambuco.....47
Figura 9. *Olivella minuta*. Variação temporal da abundância na praia de Pernambuco entre o período de novembro/09 a outubro/11. As barras verticais indicam o erro padrão.....50

Figura 10. *Olivella minuta*. Variação espaço temporal entre os transectos na praia de Pernambuco entre novembro/2009 a outubro/2011. Os pontos 12 e 1 indicam, respectivamente, os limites superior e inferior da zona entremarés...51
Figura 11 (A e B). *Olivella minuta.* Distribuição mensal da freqüência de classes de comprimento por nível amostrado na praia de Pernambuco entre o período de novembro/2009 a outubro/2010 **(A)** e novembro/2010 a outubro/2011 **(B)**. O número no canto superior de cada gráfico indica o número de indivíduos amostrados em cada nível.....52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) um fator, referente às variáveis sedimentológicas das XVI estações amostradas na Baía do Araçá.....22
Tabela 2. ANOSIM. Resultado do teste pareado entre grupos equivalentes com relação à composição do sedimento.....25
Tabela 3. Análise SIMPER com a contribuição dos fatores do sedimento para a dissimilaridade entre os grupos, obtidos a partir da PCA.....25
Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) um fator referente às variáveis biológicas das XVI estações amostradas na Baía do Araçá.....27
Tabela 5. ANOSIM. Resultado do teste pareado entre grupos equivalentes com relação à composição específica.....29
Tabela 6. Análise SIMPER com a contribuição das espécies para a dissimilaridade entre os grupos, obtidos a partir do MDS.....30

ANEXOS

Tabela 7. Média e desvio-padrão das variáveis sedimentológicas, diâmetro médio do grão (DMG), coeficiente de seleção (CS), porcentagens de silte-argila, carbonato de cálcio (CaCO3) e de matéria orgânica (MO) das XVI estações amostradas na Baía do Araçá.....70

Tabela 8. Lista de espécies e densidade dos indivíduos encontrados nas amostras biológicas obtidas nas XVI estações da Baía do Araçá (julho/2009).71

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Alexander Turra agradeço primeiramente a oportunidade e a confiança que me foram conferidas. O excelente ambiente de trabalho, as risadas e momentos de descontração. A extrema clareza diante das dúvidas e questionamentos que surgiram durante o desenvolvimento desta pesquisa.

À Dra. Márcia Denadai, pela ajuda na identificação dos bivalves, e pela constante disponibilidade em tirar quaisquer dúvidas que surgiram durante a pesquisa.

Aos Profs. Dr. Luis Simone e Dr. Gustavo Augusto Schmidt de Melo do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo pela ajuda na identificação de moluscos e crustáceos.

À Dra. Kátia Christol dos Santos e à Msc. Carina Waiteman Rodrigues pela identificação de tanaidaceos e anfípodes.

À Msc. Kalina Manabe Brauko da Universidade Federal do Paraná, pela hospitalidade e disponibilidade na ajuda e identificação dos poliquetas.

À FAPESP, o apoio financeiro deste trabalho e o Projeto de Auxílio à Pesquisa (2009/17585-6) que foram fundamentais para o desenvolvimento desse estudo.

Ao Dr. Marcelo Petracco, grande amigo e “co-orientador”, que partilhou momentos de sol e chuva, frio e calor durante as coletas. Que colaborou intensamente com o desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigada, querido!

À incrível equipe Olivella! Aos amigos Daniel, Léo, Thayana e Petracco, grandes companheiros de trabalho, coletas e triagens, dentre longas discussões que ajudaram a desvendar um pouco do fascinante mundo das *Olivella minuta*. Muito obrigada!

A todo pessoal do Laboratório de Manejo, Ecologia e Conservação Marinha, àqueles que participaram intensamente, seja nas coletas, nas análises de dados, na companhia para um café, meu agradecimento especial: Alê, Alex Miranda, Andrea Angeli, Andrea de Lima, Caiuá, Danilo, Flávia, Lucas, Luciana, Maíra, Mara, Marcela, Marina, Priscila.

À Katarine e ao Felipe pela ajuda na triagem e coletas.

Ao querido Arthur, sempre disponível, que me ensinou o caminho das multivariadas!

À Dra. Valéria Bers, com quem iniciei meu envolvimento no laboratório e aprofundei minha habilidade na triagem e identificação de organismos bentônicos.

Ao técnico Tomas Edison da Silva (Tomazinho), pela imensa contribuição nas coletas e na análise de sedimento, ao técnico Luisinho pela amizade e incentivo desde o inicio.

Ao pessoal do transporte, queridos Walter, Sérgio, Roberto e Cláudio. Obrigada pela grande ajuda durante todo o trabalho, vocês fazem parte da grande equipe de coleta fundamental para a conclusão deste trabalho.

Ao pessoal da biblioteca, principalmente ao amigo Wagner que me ajudou sempre com o maior carinho na busca pelas referências mais antigas!

À base do Instituto Oceanográfico de Ubatuba, pela infraestrutura disponibilizada durante os primeiros meses de coleta.

Ao Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (CEBIMAR), pela infraestrutura essencial ao desenvolvimento desse trabalho durante dois anos do estudo. Aos funcionários do CEBIMAR, pelo apoio durante o trabalho de campo e especialmente aos técnicos: Edu, Joseilto, Elso, e ao querido Joseph.

Não posso deixar de lembrar dos meus incríveis irmãos Branca e Fê, que tanto ouviram falar das tais *Olivella minuta*, obrigada por tudo!

Ao Ricardo, meu grande companheiro, que aprendeu junto comigo tudo sobre as Olivellas. Obrigada pela paciência e pelo carinho. Desse jeito vamos longe!

Agradeço também aos meus principais mentores, meus pais Antonio Fernando Monteiro Camargo e Maria Inês Bacellar Monteiro, por todo o incentivo desde que decidi seguir este caminho, vocês são mais do que responsáveis por essa conquista! Dedico esse trabalho a vocês!

Na sequência de uma série de infortúnios intelectuais que não merecem ser aqui recordados, o senhor Palomar resolveu que sua atividade principal seria contemplar as coisas pelo seu exterior. Um tanto míope, alheado, introvertido, ele não parece ajustar-se por temperamento ao tipo humano que é geralmente definido como observador. Contudo, ocorre-lhe sempre que determinadas coisas – um muro de pedra, uma concha de molusco, uma folha, uma chaleira – se apresentam a ele como se lhe solicitassem uma atenção minuciosa e prolongada: ele se põe a observá-las quase sem se dar conta disso e seu olhar começa a percorrer todos os detalhes, e não consegue mais parar. O senhor Palomar decidiu que doravante redobrará sua atenção: primeiro, em não se esquivar a esses reclamos que lhe vêm das coisas; segundo, em atribuir à operação de observar a importância que ela merece.

Ítalo Calvino, 1994, p.101

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição espaço-temporal de um representante da macrofauna de praias arenosas protegidas. As abordagens em diferentes escalas (mesoescala, microescala e escala temporal) foram empregadas. O gastrópode *Olivella minuta,* abundante na região entremarés da Baía do Araçá, foi utilizado para essas análises. Para o estudo em mesoescala, 16 estações foram demarcadas na região entremarés (julho/2009) e, em cada uma, foram coletadas 8 amostras biológicas e 3 de sedimento. Alguns fatores abióticos (carbonato de cálcio, matéria orgânica e coeficiente de seleção) influenciaram negativamente a abundância do gastrópode, enquanto relações entre *O. minuta* e as demais espécies da macrofauna não foram evidentes. Em microescala, em poças de maré (metros) e em “ripple marks” (centímetros) verificou-se que em escala de centímetros, o gastrópode foi mais abundante em locais com maior conteúdo de água no sedimento, enquanto em escala de metros a abundância não diferiu dentro e fora das poças. Em escala temporal, foram observadas flutuações mensais da densidade da população de *O. minuta*, com diminuição/ausência de indivíduos entre fevereiro e março, o que sugere a ocorrência de migrações e mortalidade. O presente trabalho mostrou que a distribuição desse gastrópode é influenciada por diferentes fatores que atuam em diferentes escalas.

Palavras chave: Ecologia marinha, distribuição espacial, zonação, praia arenosa protegida, mesoescala, microescala, gastrópode, *Olivella minuta*.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the temporal and spatial distribution of one of the species representative of the macrofauna of sheltered sandy beaches. Measurements using different scales (mesoscale, microscale and time scale) were utilized. The gastropod *Olivella minuta,* which is abundant in the intertidal region of Baía do Araçá, was used for these analyses. For the mesoscale study, 16 stations were determined within the intertidal region (July/2009) and, in each station, 8 biological samples and 3 samples of sediment were collected. Some abiotic factors (calcium carbonate, organic matter and selection coefficient) had a negative influence on the abundance of the gastropod, while relationship between the *O. minuta* and other species of the macrofauna were not evident. In a microscale study of tidal ponds (meters) and ripple marks (centimeters), it was observed that, in a centimeter scale, the gastropod was more abundant in places where there was more water in the sediment, whereas in a meter scale the abundance didn't vary in or out of the ponds. In a temporal scale, monthly fluctuations of the *O. minuta* population's density were observed, with reduction/absence of individuals between February and March, which suggests that migration and mortality occurred. This study showed that the distribution of *O. minuta* is influenced by different factors which act in different scales.

Keywords: Marine ecology, spatial distribution, zonation, protected sandy beach, mesoscale, microscale, gastropod, *Olivella minuta*.

INTRODUÇÃO GERAL

Praias arenosas constituem ecossistemas dinâmicos localizados na interface entre terra e mar e predominam no litoral de regiões temperadas e tropicais (MCLACHLAN, 1983). Do ponto de vista ecológico, as praias apresentam grande importância. Nelas ocorrem o processamento de matéria orgânica e de poluentes, a mineralização e reciclagem de nutrientes, que são disponibilizados novamente aos ecossistemas costeiros vizinhos (DEFEO et. al., 2009; SCHLACHER et. al., 2008). Apesar de geralmente ser atribuída às praias baixa produtividade, tanto primária quanto secundária (DEXTER, 1992), estes ambientes apresentam grande importância como exportadores de matéria orgânica para ecossistemas adjacentes em termos da produtividade costeira total, em virtude da ampla distribuição geográfica desses ecossistemas (WILSON, 1999). No litoral brasileiro, devido à grande extensão desses ambientes, tal fato ganha ainda maior importância (PETRACCO, 2008; AMARAL & NALLIN, 2011).

Praias arenosas são ainda utilizadas como importantes áreas de alimentação e reprodução de diversas espécies de peixes, aves e tartarugas (DUGAN et al., 2003; SCHLACHER et al. , 2008; DEFEO et al., 2009). Além disso, a maioria das espécies típicas de praia não é encontrada em outros ambientes (SCHLACHER et al. 2008). Do ponto de vista sócio-econômico, várias espécies da macrofauna de praias arenosas, tais como bivalves e crustáceos, são exploradas através de pesca recreacional, artesanal e comercial (MCLACHLAN et al., 1996; MCLACHLAN & BROWN, 2006).

Por serem ambientes dinâmicos e modificados constantemente, as praias são classificadas de acordo com seu estado morfodinâmico em refletivas, intermediárias e dissipativas (SHORT, 1996). As praias dissipativas caracterizam-se por apresentar baixa declividade, ampla zona de surfe onde a energia das ondas é dissipada, e sedimento geralmente fino distribuído homogeneamente ao longo da praia. Por outro lado, praias refletivas apresentam declividade acentuada, zona de surfe estreita ou ausente e as ondas quebram diretamente na face da praia. O sedimento nesse tipo de praia é composto principalmente por grãos mais grossos. As praias intermediárias possuem características de ambas as classificações e podem apresentar sedimento composto por areia média à grossa (BROWN & MCLACHLAN, 1990; AMARAL & NALLIN, 2011).

O estabelecimento da comunidade bentônica em praias arenosas está diretamente relacionado com as características morfodinâmicas e com o grau de exposição à ação das ondas. Praias arenosas expostas apresentam forte ação de ondas, macrofauna altamente móvel e alto grau de oxigenação na areia. Praias arenosas protegidas são caracterizadas por fraca ação de ondas, o que possibilita a construção de tocas e galerias por organismos da macrofauna, e pela presença da camada redutora, algumas vezes, próxima à superfície (MCLACHLAN, 1980). Praias protegidas apresentam uma maior riqueza de espécies que as praias expostas, com os poliquetas e moluscos como os grupos mais representativos da macrofauna, enquanto nas praias expostas os crustáceos geralmente predominam (MCLACHLAN, 1983). Em contraste com o considerável conhecimento acumulado referente à ecologia da

macrofauna de praias expostas (DEFEO & MCLACHLAN, 2005), a macrofauna de praias arenosas protegidas tem sido negligenciada (CARDOSO et al., 2011). A maior parte dos estudos em praias protegidas se refere à composição, abundância e distribuição dos principais grupos de organismos, tais como poliquetas (OMENA, 1998; REIS et al., 2000), moluscos (ARRUDA & AMARAL, 2003; DENADAI et al., 2005) e crustáceos (NUCCI et al., 2001) ou ainda referente a macrofauna como um todo (e.g. AMARAL et al., 2003; CARDOSO et al., 2011). Mais recentemente, alguns poucos estudos abordaram aspectos da ecologia populacional de espécies de praias arenosas protegidas, principalmente de populações de moluscos (DENADAI et al., 2004; ABRAHÃO et al., 2011; CORTE, 2011; MATTOS & CARDOSO, 2012).

A descrição da estrutura espacial ao largo (através da praia ou zonação) e ao longo da praia é fundamental para a identificação dos fatores que regulam a distribuição de uma ou mais populações (DENADAI et al., 2005). Tais informações são essenciais para o monitoramento das populações, uma vez que alterações de origem antrópica sobre esses fatores podem causar acentuadas modificações na distribuição e abundância dessas populações (e.g. McLachlan et al., 1996). A escassez de estudos com tal abordagem para a macrofauna de praias arenosas protegidas, principalmente quando comparado aos inúmeros estudos com esse enfoque elaborados para a macrofauna de praias arenosas expostas (e.g. LERCARI & DEFEO, 2006) ilustra a defasagem no conhecimento entre esses dois tipos de praias. A maior parte dos estudos que aborda aspectos da distribuição espacial da macrofauna de praias arenosas protegidas é referente aos moluscos bivalves e gastrópodes (e.g.

ARRUDA & AMARAL, 2003; YOKOYAMA, 2010; CABRINI & CARDOSO, 2012; MATTOS & CARDOSO, 2012) evidenciando a alta abundância de espécies desses grupos (sensu DENADAI et al., 2005).

A maioria dos gastrópodes prosobrânquios encontrados em praias arenosas está subordinada à infraordem Neogastropoda. Uma das famílias de neogastrópodes mais comum nestes ambientes é a família Olividae, que inclui os gêneros *Olivella, Oliva* e *Olivancillaria* (MCLACHLAN & BROWN, 2006). Os membros da família Olividae são encontrados em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (PETUCH & SARGENT, 1986). O neogastropoda olivídeo *Olivella minuta* ocorre no Texas, Oeste da Índia, leste da Colômbia, Venezuela e do Suriname até o Brasil. No litoral brasileiro esse gastrópode apresenta ampla distribuição (Ceará até Santa Catarina) (RIOS, 1994) e é comum e frequentemente abundante em ambientes litorâneos. Nesse sentido, a ocorrência de *O. minuta* em estuários (ROLEMBERG et al., 2008), planícies de marés (BOEHS et al., 2004), praias arenosas protegidas e expostas (DENADAI et al., 2005; ROCHA-BARREIRA et al., 2005; VIANA et al., 2005) indica que *O. minuta* é bem adaptada a ambientes costeiros com diferentes graus de hidrodinamismo e, consequentemente, a diferentes características físicas.

Apesar da sua freqüência e abundância, as informações sobre *O. minuta* geralmente se restringem à sua ocorrência em trabalhos sobre comunidades (SEVEREYN et al., 2003; BOEHS et al., 2004), à utilização da concha por caranguejos ermitões (LEITE et al., 1998; TURRA & LEITE, 2003; TURRA & DENADAI, 2004), à morfologia e sistemática (MARCUS & MARCUS, 1959a,b),

ao comportamento alimentar (ARRUDA et al., 2003) e à sua distribuição espacial (e.g. SHIMIZU, 1991; ARRUDA & AMARAL, 2003).

O. minuta é uma das espécies de moluscos mais freqüentes em praias protegidas da Baía de Caraguatatuba e do Canal de São Sebastião (DENADAI et al., 2005), litoral norte do estado de São Paulo, e uma das espécies de moluscos mais abundantes nas praias da Baía do Araçá (ARRUDA & AMARAL, 2003; DENADAI et al., 2005), situada no canal de São Sebastião.

Neste contexto, este trabalho corresponde ao esforço de aprofundar o conhecimento sobre os fatores bióticos e abióticos que podem modular a distribuição espacial em mesoescala e em microescala do gastropoda *Olivella minuta*. É também foco do trabalho compreender os processos que regem a distribuição temporal da abundância desse gastrópode. O aprofundamento no conhecimento da distribuição da população do gastropoda *Olivella minuta* e dos fatores e processos que modulam a distribuição desta população são fundamentais para o entendimento da ecologia da população desse gastrópode na Baía do Araçá, local com diversas formas de distúrbios causados pelo homem (AMARAL et al., 2010).

O documento foi estruturado em dois capítulos, onde são analisados os aspectos propostos pelos objetivos específicos do presente trabalho. O Capítulo 1, que se intitula: “Distribuição espacial do gastrópode *Olivella minuta* (LINK, 1807) em diferentes escalas na zona entremarés da Baía do Araçá, litoral norte do estado de São Paulo, Brasil”, aborda a distribuição espacial do gastrópode *O. minuta*, analisando o efeito de fatores ambientais e biológicos relacionando a interação de fatores ambientais e biológicos com a distribuição

do gastropoda na região entremarés. Ainda neste capítulo, uma análise em microrescala sobre a distribuição do gastropoda é também abordada, na qual é avaliado se existe uso diferencial da população por áreas com maior conteúdo de água, como poças de maré e nos “vales” das ondulações do sedimento formadas pela subida e descida das marés, que serão chamadas aqui de “ripple marks”.

A distribuição temporal da abundância e da zonação de *Olivella minuta* são apresentadas do Capítulo 2, com título: “Variação temporal da abundância e da zonação de *Olivella minuta* na zona entremarés da Baía do Araçá”, o qual visa analisar as variações mensais da abundância e identificar possíveis padrões temporais na zonação desse gastrópode.

CAPÍTULO 1_ A ESCALA ESPACIAL É RELEVANTE NA ANÁLISE DE DISTRIBUIÇÃO DA MACROFAUNA? UMA ABORDAGEM EM UMA PRAIA ARENOSA PROTEGIDA

RESUMO: A distribuição em mesoescala de organismos na região entremarés de praias arenosas é constantemente relacionada às características do sedimento. Porém, em praias arenosas protegidas, onde a ação das ondas é mais suave, provavelmente as interações biológicas atuam de forma mais intensa. Em menor escala, irregularidades no sedimento, como poças de marés e as ”ripple marks”, podem proporcionar em escala de poucos metros e poucos centímetros, a criação de microambientes mais ou menos úmidos, que nesta escala afetam a distribuição dos organismos. Neste sentido, o presente estudo pretende identificar a influencia de fatores abióticos e bióticos na distribuição de *O. minuta,* além de verificar a influência do teor de água no sedimento com a distribuição em microescala. Para a análise em mesoescala, dezesseis estações de coleta foram distribuídas na região entremarés da Baía do Araçá, nas quais foram obtidas amostras biológicas e de sedimento. Baseado nos dados de mesoescala, uma área com maior abundância do gastrópode foi delimitada e as coletas em microescala foram realizadas em quatro poças de maré e em “ripple marks”. Em mesoescala, alguns fatores abióticos (carbonato de cálcio, matéria orgânica e o coeficiente de seleção) influenciaram negativamente a abundância do gastrópode. No entanto não foram observadas relações com os fatores bióticos (densidade da macrofauna, riqueza, diversidade e equidade). Em microescala, a abundância do gastrópode dentro e fora das poças de maré não diferiu significativamente, porém nas “ripple marks”, verificou-se diferença significativa com maior abundância de indivíduos nos “vales”, região com maior conteúdo de água. Além disso, o comprimento dos indivíduos nas cristas (6,68 ± 1,61 mm (DP)) foi significativamente menor do que nos vales (7,36 ± 1,32 mm (DP)). Conclui-se, portanto, que a distribuição de *O. minuta* no entremarés de praias arenosas é influenciada por características do sedimento, o que corrobora padrões observados em outros estudos. Apesar dos resultados aqui obtidos não evidenciarem a importância das interações com a macrofauna em praias arenosas protegidas, levanta-se aqui a importância de estudos neste sentido, que levem em consideração as variações temporais das espécies que habitam esses ambientes. Com relação à microescala, ficou evidente que neste aspecto o conteúdo de água no sedimento é fator determinante na distribuição de *O. minuta* na região entremarés.

Palavras chave: *Olivella minuta*, Baía do Araçá, mesoescala, microescala, “ripple marks”.

INTRODUÇÃO

Até os anos 80, o paradigma vigente baseava-se na ideia de que as populações de praias arenosas eram reguladas principalmente por fatores físicos, e as interações biológicas desempenhavam papel secundário (MCLACHLAN, 1983). No entanto, estudos posteriores (e.g. DEFEO, 1996; DEFEO & DE ALAVA, 1995) sugerem que esta ideia é inapropriada ou incompleta (DEFEO et al., 1997). Segundo Defeo et al (1997), o reconhecimento da ação conjunta de fatores físicos e biológicos e a definição da escala de análise representam uma alternativa para a abordagem do estudo da dinâmica de populações no ecossistema praial.

Em praias arenosas expostas, diversos estudos demonstraram diferenças em aspectos da estrutura e da dinâmica das populações de acordo com o estado morfodinâmico da praia (DEFEO et al., 2001; DEFEO & MARTÍNEZ, 2003; DEFEO & MCLACHLAN, 2005). Por outro lado, outros estudos têm demonstrado a importância das interações biológicas intra (BRAZEIRO & DEFEO, 1999; LIMA et al., 2000; DEFEO et al., 2001) e interespecíficas na abundância, estrutura e dinâmica das populações em praias arenosas expostas do tipo morfodinâmico dissipativo (DEFEO & DE ALAVA, 1995; DEFEO et. al., 1997; DEFEO & MCLACHLAN, 2005; CARDOSO & VELOSO, 2003; MCLACHLAN & BROWN, 2006).

Nesse contexto, em praias arenosas protegidas, onde a ação das ondas é mais suave, provavelmente as interações biológicas atuam de forma mais intensa que em praias arenosas expostas. Tal ideia baseia-se no fato de as

interações biológicas ocorrem predominantemente em praias arenosas expostas dissipativas, ambientes menos severos que as praias expostas reflectivas, em que esse tipo de interação praticamente inexiste (DEFEO & MCLACHLAN, 2005). Por outro lado, considerando uma única praia de baixa energia, seria esperado que a biologia populacional de uma dada espécie pudesse ser influenciada por fatores físicos e biológicos que operariam nesta escala espacial, como características do sedimento e a presença de predadores ou presas, respectivamente.

Além disso, a distribuição das espécies em praias arenosas é geralmente abordada somente em mesoescala ou macroescala, tais como a zonação na faixa entremarés, ao longo da praia (*sensu* DEFEO & MCLACHLAN, 2005) ou entre praias (DEFEO et al., 1992; JARAMILLO et al. 1993; BRAZEIRO, 2001; LERCARI & DEFEO, 2006), sendo raros os trabalhos que analisam a distribuição das espécies em microescala (DEFEO et al., 1997; DUGAN et al., 2004), na qual outros fatores podem operar. As praias arenosas protegidas podem apresentar poças de maré ao longo de sua extensão e desta forma expor os animais a diferentes condições ambientais. Em menor escala, irregularidades no sedimento, como as ”ripple marks”, podem proporcionar em escala de poucos centímetros, a criação de microambientes mais (vales) ou menos (cristas) úmidos. A tolerância à dessecação de cada espécie pode ser considerada como principal fator para determinar a distribuição dos organismos na zona entremarés (DAHL, 1953; VOHRA, 1971; MCLACHLAN & JARAMILLO, 1995).

Nesse cenário, o presente estudo visa testar a hipótese de que a distribuição de organismos da macrofauna ao longo da zona entremarés de uma praia muito protegida pode estar relacionada às características do sedimento e/ou interações biológicas, decorrentes da riqueza e abundância das demais espécies da comunidade bêntica. Pretende-se ainda testar a hipótese de que maiores abundâncias desses organismos fossem encontradas em áreas mais úmidas, como poças de maré e vales.

Os moluscos são importantes componentes da macrofauna de praias protegidas e, por apresentarem diferentes hábitos de vida e alimentares, desempenham um importante papel na comunidade macrofaunal (JARAMILLO et al., 2007). A alta ocorrência do molusco gastrópode *Olivella minuta*, descrita em estudos realizados na Baía do Araçá (ARRUDA & AMARAL, 2003; DENADAI et al., 2005), nos levou à escolha dessa espécie. As praias que compõem a Baía do Araçá apresentam baixo hidrodinamismo e uma ampla região entremarés que possibilitou o desenvolvimento do presente estudo.

OBJETIVOS

Esse estudo visa analisar a distribuição espacial de *Olivella minuta* em mesoescala e microescala, ao longo da zona entremarés das praias da Baía do Araçá. A análise em mesoescala foi realizada visando identificar a influência de: i) fatores abióticos (tamanho do grão, grau de seleção e teores de carbonato, matéria orgânica e silte-argila no sedimento) e ii) bióticos (abundância das demais espécies da comunidade, riqueza de espécies, diversidade e equidade) na distribuição e abundância de *Olivella minuta.* Com

isso será possível avaliar quais fatores estão relacionados à distribuição do gastrópode *O. minuta* na zona entremarés da Baía do Araçá. Além disso, é também objetivo deste trabalho, analisar a distribuição em microescala do gastrópode *O. minuta*, testando a hipótese de que esse gastrópode é mais abundante dentro das poças de maré do que fora destas, e nos vales do que nas cristas das “ripple marks” nessa baía.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A Baía do Araçá (23º 49’S, 45º 24’W) está localizada no Município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo. O Porto de São Sebastião e o Terminal Petrolífero de São Sebastião estão localizados próximos à área, bem como a desembocadura de um emissário central de esgoto, que recebe apenas tratamento básico (DENADAI, 2001). Devido à proximidade a estes locais, a região está sujeita ainda a poluição orgânica e a constantes vazamentos de óleo. A Baía do Araçá está voltada para o Canal de São Sebastião e é formada por quatro praias (Deodato, Pernambuco, Germano e Topo) e duas ilhotas (Pernambuco e Pedroso) (Figura 1- A e B).

A área de estudo abrange quatro fragmentos de mangue e é caracterizada por apresentar uma extensa área de planície de fundo mole que varia de 50-300 metros de comprimento. As praias da baía são muito protegidas (*sensu* MCLACHLAN, 1980) e apresentam declive extremamente suave (AMARAL et al., 2010; DENADAI, 2005). O sedimento é composto por areia fina e cascalho com altas porcentagens de silte e argila e de matéria

orgânica (NUCCI *et al*., 2001; AMARAL et al., 2003; 2010), alguns locais são caracterizados pela presença de bancos de cascalho enquanto em outros predomina areia fina e, desta forma, o sedimento apresenta acentuada heterogeneidade (DENADAI, 2001).

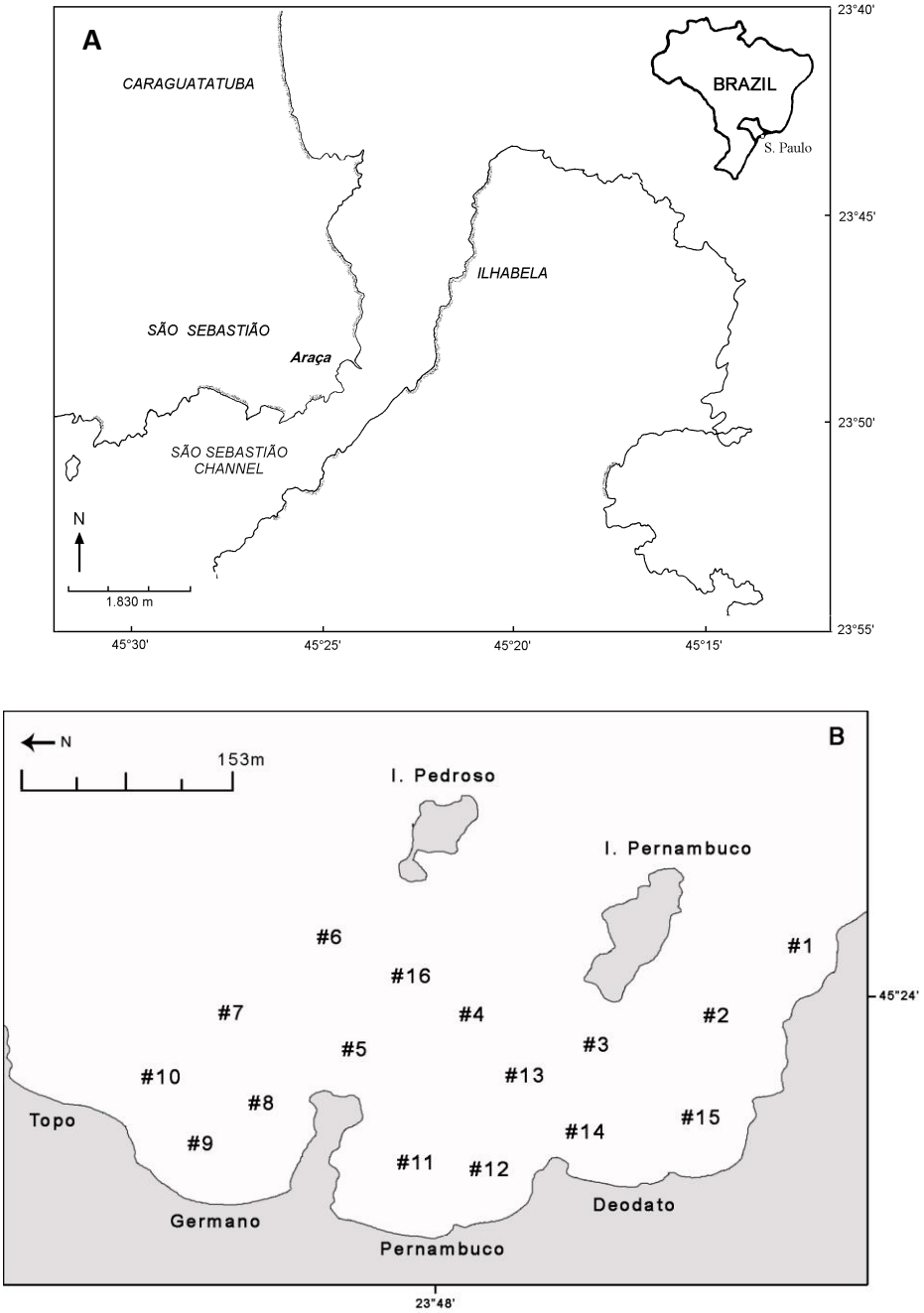


Figura 1. (A) Localização da região da Baía do Araçá no canal de São Sebastião, entre os municípios de São Sebastião e Ilhabela. (B) Baía do Araçá e áreas amostradas na região entremarés (julho/2009).

Procedimentos amostrais e análise de dados

Mesoescala

Com o intuito de estudar a distribuição espacial de *O. minuta* na região entremarés da Baía do Araçá, uma esforço intensivo de coleta foi realizada em julho de 2009. Dezesseis estações de coleta foram demarcadas ao longo da zona entremarés da Baía do Araçá procurando abranger toda a área emersa nas marés baixas de sizígia (Figura 1B). Em cada estação, oito amostras biológicas foram obtidas utilizando um delimitador quadrado de 0,50 m de lado. O sedimento foi escavado a uma profundidade de 10 cm, ensacado e lavado sobre um jogo de peneiras de 1,0 e 0,5 mm. A macrofauna retida nas peneiras foi fixada em álcool 70% para posterior triagem em estéreo-microscópio. A fim de caracterizar o ambiente entremarés em relação às características sedimentológicas, três amostras do sedimento foram coletadas em cada estação. As amostras foram mantidas refrigeradas e posteriormente congeladas até que fossem processadas.

Em laboratório, um total de 128 amostras biológicas obtidas em dois dias consecutivos foram triadas em estéreo-microscópio e os organismos da macrofauna foram separados em grandes grupos e posteriormente identificados ao menor nível taxonômico possível. Os moluscos foram agrupados em bivalves e gastrópodes e pré-identificados utilizando bibliografia específica (RIOS, 1994; DENADAI et al., 2006). Parte dos bivalves foi identificada com auxílio da Dra. Márcia R. Denadai, enquanto alguns exemplares de bivalves e os gastrópodes foram identificados pelo Prof. Dr. Luis

Simone do Laboratório de Malacologia do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Os poliquetas foram agrupados em famílias utilizando o manual elaborado por Amaral & Nonato (1996) e posteriormente identificados com a ajuda da aluna Msc. Kalina Manabe Brauko do Laboratório do Prof. Dr. Paulo Lana da Universidade Federal do Paraná. Os crustáceos decápodes foram identificados pelo Prof. Dr. Gustavo Augusto Schmidt de Melo do Laboratório de Carcinologia do Museu da Universidade de São Paulo. Os tanaidáceos foram identificados com a ajuda da Dra. Kátia Christol dos Santos e os anfípodas pela Msc. Carina Waiteman Rodrigues.

Posteriormente, os organismos da macrofauna foram quantificados para análise da comunidade presente nas estações amostradas. Os indivíduos de *O. minuta* encontrados nas XVI estações foram separados e também quantificados para a realização das análises estatísticas. O sedimento amostrado foi analisado quanto ao diâmetro médio dos grãos (DMG), coeficiente de seleção dos grãos (CS) e porcentagens de silte-argila a partir do método de peneiramento seco proposto por Suguio (1973). Os conteúdos de carbonato de cálcio e matéria orgânica do sedimento foram obtidos a partir do método de Amourex (1966), que utiliza HCL a 10% e calcinação a 600° C.

A análise de variância (ANOVA) um fator foi empregada para comparar a abundância de *Olivella minuta* entre as dezesseis estações. O teste *a posteriori* Student Newman Keuls (SNK) (SOKAL & ROHLF, 1995; UNDERWOOD, 1997) foi empregado para que fossem identificadas as estações que diferiram significativamente das demais.

Às características sedimentológicas (diâmetro médio do grão (DMG), coeficiente de seleção (CS), porcentagens de silte-argila (% Silte), teor de carbonato de cálcio (% $CaCO_3$) e matéria orgânica (% MO)) foi também empregada uma análise de variância (ANOVA) de um fator para verificar as diferenças entre as estações quanto a estas características. Cada análise de variância foi seguida do teste *a posteriori* SNK (SOKAL & ROHLF, 1995; UNDERWOOD, 1997). A normalidade e homogeneidade de variância foram avaliadas através do teste de Cochran, e os dados transformados quando necessário. Os dados de carbonato de cálcio, matéria orgânica e silte-argila obtidos em porcentagem, foram transformados para arco-seno para remover a heterogeneidade das variâncias e suprir as premissas de normalidade da ANOVA (ZAR, 1999). Porém, quando mesmo após as transformações as variâncias continuaram a apresentar heterogeneidade significativa, os dados foram analisados sem transformação, já que o desenho amostral da coleta foi balanceado, com o mesmo número de amostras em cada estação, fato que garante robustez ao teste mesmo sem atender às premissas (UNDERWOOD, 1997).

A macrofauna obtida nas estações de coleta foi analisada considerando a densidade em m^2. A caracterização da composição faunística nas estações de coleta foi avaliada através dos descritores da comunidade, abundância (N), riqueza de espécies (S), os índices de diversidade de Shannon ($H' = \sum_{i=1}^{s}(pi)\,(\log_2 pi)$) e equitabiliadade (J'= H'/$\log_2 S$). Os indivíduos de *Olivella minuta* foram excluídos da análise em função da realização de análises posteriores de regressão entre a abundância desta espécie e os descritores de

comunidade. A fim de identificar a diferença entre as estações quanto aos descritores de comunidade foi também utilizada a análise de variância (ANOVA) de um fator e o teste *a posteriori* SNK.

Ainda como forma de caracterizar as estações, foi aplicada aos dados abióticos a análise de componentes principais (ACP), para verificar a similaridade entre as áreas amostradas com relação às características sedimentológicas. Para tanto, foram utilizadas as médias das três amostras de sedimento de cada estação para gerar um valor por estação. Neste caso, a matriz com as distâncias Euclidianas entre estações foi utilizada com dados previamente padronizados (KREBS, 1989). O método de análise de escalonamento multidimensional não métrico (n-MDS) foi empregado para a análise de similaridade entre as estações considerando a composição faunística, utilizando-se a matriz de similaridade de Bray Curtis (KREBS, 1989). Os indivíduos identificados para as oito amostras coletadas em cada estação foram somados, neste caso, para gerar um único valor por estação.

O teste de permutação ANOSIM (*one way*) foi empregado a fim de verificar a significância das diferenças entre os grupos pré-definidos a partir da análise de agrupamento representados na análise de componentes principais (ACP) e de escalonamento multidimensional não métrico (n-MDS). O teste ANOSIM produz uma estatística R que varia em uma amplitude de -1 a +1. Valores R iguais a +1 são obtidos quando todas as estações dentro dos grupos são mais similares do que qualquer estação de grupos diferentes. A análise SIMPER definiu o percentual de contribuição dos fatores sedimentológicos e das espécies da macrofauna na dissimilaridade entre os grupos evidenciados

pelas análises ACP e n-MDS. O método empregado aqui foi baseado no utilizado em estudo desenvolvido por Masi & Zalmon (2008).

A relação entre a densidade de *O. minuta* e os fatores abióticos (DMG, CS, % silte, %$CaCO_3$ e %MO) e bióticos (N, S, H' e J') foi examinada através de modelos de regressão simples (linear e não linear) e os melhores modelos foram selecionados com base no coeficiente de determinação (R^2) e a significância da regressão (ZAR, 1999).

Microescala

Após a coleta da distribuição espacial em mesoescala, realizada em julho de 2009, observou-se maior abundância de *O. minuta* nas estações I e XI. A partir desses resultados, as áreas das coletas referentes à microdistribuição foram definidas e a coleta foi realizada em julho de 2011, seguindo duas metodologias: uma para poças de maré e uma para as "ripple marks". Próximo à estação XI foram selecionadas quatro poças com aproximadamente 2 m^2. Estas foram amostradas em uma mesma área para garantir que as características ambientais fossem semelhantes. Foram obtidas 10 subamostras aleatórias dentro de cada poça e 10 subamostras fora das poças utilizando um amostrador cilíndrico de 15 cm de diâmetro. O sedimento foi escavado a uma profundidade de 10 cm e ensacado. O material coletado foi triado em malha de 0,5 mm e os indivíduos de *O. minuta* foram quantificados e medidos em laboratório. O teste-t de Student pareado foi aplicado para testar a diferença entre a abundância dentro e fora das poças, considerando como réplica as quatro poças (n=4) totalizando uma área amostrada de 0,17 m^2 por poça. Para

testar a diferença entre o comprimento dos indivíduos dentro e fora das poças, foi utilizado o teste-t de Student pareado baseado nas médias dos comprimentos dos indivíduos amostrados dentro e fora das quatro poças.

Ainda para verificar a distribuição em microescala, uma área de 5 m^2 próxima à estação I foi delimitada. As ondulações dessa área foram quantificadas e vinte delas foram sorteadas aleatoriamente. Cada amostra foi obtida a partir de 5 pegadas utilizando um amostrador cilíndrico de 4,5 cm de diâmetro totalizando uma área de 0,00795 m^2. Assim, o desenho amostral pareado foi utilizado, 20 amostras foram coletadas ao acaso nas cristas das ondulações sorteadas e 20 nos vales, respectivamente. O material foi lavado em peneira de 0,5 mm de malha. Os indivíduos de *Olivella minuta* foram triados e fixados em álcool 70%. Em laboratório os indivíduos foram quantificados e seus comprimentos medidos em estereo-microscópio. Para comparar a abundância de indivíduos entre cristas e vales foi aplicado o teste-t de Student pareado. A fim de comparar o comprimento dos indivíduos entre cristas e vales foi aplicado o teste-t de Student.

RESULTADOS

Distribuição de *Olivella minuta* em mesoescala

A densidade média de *Olivella minuta* foi de 17,34 ± 17,73 ind. m^{-2} (± DP) e oscilou entre 0,50 ± 1,41 ind. m^{-2} e 59,50 ± 27,91 ind. m^{-2} de acordo com a estação de amostragem. A densidade diferiu significativamente entre as estações (ANOVA g.l. = 15; F= 10,9; $p<0,05$). Maiores densidades foram registradas em duas estações: praia de Pernambuco (57,00 ± 17,98 ind. m^{-2}) e

em uma estação situada mais ao sul da Baía do Araçá (59,50 ± 27,91 ind. m^{-2}). As densidades de *O. minuta* observadas nessas duas estações diferiram significativamente de todas as demais estações. Maiores desvios-padrão ocorreram nessas estações com maiores densidades de *O. minuta*, enquanto a variabilidade nas estações com menores densidades foi menor (Figura 2).

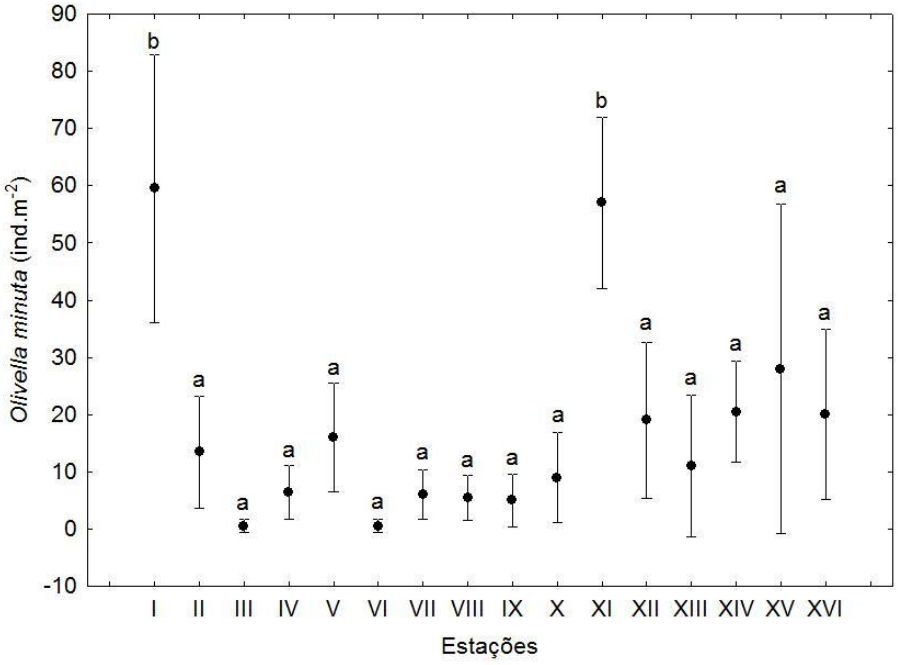


Figura 2. Média e desvio-padrão da densidade de *O. minuta* nas XVI estações amostradas no entremarés da Baía do Araçá. Letras diferentes indicam estações significativamente diferentes das demais discriminadas através do teste SNK.

Caracterização ambiental

As análises dos fatores abióticos mostraram a heterogeneidade do sedimento na zona entremarés da Baía do Araçá. A análise de variância (ANOVA) de um fator indicou diferenças significativas entre as XVI amostras para todos os fatores sedimentológicos (Tabela 1). O teste *a posteriori* SNK detectou uma grande heterogeneidade entre as estações quanto ao diâmetro

médio do grão, o coeficiente de seleção e o carbonato de cálcio (Tabela 1 e Figura 3).

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) um fator referente às variáveis sedimentológicas das XVI estações amostradas na Baía do Araçá.

	g.l	F	p
Diâmetro médio (fi)	15	9,26	<0,05
Coeficiente de seleção	15	6,60	<0,05
Conteúdo de silte-argila (arcoseno)	15	12,28	<0,05
Carbonato de Cálcio (arcoseno)	15	8,25	<0,05
Matéria Orgânica (arcoseno)	15	4,17	<0,05

A região entremarés foi caracterizada predominantemente por areia muito fina e o sedimento pobremente selecionado. O diâmetro médio do grão variou entre 2,14 ± 0,36 fi e 5,14 ± 0,18 fi nas dezesseis estações. O conteúdo de silte-argila, carbonato de cálcio e de matéria orgânica das estações apresentaram porcentagens que variaram de 15 a 43%, 14 a 28% e 4 a 11%, respectivamente (ANEXO 1). As porcentagens de matéria orgânica diferiram principalmente devido as concentrações observadas nas estações VI e XVI. O conteúdo de silte-argila apresentou diferença significativa devido às maiores concentrações verificadas nas XVI, X e VI (Figura 3).

Através da análise de componentes principais (ACP), a variabilidade dos aspectos sedimentológicos entre as estações ficou mais evidente. Entretanto, semelhanças puderam ser identificadas entre algumas estações no gráfico. A análise de agrupamento revelou a formação de três grupos principais com 40% de similaridade: 1- presença de silte médio e grosso (VI, X e XVI); 2 – predominância de areia fina (II, III, VII, IX, XIII, XIV e XV) e 3 – predominância de areia muito fina (I, IV, V, VIII, XI e XII) (Figura 4).

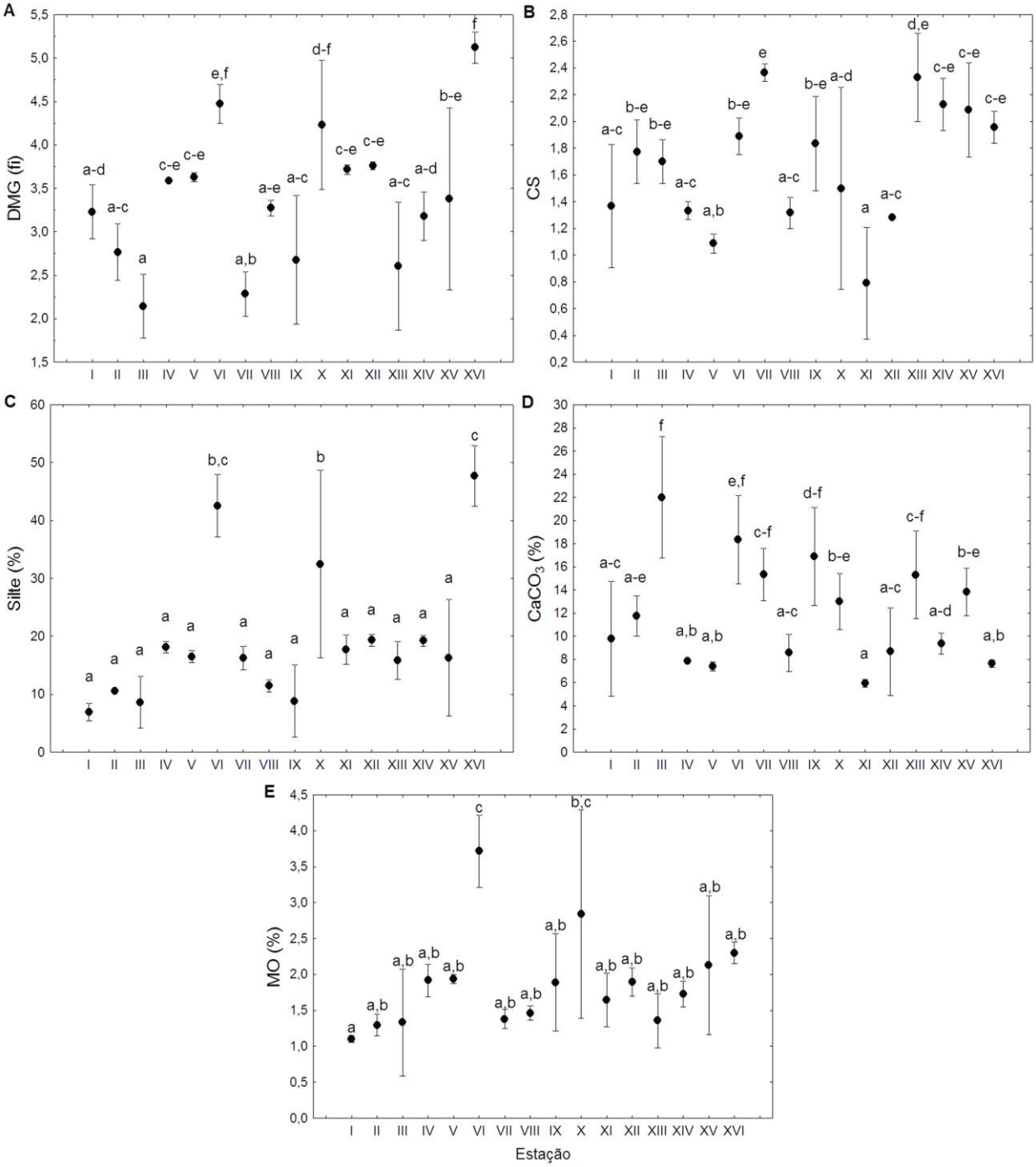


Figura 3. Média e desvio-padrão dos fatores sedimentológicos: diâmetro médio do grão (DMG) (A), coeficiente de seleção (CS) (B), porcentagem de silte-argila (silte-argila %) (C), porcentagem de carbonato de cálcio ($CaCO_3$ %) (D) e porcentagem de matéria orgânica (MO %) (E), nas XVI estações amostradas no entremarés da Baía do Araçá. Letras indicam estações significativamente diferentes das demais discriminadas através do teste SNK.

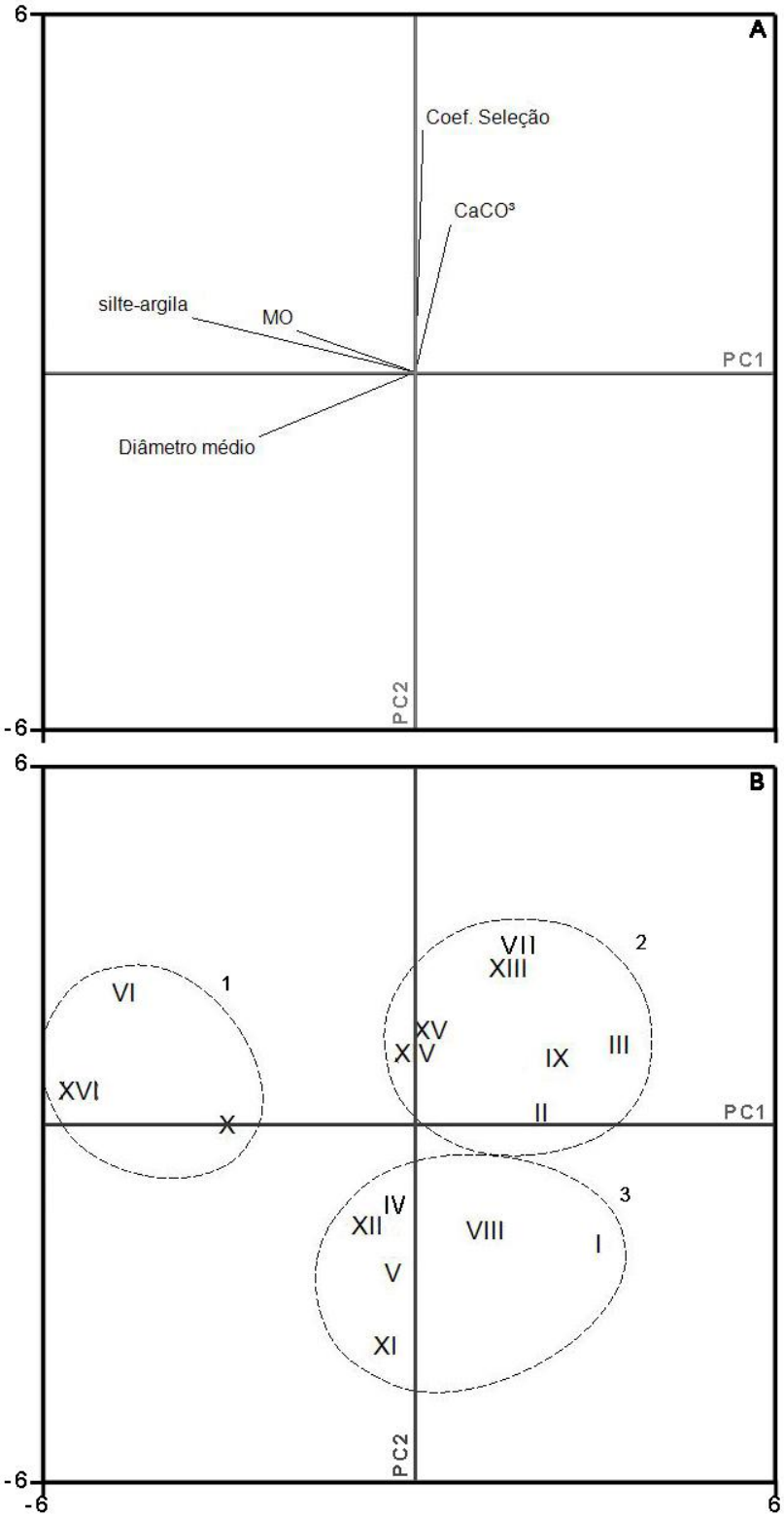


Figura 4. Análise de componentes principais (ACP) – ordenação das estações amostrais (B) com relação às variáveis ambientais (A) (diâmetro médio do grão; coeficiente de seleção; porcentagens de silte-argila; porcentagens de carbonato de cálcio; porcentagens de matéria orgânica). Porcentagens de explicação: PC1 = 56,0 % e PC2 = 36,0 %. Grupos 1, 2 e 3 formados a partir da análise de agrupamento a um nível de similaridade de 40%.

Ao examinar a diferença significativa entre os grupos formados, a análise de similaridade (ANOSIM) evidenciou as diferenças entre estes. Os altos valores de R demonstram que as estações agrupadas são mais parecidas entre elas do que com estações pertencentes a outros grupos (Tabela 2).

Tabela 2. ANOSIM. Resultado do teste pareado entre grupos equivalentes com relação à composição do sedimento.

Grupos	Estatística R	Significância
3 vs 2	0,82	0,001*
3 vs 1	0,90	0,012*
2 vs 1	0,99	0,008*

*p<0,05

A análise SIMPER revelou os fatores que mais contribuíram para a distinção entre os grupos formados na análise de componentes principais (ACP). A dissimilaridade verificada entre o grupo 1 e os grupos 2 e 3, ocorreu devido às maiores concentrações de silte-argila nas estações pertencentes ao grupo 1. Já os grupos 2 e 3 apresentaram diferença principalmente quanto aos maiores valores do coeficiente de seleção registrados para as estações do segundo agrupamento (Tabela 3).

Tabela 3. Análise SIMPER com a contribuição dos fatores do sedimento para a dissimilaridade entre os grupos, obtidos a partir da PCA.

Dissimilaridade entre os grupos (%)	3 vs 2	3 vs 1	2 vs 1
$CaCO^3$	21,35	-	5,52
Diâmetro médio do grão	13,40	11,14	28,63
Coeficiente de seleção	50,02	14,48	-
Silte-argila	7,90	48,44	48,65
Matéria orgânica	-	17,34	12,24
Total	92,67	91,40	95,04

Composição faunística

As amostras biológicas obtidas nas XVI estações estabelecidas na Baía do Araçá foram compostas por 50 espécies (ANEXO 2). Os moluscos dominaram com 40% do total de espécies coletadas seguidos pelos poliquetos (30%), crustáceos (28%) e sipunculídeos (2%). Os moluscos bivalves mais abundantes foram *Anomalocardia brasiliana* com 11540,00 ± 95,63 ind.m^{-2} seguida de *Tellina lineata* com 608,00 ± 8,76 ind.m^{-2}. Dentre os gastrópodes, *O. minuta* foi a espécie mais abundante com densidade de 2220 ± 22,35 ind.m^{-2}. Entre os poliquetas, as espécies mais abundantes foram *Heteromastus filiformis, Armandia hosfeldi, Sternaspis sp, Isolda pulchella, Glycinde multidens* e *Scoloplos ohlini*, com densidade superior a 1212,00 ± 25,61 ind.m^{-2}. O tanaidáceo *Monokalliapseudes schubarti* foi a espécie com maior densidade entre os crustáceos (53732,00 ± 1270,40 ind.m^{-2}) e apresentou em uma única estação 9468 indivíduos.

As amostras da macrofauna analisadas apresentaram diferenças significativas quanto à densidade, diversidade, equidade e riqueza entre as XVI estações da região entremarés da Baía do Araçá (Tabela 4). O teste *a posteriori* SNK indicou que os valores de densidade nas estações IV e XII foram superiores aos das demais estações. A estação XII se destacou também pela baixa equidade e diversidade, consequência principalmente da alta abundância do tanaidáceo *M. schubarti.* Os valores de riqueza de espécies nas estações VIII, IX e XI foram significativamente inferiores aos das demais estações. Quanto à diversidade de espécies, observou-se diferença significativa entre um maior número de estações (Figura 5).

Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) um fator, referente às variáveis biológicas das XVI estações amostradas na Baía do Araçá.

	g.l.	F	P
Densidade (N)	15	31,55	<0,05
Diversidade (H')	15	10,40	<0,05
Equidade (J)	15	8,00	<0,05
Riqueza (s)	15	8,51	<0,05

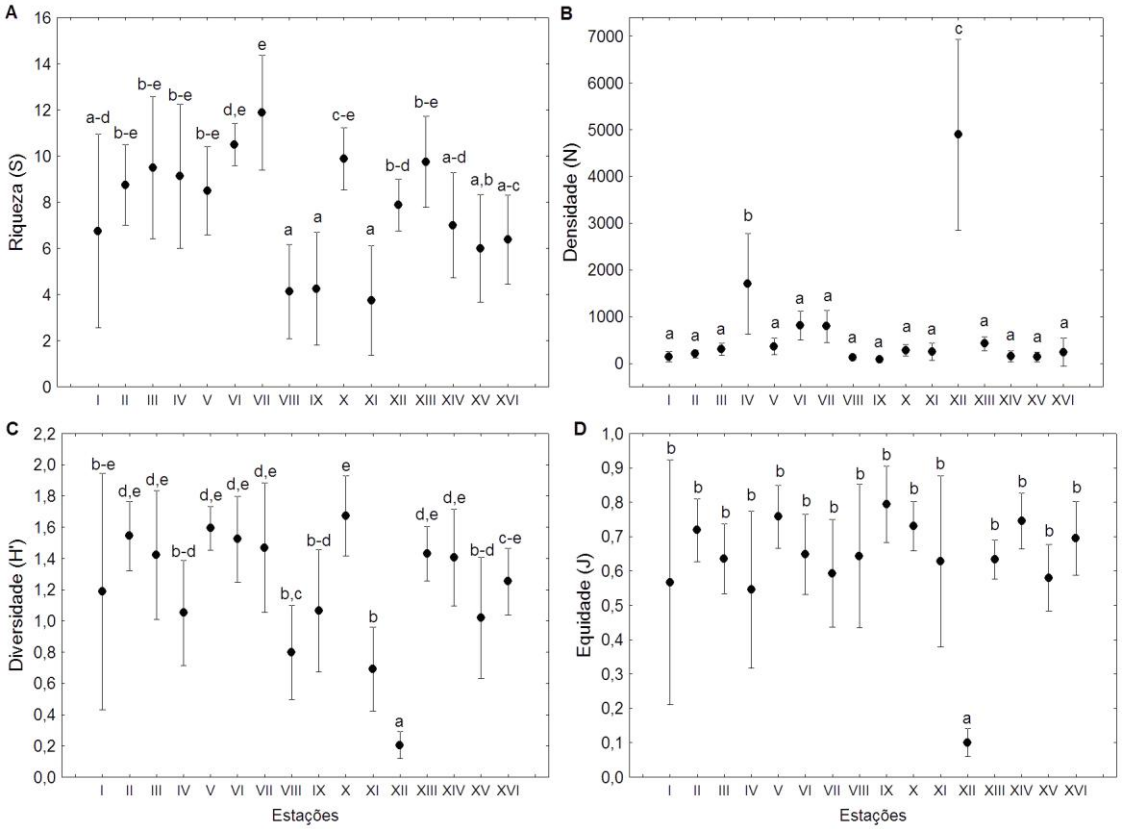


Figura 5. Média e desvio-padrão dos descritores da comunidade (riqueza (s) (A), densidade (N) (B), diversidade (H') (C) e equidade (J) (D)) nas XVI estações amostradas no entremarés da Baía do Araçá. Letras diferentes indicam estações significativamente diferentes das demais discriminadas através do teste SNK.

As estações foram ordenadas de acordo com a composição específica das XVI estações e a análise de agrupamento revelou a formação de 4 grupos principais com 50% de similaridade. Uma alta similaridade com relação à composição das espécies ocorreu entre as estações IV e VII (grupo 1),

principalmente pela alta abundância do *M. schubarti.* As estações II, III, X, XIII, XIV e XV (grupo 2) foram agrupadas por apresentarem maiores densidades do bivalve *Anomalocardia brasiliana* e dos poliquetas *Heteromastus filiformis* e *Isolda pulchella.* O grupo 3, formado pelas estações V, XI e XVI, apresentou similaridade na composição, pela presença tanto do *M. schubarti* quanto do poliqueta *Armandia hosfeldi*. O grupo 4, composto pelas estações I, VIII e IX, formou-se pela ocorrência de *A. hosfeldi* e seguido do bivalve *A. brasiliana*. A estação XII, por apresentar abundância do tanaidáceo *M. schubarti* maior do que nas demais estações, não aparece agrupada. A estação VI, também não se agrupou às demais estações por apresentar alta abundância do poliqueta *Sternaspis sp*.

As estações I e XI, que se destacaram pela maior abundância de *O. minuta,* não foram inseridas no mesmo grupo, apesar de apresentarem composição faunística semelhante. As espécies de poliqueta *Armandia hosfeldi, Heteromastus filiformis* e *Glycinde multidens,* o crustáceo *Monokalliapseudes schubarti* e o bivalve *Anomalocardia brasiliana* estavam presentes em ambas as estações. A diferença entre as estações foi decorrente da maior abundância de *A. hosfeldi* e do *M. schubarti* na estação XI quando comparada a I.

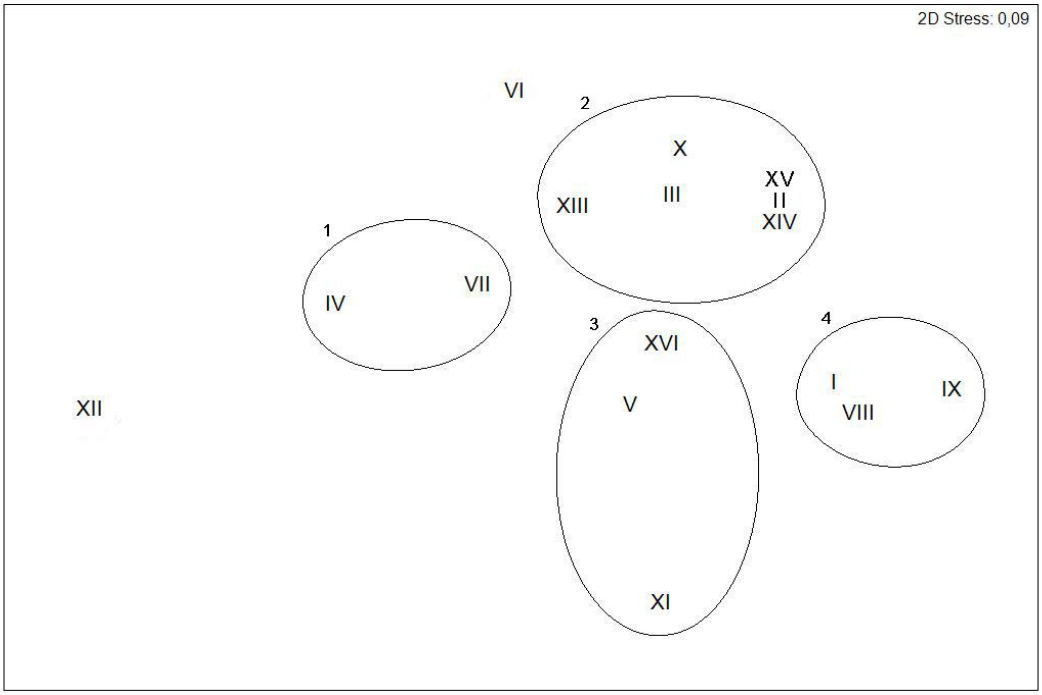


Figura 6. Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrica (n-MDS) – ordenação das estações estudadas com relação às variáveis bióticas (densidade das espécies em cada estação). Os números de 1 a 4 indicam os grupos formados a partir da matriz de similaridade de Bray Curtis com um nível de similaridade de 50%.

Ao examinar a hipótese de diferenças significativas entre os grupos formados, a análise de similaridade ANOSIM evidenciou as maiores diferenças entre o grupo 2 e os demais. As comparações dos grupos 1 vs 3, 4 vs 1 e 4 vs 3 não apresentaram valores significativos, porém os altos valores de R demonstram que as estações agrupadas são mais parecidas entre si do que com estações pertencentes a outros grupos (Tabela 5).

Tabela 5. ANOSIM. Resultado do teste pareado entre grupos equivalentes com relação à composição específica.

Grupos	Estatística R	Significância
1 vs 3	1	$0,1^{ns}$
2 vs 1	0,84	0,036*
2 vs 3	0,79	0,012*
4 vs 1	1	$0,1^{ns}$
4 vs 2	0,95	0,012*
4 vs 3	0,96	$0,1^{ns}$

*p<0,05; ns = não significativo

A análise SIMPER definiu as espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade entre os grupos formados na análise de escalonamento multidimensional não-métrica (n-MDS). A dissimilaridade verificada entre o grupo 1 e os demais grupos ocorreu principalmente devido às maiores densidades de *M. schubarti* no grupo 1. O grupo 2 destacou-se pelas maiores densidades de *A. brasiliana*. Os grupos 3 e 4 apresentaram proporções semelhantes do poliqueta *A. hosfeldi*, porém o crustáceo *M. schubarti* fez com que as estações do 3 fossem agrupadas e diferenciadas do grupo 4 (Tabela 6).

Tabela 6. Análise SIMPER com a contribuição das espécies para a dissimilaridade entre os grupos, obtidos a partir do MDS.

Dissimilaridade entre os grupos (%)	4 vs 2	4 vs 1	2 vs 1	4 vs 3	2 vs 3	1 vs 3
M. schubarti	2,63	57,18	67,79	44,72	31,58	53,34
A. hosfeldi	20,04	4,51	-	19,65	17,39	6,19
A. brasiliana	32,06	17,40	12,47	10,96	19,52	18,54
H. filiformis	17,66	9,41	7,77	6,87	10,29	9,08
G. multidens	3,11	-	-	3,65	2,61	-
L. robustus	-	-	-	3,26	2,37	-
S. ohlini	-	-	-	2,62	-	-
I. pulchella	7,09	5,22	4,60	-	4,86	5,84
C. atrathum	4,26	-	-	-	2,87	-
P. criniticornis	2,59	-	-	-	-	-
T. lineata	2,33	-	-	-	-	-
Total	91,77	93,72	92,63	91,73	91,49	92,99

Relações entre *Olivella minuta* e os fatores abióticos e bióticos

As regressões simples (lineares e não-lineares) entre *O. minuta* e os aspectos sedimentológicos evidenciaram a relação entre alguns parâmetros e a distribuição do gastrópode. Quanto ao diâmetro médio do grão, pode-se verificar que a densidade do gastrópode aumentou conforme a diminuição no

tamanho do grão de 2,0 para 3,0 fi, e um posterior declínio na densidade conforme a diminuição do tamanho do grão de 4,0 a 5,5 fi. Altos valores para o coeficiente de seleção foram associados negativamente à distribuição de *O. minuta*, mostrando que as maiores abundâncias ocorreram em sedimento mais homogêneo. Altos teores de carbonato de cálcio e matéria orgânica foram também relacionados negativamente à abundância do gastrópode, que ocorrereu com menor abundância quando estes foram mais altos (Figura 3 - D e E). Quanto ao teor de silte-argila no sedimento, não ficou evidente a relação com a distribuição do gastrópode.

Ao considerar os fatores bióticos, como riqueza, densidade, equidade e diversidade, não foi verificada uma forte relação entre estes parâmetros e a distribuição de *O. minuta* (Figura 7).

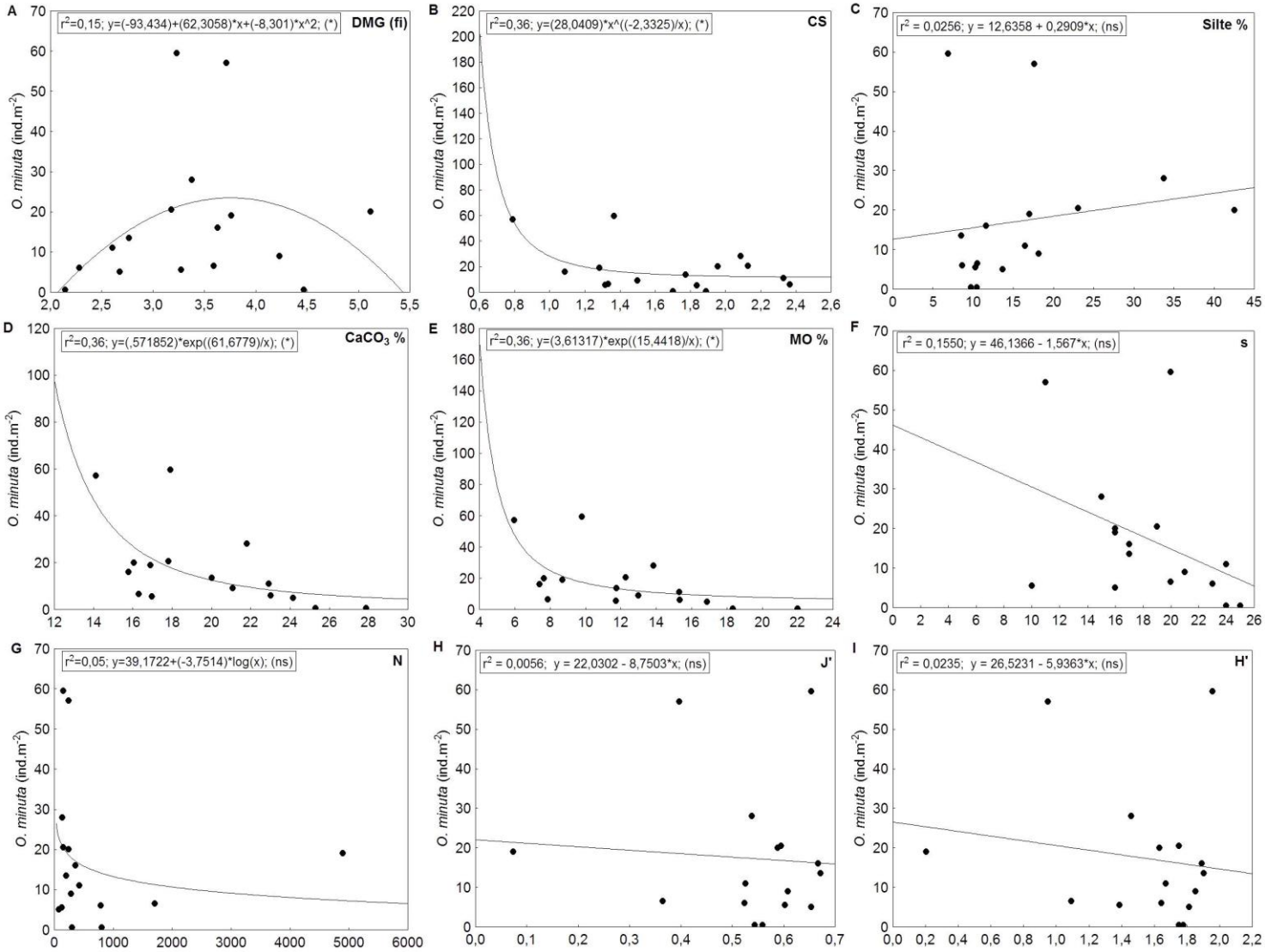


Figura 7. Regressão simples (lineares e não-lineares) entre a densidade de *O. minuta* (ind.m^{-2}) e os fatores abióticos (diâmetro médio do grão – DMG (A), coeficiente de seleção – CS (B), porcentagem de silte-argila (C), porcentagem de carbonato de cálcio - $CaCO_3$ (%) (D), e porcentagem de matéria orgânica – MO (%) (E)) e os descritores da comunidade (riqueza – s (F), densidade – N (G), equidade – J (H) e diversidade – H' (I)) (* indica relação significativa para $p<0,05$).

Distribuição de *O. minuta* em microescala

Os valores médios da abundância de *O. minuta* dentro (11,75 ± 6,70 ind. por unidade amostral (EP)) e fora (7,25 ± 7,45) das poças de maré não diferiram entre si (t=0,99, g.l.=3, p>0,05). Conforme visto através dos desvios-padrão, a abundância apresentou ampla variação entre as quatro poças amostradas. Da mesma forma, não foi observada diferença significativa entre o comprimento médio dos indivíduos localizados dentro (7,32 cm ±0,55 (DP)) e fora (7,17 cm ±0,17(DP)) das poças (t=0,67, g.l.=3, p>0,05).

Na distribuição em microescala entre cristas e depressões, foram amostrados 138,4 ± 134,76 ind. m^{-2} (DP) nas cristas e 459,22 ± 220,86 ind. m^{-2} nas depressões. Neste caso, foi detectada diferença significativa na densidade de *O. minuta* entre cristas e vales (t=-5,21; g.l.=19; p<0,001). O comprimento dos indivíduos nas cristas (6,68 ± 1,61 mm (DP)) foi significativamente menor do que nos vales (7,36 ± 1,32 mm (DP)) (t=-2,01; g.l.=93; p<0,04).

DISCUSSÃO

Distribuição em mesoescala

As características sedimentológicas mostraram, de forma geral, uma acentuada heterogeneidade ao longo das estações amostrais da zona entremarés do Araçá. Os parâmetros que mais variaram entre as estações foram o tamanho do grão, o coeficiente de seleção e carbonato de cálcio. A matéria orgânica e a porcentagem de silte e argila também apresentaram diferenças, porém essas ocorreram entre um menor número de estações (Figura 3). A acentuada variação desses fatores abióticos na Baía do Araçá corrobora estudos prévios (DENADAI, 2001; AMARAL, et al., 2010; AMARAL et al., 2003; ARRUDA & AMARAL, 2003; DENADAI et al., 2005).

Os diversos parâmetros do sedimento considerados nesse estudo parecem influenciar a distribuição de *O. minuta*. Maiores coeficientes de seleção no sedimento podem ser atribuídos a maiores concentrações de carbonato de cálcio, que por sua vez, provavelmente, não favorecem o estabelecimento de *O. minuta*. Tal fato é possivelmente associado a um maior tempo para o enterramento desse gastrópode em sedimentos mais pobremente selecionados, conforme observado para o bivalve *Donax serra* (NEL et al., 2001). O tempo do enterramento é crucial para a macrofauna em praias arenosas, pois esse hábito está intimamente relacionado com comportamento de fuga contra predadores (PHILLIPS, 1977; ALEXANDER et al., 1993) e também como proteção contra a dessecação, já que os organismos que vivem

nas regiões entremarés estão sujeitos a períodos de exposição ao ar (EDWARDS, 1969; ARRUDA & AMARAL, 2003).

Apesar do desempenho do enterramento da macrofauna de praias estar geralmente fortemente relacionado ao tamanho do grão (VANAGT et al., 2008; NEL et al., 2001; BROWN & MCLACHLAN, 2006), para *O. minuta* outras características do sedimento parecerem ser mais importantes para a abundância e distribuição dessa espécie na Baía do Araçá. Entretanto, a fraca relação entre tamanho do grão e abundância de *O. minuta* pode ser decorrente da variação do tamanho do grão não abranger grãos mais grossos, nos quais os organismos encontram mais dificuldade para o enterramento. Por outro lado, o decréscimo da abundância de *O. minuta* em partícula mais finas (> 3,5 fi) pode ser decorrente da maior coesão entre as partículas do sedimento nessa faixa de tamanho, o que pode aumentar o tempo de enterramento de *O. minuta*, conforme observado para bivalves (ALEXANDER et al., 1993).

A relação estabelecida com o diâmetro médio do grão mostrou que o sedimento composto por areia muito fina fornece melhores condições para o estabelecimento de *O. minuta*. Vanagt (2008), ao estudar o comportamento de se enterrar de *Olivella semistriata*, verificou que os indivíduos apresentaram um melhor desempenho em areia média a fina do que em sedimento mais grosso. Apesar da ausência de sedimento com predominância de grãos grossos no entremarés do Araçá, talvez *O. minuta* apresente comportamento semelhante ao observado para *O. semistriata*. Tal fato, entretanto, necessita ser testado.

Da mesma forma que observada para o carbonato de cálcio e para o coeficiente de seleção, maiores concentrações de matéria orgânica também

não favoreceram a ocorrência de *O. minuta*. Essas elevadas concentrações estão associadas à deposição de sedimento muito fino (silte) (DENADAI, 2001). Para muitos organismos da macrofauna, estas características favorecem o estabelecimento de diversas espécies, como por exemplo, organismos filtradores e comedores de material em suspensão (SNELGROVE & BUTMAN, 1994). A compactação do sedimento nessas áreas devido ao sedimento muito fino e o consequente aumento da camada anóxica, podem prejudicar a alimentação de filtradores e suspensívoros e diminuir a diversidade de espécies nestas áreas (sensu PEARSON & ROSENBERG, 1978; WARWICK, 1986). Provavelmente, a diminuição do oxigênio, devido à decomposição da matéria orgânica, impossibilita o estabelecimento de organismos que vivem sobre ou enterrados no sedimento, assim como o gastrópode *O. minuta*.

O maior efeito do conteúdo de carbonato de cálcio, do coeficiente de seleção, porcentagem de matéria orgânica sobre a distribuição de *O. minuta*, condiz com os resultados obtidos por Arruda & Amaral (2003) para a comunidade de moluscos, na qual foi identificada menor influência do tamanho do grão contrastando com a maior influência dos demais parâmetros do sedimento na distribuição das espécies.

Apesar da importância dos fatores sedimentológicos na distribuição de *O. minuta*, esses não explicaram totalmente a distribuição do gastrópode. Apesar da frequente associação da distribuição da macrofauna de praias arenosas a fatores abióticos (ARRUDA & AMARAL, 2003; MCLACHLAN, 1983), estudos recentes enfatizam a importância das interações intra e

interespecíficas na distribuição desses indivíduos (DEFEO & MCLHACHLAN, 2005; DEFEO ET AL., 1997; MCLHACHLAN & JARAMILLO, 1995; DUGAN ET. AL., 2004). As características da Baía do Araçá favorecem essas relações, pois apresentam condições físicas menos extremas do que praias expostas. A alta riqueza, alta densidade, e o substrato relativamente estável nesse ambiente favorecem essas relações, ao contrário de populações de praias expostas reflectivas, que são reguladas principalmente por respostas individuais dos organismos ao meio ambiente (DEFEO & MCLACHLAN, 2005).

Os principais grupos encontrados na região entremarés da Baía do Araçá foram moluscos, seguidos dos poliquetas e dos crustáceos (*sensu* DEFEO & MCLHACLAN, 2005; AMARAL et al. 2010; CARDOSO et al. 2011). Tal padrão contrasta com a maior representatividade dos crustáceos em praias arenosas expostas, os quais são mais adaptados a viver nesses ambientes mais severos (AERTS et al. 2004; DEXTER, 1983; MCLHACLAN, 1983).

Os descritores da comunidade analisados aqui mostraram que a riqueza e a diversidade variaram bastante entre as estações analisadas, enquanto a equidade e a densidade variaram apenas em uma estação devido à alta abundância do tanaidáceo *Monokalliapseudes schubarti*, espécie oportunista (AMARAL et al., 2003). Através da variação na riqueza e diversidade, esperava-se obter pistas sobre eventuais relações (e.g. predação, competição) entre a comunidade macrofaunal e o gastrópode, porém ao relacionar esses fatores com a abundância de *O. minuta* não foi possível identificar um efeito significativo. Contudo, os agrupamentos formados na análise multivariada possibilitaram a identificação de alguns indícios de interações entre as maiores

abundâncias do gastrópode e algumas espécies da macrofauna, porém essas relações são muito complexas, e serão melhor discutidas abaixo.

Os poliquetas *Armandia hosfeldi*, *Heteromastus filiformis* e *Glycinde multidens* e o crustáceo *Monokalliapseudes schubarti*, abundantes nas regiões com maiores densidades de *O. minuta*, podem fazer parte da dieta alimentar do gastrópode. Como observado por alguns pesquisadores, nos estômagos de *O. minuta* foram frequentemente encontrados fragmentos de crustáceos (ARRUDA et al., 2003). Para exemplares da Baía do Araçá, foram identificados nos conteúdos estomacais cerdas de poliquetas, além de fragmentos de crustáceos (Leonardo Yokoyama, com. pessoal). Essas informações reforçam a ideia de que as espécies citadas acima podem fazer parte da dieta alimentar de *O. minuta*. Por outro lado, Marcus & Marcus (1959a) identificaram ainda partes do bivalve *Donax hanleyanus*, além de copepoda, anfípoda, foraminíferos e scaphopoda, nos estômagos do gastrópode, o que reforça o hábito alimentar onívoro não seletivo dessa espécie.

Contudo, é importante ressaltar que a pouca ou nenhuma relação encontrada entre os fatores abióticos e bióticos e a abundância de *O. minuta* estudados aqui, podem ser explicados por uma grande variabilidade temporal na abundância da espécie (ver Cáp. 2).

Sabe-se ainda que organismos que vivem na faixa entremarés de praias arenosas estão sujeitos a longos períodos de exposição ao ar devido à variação das marés, e a elevadas temperaturas nestas regiões durante o verão (MCLACHLAN & BROWN, 2006). As praias arenosas sofrem ainda com as interferências antrópicas que claramente influenciam as populações nesses

ambientes. Devido a estes fatores, muitas espécies apresentam grandes flutuações sazonais de suas populações (EDWARDS, 1969; CAETANO et al., 2003; DENADAI et al., 2004; PETRACCO, 2008), o que sugere a alta mortalidade em alguns períodos e possíveis migrações para o infralitoral em busca de ambientes menos severos.

Neste sentido, é de extrema importância avaliar as abordagens pontuais utilizadas em estudos de distribuição em praias arenosas, pois além das características do sedimento ou as interações bióticas, o comportamento e a biologia populacional apresentam aspectos fundamentais na distribuição de populações da região entremarés. É fundamental que estes aspectos bióticos sejam abordados, já que pouco se conhece sobre estas interações, porém, sugere-se aqui que estudos em longo prazo sejam mais bem estruturados para que essas relações possam ser melhor compreendidas.

Outra questão relevante levantada a partir desse estudo é a importância da escala de análise, a qual deve ser bem definida, já que alguns comportamentos são mais facilmente identificados em menor escala, como será discutido mais adiante.

Distribuição em microescala

A distribuição da abundância de *O. minuta* entre cristas e depressões diferiu significativamente, embora este padrão não tenha sido verificado entre dentro e fora de poças de maré.

Os fatores discutidos para a distribuição em mesoescala tornam-se menos importantes nesta escala. Espécies que habitam as regiões entremarés,

seja em costões rochosos ou em praias arenosas, estão sujeitas a períodos de imersão e períodos de exposição ao ar. Os padrões de distribuição dos organismos nessa faixa têm sido amplamente estudados (de ALAVA, 1991; OURIVES et al., 2011; BRAZEIRO, 1999; VANAGT, 2008; DEFEO et al.,1992; EDWARDS, 1969; DENADAI et al., 2005; PETRACCO, 2008). Em praias arenosas expostas, a fauna se distribui em faixas, em resposta à tolerância à dessecação (DAHL, 1953). Porém, a ampla região entremarés da Baía do Araçá e a baixa declividade nesta área possibilitam à fauna outras formas de distribuição, já que essas características favorecem a retenção de água em certos pontos. Tal fato é exemplificado pela presença das poças de maré e das ondulações formadas no sedimento e amostradas neste estudo.

O. minuta é um gastrópode que se desloca pelo sedimento e que deixa suas marcas na região entremarés. Em períodos de maré baixa, estas marcas concentraram-se principalmente em locais onde a água fica retida (observação pessoal). A preferência por esses locais, com maior conteúdo de água, favorece *O. minuta,* pois são ambientes mais estáveis. A temperatura da água demora mais tempo pra subir do que no sedimento, além de proteger o gastrópode contra dessecação. As marcas visualizadas indicam ainda maior atividade do gastrópode nestas regiões.

No caso das poças de maré, por ser uma escala um pouco maior quando comparada com as cristas e depressões, a diferença entre dentro e fora das poças não foi verificada. O perfil de deslocamento de *O. minuta*, geralmente circular (observação pessoal), pode explicar essa diferença entre escalas, já que favorece o encontro de regiões com maiores conteúdos de água pelos indivíduos na escala de centímetros, enquanto na escala de metros

os indivíduos não localizam essas áreas. A diferença entre o comprimento dos animais nas cristas e depressões sugere que os indivíduos maiores possam se locomover mais facilmente do que os menores, buscando locais mais estáveis. É ainda possível verificar que para indivíduos menores, as condições sobre as cristas não são tão extremas, já que estes indivíduos podem se enterrar como forma de proteção contra a dessecação.

A distribuição dos animais no entremarés é resultado de diferentes fatores que atuam em diferentes escalas e dependem ou não de comportamentos ou ciclos biológicos.

Através dessas análises ficou clara a importância do estudo de distribuição em diferentes escalas. É ainda fundamental identificar quais os fatores mais importantes para o estabelecimento e a distribuição de organismos no entremarés. O conhecimento das características morfodinâmicas da região são fundamentais para a identificação desses fatores.

CAPÍTULO 2_ VARIAÇÃO TEMPORAL DA ABUNDÂNCIA E DA ZONAÇÃO *OLIVELLA MINUTA* NA REGIÃO ENTREMARÉS DE PRAIA ARENOSA PROTEGIDA

RESUMO: A variação temporal da abundância e da distribuição vertical do gastropoda *Olivella minuta* foram analisadas através de amostragens mensais de novembro de 2009 a outubro de 2011 na praia de Pernambuco, localizada na Baía do Araçá, litoral norte do estado de São Paulo. As amostras foram obtidas a partir de 5 transectos estabelecidos perpendicularmente à linha da água em 12 níveis amostrais. A abundância entre os meses variou significativamente, com picos na primavera (novembro/2009 e outubro/2010) e no inverno (julho/2011) e ausência de indivíduos no verão (fev/2010/2011 e março/2011). A distribuição espacial apresentou acentuada variação entre os meses, ora ocupando praticamente toda a extensão da zona entremarés (meio da primavera), ora restringindo sua distribuição ao limite inferior do entremarés (início do verão), seguido de um processo de redistribuição na faixa entremarés (inverno). A partir do padrão bimodal ou unimodal da distribuição de frequência de comprimento, eventos de recrutamento foram identificados. Além disso, a ausência de indivíduos em fevereiro e março sugere que a variação temporal da densidade do gastrópode seja influenciada por fatores como migração e mortalidade dos indivíduos na região entremarés.

Palavras chave: Praias arenosas protegidas, macrofauna, gastropoda, variação temporal.

INTRODUÇÃO

A caracterização da distribuição dos organismos ao longo do eixo vertical da praia (zonação) é, provavelmente, a abordagem mais freqüente dos estudos da macrofauna de praias arenosas tanto no Brasil (e.g. SOUZA & GIANUCA, 1995; VELOSO et al., 1997) quanto no mundo (e.g. DEFEO et al., 1992; BRAZEIRO & DEFEO, 1996). Estudos com tal enfoque geralmente buscam padrões de zonação da comunidade da macrofauna e sua correspondência com esquemas de zonação previamente estabelecidos e baseados tanto em critérios físicos, como conteúdo da água do sedimento (SALVAT, 1964), quanto biológicos, como a presença de espécies características de crustáceos (DAHL, 1952). Porém em praias protegidas com baixo hidrodinamismo e com baixa declividade a zonação é menor.

Entretanto, estudos que abordam detalhadamente a distribuição espacial de uma ou mais populações considerando variações temporais da zonação e a estrutura de tamanho na distribuição da população são mais escassos (e.g. de de ALAVA & DEFEO, 1991, DEFEO et al., 1997; CARDOSO & VELOSO, 2003). No primeiro contexto, a maior parte dos estudos geralmente é de curta duração, e restrita a uma única amostragem, impossibilitando assim a avaliação de freqüentes e marcantes modificações temporais na zonação das populações (BRAZEIRO & DEFEO, 1996). Tais variações temporais podem ser decorrentes de fatores físicos e biológicos atuando em diferentes escalas espaço-temporais (DEFEO & MCLACHLAN, 2005). No segundo contexto, padrões de zonação de acordo com a estrutura de tamanho da população são freqüentes e também decorrentes da ação de fatores físicos e biológicos, como

competição inter e intraespecífica, ou ainda uma forma de minimizar a competição intraespecífica (DEFEO et al., 1997; CARDOSO & VELOSO, 2003; DEFEO & MCLACHLAN, 2005). Considerando que a segregação por tamanho na distribuição dos indivíduos de uma população pode minimizar a competição intraespecífica (EDWARDS, 1969; DEFEO & MCLACHLAN, 2005), o entendimento da estrutura espacial de uma população é importante, pois pode, por sua vez, influenciar processos denso-dependentes como o crescimento e a mortalidade (*sensu* EDWARDS, 1969).

Ao contrário das diversas informações sobre a zonação de espécies pertencentes aos grupos mais comuns de praias arenosas, tais como crustáceos, poliquetas e moluscos bivalves (DEFEO et al., 1997; REIS et al., 2000; CARDOSO & VELOSO, 2003), poucas são relativas à distribuição vertical de moluscos gastrópodes (e.g. EDWARDS, 1969; ARRUDA & AMARAL, 2003). Dentre essas, algumas são referentes à *Olivella minuta* (SHIMIZU, 1991; ARRUDA & AMARAL, 2003; ROCHA-BARREIRA et al., 2005) e a outras espécies do gênero *Olivella*, tais como *O. biplicata*, *O. formicacorsii*, e *O. semistriata* (EDWARDS, 1969; BRAZEIRO & DEFEO, 1996; AERTS et al., 2004).

Segundo esses estudos, *O. minuta* ocorre predominantemente no infralitoral (VIANA et al. 2005) e na zona inferior do entremarés, tanto de praias expostas como protegidas (SHIMIZU, 1991; ARRUDA & AMARAL, 2003; ROCHA-BARREIRA et al., 2005). Em três praias do litoral norte do estado de São Paulo, Arruda & Amaral (2003) identificaram zonas biológicas na distribuição dos moluscos, verificando que a porção inferior da zona

entremarés foi caracterizada pela presença de *O. minuta*. Apesar dessas relevantes informações sobre a distribuição de *O. minuta*, variações temporais e a estrutura de tamanho não foram consideradas nos estudos da distribuição vertical desse gastrópode. Nesse contexto, o presente estudo investigou a distribuição espaço-temporal desse gastrópode em uma praia situada na Baía do Araçá, litoral norte do estado de São Paulo.

OBJETIVOS

Analisar a variação temporal da abundância e da distribuição vertical (zonação) de *O. minuta* ao longo de dois anos amostrais na zona entremarés da Praia de Pernambuco, Baía do Araçá.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A praia de Pernambuco (23°48'54"S, 45°24'26"W) está situada na região central da Baía do Araçá e foi escolhida para esse estudo devido à alta abundância de *Olivella minuta* observada na estação 11 na coleta realizada em Julho/2009 (ver Figura 1. B.). Essa praia é muito protegida (*sensu* McLachlan, 1980), apresenta cerca 100 m de largura e ampla zona entremarés (~130 m). O sedimento é composto predominantemente por areia muito fina (3,71 ± 0,05 (ϕ)) e moderadamente selecionado (0,79 ± 0,41).

Procedimentos amostrais e análise de dados

Amostragens mensais foram realizadas durante o período de novembro/2009 a outubro/2011 na praia de Pernambuco em maré de sizígia com base em cinco transectos perpendiculares à linha d'água. Os transectos foram distribuídos de forma aleatória ao longo de 100 metros da praia de Pernambuco. Unidades amostrais foram obtidas ao longo de 12 níveis demarcados em intervalos de 12 m, abrangendo toda a faixa entremarés de distribuição de *O. minuta*, avaliado previamente em coleta piloto (132 m). Os níveis 1 e 12 representaram, respectivamente, os limites inferior e superior do entremarés. Para a obtenção das amostras biológicas, foi utilizado um delimitador quadrado de 0,5 m de lado e o sedimento escavado a uma profundidade de 10 cm (Figura 8).

O material amostrado foi acondicionado em sacos plásticos e transportado ao Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (CEBIMAR), situado na cidade de São Sebastião, SP. Posteriormente as amostras biológicas foram lavadas em malha de 1,0 mm e os indivíduos de *O. minuta* foram preservado em álcool 70%. Em laboratório, o comprimento da concha dos indivíduos de *O. minuta* foi obtido com auxílio de estereomicroscópio com ocular micrométrica e os indivíduos foram agrupados em classes de comprimento de 1,0 mm.

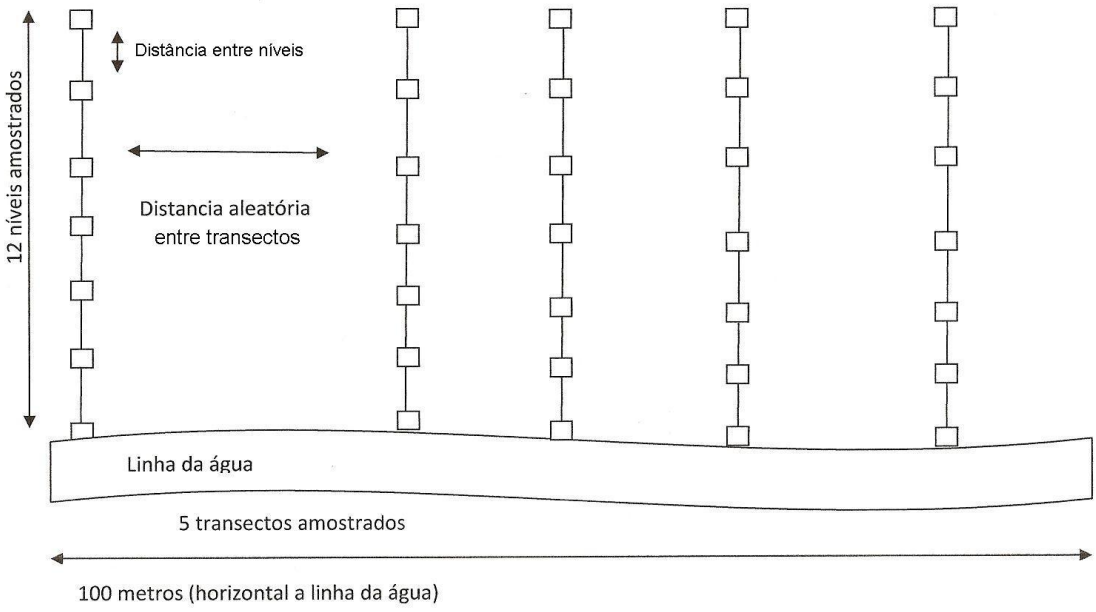


Figura 8. Modelo esquemático da metodologia de coleta utilizada na região entremarés da Praia de Pernambuco.

A abundância mensal de *O. minuta* foi estimada por meio do número de indivíduos por faixa de transecto, também denominada abundância por metro linear: IST (ind.m^{-1}). A abundância foi calculada segundo a equação proposta por Gómez & Defeo (1999) e Defeo & Rueda (2002): IST_r, = ($\Sigma q_i/n$) * D, onde: q é densidade (ind. m^{-2}) em cada nível amostral (i); n é o número de amostras do transecto r; e D é o comprimento da distribuição da espécie no transecto r.

Para verificar uma possível diferença na variação mensal da abundância de *O. minuta*, a análise de variância um fator (ANOVA) foi empregada. Para essa análise, a abundância estimada para cada transecto foi utilizada como réplica. A normalidade e homogeneidade de variância foram avaliadas através do teste de Cochran (QUINN & KEOUGH, 2002). Considerando que após a transformação as variâncias continuaram a

apresentar heterogeneidade significativa, os dados foram analisados sem transformação, já que o desenho amostral apresentou um número equivalente de amostras em cada mês, ou seja, um desenho amostral balanceado (UNDERWOOD, 1997).

A variação temporal da distribuição espacial de *O. minuta* durante os dois anos amostrais foi avaliada através de uma análise descritiva realizada a partir de dados da frequência relativa da abundância dos organismos por níveis em cada um dos cinco transectos amostrados em cada mês. A distribuição da frequência de comprimento foi também avaliada ao longo dos níveis amostrais dispostos ao longo da zona entremarés. Essa análise foi utilizada devido à dependência dos níveis aos transectos, o que impossibilitou que fossem desvinculados para os testes estatísticos.

RESULTADOS

A abundância média anual de *O. minuta* foi de 3390,40 ± 754,94 ind.m^{-1} e 3191,56 ± 697,47 ind.m^{-1} (± EP) para o primeiro e segundo ano amostral, respectivamente. *O. minuta* apresentou diferença significativa na abundância entre os meses (ANOVA $F_{1,22}$=3,34, $p<0.00001$). Picos de abundância ocorreram na primavera (novembro/2009 e outubro/2010) e inverno (julho/2011), com ausência de indivíduos no verão (fevereiro/2010/2011 e março/2011). Entre abril e setembro do primeiro ano, a abundância não variou de forma acentuada, porém no segundo ano pôde ser verificada uma maior oscilação na abundância no mesmo período (Figura 9).

A distribuição espacial de *O. minuta* ao longo da zona entremarés da praia de Pernambuco apresentou acentuada variação entre os meses (Figura 10). Entre os transectos amostrados, pôde-se também verificar uma acentuada variação na abundância de indivíduos, principalmente nos meses de novembro/2009 e dezembro, janeiro/2010. Porém, observando os dois anos conjuntamente, pôde-se verificar que a distribuição espacial manteve um padrão semelhante em ambos os anos, com as variações na distribuição vertical entre os meses mantendo as mesmas características (Figura 10).

No meio da primavera (novembro), os indivíduos ocuparam praticamente toda a extensão da zona entremarés, restringindo sua distribuição no início do verão (janeiro) ao limite inferior do entremarés. No meio do verão (fevereiro e março) foi verificada ausência de indivíduos no entremarés, provavelmente devido à migração desses para o infralitoral e também à alta mortalidade nesses meses. No começo do outono (abril), os indivíduos oriundos do infralitoral iniciam um processo de redistribuição na zona entremarés e voltam a ocupar toda a zona entremarés no inverno (julho a setembro). O comprimento desses indivíduos (3 a 5 mm) indica que esses não são provenientes de um novo recrutamento.

Nos meses com maior abundância (novembro/2009 e outubro/2010) de *O. minuta*, foram observados a ocorrência de indivíduos pequenos, de comprimento entre 1,6 mm a 3,00 mm. A partir das medidas de comprimento dos indivíduos, pode-se detectar eventos de recrutamento no inverno (agosto/2010 e setembro/2011) com continuidade ao longo da primavera (outubro-dezembro) (Figura 11 A e B).

A população de *O. minuta* apresentou um padrão de distribuição de frequência de comprimento bimodal ou unimodal, durante os meses do ano (Figura 11 A e B). O padrão bimodal anual de distribuição de frequência de comprimento da população de *O. minuta* em Pernambuco foi decorrente da presença de duas coortes bem definidas durante metade do ano. Uma coorte é gerada na primavera pelo recrutamento iniciado no inverno, e outra composta por indivíduos maiores, recrutados provavelmente na primavera anterior. Após a ausência de indivíduos no infralitoral durante o verão (fevereiro e março), a coorte constituída por indivíduos maiores não retorna ao entremarés no final do verão ou início do verão (março/2010 e abril/2011), conforme observado para a coorte constituída por organismos menores (coorte I). Assim, entre março/abril foi observada uma distribuição de frequência unimodal até que um novo recrutamento ocorra no próximo inverno.

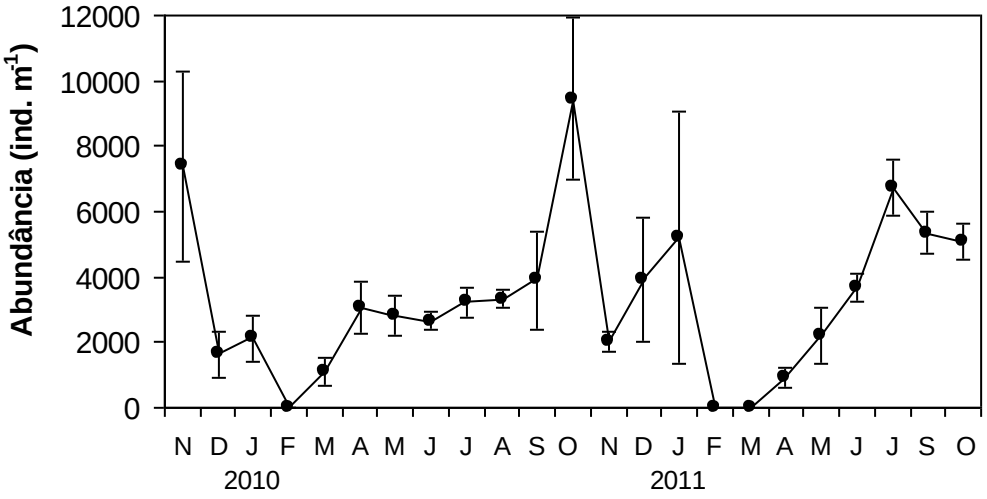


Figura 9. *Olivella minuta*. Variação temporal da abundância na praia de Pernambuco entre o período de novembro/09 a outubro/11. As barras verticais indicam o erro padrão.

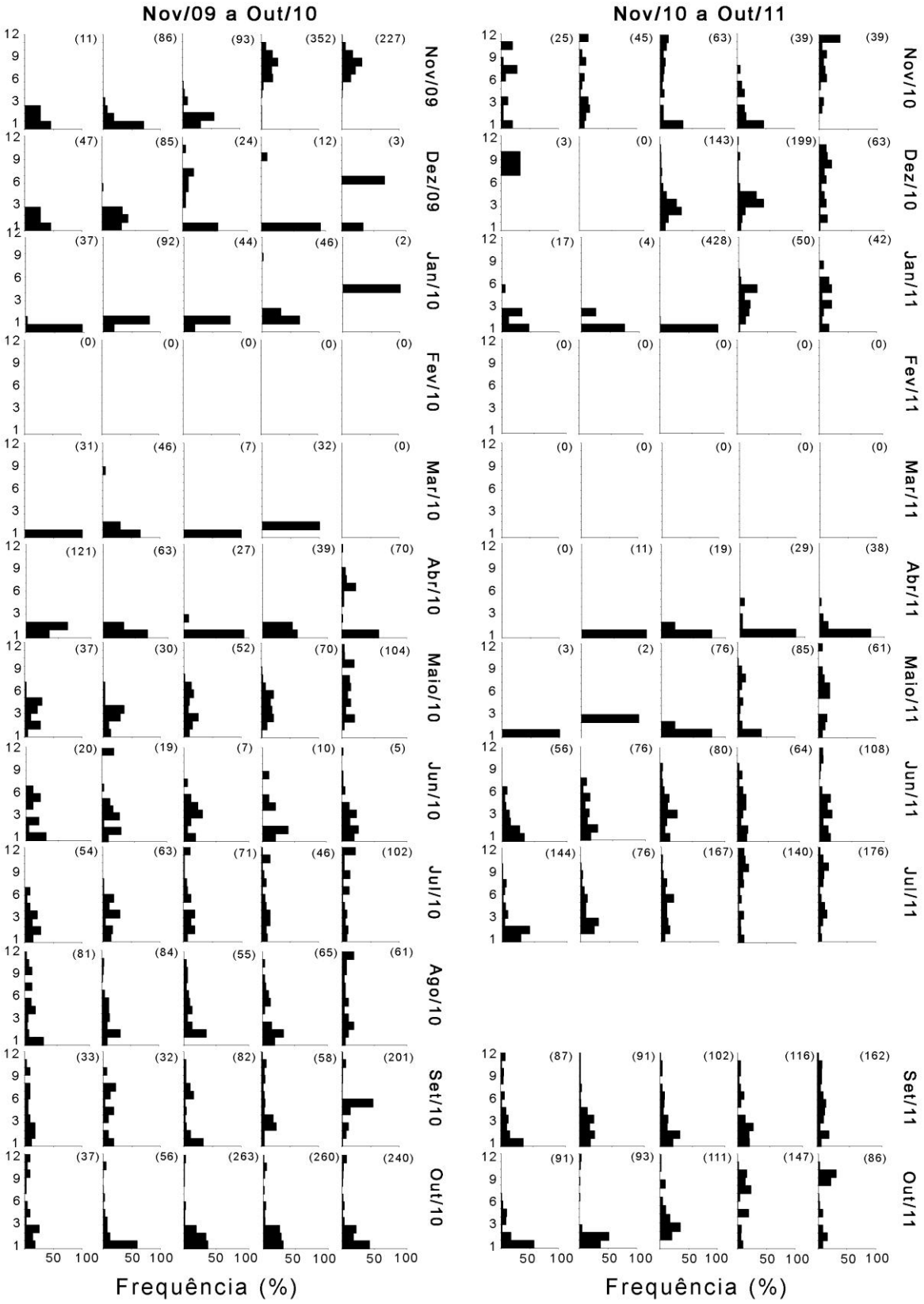
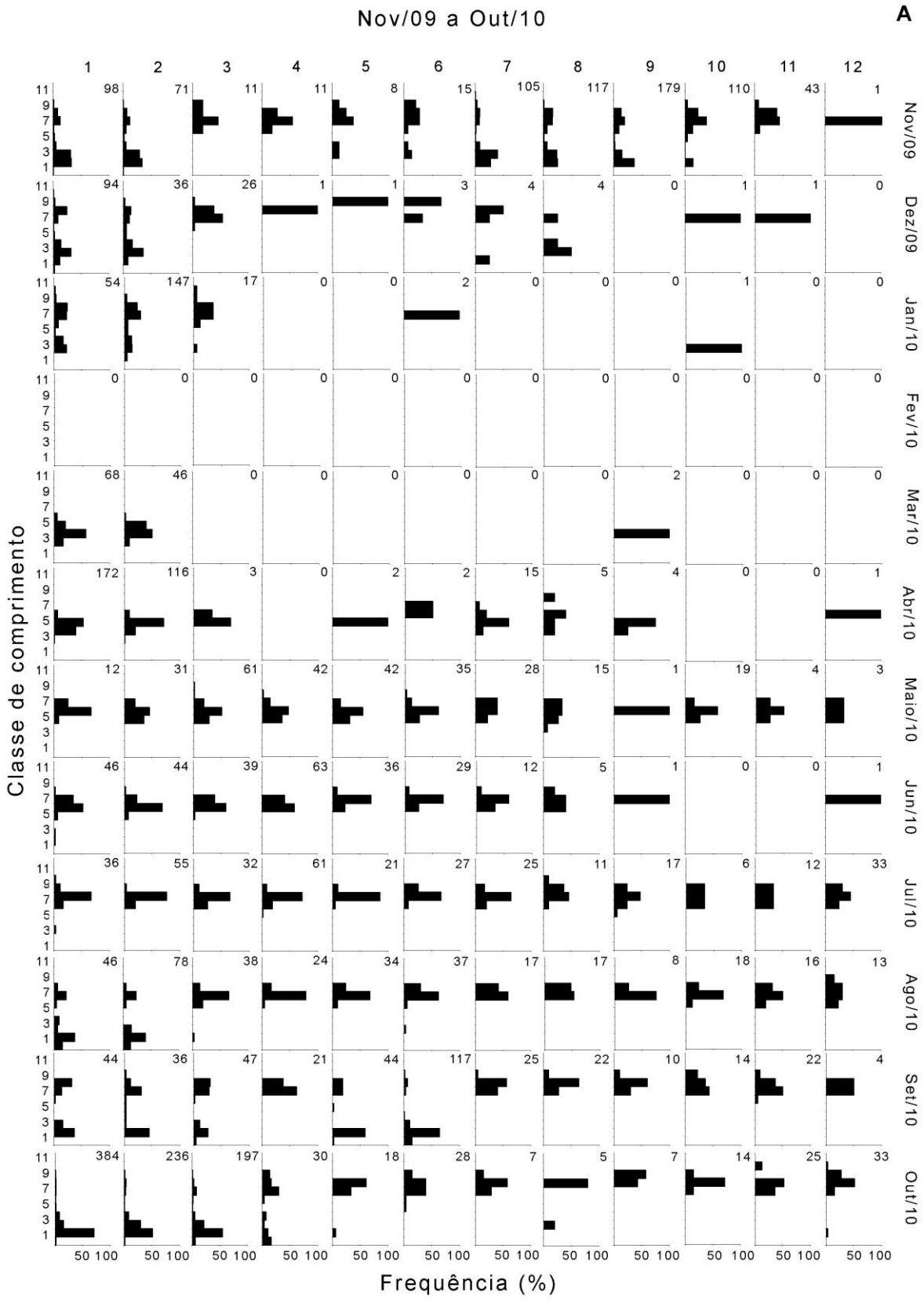


Figura 10. *Olivella minuta*. Variação espaço temporal entre os transectos na praia de Pernambuco entre novembro/2009 e outubro/2011. Os pontos 12 e 1 indicam, respectivamente, os limites superior e inferior da zona entremarés.


Nov/09 a Out/10
A
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Nov/09
Dez/09
Jan/10
Fev/10
Mar/10
Abr/10
Maio/10
Jun/10
Jul/10
Ago/10
Set/10
Out/10
Classe de comprimento
Frequência (%)

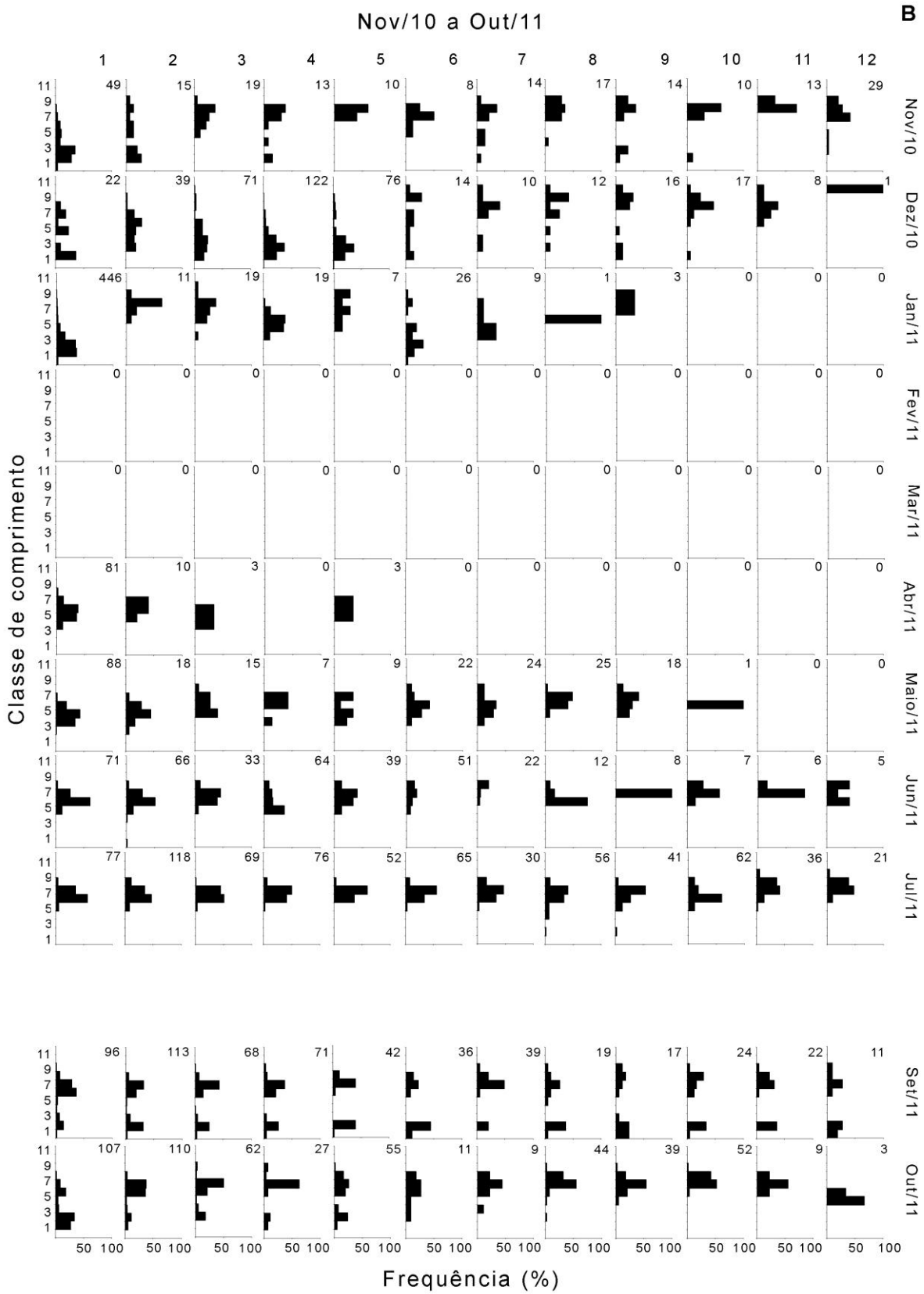


Figura 11 (A e B). *Olivella minuta.* Distribuição mensal da freqüência de classes de comprimento por nível amostrado (n^{o} de 1 a 12) na praia de Pernambuco entre o período de novembro/2009 a outubro/2010 (A) e novembro/2010 a outubro/2011 (B). O número no canto superior de cada gráfico indica o número de indivíduos amostrados em cada nível.

DISCUSSÃO

A variação temporal da abundância de populações da macrofauna de praias arenosas está frequentemente associada a eventos de recrutamento (e.g. VELOSO & CARDOSO, 1999; PETRACCO et al., 2010). Entretanto, outros fatores tais como migração e mortalidade também podem influenciar a variação temporal desses organismos (MCLACHLAN & BROWN, 2006). Os picos de abundância de *O. minuta* em novembro/2009 e outubro/2010 estão associados aos eventos de recrutamento nesses meses (Figura 11 A e B). Inversamente, a inesperada ausência de indivíduos em fevereiro/março na praia de Pernambuco foi decorrente provavelmente de: i) migração dos indivíduos para o infralitoral ou ii) mortalidade massiva dos indivíduos (Figura 11 A e B). Assim, três fatores podem influenciar a variação temporal da densidade em Pernambuco: recrutamento, migração e/ou mortalidade.

Gastrópodes reconhecidamente realizam migração tanto vertical quanto horizontalmente à praia (e. g. EDWARDS, 1969; CAETANO et al., 2003; DENADAI et al., 2004; PETRACCO, 2008). A migração de *O. minuta* através da praia de Pernambuco pode ser decorrente tanto de fatores biológicos, como comportamento reprodutivo (e.g. NODA & NAKAO, 1995; DENADAI et al., 2004) ou predação, quanto abióticos, tais como alteração na temperatura e na precipitação e variação da amplitude de oscilação da maré (*sensu* DEFEO & MCLACHLAN, 2005). Entretanto, o fato da migração ser realizada por indivíduos menores, ou seja, imaturos, sugere que a migração não é devido a comportamento reprodutivo e provavelmente é decorrente de fatores físicos não considerados nesse estudo, como precipitação e temperatura.

A alta mortalidade observada em alguns meses é ainda outro fator que pode explicar a diminuição na abundância de *O. minuta*. O aumento nesta época do ano do aporte de matéria orgânica, devido ao turismo na região costeira, pode ainda favorecer a ocorrência de parasitas nesta área, o que pode causar a mortalidade dos organismos da região entremarés (DEFEO & MCLACHLAN, 2005). O gasto energético dos indivíduos maiores durante a reprodução, que ocorreu em alguns meses anteriores, pode ainda ser um fator relevante para a mortalidade dos indivíduos no entremarés.

Em praias arenosas, O*. minuta* ocorre geralmente na região inferior da zona entremarés (SHIMIZU, 1991; ROCHA-BARREIRA et al., 2005), provavelmente como uma forma de evitar a dessecação (ARRUDA & AMARAL, 2003), decorrente do sedimento nessa faixa ser constantemente saturado por água (MCLACHLAN, 1983; MCLACHLAN & BROWN, 2006). O alto conteúdo de água no sedimento na zona inferior do entremarés provavelmente pode ainda facilitar o enterramento de *O. minuta* (*sensu* MCLACHLAN & BROWN, 2006). Similarmente, espécies do gênero *Olivella* geralmente ocorrem na zona inferior/intermediária do entremarés conforme observado para *Olivella formicacorsii* (BRAZEIRO & DEFEO, 1996) e *Olivella semistriata* (AERTS et al., 2004). Na praia de Pernambuco, os indivíduos se distribuíram ao longo de toda a ampla zona entremarés em diversos meses, apesar da maior abundância dos organismos na faixa intermediária/inferior do entremarés (Figura 11 A e B). A praia de Pernambuco é classificada como muito protegida e se assemelha a uma planície de maré com declive extremamente suave (~1˚) e sedimento constituído predominantemente por areia fina com altas porcentagens de silte e

argila (DENADAI, 2001; NUCCI et al., 2001; ver capítulo 1). Tais características físicas conferem ao sedimento de Pernambuco alto conteúdo de água, inclusive com a presença de ondulações no sedimento e ocorrência de poças de maré. Assim, na praia de Pernambuco é possível observar alta umidade no sedimento ao longo de toda a zona entremarés. Esse alto conteúdo d'água torna a ampla zona entremarés favorável para o estabelecimento de *O. minuta*.

A ocorrência de *O. minuta* ao longo do entremarés da praia de Pernambuco se assemelha ao padrão observado por Arruda & Amaral (2003) para *O. minuta* em um dos dois setores amostrados por esses autores também na Baía do Araçá. Arruda & Amaral (2003) verificaram que *O. minuta* ocorreu predominantemente na zona inferior de ambos os setores. Porém, enquanto *O. minuta* se distribuiu nas faixa inferior, média e superior do entremarés em um setor, esse gastrópode praticamente não ocorreu na faixa superior do outro setor amostrado (ARRUDA & AMARAL, 2003). A largura da faixa correspondente à zona superior do entremarés com (~10 m) e sem (~100 m) a presença de *O. minuta* foram bem distintas (ver ARRUDA & AMARAL, 2003). Uma faixa mais extensa de zona superior do entremarés provavelmente apresenta um gradiente maior quanto ao conteúdo d'água em relação à faixa intermediária do entremarés do que uma faixa mais estreita do entremarés superior. Por outro lado, uma faixa superior do entremarés mais estreita provavelmente tende a sofrer maior influência da maré e ser mais homogênea quanto ao conteúdo d'água em relação à zona intermediária do entremarés. Dessa forma, tais diferenças entre os setores estudados por Arruda & Amaral (2003), juntamente com o padrão de zonação obtido para a praia de

Pernambuco sugerem que a umidade do sedimento é fator importante na distribuição de *O. minuta* ao longo do entremarés do Araçá. Similarmente, a ausência de *O. minuta* na zona superior no entremarés da praia de Barequeçaba (Daniel T. Tardelli/IOUSP, comunicação pessoal) corrobora a importância da umidade do sedimento para a ocorrência desse gastrópode.

Na praia de Pernambuco os recrutas de *O. minuta* ocorreram ao longo de todo o entremarés, apesar da maior abundância desses organismos na zona inferior do entremarés. Esse padrão contrasta com o observado na praia de Barequeçaba, na qual os recrutas foram restritos ao infralitoral (Daniel T. Tardelli/IOUSP, comunicação pessoal). Novamente, pode-se recorrer ao conteúdo d'água do sedimento para entender essa diferença quanto ao padrão distinto de zonação de *O. minuta* entre as praias de Pernambuco e de Barequeçaba. A distribuição dos organismos de acordo com o tamanho tem sido documentada para anfípodes, isópodes, decápodes, bivalves de praias arenosas e sugere uma capacidade diferencial de cada componente da população em selecionar um micro-habitat, assim como uma forma de evitar competição intraespecífica por alimento ou por espaço (DEFEO & MCLACHLAN, 2005). Tal tipo de distribuição também tem sido relatado para gastrópodes com segregação de tamanho, tanto ao largo (zonação) quanto ao longo da praia (EDWARDS, 1969; DENADAI et al., 2004; PETRACCO, 2008). Esse padrão de distribuição pode ser decorrente de diferentes tolerâncias, de acordo com o tamanho dos indivíduos, a fatores físicos tais como a ação de ondas na zona do espraiamento e o grau de umidade. Organismos menores tendem a apresentar menor capacidade para viver na zona de espraiamento e

são mais suscetíveis a dessecação (EDWARDS, 1969). Particularmente, outras espécies do gênero *Olivella* têm apresentado um padrão de zonação de acordo com o tamanho, conforme observado para *O. biplicata*, e sugerido para *O. baetica* e *O. pycna* (EDWARDS, 1969). Assim, a ocorrência de recrutas no entremarés da praia de Pernambuco em contraste com a ausência desses no entremarés de Barequeçaba pode ser decorrente do maior conteúdo d'água no sedimento da primeira praia (Marcelo Petracco/IOUSP, comunicação pessoal).

A variação temporal da zonação de *O. minuta* na praia de Pernambuco ilustra bem que estudos temporais de no mínimo um ano são necessários para uma visão mais ampla do padrão de zonação, requerendo, assim, intensivos programas de amostragem (*sensu* BRAZEIRO & DEFEO, 1996; DEFEO & MCLACHLAN, 2005). Tal fato é ainda mais importante para gastrópodes de praias arenosas, que frequentemente apresentam comportamento migratório através da zona entremarés. Nesse último contexto, estudos futuros devem ser realizados para entender de forma mais aprofundada quais são os fatores responsáveis pelo interessante comportamento migratório de *O. minuta* na praia de Pernambuco. Além do mais, estudos com abordagem experimental devem ser realizados para o melhor entendimento do efeito do conteúdo d'água do sedimento sobre esse comum representante de praias arenosas expostas e protegidas da costa brasileira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição espacial do gastrópode *O. minuta* apresentou uma variação na região entremarés da Baía do Araçá que mostrou-se influenciada por diferentes fatores que atuam em diferentes escalas.

As maiores abundâncias do gastrópode ocorreram em duas estações com substrato composto por areia muito fina e sedimento melhor selecionado. Altas concentrações de matéria orgânica e carbonato de cálcio não favoreceram as maiores abundâncias do gastrópode. Além disso, interações entre *O. minuta* e as demais espécies da comunidade não foram evidentes, apesar da identificação de algumas espécies de poliquetos e do tanaidáceo *M. schubarti* como possíveis itens alimentares do gastrópode.

Contudo, tanto as relações com o sedimento quanto com possíveis interações com algumas espécies da macrofauna, não foram evidenciadas. Embora o alto esforço amostral empregado neste estudo, os dados foram pontuais, e outras características dessa população não foram consideradas em um primeiro momento. A análise em microescala realizada nas áreas mais abundantes mostrou ainda que outro fator fundamental a ser considerado para organismos que habitam a região entremarés de praias arenosas é o perigo da dessecação. Os indivíduos de *O. minuta* mostraram ocorrência diferencial em locais com maior conteúdo de água, no caso das “ripple marks”, porém nas poças de maré não houve diferença significativa .

A distribuição temporal de *O. minuta* mostrou ainda que comportamentos como reprodução, migração e mortalidade da população são ainda fatores

importantes a serem considerados. *O. minuta* apresentou uma grande redução na abundância entre os meses de janeiro e fevereiro dos dois anos estudados. Nos meses seguintes, um movimento de redistribuição por toda a zona entremarés foi verificado. Essa flutuação da população indica que provavelmente esses indivíduos migrem para o infralitoral durante o verão, no qual a temperatura na região entremarés tende a se elevar e prejudicar as espécies que habitam essa região. Além disso, a enorme redução na abundância demonstra que outro fator a ser considerado é uma provável alta mortalidade neste período, devido à dessecação associada ao aumento da temperatura durante o dia. Os meses com maiores abundâncias foram ainda relacionados a um maior número de recrutas, indicando períodos de reprodução.

As três escalas analisadas neste estudo ajudaram a identificar diferentes fatores que atuam na distribuição da população do gastrópode *O. minuta* na região entremarés da Baía do Araçá. Ficou evidente através dos métodos empregados, que a escala de análise é fundamental para identificar os diversos fatores que influenciam a distribuição do gastrópode. O monitoramento de populações em longo prazo se faz fundamental para analise de comportamentos naturais dos organismos em contraste com flutuações das populações decorrentes de impactos antrópicos.

LITERATURA CITADA

ABRAHÃO, J. R.; CARDOSO, R. S.; YOKOYAMA, L. Q. & AMARAL, A. C. Z. 2010. Population biology and secondary production of the stout razor clam *Tagelus plebeius* (Bivalvia, Selecurtidae) on a sand flat in south eastern *Brazil. Zoologi,* v.27, n.1, p. 54–64.

AERTS, K.; VANAGT, T.; DEGRAER, S.; GUARTATANGA, S., WITTOECK, J.; FOCKEDEY, N.; CORNEJO-RODRIGUES, M. P.; CALDERÓN, J.; VINCX, M., 2004. Macrofaunal community structure and zonation of an Ecuadorian sandy beach (Bay of Valdivia). *Belg. J. Zoo.* v.134, n.1, p.17-24.

ALEXANDER, R. R.; STANTON, R. J.; DODD, J. R.; 1993. Influence of sediment grain size on the burrowing of bivalves: Correlation with distribution and stratigraphic persistence of selected neogene clams. *SEPM Society for Sedimentary Geology.* V.8, n.3, p. 289-303.

AMARAL, A. C. Z. & NONATO, E. F. 1996. Annelida Polychaeta: Características, Glossário e Chaves para Famílias e Gêneros da Costa Brasileira. Editora da Unicamp, Campinas, 124 p.

AMARAL, A. C. Z.; DENADAI, M. R.; TURRA, A.; RIZZO, A. 2003. Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical tide-dominated Sandy beaches. . *J. coast. Res,* v. *15*, *(Special Issue)*, p. 446-455.

AMARAL, A. C. Z.; MIGGOTO, A. E.; TURRA, A.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y., 2010. Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças. *Biota neotrp.* v. 10, n.1, p. 0-46.

AMARAL, A. C. Z. & NALLIN, S. A. H. 2011. Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo, Sudeste do Brasil – Campinas, SP: UNICAMP/IB.

AMOUREUX, L. 1966. Étude bionomieque et écologique de quelques annélides polychétes des sables intertidaux des cotes ouest de La France. *Archs. Zool. Exp. Gén.,* v. 107, p. 1-218.

ARRUDA, E. P.; DOMANESCHI, O.; AMARAL, A. C. Z. 2003. Mollusc feeding guilds on sandy beaches in São Paulo state, Brazil. *Mar. Biol*., v. 143, p. 691-701.

ARRUDA, E.P. & AMARAL, A. C. Z. 2003. Spatial distribution of mollusks in the intertidal zone of sheltered beaches in southeastern of Brazil. *Rev. Bras. Zool*., v. 20, n. 2, p. 291-300.

BOEHS, G.; ABSHER, T. M.; CRUZ-KALED, A. 2004. Composition and distribution of benthic mollusks on intertidal flats on Paranaguá Bay (Paraná, Brazil). *Sci. Mar*., v. 68, p. 537-543.

BRAZEIRO, A. & DEFEO, O. 1996. Macroinfauna Zonation in Microtidal Sandy Beaches: is it Possible to Identify Patterns in Such Variable Environments? *Estuar. Coast. Shelf Sci.,* v.42, n.4, p. 523-536.

BRAZEIRO, A. & DEFEO, O. 1999. Effects of harvesting and density dependence on the demography of sandy beach populations: the yellow clam *Mesodesma mactroides* of Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser*., v.182, p. 127-135.

BRAZEIRO, A. 2001. Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: what are the underlying factors? *Mar. Ecol. Prog. Ser*., v. 224, p. 35-44.

BROWN, A.C.; McLACHLAN, A. 1990. Ecology of sandy shores. *Elsevier Science*, 328 p.

BROWN, A.C.; McLACHLAN, A. 2006. The ecology of sandy shores. *Elsevier Science and Technology Books*, 398 p.

CABRINI T. M. B.; CARDOSO R. S. 2012. Population biology of *Nassarius vibex* (Say, 1822) on a sheltered beach in Southerastern Brazil. *J. Shellfish Res.,* v.31, p. 808-815.

CAETANO, C. H. S.; VELOSO, V. G.; CARDOSO, R. S. 2003. Population biology and secondary production of *Olivancillaria vesica vesica* (Gmelin, 1791) (Gastropoda: Olividae) on a sandy beach in southeastern Brazil. *J. Mollusc. Stud.*, v. 69, p. 67-73.

CALVINO, Í. 1994. *Palomar*. São Paulo : Cia das Letras, p.101.

CARDOSO, R.S.; VELOSO, V.G. 1996. Population biology and secondary production of the sandhooper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda:Talitridae) at Prainha Beach, Brazil. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, v. 142, p. 111- 119.

CARDOSO, R. S. & VELOSO, V. G. 2003. Population dynamics and secondary production of the wedge clam Donax hanleyanus (Bivalvia : Donacidae) on a high-energy , subtropical beach of Brazil. *Mar. Biol.*v.142, p. 153-162.

CARDOSO, R. S.; MATTOS, G.; CAETANO, C. H. S.; CABRINI, T. M. B.; GALHARDO L. B.; MEIREIS F. 2011. Effects of environmental gradients on sandy beach macrofauna of a semi-enclosed bay. *Mar Ecol*. v. 33, p. 106-116.

CORTE, G. N. 2011. Biologia populacional e reprodutiva de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia:Veneridae. Dissertação de Mestrado. UNICAMP, Campinas, 113 p.

DAHL, E. 1953. Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. *Oikos,* v. 4, p. 1-27.

de ALAVA, A., DEFEO, O.1991. Distributional pattern and population dynamics of *Excirolana armata* (Isopoda: Cirolanidae) in a Uruguayan sandy beach. *Estuar Coast Shelf Sci,* v. 33, p. 433–444.

DEFEO, O.; JARAMILLO, E.; LYONNET, A., 1992. Community Structure and Intertidal Zonation of the Macroinfauna on the Atlantic Coast of Uruguay. *J. Coast. Res.* V.8, n.4, p. 830-839.

DEFEO, O. & DE ALAVA, A. 1995. Effects of human activities on long-term trends in sandy beach populations: the wedge clam *Donax hanleyanus* in Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, v. 123, p. 73-82.

DEFEO, O. 1996. Experimental management of an exploited sandy beach bivalve population. *Rev Chil Hist Nat,* v. 69, p. 605–614.

DEFEO, O.; BRAZEIRO, A.; DE ALAVA, A.; RIESTRA, G. 1997. Is Sandy beach macroinfauna only physically controlled? Role of substrate and competition in isopods. *Estuar. Coast Shelf Sci*, v. 45, p. 453–462.

DEFEO, O.; GÓMEZ, J.; LERCARI, D. 2001. Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, v. 212, p. 159-170.

DEFEO & RUEDA, 2002. Spatial structure, sampling design and abundance estimates in sandy beach macroinfauna: some warnings and new perspectives. *Mar. Biol.* v.140, p.1212-1225.

DEFEO, O. 2003. Marine invertebrate fisheries in sandy beaches: an overview. *J Coast Res*. *Spec Issue,* v. 35, p. 56–65.

DEFEO, O. & MARTINEZ, G., 2003. The habitat harshness hypothesis revisited: life history of the isopod Excirolana braziliensis in sandy beaches with contrasting morphodynamics. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* v. 83, n. 2, p. 331-340.

DEFEO, O.; MCLACHLAN, A. 2005. Patterns, process and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.,*v. 295, p. 1- 20.

DEFEO O.; McLACHLAN A.; SCHOEMAN D. S.; SCHLACHER T. A.; DUGAN J.; JONES A.; LASTRA M.; SCAPINI F. 2009. Threats to sandy beaches ecosystems: a review. *Estuar. Coast. Shelf Sci*., v. 81, p. 1-12.

DENADAI, M. R. 2001. Moluscos de praias do litoral norte do Estado de São Paulo: comunidades de ambientes entremarés de baixo hidrodinamismo; biologia populacional e produção secundária de *Cerithium atratum* (Born, 1778). Tese de doutorado, Inst. de Biociências da Unesp, Rio Claro. 89 p.

DENADAI, M. R.; AMARAL, A. C. Z.; TURRA, A. 2004. Biology of a tropical intertidal population of *Cerithium atratum* (Born, 1778) (Mollusca, Gastropoda). *J. Nat. Hist*., v. 38, p. 1695-1710.

DENADAI, M. R.; AMARAL, A. C. Z.; TURRA, A. 2005. Structure of molluscan assemblages in sheltered intertidal unconsolitade environments. *Braz. Arch. Biol. Technol*., v. 48, n. 5, p. 825-839.

DENADAI, M. R.; ARRUDA, E. P.; DOMANESCHI, O.; AMARAL, A. C. Z. 2006. Veneridae (Mollusca, Bivalvia) da costa norte do Estado de São Paulo, *Brasil. Biota Neotrop*. v. 6, n.3, p.1-34.

DEXTER, D. M. 1983. Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia. **In:** McLachlan, A. & Erasmus, T., (eds). Sandy Beaches as Ecosystems. Dr. W. Junk Publ.: The Hague, p.461–472.

DEXTER, D. M. 1992. Sandy beach community structure: the role of exposure and latitude. *J. Biogeogr*., v. 19, p.59-66.

DUGAN, J. E.; HUBBARD, D. M.; McCRARY, M.; M. PIERSON. 2003. The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed sandy beaches of southern California. *Estuar. Coastl. Shelf Sci*, v. 58, p.133-148.

DUGAN, J. E.; JARAMILLO, E.; HUBBARD, D. M.; CONTRERAS, H.; DUARTE, C., 2004. Competitive interactions in macroinfaunal animals of exposed sandy beaches. *Oecol.* v.134, n.4, p.630-640.

EDWARDS, D. G. 1969. Zonation by size as an adaptation for intertidal life in *Olivella biplicata*. *Am. Zoologist*, v. 9, p. 339-417.

GÓMEZ, J.; DEFEO, O. 1999. Life history of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* in sandy beaches with contrasting morphodynamics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, v. 182, p. 209-220.

JARAMILLO, E.; McLACHLAN A.; COESTZEE, P., 1993. Intertidal zonation patterns of macroinfauna over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* v.101, p. 105-118.

JARAMILLO, E.; CONTRERAS, H.; DUARTE, C., 2007. Community structure of the macroinfauna inhabiting tidal flats characterized by the presence of different species of burrowing bivalves in Southern Chile, Hydrobiologia, v.580, n.1, p.85-96.

KREBS, C. J. 1989. Ecological Methodology. New York: Harper Collins, 654 p.

LEITE, F. P. P.; TURRA, A.; GANDOLFI, S. M. 1998. Hermit crabs (Crustacea: Decapoda: Anomura), gastropod shells and environmental structure: their relationship in southeastern Brazil. *J. Nat. Hist*., v. 32, p. 1599-1608.

LERCARI, D.; DEFEO, O., 2006. Large-scale diversity and abundance trends in sandy beach macrofauna along full gradients of salinity and morphodynamics. *Estuar. Coast. Shelf Sci*., v.68, p.27-35.

LIMA, M.; BRAZEIRO, A.; DEFEO, O. 2000. Population dynamics of the yellow clam *Mesodesma mactroides*: recruitment variability, density-dependence and stochastic processes. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. v. 207, p. 97-108.

MARCUS, E.; MARCUS, E. 1959a. Studies on Olividae. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc.* Univ. São Paulo, Zoologia, v.22, p.99-188.

MARCUS, E.; MARCUS, E. 1959b. On the reproduction of Olivella. *Bolm. Fac. Fil. Ciênc.* Univ. São Paulo, Zoologia, v.22, p.189-199.

MASI, B. P.; ZALMON, I. R., 2008. Zonação de comunidade bêntica do entremarés em molhes sob diferente hidrodinamismo na costa norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Zoo.*, v.25, n.4, p.662-673.

MATTOS G.; CARDOSO R. S. 2012. Population dynamics of two suspension-feeding bivalves on a sheltered beach in southeastern Brazil. *Helgol. Mar. Res*., v. 66, n. 3, p. 393-400.

McLACHLAN, A. 1980. The definition of sand beaches in relation to exposure: a simple rating system. *S. Afr. J. Zool.,* v. 76, p. 137-138.

McLACHLAN, A. 1983. Sandy Beach Ecology - a review. In:. McLachlan, A & Erasmus, T. (eds.). Sandy Beaches as Ecosystems. The Hague, W. Junk. p. 321-380.

McLACHLAN, A.; JARAMILLO, E.; DEFEO, O.; DUGAN, J.; RUYCK, A.; COETZEE, P., 1995. Adaptations of bivalves to different beach types. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, v.187, p.147-160.

McLACHLAN A.; DUGAN J. E.; DEFEO O.; ANSELL A. D.; HUBBARD D. M.; JARAMILLO E.; PENCHASZADEH P. 1996. Beach clam fisheries. *Oceanogr. Mar. Biol. a. Rev.*, v. 34, p. 163-232.

McLACHLAN, A. & BROWN, A. 2006. Sandy Beaches as Ecosystems. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, 373p.

McLACHLAN, A.; COOPER, C,; VAN der HORST. 1979. Growth and production of *Bullia rhodostoma* on an open sandy beach in Algoa Bay. *S. Afr. J. Zool.,* v. 14, p. 49-53.

NEL, R.; McLACHLAN, A.; WINTER, D. P. E., 2001. The effect of grain size on the burrowing of two Donax species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, v.265, p.219-238.

NODA, T.; NAKAO, S. 1995. Spatio–temporal population dynamics of the sand snail *Umbonium costatum*: importance of ontogenetic migration and annual recruitament variability. *Mar. Biol*., v. 123, p. 815-820.

NUCCI, P. R. ; TURRA, A. ; MORGADO, E. H. 2001. Diversity and distribution of crustacean from 13 sheltered sandy beaches along São Sebastião Channel, South-Eastern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*., v. 81, p. 475-484.

OMENA, E. P. 1998. Poliquetas da região entremarés do litoral norte do Estado de São Paulo. Distribuição ao longo de um gradiente hidrodinâmico. Dinâmica populacional e produção secundária de Laeonereis acuta (Webster, 1879). Tese de Doutorado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 101 p.

OURIVES, T. M.; RIZZO, A. E.; BOEHS, G., 2011. Composition and spatial distribution of the benthic macrofauna in the Cachoeira River. *Rev. biol. mar. Oceanogr.*, v.46, n.1, p.17-25.

PEARSON, T. H.; ROSENBERG, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev*, v.16, p.229-311.

PETRACCO, M. 2008. Produção secundária da macrofauna bentônica da zona entremarés no segmento norte da praia do Una, litoral sul do estado de São Paulo. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 236p.

PETRACCO, M.; CARDOSO, S. R.; CORBISIER, N. T. 2010. Population biology of *Excirolana armata* (Dana, 1853) (Isopoda, Cirolanidae) on an exposed sandy beach in Southeastern Brazil. *Mar. Ecol*., v. 31, p. 330–340.

PETUCH, E. J. & SARGENT, D. M. 1986. Atlas of the Living Olive Shells of the World. Coastal Education and Research Foundation, Virginia. 253 p.

PHILLIPS, D. W., 1977. Avoidance and escape responses of the gastropod mollusc *Olivella biplicata* (Sowerby) to predatory asteroids. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. v.28, p.77-86.

QUINN, G.P.; KEOUGH, M. J., 2002. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge University Press, New York.

REIS, M. O.; MORGADO, E. H.; DENADAI, M. R. & AMARAL, A. C. Z. 2000. Polychaeta zonation on sandy beaches of São Sebastião Island, São Paulo state, Brazil. *Rev. bras. oceanogr*., v. 48, p. 107-117.

RIOS, E. C. 1994. Seashells of Brazil. 2ª ed. Fundação Universidade do Rio Grande: Rio Grande. 429 p.

ROCHA-BARREIRA, C. de A.; HIJO, C. A. G.; FERNANDES, D. A. O.; SILVA, H. L.; VIDAL, J. M. A.; RODRIGUES, L. A.; VIANA, M. G. & JÂNICO, P. R. P. 2005. Levantamento da macroinfauna bentônica de ambientes inconsolidados do estado do Ceará: faixa entremarés de praias arenosas. Programa Ecológico e Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará. 144 p.

ROLEMBERG, K. F. ; ROCHA-BARREIRA, C. de A.; ARZABE, C. 2008. Caracterização do macrozoobentos nas áreas sob a influência da carcinicultura no entornodo estuário do rio Camurupim, Piauí, Brasil. *Arq. Cien. Mar*., v. 41, n. 1, p. 36-47.

SALVAT, B. 1964. Les conditiones hydrodynamiques interstitielles des sediments meubles intertidaux et la repartition verticale de la faune endogee. *CR. Acad. Sci. Paris,* v. 259, p. 1576–1579.

SCHLACHER, T. A.; SCHOEMAN D. S.; DUGAN, J. E.; LASTRA, M.; JONES, A.; SCAPINI, F.; MCLACHLAN, A. 2008. Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. *Marine Ecology*, v. 29, p. 70–90.

SEVEREYN, H.J.; DELGADO, J.; GODOY, A. & SEVEREYN, Y.G. 2003. Efecto del derrame de petróleo del buque nissos amorgos sobre la fauna macro invertebrada bentónica del Golfo de Venezuela: cinco años después. *Ecotropicos*, v.16, n.2, p.83-90.

SHIMIZU, R. M. 1991. A comunidade de macroinvertebrados da região entremarés da praia de Barequeçaba, São Sebastião, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 72p.

SHORT A. D. 1996. The role of wave weight, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. *Rev. Chil. Hist. Nat*., v. 69, p. 589-604.

SNELGROVE, P. V. R.; BUTMAN, C. A., 1994. Animal-sediment relationship revisited: cause versus effect. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann Rev*, v.32, p.111-177.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. 1995. Biometry 3.ed. New York: W. H. Freeman and Company.

SOUZA, J. R. B.; GIANUCA, N. M., 1995. Zonation and seasonal variation of the intertidal macrofauna on sandy beach of Paraná state, Brazil. Scientia Marina, v.59, p.103-111.

SUGUIO, K. 1973. Introdução à sedimentologia. Edgard Bluche/Edusp, São Paulo. 321p.

TURRA, A.; LEITE, F. P. P. 2003. The moulding hypothesis: linking shell use with hermit crab growth, morphology and shell-species selection. *Mar. Ecol. Prog. Ser*., v. 265, p. 155-163.

TURRA, A.; DENADAI, M. R. 2004. Interference and exploitation components in interespecific competition between sympatric intertidal hermit crabs. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*., v. 310, p. 183–193.

UNDERWOOD, A. J., 1997. Experiments in Ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance – Cambridge University Press, Cambridge.

VANAGT, T.; VINCX, M.; DEGRAER, S., 2008. Is the burrowing performance of a sandy beach surfing gastropod limiting for its macroscale distribution? *Mar. Biol.* v.155, n.4, p.387-397.

VELOSO, V. G.; CARDOSO, R. S.; FONSECA, D. B., 1997. Spatio-temporal chacarterization of the intertidal macrofauna community at Prainha Beach (Recreio dos Bandeirantes), State of Rio de Janeiro. *Oecol. Bras.,* v.3, p.213-225.

VELOSO, V. G.; CARDOSO, R. S., 1999. Population Biology of the mole crab *Emerita brasiliensis* (Decapoa:Hippidae) at For a Beach, Brazil. *J. Crust. Biol.* v.19, p.147-153.

VIANA, M. G.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; GROSSI HIJO, C. A. 2005. Macroauna bentônica da faixa entremarés e zona de arrebentação da Praia de Paracurú (Ceará-Brasil). *Braz.J. Aquat. Sci. Technol*, v. 9, n. 1, p. 75-82.

VOHRA, F. C., 1971. Zonation on a tropical sandy shore. *J. Ani. Ecol.*, v.40, n.3, p.679-708.

WILSON, J. G. 1999. Population dynmics and energy budget for a population of Donax variabilis (Say) on an exposed South Carolina beach. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, v. 239, p. 61-83.

YOKOYAMA L. Q. 2010. Nassarius vibex (Gastropoda, Nassariidae): crescimento e reprodução em bancos de mitilídeos de substrato areno-lamoso na costa sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas.

WARWICK, R. M., 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic community. *Mar. Biol.*, v.92, p.557-562.

ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey. 663p.

ANEXO

Tabela 7. Média e desvio-padrão das variáveis sedimentológicas, diâmetro médio do grão (DMG), coeficiente de seleção (CS), porcentagens de silte-argila, carbonato de cálcio (CaCO3) e de matéria orgânica (MO) das XVI estações amostradas na Baía do Araçá.

ESTAÇÃO	DMG (fi)	CS(fi)	silte-argila (%)	$CaCO_3$ (%)	MO (%)
I	3,23 ± 0,31	1,37 ± 0,46	15,16 ± 1,73	17,92 ± 4,58	4,01 ± 0,11
II	2,77 ± 0,32	1,77 ±0,23	18,93 ± 0,28	20,02 ± 1,57	6,52 ± 0,38
III	2,14 ± 0,36	1,70 ±0,16	16,74 ± 4,37	27,88 ± 3,56	6,46 ± 1,82
IV	3,59 ± 0,02	1,33 ±0,06	25,21 ± 0,72	16,30 ± 0,03	7,95 ± 0,48
V	3,63 ± 0,05	1,08 ± 0,07	23,95 ± 0,79	15,78 ± 0,43	7,99 ± 0,13
VI	4,47 ± 0,22	1,89 ±0,13	40,70 ± 3,12	25,30 ± 2,79	11,10 ± 0,75
VII	2,28 ± 0,25	2,37 ± 0,06	23,76 ± 1,60	23,02 ± 1,81	6,74 ± 0,31
VIII	3,27 ± 0,09	1,31 ±0,11	19,75 ± 0,96	16,98 ± 1,67	6,94 ± 0,23
IX	2,68 ± 0,73	1,84 ± 0,35	16,58 ± 6,35	24,15 ± 3,24	7,80 ± 1,49
X	4,23 ± 0,74	1,50 ±0,75	34,37 ± 9,83	21,09 ± 2,07	9,51 ± 2,39
XI	3,71 ± 0,05	0,79 ± 0,41	24,84 ± 1,92	14,13 ± 0,41	7,34 ± 0,82
XII	3,76 ± 0,16	1,28 ± 0,005	26,08 ± 0,72	16,91 ± 3,69	7,90 ± 0,42
XIII	2,60 ± 0,73	2,33 ± 0,33	23,40 ± 2,52	22,93 ± 3,12	6,64 ± 0,93
XIV	3,18 ± 0,28	2,13 ± 0,19	26,01 ±0,67	17,82 ± 0,88	7,55 ± 0,39
XV	3,38 ± 1,04	2,09 ±0,35	23,09 ± 8,07	21,81 ± 1,68	8,26 ± 1,83
XVI	5,12 ± 0,18	1,96 ± 0,11	43,68 ± 3,00	16,05 ± 0,33	8,72 ± 0,27

Tabela 8. Lista de espécies e densidade dos indivíduos encontrados nas amostras biológicas obtidas nas XVI estações da Baía do Araçá (julho/2009).

TÁXON	ESPÉCIES	N. IND. (m^2)
Mollusca		
Bivalvea	*Anomalocardia brasiliana*	11540
	Tivela mactroides	8
	Chione cancellata	84
	Chione subrostrata	4
	Cooperella atlantica	12
	Macoma sp	44
	Tellina lineata	608
	Strigilla carnaria	4
	Corbula caribaea	136
	Corbula cubaniana	12
	Ervilia concentrica	64
	Sphenia antillensis	8
	Lucina sp	8
	Mactra janeiroensis	40
	Tagelus divisus	8
	Donax Gemmula	4
Gastropoda		
	Olivella minuta	2220
	Cerithium atratum	576
	Nassarius vibex	40
	Neritina virginea	36
Crustacea		
	Monocorophium josei	4
	Cheirophotis neotropicalis	32
	Eudevenopus gracilipes	4
	Monokalliapseudes schubarti	53732
	Penaeus paulensis	12
	Caridea sp	132
	Ogyrides alphaeorostris	36
	Periclimenes longicaudatus	8
	Alpheus nuttingi	20
	Pagurus criniticirnis	528
	Callinectes sp	36
	Callinectes danae	32
	Callinectes ornatus	8
	Cyclograpsus integer	4
Polychaeta		
	Glycinde multidens	1996
	Heteromastus filiformis	6548

	Scoloplos ohlini	1212
	Leitoscoloplos robustus	360
	Armandia hosfeldi	3152
	Isolda pulchella	2664
	Laeonereis culveri	288
	Lumbricalus januarii	12
	Syllis sp	12
	Marphysia sanguinea	8
	Paranaites sp (4)	4
	Parandalia tricuspis	8
	Prionospio heterobranchiata	16
	Dispio remanei	4
	Sternaspis sp	2964
Sipunculidea		
	Sipuncula	124