

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA**

**FRENTES METEOROLÓGICAS E SUAS
CONSEQUÊNCIAS PARA A
MACROINFAUNA DO ENTREMARÉS DE
PRAIA ARENOSA DO EXTREMO SUL DO
BRASIL**

CRISTINA PINHEIRO RESENDE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE.

Orientador: Dr. Leonir André Colling

RIO GRANDE
Novembro 2015

OFERECIMENTO

Dedico esse trabalho com todo amor e carinho a meu filho Davi,

Meu precioso filho, presente de Deus em minha vida,

Ao Meu esposo Gustavo por todo seu amor e apoio,

Obrigada pela compreensão, carinho e amor!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e à minha família por todo o apoio e carinho durante os anos desse estudo. As duas bênçãos da minha vida, meu filho Davi e meu marido Gustavo, por toda a compreensão, disposição e ajuda. Sem vocês nada seria possível!

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho. Aos funcionários da Universidade, que mesmo com inúmeras saídas de campo se prontificaram a me ajudar. Ao corpo docente e discente da Pós-Graduação em Oceanografia Biológica que me auxiliaram em algumas das etapas deste estudo. A todos que me cederam seu espaço e compartilharam seus conhecimentos. Em especial, à minha querida Vera Olvera que me incentivou durante os momentos mais difíceis. Obrigada minha querida!

RESUMO

Frentes meteorológicas são comuns no extremo sul do Brasil e trazem consigo fortes ventos que influenciam o ambiente costeiro. Esses são responsáveis pelo empilhamento de água sobre a costa ocasionando a elevação do nível do mar, ao que chamamos maré meteorológica, a qual traz consequências para a biota das praias, principalmente para a macroinfauna habitante do entremarés de praias expostas. Uma das consequências observadas das frentes meteorológicas é a ocorrência de embancamentos, caracterizados pelo aprisionamento de animais do entremarés sobre uma região superior da praia, supra e mesolitoral, onde esses organismos ficam expostos a uma série de estressores físicos (dessecação, alta temperatura) e biológicos (predação) que pode causar a sua mortalidade. Nesse sentido, foi realizado um experimento que visou explorar os efeitos acerca da dessecação, onde através da disposição de três distintos níveis de umidade, condição controle, condição intermediária e condição embancamento, foi possível verificar que os adultos de *Amarilladesma mactroides* apresentaram alta sobrevivência (80%) já os juvenis de *Donax hanleyanus* apresentaram maior mortalidade (50%). Além disso, foi realizado o monitoramento de frentes frias e consequentes embancamentos em 3 anos de pesquisa, nos quais, após a passagem de frentes frias era realizada a busca de embancamentos em duas áreas amostrais na praia do Cassino. Houve resposta significativa dos embancamentos com o índice de deposição da praia (BDI), como também houve correlação desse índice, assim como de outros parâmetros físicos na composição da macroinfauna embancada. Os embancamentos demonstraram ter influencia nos organismos de menor tamanho como os recrutas e juvenis dos bivalves do entremarés, *A. mactroides* e *D. hanleyanus*, que foram os mais abundantes organismos observados nos embancamentos e os adultos, dessas espécies contribuíram com a maior biomassa.

PALAVRAS-CHAVE: Marés meteorológicas; Elevações do nível do mar; Embancamento; Macroinfauna do entremarés

ABSTRACT

Weather fronts are common in the Extreme South of Brazil and bring with them strong winds that affect the coastal environment. These are responsible for water piling up on the coast and its consequence is the rise in sea level. Elevations associated with these events, called storm surges, bring consequences for the biota of the beaches, especially for sedentary fauna inhabiting the intertidal of exposed beaches. to what we call storm surge, which has consequences for the biota of the beaches, especially for macroinfauna inhabitant of the exposed intertidal beaches.

One of the observed effects of weather events over the macroinfauna is the occurrence of stranding, characterized by trapping animals in the intertidal on an upper region of the beach where the animals are exposed to a series of physical (desiccation, high temperature) and biological (predation) stressors that can cause mortality. In this sense, conducting an experiment aimed to explore the effects about the desiccation, where through the disposal of three different moisture levels, control condition, intermediate condition and stranding condition, it found that adult *Amarilladesma mactroides* presented high survival (80%) has juvenile *Donax hanleyanus* showed the greatest mortality (50%). In addition, we performed the monitoring of cold fronts and consequent embancamentos in 3 years of research, in which, after the passage of cold fronts was conducted to search stranding at two sites on the Casino beach. There was a significant response from strandings with the beach index deposition (BDI), as well as with a correlation of this index, other physical parameters correlate to the composition of stranding infauna. The stranding shown to have an important influence, especially in smaller organisms as recruits and juveniles of the bivalves the intertidal, *A. mactroides* and *D. hanleyanus*, were the most abundant organisms observed in strandings and the larger individuals, with the adults, of both species presenting higher biomasses.

KEY WORDS: Stranding ; Storm Surges ; Rising Sea Level ; Intertidal Infauna

ÍNDICE

OFERECIMENTO	II
AGRADECIMENTOS	III
RESUMO.....	III
PALAVRAS-CHAVE: Marés meteorológicas; Elevações do nível do mar; Embancamento; Macroinfauna do entremarés.....	III
ABSTRACT	IV
KEY WORDS: Stranding ; Storm Surges ; Rising Sea Level ; Intertidal Infauna..	IV
Índice	V
Lista de Tabelas	VII
Lista de Figuras.....	VIII
Introdução Geral	11
CAPÍTULO 1 - EMBANCAMENTOS DA MACROINFAUNA DO ENTREMARÉS DE PRAIAS ARENOSAS – RELAÇÕES COM PARÂMETROS FÍSICOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS.....	15
1. <i>Introdução</i>	16
2. <i>Material e Métodos</i>	19
2.1. Monitoramento dos sistemas frontais e marés meteorológicas	20
2.2. Metodologia em campo e laboratório	20
2.3. Abundância, Densidade, Diversidade	22
2.4. Biomassa.....	22
2.5. Parâmetros ambientais, cálculo dos índices de deposição e exposição ..	25
2.6. Índice de deposição da praia (<i>Beach Deposit Index</i> – BDI) e tamanho médio do Grão (Mz)	26
2.7. Índice de exposição de ondas.....	26
2.8. Análises estatísticas	28
2.8.1. Análise BIOENV	29
2.8.2. Análise com Modelos lineares Generalizados - GLM.....	30
3. <i>Resultados</i>	31
3.1. Eventos meteorológicos e ocorrência de embancamentos.....	31
3.2. Frequência das frentes	32
3.3. Vento, Direção e Intensidade.....	32
3.4. Tamanho Médio do Grão.....	33
3.5. Declividade	33
3.6. Composição, estrutura, densidade, diversidade e biomassa da fauna.....	34

3.6.1. Biomassa.....	36
3.7. Relações entre os parâmetros ambientais e biológicos.....	37
4. <i>Discussão</i>	38
4.1. Frequência das frentes e parâmetros ambientais.....	38
4.2. Composição, diversidade, densidade, biomassa, abundância e estrutura da fauna	42
5. <i>Conclusão</i>	49
CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DOS EFEITOS DE DIFERENTES NÍVEIS DE UMIDADE NA SOBREVIVÊNCIA S DE BIVALVES DO ENTREMARÉS.....	
1. <i>Introdução</i>	51
2. <i>Material e Métodos</i>	53
3. <i>Resultados</i>	56
4. <i>Discussão</i>	58
5. <i>Conclusão</i>	62
6. <i>Perspectivas Futuras</i>	63
LITERATURA CITADA.....	64
TABELAS.....	74
FIGURAS.....	83
APÊNDICE A.....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Sequência dos eventos atmosféricos, saídas de campo e embancamentos para os anos de 2012 à 2014.	74
Tabela 2. Modelos testados para o ajuste nas distintas fases (recrutas, juvenis e adultos) dos migradores mareais. Sendo a e b os parâmetros calculados pelos diferentes modelos.	75
Tabela 3. Lista de espécies que ocorreram nos eventos de embancamentos ao longo do ano de 2012. Os valores de S correspondem a abundância de organismos.	76
Tabela 4. Lista de espécies que ocorreram nos eventos de embancamento ao longo do ano de 2013. Os valores de S correspondem a abundância de organismos.	77
Tabela 5. Lista de espécies que ocorreram nos eventos de embancamento ao longo do ano de 2014. Os valores de S correspondem a abundância de organismos.	78
Tabela 6. Valores extraídos das análises contendo os valores de AIC e de CV para cada moeldo gerado.	79
Tabela 7. Modelos obtidos através das análises, segundo os critérios de AIC e CV.	80
Tabela 8. Percentual de biomassa dos migradores mareais nas distintas classes de tamanho. Os eventos representam os diferentes embancamentos registrados através da amostragem biológica. Os valores de biomassa foram somados para as duas áreas.	81
Tabela 9. Correlação de Sperman para os parâmetros ambientais. Obtidos através da análise de BIOENV. Os Parâmetros analisados foram Pressão, Temp (Temperatura), Niv (vento de norte em intensidade), BDI embA (índice de deposição da praia BDI nos embancamentos) e SOdv (vento de Sudoeste em percentual).	81
Tabela 10. Teste Tukey de múltipla comparação entre médias para a sobrevivência nos distintos tratamentos 1 (embancamento), 2 (intermediário) e 3 (controle).	82
Tabela 11. Dados de tamanho em profundidade dos organismos do experimento com <i>Amarilladesma mactroides</i> . Os tratamentos 1, 2 e 3, são condição de Embancamento, condição intermediária e condição controle (com lâmina de água acima de 5 cm).	82
Tabela 12. Dados de tamanho em profundidade dos organismos do experimento com <i>Donax hanleyanus</i> . Os tratamentos 1, 2 e 3, são condição de Embancamento, condição intermediária e condição controle (com lâmina de água acima de 5 cm) 82	82

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa do local de estudo. A representa o mapa mundi, B representa a América do Sul, C o Extremos sul do Brasil, D o Município de Rio Grande e E a Área de estudo. Linha tracejada indica a área amostral do primeiro ano de monitoramento (com 2km cada) e linha escura com a área total de 4 km para 2013 e 2014. Os dois pontos para realização dos perfis topográficos ficam situados no EMA e na área A, estão indicados pela setas na figura E..... 83
- Figura 2. Diagrama esquemático indicando a medida obtida dos migradores mareais. Em A, o decapode *Emerita brasiliensis* (fonte: Nakagaki & Pinheiro, 1999) demonstrando a medida do comprimento da carapaça e em B a medida do comprimento da concha utilizada para os Bivalves (*Amarilladesma mactroides* e *Donax hanleyanus*). 84
- Figura 3. nMDS dos dados de vento (direção e intensidade) em percentual de frequência de ocorrência para 3 dias (n=32). À esquerda os dados foram plotados em relação aos Períodos Quentes e Frios dos Anos 2012 à 2014, e à direita em relação aos anos. 84
- Figura 4. Diferença do tamanho do grão entre as duas áreas A e B quanto ao tamanho do grão em phi (ϕ). Análise realizada: ANOVA (n= 36). 85
- Figura 5. Percentual da abundância de *Emerita brasiliensis*, Amphipodas, Outros Crustáceos (*Excirolana armata* entre outros), *Donax hanleyanus*, *Amarilladesma mactroides*, Polychaeta, Outros (Nemertea e Insecta) encontrados nos embancamentos. Em A temos os eventos de embancamento do período quente de 2012, em B os eventos de embancamento do período quente de 2013, em C os eventos de embancamento do período frio de 2013, em D os eventos de embancamento do período quente de 2014, em E os eventos de embancamento do período frio de 2014 e em F temos a soma do total percentual da abundância nos embancamentos..... 86
- Figura 6. Diagramas nMDS das amostras. Em A temos a relação da Sazonalidade (Período quente e período frio) nos diferentes anos, B a relação dos Eventos nas diferentes Áreas, C a relação da Sazonalidade nos diferentes Eventos, D a relação da Sazonalidade nas diferentes Áreas e em E a relação dos Eventos nos diferentes Anos. 87
- Figura 7. Análise de cluster (distância média) utilizada para as todas as réplicas das amostras de embancamentos. Os valores ordinais representam os diferentes embancamentos. Em Q e F, temos os períodos Quente e Frio. A e B representam as áreas amostradas. 88
- Figura 8. Número de indivíduos da espécie *Emerita brasiliensis* em relação ao tamanho (mm). Os gráficos à esquerda, na cor vermelha, temos os embancamentos dos períodos quentes e os gráficos à direita, na cor azul, temos os embancamentos dos períodos frios. 89

- Figura 9. Número de indivíduos da espécie *Donax hanleyanus* em relação ao tamanho (mm). Os gráficos à esquerda, na cor vermelha, temos os embancamentos dos períodos quentes e os gráficos à direita, na cor azul, temos os embancamentos dos períodos frios. 90
- Figura 10. Número de indivíduos da espécie *Amarilladesma mactroides* em relação ao tamanho (mm). Os gráficos à esquerda, na cor vermelha, temos os embancamentos dos períodos quentes e os gráficos à direita, na cor azul, temos os embancamentos dos períodos frios. 91
- Figura 11. Estrutura dos migradores mareais quanto ao percentual da classe de tamanho (recrutas, juvenis e adultos). Em A, B e C o bivalve *D. hanleyanus*, em D e E o decápode *E. brasiliensis* e bivalve *A. mactroides*, respectivamente O Teste para essas análises foi o Kruskal-Wallis e o n amostral foi 23 amostras contendo os percentuais de contribuição dos migradores mareais nos diferentes períodos (quente e frio e entre os anos). 92
- Figura 12. Diagrama de caixa (Boxplot). Em A temos a densidade total (n° total de indivíduos total/m²) dos embancamentos nos diferentes anos e em B a diversidade (índice de Shanon Wiener) nos diferentes períodos (Período quente e frio). Em A a estatística de teste foi o de Kruskal Wallis e em B utilizou-se a ANOVA, com n =23. 93
- Figura 13. Gráficos da abundância da macroinfauna(em A) e da diversidade (Shanon Wiener) (em B). Nos gráficos as barras de cor escura representam a área A e as barras de cor clara representam a área B. O Q e F correspondem aos períodos Quentes e Frios. 94
- Figura 14. Gráficos de dispersão dos Valores de Peso e Tamanho usados para o cálculo dos modelos. Em a, b e c temos os estágios, recrutas, juvenis e adultos para a espécie *Donax hanleyanus*. Em d, e e f são os estágios, recrutas, juvenis e adultos para *Amarilladesma. mactroides*. Para o gráfico g, temos recrutas e juvenis em conjunto, em h os adultos da espécie *Emerita brasiliensis*. 95
- Figura 15. Biomassa dos migradores mareais (*A. mactroides*, *D. hanleyanus* e *E. brasiliensis*) estimada nos embancamentos. Em A com o acréscimo do peso da concha, para os bivalves e em B sem o peso da concha. Os valores ordinais representam os diferentes embancamentos, seguidos pelo ano e Q e F representando o período Quente e Frio. 96
- Figura 16. Percentual de contribuição de biomassa, em A para os grupos e em B para as classes de tamanho dos migradores mareais. 97
- Figura 17. Gráficos dos resíduos da análise de GLM dos dados de embancamentos em função do índice de deposição da praia (BDI). 97
- Figura 18. Desenho esquemático de cada aquário. 98

- Figura 19. Aquários do experimento de sobrevivência e comportamento das espécies *A. mactroides* e *D. hanleyanus*. Os nove aquários representando o tratamento controle, tratamento intermediário e tratamento embancamento..... 98
- Figura 20. Em A e B, percentual de sobrevivência e em C e D a profundidade encontrada das espécies *A. mactroides* e *D. hanleyanus*, respectivamente. Nos gráficos o tratamento 1 representa o tratamento embancamento, o 2 a condição intermediária e 3 representa a condição controle. Em A e B o teste utilizado foi ANOVA com $n = 9$. Em C o teste foi ANOVA ($n=72$) e em D o teste foi Kruskal Wallis ($n=45$). 99

Introdução Geral

Praias arenosas são ambientes transicionais, expostos a forças impostas pelo oceano, continente e atmosfera e estão distribuídas ao longo de todos os continentes e ilhas (McLachlan & Brown, 2006). Vulneráveis à ação de ondas, correntes, marés e ventos (McLachlan, 1983; et al, 2013), esses ambientes são únicos e de grande importância biológica, social e como fonte de recursos (Schlacher et al., 2015). As praias arenosas, nos últimos anos, vêm sofrendo inúmeras ameaças (McLachlan et al., 2013). Os perigos da degradação ambiental e a falta de preservação são preocupantes para o seu futuro (Defeo & McLachlan, 2005; Defeo et al., 2009; Dugan et al., 2010; Nel et al., 2014; Harris et al., 2015; Schlacher et al., 2014), principalmente pela sua contribuição biológica, visto que algumas espécies, que somente se desenvolvem nesse habitat, são essenciais para uma série de organismos (peixes, raias e aves) (Gianuca, 1985; Schlacher et al, 2015).

A macroinfauna do entremarés é influenciada diretamente por uma dinâmica constante (McLachlan, 1983) e para habitar esse ambiente, essa desenvolveu muitos mecanismos e adaptações (Ansell & Trevallion 1969). Dentre várias características, o enterramento no sedimento (Brown, 1996) e as migrações mareais (Ansell & Trueman 1973; McLachlan, 1983; Defeo et al., 1992a), garantem condições adequadas para sua sobrevivência e alimentação (McLachlan, 1980; McArdle & McLachlan, 1992). Portanto, a macroinfauna, que habita o interior do sedimento, são os organismos mais abundantes e representam alta biomassa na faixa do entremarés de praias arenosas dissipativas (Defeo & McLachlan, 2013; Schlacher et al., 2015).

Uma das funções desse ambiente de ligação, oceano e o continente, é a de minimizar os efeitos das tempestades (McGynne & McLachlan, 1992; McLachlan et al 2013; Schlacher et al., 2015). Esses efeitos, causados por eventos extremos sobre as praias, podem ser severos, provocando tanto consequências indiretas (Posey et al., 1996), como alterações na declividade da praia, tamanho do grão (Yamanaka et al., 2010; McLachlan et al 2013) como diretas (mortalidades massivas e depleção biológica) sobre sua biota (Yeo & Risk, 1979a; Dobbs, & Vozarik, 1983; Peterson, 1985; Posey et al., 1996; Thórarindsóttir et al. 2009).

Como resultado dessa dinâmica, temos as elevações do nível do mar (Yeo & Risk, 1979a; Calliari et al., 1998; Defeo et al., 2001; Yamanaka et al., 2010; Ortega et al., 2013., Manning et al., 2014), as quais provocam um fenômeno de embancamento (Neves, 2007; Silva; 2008), que ocorre quando há retenção da fauna do entremarés sobre um local mais seco, no meso e supralitoral, regiões superiores às quais os organismos regularmente ocorrem (Defeo et al., 1992a; Defeo & Cardoso, 2002), podendo resultar na substituição de algumas espécies por espécies oportunistas (Dobbs & Vozarik, 1983) e mortalidade da macroinfauna, por não conseguirem se enterrar em areias insaturadas (Ansell & Trueman, 1973), e provavelmente por ficarem expostos a dessecação (McLachlan, 1998), asfixia, inanição (Veloso et al., 1997) além de mais vulneráveis à predação (Thórarindsóttir et al., 2009).

Os embancamentos foram citados como consequências de eventos extremos e elevações do nível do mar, se tornando um fator que influencia a comunidade biológica (Coscarón, 1959, Yeo & Risk, 1979a; Dobbs & Vozarik., 1983; Gianuca, 1983; Peterson, 1985 ; Posey et al., 1996; Ramírez et al., 2004; Manning et al.,

2014), e que já foi observado na região Sul do Brasil (Neves et al., 2007; Silva et al., 2008).

A costa do extremo sul do Brasil é caracterizada por um ambiente de micro-maré de predominância diurna (Ribeiro, 2008), exposta a ação de ondas (Tomazelli & Villwock, 1992) que raramente excedem os 2 metros de amplitude (Muehe, 2003). É influenciada por frequentes perturbações atmosféricas como os sistemas frontais e ciclones (Nobre et al., 1986), que geram as marés meteorológicas. Pugh (1987) as definiu como a diferença entre a maré prevista (astronômica) e a observada, podendo produzir elevações nessa região que chegam a até 1.7 metros (Calliari et al., 1998).

Os trabalhos sobre ecologia de praias arenosas apontam a importância dos fatores físicos, suas alterações e consequências para a macrofauna (Defeo & McLachlan, 2005; 2013). Nesse sentido, foram desenvolvidos índices morfodinâmicos (Thomas 1986; Souza, 2003) com o objetivo de compreender como as variações dos parâmetros físicos (tamanho do grão, declividade praias e ação de ondas), que representam a dinâmica presente no ambiente (McLachlan & Brown, 2006), atuam sobre a fauna. Esses índices já se mostraram significantes nesse aspecto (McLachlan, 1996; McLachlan & Dorvlo, 2005; Yamanaka et al., 2010) e a sua avaliação mostra potencial importância para relacionar os efeitos dos eventos meteorológicos sobre o ambiente e fauna associada. Além disso, o efeito dos embancamentos e a exposição que ele ocasiona para os organismos do entremarés, necessita de uma compreensão, já que as frentes meteorológicas são recorrentes na região assim como as marés meteorológicas.

Nesse contexto, foram levantados alguns questionamentos quanto a, se as marés meteorológicas associadas a sistemas frontais podem afetar a composição biológica nos embancamentos, se existe variação na frequência de eventos meteorológicos que podem

provocar embancamentos, qual(is) fator(es) físico(s) e biológico(s) apresenta(am) variações, qual(is) fator(es) físico(s) possui(em) relação significativa com os embancamentos. Para isso, foi realizado o monitoramento de três anos de frentes meteorológicas e eventuais embancamentos, no sentido de entender esse fenômeno, que direta e indiretamente, gera consequências biológicas. Além disso, para entender quais as consequências dos embancamentos sobre alguns dos organismos mais abundantes do entremarés, realizou-se um experimento simulando diferentes condições de umidade, avaliando-se seu comportamento e sobrevivência.

**CAPÍTULO 1 - EMBANCAMENTOS DA MACROINFAUNA DO
ENTREMARÉS DE PRAIAS ARENOSAS DO EXTREMO SUL DO
BRASIL- RELAÇÕES COM PARÂMETROS FÍSICOS E SUAS
CONSEQUÊNCIAS**

1.Introdução

O ambiente costeiro é único, uma interface entre extremos, como o continente, o oceano e a atmosfera (Schlacher et al., 2014; McLachlan et al., 2013) que contribuem para moldar suas características através da ação das forças físicas que o atingem. Está exposto à ação de ondas, marés, correntes, ventos e também à influência antrópica, que nos últimos anos vem aumentando gradativamente (Defeo & McLachlan, 2005; Schlacher et al., 2014; Harris et al., 2015). As praias arenosas do extremo sul do Brasil possuem regime de micro maré e são expostas a ação de ondas, que normalmente não excedem os 2 metros (Tomazelli & Villwock, 1992; Muehe, 2003).

Em consequência das forças físicas que agem nesse ambiente, os organismos das praias arenosas se dispõem em um padrão de zonação. Esse por sua vez, é a distribuição dos animais em regiões de sua preferência ou onde são capazes de sobreviver. A zonação pode ser caracterizada pela ocorrência de determinados organismos (Dahl, 1953; Escofet, 1979) ou pelo grau de umidade do ambiente (Salvat, 1964). Os organismos que habitam a faixa do entremarés sobrevivem devido às suas adaptações, especialmente a macroinfauna, que desenvolveu várias características como a capacidade de penetrar no substrato (escavação e enterramento), alta fecundidade e as migrações mareais (Ansell & Trevallion, 1969; Ansell & Trueman, 1973 ;McLachlan & Brown, 2006). A migração mareal é a habilidade de alguns organismos acompanharem a linha de água de acordo com as marés (McLachlan & Brown, 2006). Dentre a macroinfauna da faixa do entremarés, os migradores mareais são os bivalves *Amarilladesma mactroides* Reeve 1854 e *Donax hanleyanus* Philippi 1847 , e o decapode *Emerita brasiliensis* Schmitt 1935 que são abundantes nas praias do extremo sul do Brasil (Gianuca, 1983) Essas migrações ocorrem para que esses organismos aproveitem melhor

as condições de seu habitat (como temperatura amena, disponibilidade de alimento, período reprodutivo, menor estresse ambiental) (Ansell & Trueman, 1973; Gianuca, 1983; McArdle & McLachlan, 1992; Bergonci & Tomé, 2008) e se mantenham sempre na faixa do entremarés.

Muitos estudos observaram os efeitos negativos das tempestades, sobre a fauna de praias arenosas, como massivas mortalidades, alteração momentânea na composição biológica (Yeo & Risk, 1979a; Barnett, 1981; Dobbs & Vozarik, 1983; Peterson, 1985; Posey et al., 1996; Lima et al., 2000; Thórarindsóttir et al., 2009; Ortega et al., 2013; Manning et al., 2014 Schlacher et al., 2015), principalmente a macroinfauna do entremarés (Posey et al., 1996, Ortega et al., 2013). Elevações excessivas podem provocar os embancamentos. Esses ocorrem quando a fauna fica aprisionada em um local superior da praia e não consegue retornar à sua zonação original após a diminuição das marés meteorológicas, resultando em efeitos negativos com possível mortalidade já que esses organismos ficam expostos a condições não ideais (Olivier & Perchazadeh, 1968; Mieszkowska, 2010; Ortega et al., 2013; Manning et al., 2014). Tais elevações muitas vezes estão associadas a tempestades e frentes frias (Manning et al., 2014), e são geradas pelos ventos intensos que provocam o empilhamento de água na costa (Saraiva et al., 2003). Esse fenômeno ocorre com frequência nessa região pela constante presença de sistemas frontais e ciclones (Nobre et al., 1986; Calliari et al., 1998; Saraiva et al., 2003). Os embancamentos igualmente foram citados por vários autores (Coscarón, 1959; Soares, 2003; Barbosa et al., 2012), que apresentaram uma relação entre o clima turbulento do entremarés (clima de *swash*) (Barbosa et al., 2012) e os riscos para mortalidade desses organismos pela dessecação e predação (Coscarón, 1959; Knox, 2001).

Nesse contexto, a importância dos fatores ambientais para o ambiente praias levantou novos questionamentos acerca de sua influência sobre a fauna de praia (Brazeiro, 2001), principalmente para a fauna do entremarés. Como a hipótese do clima de swash (McArdle & McLachlan, 1992), da exclusão do swash, SEH (McLachlan et al., 1993), a hipótese de habitats turbulentos, HHH (Defeo et al., 2003), a hipótese dos habitats seguros (Defeo & Gómez, 2005) e hipótese autoecológica, AH (Defeo & McLachlan, 2005). Cada um desses trabalhos trazem questões a respeito dos diferentes estados morfodinâmicos das praias e as respostas biológicas frente às condições encontradas. Índices morfodinâmicos foram desenvolvidos com o objetivo de compreender como as variações dos parâmetros físicos (tamanho do grão, declividade praias e ação de ondas), que representam a dinâmica presente no ambiente (McLachlan & Brown, 2006), atuam sobre a fauna. Como, por exemplo, o índice de exposição à ondas (Thomas 1986) e o índice de deposição da praia (BDI - *Beach deposition index*) (Soares, 2003) Esses parâmetros já mostraram significância nesse aspecto (McLachlan, 1996; McLachlan & Dorvlo, 2005; Yamanaka et al., 2010), o que os consolida como fundamentais sobre a alteração biológica (Brazeiro, 2001) e portanto, a avaliação desses parâmetros e índices mostram ser importantes para descrever o efeito dos eventos meteorológicos e suas consequências para a fauna associada.

Devido a esse ambiente estar exposto a ação desses estressores físicos constantes e sua importância sobre a fauna ser indiscutível, a informação acerca de como os embancamentos estão inseridos no contexto biológico influenciando a fauna se torna fundamental. Essa fauna do entremarés é uma importante fonte alimentar, utilizada tanto como item de pesca (Fiori & Defeo, 2006) quanto para sustentar uma diversidade de animais, aves, peixes e raias (Coscarón, 1959), caracterizando esse ambiente, em especial

o Cassino, como rico biologicamente. Logo, a estimativa da biomassa dos migradores mareais encontrados nos embancamentos é uma informação importante. Para isso, a relação tamanho e peso pode nos fornecer uma estimativa sobre a biomassa dessa fauna abundante e de extrema importância trófica (McKinney et al., 2004). Com essa estimativa, entendemos a contribuição dos eventos de embancamentos para a perda e/ou transferência trófica da biomassa, pela exposição que esses animais sofrem quando se encontram aprisionados nos embancamentos.

Nesse sentido, o presente estudo busca responder como as marés meteorológicas associadas a sistemas frontais afetam a composição biológica encontrada nos embancamentos, se a frequência de eventos meteorológicos que podem provocar embancamentos é distinta temporalmente, como são as relações entre os parâmetros morfodinâmicos da praia e os embancamentos e quais parâmetros físicos ou índices possuem uma contribuição significativa para a ocorrência dos mesmos. Visa também verificar possíveis variações (temporais) nas densidades e diversidade da fauna embancada, qual(is) organismo(s) da macroinfauna do entremarés é mais vulnerável(is) e como é a estrutura e composição biológica dos embancamentos.

2. Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na praia do Cassino no município de Rio Grande localizado no Extremo Sul do Brasil (Figura 1), em duas áreas próximas ao navio encalhado Altair (32°17'S e 52°15'O) em virtude da menor influência do impacto antrópico (trânsito de pedestres e automóveis) e para evitar o efeito provocado pelos molhes da Barra, construídos na desembocadura da Lagoa dos Patos, os quais ocasionam uma região de sombra da ação de ondas sobre uma faixa extensa dessa praia (Tozzi & Calliari, 2000).

2.1. Monitoramento dos sistemas frontais e marés meteorológicas

Foram realizados monitoramentos dos eventos meteorológicos ocorridos durante o período de maior temperatura, Período Quente ($23 \pm 4,5^{\circ}\text{C}$), iniciando em 15 de janeiro e terminando em 15 de abril, e menor temperatura, Período Frio ($13,5 \pm 5^{\circ}\text{C}$), com início em 15 de junho e término em 15 de setembro, para os anos de 2012, 2013 e 2014, com exceção do último período que contou com o monitoramento encurtado até o dia 20 de agosto (Tabela 1). Para avaliar a frequência de frentes, somente no quesito do número de frentes frias durante o estudo, foram retirados os eventos meteorológicos observados após o dia 20 de agosto dos anos de 2012 e 2013, para sua padronização, já que no último período de menor temperatura do monitoramento foi realizado até essa data.

O monitoramento dos eventos meteorológicos foi efetuado através da observação de previsões numéricas do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), assim como do acompanhamento e análise de variações de pressão, temperatura, direção e intensidade do vento, modelagem de ondas (direção e altura) e imagens de satélite (GOESi3) para verificar a evolução das frentes. Com a finalidade de descrever os eventos, além de anotações pessoais, utilizaram-se os boletins técnicos produzidos pelo CPTEC/ INPE objetivando também a efetiva confirmação dos eventos acompanhados (Brauko, 2008; Parise et al., 2009).

Depois da passagem dos sistemas meteorológicos que geraram ventos intensos, eram realizadas saídas de campo para verificação e registro dos possíveis embancamentos.

2.2. Metodologia em campo e laboratório

As saídas de campo foram realizadas em média 3 a 4 dias após a passagem dos eventos meteorológicos com ocorrência de marés meteorológicas (Tabela 1), quando

possível, na condição ambiental (após a descida do nível do mar) e na disponibilidade de viaturas. Durante as saídas, eram identificadas feições de embancamentos, caracterizadas por manchas de aparência rugosa nas zonas de supra e mesolitoral da praia, em duas áreas próximas ao navio Altair (Figura 1). Cada área amostral possuía 4 km de extensão, sendo a área A localizada entre 1 e 5 quilômetros (km) ao Norte e a área B entre 1 e 5 km ao Sul do Navio Altair (Figura 1). As áreas selecionadas no primeiro ano do monitoramento continham apenas 2 km de extensão cada e optou-se pelo aumento dessas áreas a partir do segundo ano de monitoramento.

Após encontrados, realizava-se a amostragem biológica e o registro dos parâmetros ambientais de apenas um embancamento em cada área, escolhidos aleatoriamente. A amostragem biológica foi desenvolvida através da coleta de nove amostras aleatórias com o auxílio de um tubo de PVC de 20 cm de diâmetro que era enterrado até a profundidade média de 30 centímetros sobre a área de embancamento. Posteriormente, ainda em campo, essas amostras foram peneiradas com malha de 500 μm e fixadas em formaldeído 10%. Em laboratório as amostras biológicas eram triadas e identificadas até o menor táxon possível. Na identificação dos organismos utilizou-se Rios (2009) para gastrópode e bivalves, Young (1998) para crustáceos e para poliquetas Amaral & Nonato (1996).

Com o intuito de registrar os dados ambientais *in situ*, foram coletadas amostras de sedimento e realizados perfis topográficos. Três amostras aleatórias de sedimento eram coletadas nos embancamentos e processadas segundo o método de Suguio (1973) e posteriormente analisadas segundo o Rysgran (Gilbert et al., 2014) para obter o tamanho médio do grão (Folk & Ward, 1957).

Perfis topográficos nas áreas de embancamento foram mensurados e realizados pelo método de Emery (1961), substituindo o nível de mangueira por uma régua e uma trena

elétrica nivelada. A partir do período frio de 2013, em todas as saídas realizadas foram medidos perfis topográficos em dois pontos fixos, além dos perfis de embancamentos, mesmo quando esses não eram encontrados. O primeiro ponto era localizado dentro da área de amostragem (área A) e o segundo ponto controle, próximo a Estação Marinha de Aquicultura –EMA (Figura 1), que teve por finalidade, garantir alguma comparação entre os perfis, caso a amostragem no primeiro ponto controle não conseguisse ser realizada. Amostras de sedimento eram coletadas nesses novos perfis, uma no mesolitoral (mais próximo às dunas) e outra no entremarés. Para todos os dados dos perfis topográficos calculou-se a declividade (*Slope*).

2.3. Abundância, Densidade, Diversidade

As densidades de organismos da macrofauna encontrada nos embancamentos foram calculadas segundo o número total de indivíduos (abundância) por metro quadrado. Para facilitar a demonstração da contribuição das densidades de cada espécie nos diferentes embancamentos, optou-se pela abundância total de todas as réplicas, dividindo-se pelo número de réplicas e área correspondente, obtendo assim a densidade para cada amostragem biológica de cada embancamento. Para a diversidade utilizou-se a soma das réplicas, levando-se em conta a proporção das espécies, para cada amostragem biológica (embancamento), calculada pelo índice Shanon-Wiener segundo a equação (Equação 1):

$$H' = - \sum p_i \log p_i$$

Onde p_i é a proporção de cada espécie

2.4. Biomassa

Com o objetivo de estimar a biomassa que pode ser encontrada nos embancamentos se obteve as relações entre tamanho e peso, dos organismos das 3 espécies principais de

migradores mareais (*Amarilladesma mactroides*, *Donax hanleyanus* e *Emerita brasiliensis*) que foram separados de acordo com os seus estágios de desenvolvimento. *A. mactroides* e *D. hanleyanus* foram separados em: recrutas, juvenis e adultos (Defeo, 1998) enquanto *E. brasiliensis* apenas em recrutas/juvenis e adultos (Nakagaki & Pinheiro, 1999). Adultos e Juvenis foram medidos com o auxílio de um paquímetro ($\pm 0,01$ mm) enquanto os recrutas e alguns juvenis foram medidos através de uma escala de 0,17 milímetros com a utilização de um microscópio estereoscópico. Para o crustáceo tomou-se o comprimento da carapaça (cc) segundo Nakagaki & Pinheiro (1999) enquanto para os bivalves foi utilizada a medida do comprimento da concha (Figura 2). Houve dificuldade para a escolha de um número suficiente de organismos para representar os diferentes estágios de vida. Os indivíduos escolhidos para cada fase foram retirados da mesma amostra e entre as fases, os indivíduos foram retirados de amostragens temporalmente próximas, evitando assim flutuações devido à influência de fatores ambientais e biológicos. Embora para o cálculo do modelo utilizado para *A. mactroides* não foi possível utilizar organismos entre as faixas de 5 à 15 milímetros, incluiu-se a estimativa para toda a faixa de tamanho dos recrutas (0 à 10mm) e juvenis (10 à 43mm) por ser a melhor estimativa obtida..

A seguir, os organismos foram secos em estufa, a 70°C por 48 horas (van der Meer et al., 2005), após resfriamento em dessecadores com sílica gel os indivíduos foram então pesados (peso com a concha para os bivalves) em uma balança (Sartorius Research R160P) com precisão de ± 0.00001 g objetivando a obtenção do peso seco.

Com as medidas de tamanho e peso, aplicou-se alguns modelos de regressão não lineares, obtendo-se os modelos que melhor se ajustam aos dados para os distintos estágios de vida (recruta, juvenil e adulto) (van der Meer et al, 2005). Antes de utilizar os

dados, os valores de peso tiveram um acréscimo de 25% para os bivalves (Pakhomov, 2003) e 20% para o crustáceo (Qureshi et al., 2008). Esse procedimento foi realizado devido à perda de biomassa pelo efeito do conservante (formaldeído 10%) e do armazenamento em álcool. Foram testados sete modelos (Tabela 2) para verificar a melhor a relação alométrica (Tamanho x Peso) nos estágios recrutas, juvenis e adultos. Para a escolha do melhor modelo se utilizou dois critérios: o critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de menor erro, utilizando validação cruzada (CV). No critério do AIC, mais usual, os parâmetros são obtidos através do princípio da Máxima Verossimilhança (Sakamoto et al. 1986). O critério de menor erro, pelo método de Validação Cruzada (CV), que estima a predição do erro por repetição, onde são tomados dois blocos de valores e comparados de acordo com seu melhor ajuste aos dados. Os valores de AIC e CV são então comparados, individualmente, entre todos os modelos gerados. O modelo que representou o menor valor de erro (CV) e do AIC foi o que melhor se ajustou aos dados. A comparação entre os modelos foi possível, pois foram utilizadas funções não lineares e aplicado o método dos mínimos quadrados, com a utilização da regressão não linear (nls), que enquadra todas as funções/modelos analisados. Para proceder tais análises, utilizou-se o software R (Version 3.1.2 (2014-10-31). Copyright © 1999–2014 R Core Team) e RStudio (Version 0.98.1087– © 2009-2014 RStudio, Inc.) com a utilização de um pacote para validação de regressão linear cruzada, cvTools.

Depois de obter os parâmetros do modelo, foi possível estimar a biomassa de cada organismo através dos tamanhos. Calculou-se a estimativa da massa de cada organismo com o peso da concha, e posteriormente, foi retirado 44% do peso total, correspondendo

ao peso da concha (van der Meer et al., 2005) obtendo assim a estimativa do peso dos indivíduos sem concha.

2.5. Parâmetros ambientais, cálculo dos índices de deposição e exposição

Foram obtidos, através do banco de dados da estação Meteorológica de Rio Grande, (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>), parâmetros como direção e intensidade do vento, pressão atmosférica e temperatura do ar. Com relação aos dados de vento, tanto direção quanto intensidade, foi realizada a seleção de todas as direções: Norte (N), Nordeste (NE), Leste (L), Sudeste (SE), Sul (S), Sudoeste (SO), Oeste (O), Noroeste (NO), e calculado o percentual de contribuição de cada direção durante um período de três dias após a passagem das frentes. Isso foi realizado para a obtenção dos dados ambientais com uma defasagem “lags” (Clarke & Ainsworth, 1993), foi aplicado aos dados de percentual de direção e intensidade do vento, pois a observação das perturbações atmosféricas causadas pelas frentes frias mostrou que essas permanecem agindo no ambiente por certo período o que não se reflete instantaneamente. Por isso, aos dados atmosféricos estipulou-se 3 dias de lag após a passagem dos eventos meteorológicos, por ser evidenciado como um período médio da atuação dessas perturbações (Saraiva et al., 2003).

Foram calculados o índice de exposição de ondas (Thomas, 1986), que utiliza dados de batimetria (obtidos pelas cartas náuticas da Marinha do Brasil) e dados dos ventos (retirados da estação automática de Rio Grande pelo site do INMET), e o índice de deposição da praia, o BDI (Soares, 2003). Os dois índices englobam alguns dos parâmetros ambientais avaliados nesse trabalho.

2.6. Índice de deposição da praia (*Beach Deposit Index – BDI*) e tamanho médio do Grão (*Mz*)

O índice BDI se tornou adequado para esse trabalho por se mostrar favorável aos estudos ecológicos (Soares, 2003) e também ser útil em situações nas quais não são medidos o período e altura de onda (Yamanaka et al., 2010). Esse índice de deposição da praia já foi utilizado e demonstrou ter relação significativa com a riqueza de espécies, abundância e densidade (Soares, 2003; McLachlan & Dorvlo, 2005).

O índice BDI, utiliza o tamanho médio do grão (*Mz*, em mm) e a declividade do perfil praial (Soares, 2003; Yamanaka et al., 2010), segundo a equação (Equação 2):

$$BDI = \frac{1}{Slope} * \frac{a}{Mz}$$

Onde *Mz* é o tamanho médio do grão, *Slope* é a declividade e *a* é uma constante (*a*=1,03125). O BDI é adimensional.

O tamanho médio do grão foi calculado através da análise rysgran (em phi) (Gilbert et al., 2014) enquanto a declividade (*Slope*) é calculada com dados dos perfis topográficos, (Soares, 2003; Yamanaka et al., 2010) segundo a equação (Equação 3):

$$Slope = \frac{H}{\sqrt{D^2 - H^2}}$$

Onde *H* é a altura vertical e *D* a distância horizontal do perfil topográfico O *Slope* é adimensional.

2.7. Índice de exposição de ondas

O índice de exposição de ondas para a região foi calculado, segundo Thomas (1986) de acordo com a equação (Equação 4):

$$Wave\ exposure = w = \frac{\log W * \log(1 + F)}{(CS + 0.1 * DS)}$$

Onde: W é o percentual do tempo na direção escolhida multiplicado pela média da velocidade no mesmo período elevada ao quadrado, F é o tamanho total do *Fetch*, CS o tamanho do *Fetch* até a profundidade de 6 metros e DS o restante do *Fetch* até a distância máxima de 100 milhas nauticas. O w é adimensional.

Esta equação utiliza o percentual dos ventos em um determinado período (*lag*) (determinado para esse estudo como sendo 3 dias após a passagem de um sistema frontal). Esse índice leva em consideração também o valor do *Fetch* máximo (F), que é o tamanho da secção onde ocorre a ação dos ventos no mar/área costeira, os *Fetchs* entre a área mais rasa, que são o CS (distância exposta até 6 metros de profundidade) e o DS (restante de 6 metros até o máximo do *Fetch*).

Na obtenção dos dados batimétricos, assim como as direções de exposição e o tamanho dos *Fetchs*, foi utilizado o programa Sean Clear VMMv (1.0.0.163), e a carta náutica de número 2200 (Rio Grande ao Arroio Chuí), acessada em março de 2014, através do site da Marinha do Brasil (disponível em http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-raster/raster_disponiveis.html). O tamanho máximo do *Fetch* (F) para o local estudado foi assumido como 100 mn (milhas náuticas), que é o maior valor assumido para o cálculo desse índice, o qual é utilizado para praias expostas ao oceano aberto (Thomas, 1986). As direções consideradas à exposição foram NE, L, SE e S, e em todas elas não se considerou nenhum obstáculo.

Mesmo que os molhes, localizados ao norte do balneário Cassino, possam diminuir a ação das ondas das direções norte e nordeste, sua interferência é maior próxima ao balneário Cassino e Querência (Tozzi & Calliari, 1999) e portanto foi desconsiderado

como obstáculo no cálculo desse parâmetro já que a ação de ondas é bem mais acentuada na região estudada.

2.8. Análises estatísticas

Testes paramétricos (ANOVA) e não paramétricos (Kruskal-Wallis) foram realizados para os dados ambientais e biológicos univariados. Os pressupostos para análise paramétrica quanto à normalidade, homocedasticidade e independência foram testados em todas as análises com os testes de Shapiro Wilk, Bartlett ou Levene e Durbin-Watson. Quando os pressupostos para análises paramétricas não foram atendidos, mesmo com transformações, optou-se por usar a análise não paramétrica.

As análises univariadas, ANOVA e Kruskal-Wallis, visam identificar se existe diferenças entre condições antes pré-estabelecidas (Zar, 1984). As análises multivariadas, também se propõem a verificar diferenças e similaridades entre o objeto de estudo. A análise de ordenação (nMDS – *Non-metric Multi-Dimensional Scaling*) e análise de Cluster, organiza as amostras biológicas de acordo sua similaridade. É realizada através de uma matriz de similaridade, calculada pelo índice de Bray-Curtis, utilizado para dados de abundância de cada réplica, com o objetivo de representar com maior detalhamento o agrupamento de cada amostragem biológica (embancamento) e não perder as variações que a média das amostragens aleatórias pode ocasionar. Nessas duas análises foi verificada a composição biológica entre os eventos de embancamentos, os anos, a sazonalidade e as áreas, para verificar agrupamentos. O teste ANOSIM - *Analysis of Similarities*, ($p < 0,05$) foi aplicado para verificar possíveis diferenças significativas entre os eventos, anos, sazonalidade e entre as áreas. Quando encontradas diferenças significativas no ANOSIM, as espécies que contribuíram para tal diferença foram determinadas através da Análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER-*Similarity*

percentages - species contributions). A consideração de maior similaridade nas análises de ANOSIM foi assumida para valores de R maiores que 0,50. Nessas análises (nMDS, Cluster, ANOSIM e SIMPER) os dados foram transformados (raíz quadrada) e retiradas as espécies raras, que contribuíram com aproximadamente 0.009% na frequência de ocorrência, permanecendo somente a contribuição das espécies mais representativas da macrofauna.

Os dados de frequência e intensidade dos ventos também foram analisados através do nMDS e por meio de uma matriz de similaridade com índice de distância euclidiana, com a finalidade de avaliar diferenças entre os eventos em relação ao tempo.

Para a realização dessas análises de nMDS, ANOSIM e SIMPER utilizou-se o programa PRIMER_{v6}. Para a análise de Cluster utilizou-se o software R (Version 3.2.1 (2015). Copyright © 1999–2015 R Core Team) e RStudio (Version 0.99.467– © 2009–2015 RStudio, Inc.).

2.8.1. Análise BIOENV

A análise de Bioenv, utiliza duas matrizes de similaridade, uma para os dados biológicos e outra para os dados ambientais. Na matriz biológica, contendo os dados da abundância das espécies é utilizado o índice de distância de Bray-Curtis. Nos ambientais, o índice de distância Euclidiana entre os parâmetros é aplicado. Através da correlação, nesse caso a correlação de Spearman, entre as matrizes de similaridade/dissimilaridade dos dados biológicos e ambientais, temos uma noção de qual(is) fator(es) contribuiu(ram) para os padrões biológicos encontrados (Clarke & Ainsworth, 1993).

Como para essas análises temos mais de 20 parâmetros ambientais envolvidos, era necessário um tempo dispendioso além de um sistema de processamento avançado. Com isso, optou-se por realizá-las em três etapas. Na primeira etapa foi reunido parte dos

parâmetros ambientais, agrupando-os em matrizes analisadas separadamente. Dessas análises, foram retirados os parâmetros que tiveram as maiores correlações. Na segunda etapa, os parâmetros selecionados na primeira etapa, formaram uma única matriz de dados ambientais e, novamente, testou-se as correlações desses parâmetros. Nessa etapa, somente os valores de correlação positiva foram mais uma vez selecionados e testados. A partir, da terceira etapa, os parâmetros obtidos se tornaram indispensáveis, isto é, todos os parâmetros contribuíram para aumentar a correlação. Foram avaliados os parâmetros de temperatura atmosférica, pressão atmosférica, tamanho médio do grão (Mz), declividade da praia (*Slope*), índice de deposição da praia (o BDI), direção e intensidade do vento em percentual e média para as direções N, NE, L, SE, S, SO, O e NO e o índice de exposição de ondas (*w*). Na geração dessa análise estatística utilizou-se o software R (Version 3.2.1 (2015). Copyright © 1999–2015 R Core Team) e RStudio (Version 0.99.467– © 2009-2015 RStudio, Inc.).

2.8.2. Análise com Modelos lineares Generalizados - GLM

Outra análise foi realizada para verificar o efeito dos parâmetros ambientais sobre a ocorrência de embancamentos. Para isso, primeiramente foi realizada análise de correlação (Sperman) entre os fatores ambientais e a ocorrência do evento de embancamento a fim de identificar os fatores mais importantes, dentre todos os mais de 20 parâmetros avaliados, os quais foram: Temperatura do ar, Pressão atmosférica, ventos de N, NE, L, SE, S, SO, O, NO, em percentual de contribuição durante o período de 3 dias após a passagem das frentes, e a Intensidade do vento (através da média de cada uma das direções do parâmetro anterior para o mesmo período escolhido), índice de exposição de ondas (nas direções NE, L, SO, S), declividade da praia (*Slope*), tamanho médio do grão (Mz) e índice de deposição da praia (BDI). Devido ao tempo de atuação das

perturbações atmosféricas (Saraiva et al, 2003) o período escolhido foi de 3 dias após a passagem dos sistemas frontais. Para essa análise, após o teste de correlação de Spearman sobre os parâmetros ambientais, tendo em vista que contava-se com mais de 20 parâmetros, era necessária a seleção dos parâmetros mais importantes através da maior correlação, diminuindo as variáveis independentes. Depois de eleger os parâmetros com maior correlação, foi aplicada a análise de regressão logística através do modelo GLM (*Generalized Linear Models*). com distribuição binomial para os dados avaliados em presença e ausência dos embancamentos. Foi utilizada a função de ligação logit, pois não se disponibilizava de muitas amostras, $n \leq 20$ (Freitas, 2013). Os valores que tiveram maior correlação com a ocorrência de embancamentos foram testados um a um.

Na geração dessas análises estatísticas utilizou-se o software R (Version 3.2.1 (2015). Copyright © 1999–2015 R Core Team) e RStudio (Version 0.99.467– © 2009-2015 RStudio, Inc.).

3. Resultados

3.1. Eventos meteorológicos e ocorrência de embancamentos

Os eventos meteorológicos monitorados durante todo o estudo e suas respectivas saídas de campo estão dispostos na Tabela 1. Foram amostrados. 14 embancamentos (23 amostragens biológicas, 207 amostras, sendo essas encontradas nas áreas A e B), sendo desses 18 amostragens observados no período quente e 5 amostragens no período frio dos 3 anos amostrados. Embancamentos do período frio foram observados no mês de Julho de 2013 (2 amostragens biológicas, encontrado embancamento na área A e B) e 2014 (1 amostragem biológica, somente foi encontrado embancamento na área A) e Agosto de 2013 (2 amostragens biológicas, embancamentos nas duas áreas A e B).

Alguns eventos meteorológicos não ocasionaram elevação do nível do mar suficiente para a realização de saídas de campo, assim como também nem todas as elevações do nível provocaram embancamentos (Tabela 1). Algumas das saídas de campo não puderam ser realizadas devido a condições ambientais como o nível do mar alto e/ou indisponibilidade de viaturas.

3.2. Frequência das frentes

O total de frentes frias que foram monitoradas durante os anos de 2012 a 2014 foi 69 eventos (Tabela 1). Como os dados foram analisados em relação ao tempo e o último período de análise (período frio de 2014) teve menor duração, procedeu-se então uma padronização. Para isso, todos os períodos frios foram encurtados até o dia 20 de agosto, o que resultou em um total de 45 eventos atmosféricos analisados.

Quanto à frequência desses eventos, não houve diferença significativa tanto sazonalmente (período quente e período frio) quanto entre os anos (ANOVA, $p_{\text{sazonal}}=0,252$, $p_{\text{anual}}=0,797$).

3.3. Vento, Direção e Intensidade

No monitoramento, um dos parâmetros frequentes observados foi a presença dos ventos de sul e esses estão associados à subida do nível do mar (Calliari *et al.*, 1998; Calliari *et al.*, 2010).

Os dados de frequência e intensidade dos ventos analisados através do nMDS não mostraram nenhuma relação sazonal (entre os períodos quente e frio) e interanual. (Figura 3). O ANOSIM desses dados ambientais quando avaliados entre os diferentes eventos ao longo das estações e dos anos, não mostraram diferenças significativas (direção $p_{\text{ano}}=0,440$, $p_{\text{sazonalidade}}=0,430$ e intensidade $p_{\text{ano}}=0,680$, $p_{\text{sazonalidade}}=0,070$).

3.4. Tamanho Médio do Grão

Durante o período de estudo, foram registradas modificações no tamanho do grão entre as áreas. Os resultados mostram que houve diferenças significativas em relação ao tamanho do grão entre os embancamentos (Figura 4) (ANOVA, $p < 0,05$), mas não houve variação na comparação entre as frentes meteorológicas (Kruskal-Wallis, $p = 0,775$) e quando agrupado antes e depois das frentes (Kruskal Wallis, $p = 0,0629$). Houve diferença significativa entre os dois locais, áreas A e B (Kruskal-Wallis, $p = 0,006$) (Figura 4), embora 100% das amostras coletadas nos embancamentos continham o tamanho do grão na escala de areia fina (Wentworth, 1922). Os valores de phi nos locais de embancamento no ano de 2012 variaram entre 2,66 e 2,37, em 2013 entre 2,54 e 2,29 e em 2014, o intervalo foi de 2,54 a 2,34. Durante o monitoramento, no fim do período quente de 2014, foi registrado em um dos pontos controle (EMA), um evento de deposição de lama, aonde o tamanho do grão em phi chegou a cerca de 5,75, classificando-o como silte médio. A partir desse evento de deposição de lama, até meados do período frio do ano de 2014, foi observada maior turbidez da água na área de estudo (área A) há cerca de 10 quilômetros ao sul do ponto de deposição de lama.

3.5. Declividade

A declividade do perfil de praia testada em relação às áreas A e B nos embancamentos não apresentaram diferenças significativas ($p = 0,595$). Também não houve diferença significativa ao longo dos anos (2012, 2013 e 2014) e sazonalmente (ANOVA, $p_{\text{ano}} = 0,535$, $p_{\text{sazonalidade}} = 0,533$). Observou-se, entretanto, que a declividade diminuiu ao longo do tempo. Os gráficos dos perfis topográficos realizados nos embancamentos estão dispostos no Apêndice A.

3.6. Composição, estrutura, densidade, diversidade e biomassa da fauna

A fauna dos embancamentos nos 3 anos amostrados foi composta 23 taxa pertencentes a 5 grandes grupos (Tabela 3, 4, 5). Aproximadamente 99% das taxa identificadas foram classificadas como Bivalvia, Crustacea ou Polychaeta (Tabela 3, 4, 5), entretanto uma pequena fração, cerca de 1%, foi classificada como Nemertea e Insecta. Considerando-se o total de organismos amostrados, o grupo dos poliquetas foi o mais abundante (Figura 5F), em virtude da contribuição de organismos pertencentes a família Spionidae no embancamento do primeiro evento de embancamento do período quente de 2012 onde cerca de 40.000 indivíduos foram encontrados (Figura 5A). Os bivalves contribuíram com aproximadamente 20% do total da abundância, mas foram os organismos mais representativos encontrados nos embancamentos, pois estiveram presentes em todos os eventos amostrados (Figura 5), sempre com elevada abundância, além de representarem a maior biomassa dentre os três grandes grupos.

Foram observadas similaridades e dissimilaridades quanto à sazonalidade (quente e frio), entre embancamentos, interanualmente e nas áreas amostradas. Através dos diagramas de nMDS (*non-Metric Multidimensional Scaling*) e da ANOSIM, a comunidade biológica apresentou um agrupamento dos embancamentos em relação a sazonalidade, período quente e frio ($p=0,001$, $R=0,701$) (Figura 6C e Figura 7), entre os anos ($p=0,001$, $R=0,719$) (Figura 6E) e em relação a área ($p=0,001$, $R=0,811$) (Figura 6B). Esse agrupamento dos distintos embancamentos é observado nas figuras 6B, C e D e figura 7, onde um grupo definido é destacado e esse pertencente ao primeiro embancamento de verão de 2012 e verão 2014, cuja composição biológica, constituída em muito pela alta abundância do poliqueta Spionidae, fica distinta dos outros embancamentos. Entretanto, não foi observada a formação de grupos consistentes quando

reunimos as amostras sazonalmente (períodos quentes e frios) e analisamos entre os anos e áreas ($p_{\text{ano}}=0,001$, $R_{\text{ano}}=0,383$; $p_{\text{área}}=0,001$, $R_{\text{área}}=0,050$) (Figura 6A e D).

A dissimilaridade explicada, através da análise SIMPER, indica a espécie que colaborou para diferenças entre as amostras e fatores avaliados. Dentre a fauna encontrada nos embancamentos, os bivalves *A. mactroides* e *D. hanleyanus*, os poliquetas *Euzonus(Thoracophelia) furcifera* Ehlers, 1897, uma espécie da família Spionidae, e o crustáceo *Excirolana armata* Dana, 1853 foram os que mais contribuíram para as diferenças entre os eventos, inclusive quando avaliados nos diferentes fatores, temporal e espacial. Na diferença espacial (entre as áreas), a espécie que colaborou com aproximadamente 70% para a diferença foi o bivalve *D. hanleyanus*, seguido do poliqueta Spionidae, o bivalve *A. mactroides* e o crustáceo *E. armata*. No que se refere à sazonalidade e interanualmente, o poliqueta Spionidae, os bivalves *D. hanleyanus* e *A. mactroides*, foram os que mais favoreceram para a dissimilaridade encontrada.

Quanto à diversidade de tamanhos dos migradores mareais (*A. mactroides*, *D. hanleyanus* e *E. brasiliensis*), pôde-se observar que as coortes dos diferentes eventos foram compostas por organismos de todas as classes (recrutas, juvenis e adultos)(Figura 8, Figura 9 e Figura 10). A maioria dos organismos são bivalves, na faixa etária de recrutas e juvenis. O aparecimento do decapoda *E. brasiliensis* ocorreu esporadicamente e em uma ordem de grandeza menor que os bivalves (Figura 8). Houve muitos eventos em que os bivalves alternaram sua ocorrência entre si. Quando registrada grande abundância de *A. mactroides*, os indivíduos da espécie *D. hanleyanus*, quando apareciam, tinham pequena abundância (Figura 9 e Figura 10).

Na análise de variância dessa estrutura da fauna (tamanho) dos embancamentos em relação ao tamanho dos organismos de maior abundância, representados pelos migradores

mareais: *A. mactroides*, *D. hanleyanus* e *E. brasiliensis*, houve diferenças significativas para a espécie *D. hanleyanus* nas fases juvenil e adulta quanto à sazonalidade (Figura 11A e C) (Kruskal-Wallis, $p_{\text{juvenil}}=0,027$, $p_{\text{adulto}}= 0,001$) e também na fase adulta interanualmente (Figura 11B) (Kruskal-Wallis, $p=0,015$). Sobre o bivalve *A. mactroides* somente foi encontrada variação significativa interanualmente na fase adulta (Kruskal-Wallis, $p = 0,031$) (Figura 11E). Os bivalves não apresentaram diferenças significativas temporais e espaciais na fase recruta. O decapode *E. brasiliensis*, (avaliado em recrutas/juvenis e adultos) mostrou diferenças sazonais na fase recruta/juvenil (Kruskal-Wallis, $p= 0,021$) (Figura 11D).

Verificou-se a variação interanual da densidade dos organismos (n° total de indivíduos/m²) nos embancamentos (Kruskal-Wallis, $p= 0,020$) (Figura 12A), que não ocorreu quanto à sazonalidade e entre as áreas (Kruskal-Wallis, $p_{\text{sazonal}}=0,070$, $p_{\text{área}}= 0,355$).

A diversidade, calculada pelo índice de Shanon-Wiener, apresentou variação sazonal (ANOVA, $p= 0.043$) (Figura 12B), mas não interanualmente e nem entre as áreas (ANOVA, $p=0.175$, $p=0.413$). Os valores de abundância da macrofauna ficaram entre 21 indivíduos até 40143 e a diversidade (Shanon-Wiener) encontrada entre 0,09 e 1,95 (Figura 13), sendo as maiores abundância registradas nos períodos quentes (com exceção da última amostragem do inverno de 2014) e a diversidade variável entre os períodos e anos.

3.6.1. Biomassa

No total, 545 indivíduos foram medidos e pesados das três espécies, dos quais cerca de 180 indivíduos corresponderam à espécie *Amarilladesma mactroides* (Figura 14 D, E, F), sendo 126 recrutas, 47 juvenis e apenas 7 adultos. Em torno de 320 indivíduos da

espécie *Donax hanleyanus* (Figura 14, A, B e C), 178 recrutas, 73 juvenis e 75 adultos. Quanto à espécie *Emerita brasiliensis* foram medidos 42 espécimes, 36 na fase entre recrutas e juvenis e 6 na fase adulta (Figura 14 G e H).

Com as análises, se obteve os valores dos critérios alcançados pelos sete modelos (Tabela 2). De acordo com os critérios estipulados, os modelos que apresentaram menores valores tanto do AIC quanto do CV foram selecionados e estão dispostos na Tabela 6 e Tabela 7. Entre os dois critérios de seleção escolheu-se utilizar o critério do AIC por ser mais comumente utilizado (Kéry, 2010). Os valores de biomassa estimados com e sem a concha estão descritos na Figura 15.

A biomassa dos migradores mareais nos embancamentos, obtida através de relações tamanho e peso, resultaram em diferenças de até duas ordens de grandeza. Foram registrados valores entre 450 e 2 gramas, que corresponderam ao segundo e último evento de embancamento, respectivamente (Figura 15). A estimativa de biomassa para os dois grupos (Bivalves e Decápoda) mostrou a participação dos bivalves em mais de 99% (Figura 16A). As diferentes classes de tamanho (recrutas, juvenis e adultos), os juvenis e adultos constituíram conjuntamente aproximadamente 92 % da biomassa e os adultos a maior parte do total encontrado (57%) (Figura 16B e Tabela 8). A biomassa analisada não mostrou diferenças significativas em relação ao tempo, ano e sazonalmente (ANOVA, $p_{ano}=0.126$ e $p_{sazonal}=0.249$).

3.7. Relações entre os parâmetros ambientais e biológicos

Na análise BIOENV (Clarke & Ainsworth, 1993) foram testados parâmetros ambientais para verificar qual/quais são os mais importantes para a composição biológica dos embancamentos. Os parâmetros que tiveram uma maior correlação foram Pressão atmosférica, Temperatura do ar, Intensidade do Vento de direção Norte, Índice de

deposição da praia (BDI) e Direção do vento de Sudoeste, respectivamente nesta ordem (Tabela 9).

A relação entre os fatores ambientais e a ocorrência ou não dos embancamentos foi analisada e o parâmetro que teve significância sobre os embancamentos, o índice de deposição da praia, o BDI (GLM, $p= 0.044$). Nessa análise a distribuição dos resíduos do modelo binomial aplicado está disposta na Figura 17.

4. Discussão

Os parâmetros ambientais obtidos nesse trabalho mostraram algumas variações temporais e espaciais que podem influenciar a fauna do ambiente entremarés de praias arenosas. As respostas a essas variações ambientais são refletidas nos embancamentos e pode-se inferir que algumas delas podem facilitar/provocar a ocorrência de embancamentos.

4.1. Frequência das frentes e parâmetros ambientais

A frequência dos sistemas meteorológicos não apresentou diferenças quanto à sazonalidade (período quente e frio) e entre os anos estudados, demonstrando que os sistemas que afetaram esse ambiente, ocorreram independentes do fator sazonal e interanual. Essa resposta, provavelmente está associada à pequena escala de tempo avaliada. Além de sazonal, apenas 3 anos de dados não foram suficientes para garantir variação, que já foi observada por outros autores (Ortega et al., 2013). Para a região estudada, a frequência das frentes aumenta no inverno (dentro do período frio) e vem aumentando ao longo dos anos, assim como a frequência dos ventos associados à elevação do nível do mar, ventos de S (Saraiva et al., 2003; Ortega et al., 2013). Quando avaliado, os dados de ventos (direção e intensidade) mostraram que cada sistema frontal

possuiu características únicas. Seus respectivos percentuais de direções e intensidades, no período de 3 dias após a passagem dos sistemas frontais, foram peculiares e dependeram apenas das condições físicas ambientais momentâneas, como a pressão atmosférica, as diferenças de temperatura do ar, etc. e não tiveram uma relação entre si.

Analisando esses eventos, mesmo não tendo diferença sazonal significativa, notou-se que a frequência de sistemas meteorológicos foi maior no período frio, entretanto a variação ambiental que esses sistemas geraram não era tão intensa como no período quente. As frentes frias que atuaram no período quente apresentaram maior variação da temperatura do ar, com um decréscimo acentuado e também alta intensidade dos ventos. No período frio, foi observado que as frentes frias além de terem sido mais recorrentes, praticamente não causavam alteração ambiental proeminente. Tal fato pode ser importante, tendo em vista o resultado de maior ocorrência de embancamentos no período quente.

Tendências de variações ambientais no âmbito meteorológico (Hoegh-Guldberg & Bruno, 2010; Dugan et al., 2010; Ortega et al., 2013) demonstram a preocupação com o aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos que atuam sobre o ambiente costeiro. Principalmente, para esse estudo, é importante notar os impactos negativos associados aos eventos meteorológicos e consequências para a fauna que fica exposta à ação dinâmica intensa (Yeo & Risk, 1979a;1979b). A relação dos fatores físicos, como ação de ondas, marés, etc., vem sendo estudada ao longo de muito tempo devido a sua interferência sobre a fauna do entremarés (McArdle & McLachlan, 1992; McLachlan et al., 1993; 1996; Posey et al, 1996; Defeo & Gómez, 2005; Yamanaka et al, 2010) e, com o aumento da intensidade desses fatores, pode ocorrer a mortalidade dessa fauna (Posey et al, 1996; Lima et al., 2000; Brazeiro, 2001; Thórarindsóttir et al., 2009;).

Os organismos do entremarés estão adaptados às oscilações diárias das marés (McLachlan & Young, 1982). Contudo, as maiores elevações do nível do mar que são associadas aos efeitos meteorológicos, possuem menor regularidade, ainda mais no período de Verão em que podem chegar a um intervalo de uma semana ou mais para ocorrerem (resultando em uma média de quatro eventos meteorológicos por mês) (Saraiva et al., 2003) o que também foi observado nesse presente estudo para o período quente. Tal fato traz alterações repentinas da temperatura, expondo esses animais a alguns fatores, como a dessecação (devido à elevada temperatura) (Ansell & McLachlan, 1980), predação (período de passagem de aves migratórias) (Coscarón, 1959), que favorece a importância e maior frequência dos embancamentos no período quente.

Além das ações diretas dos eventos de alta energia que causam a subida do nível do mar e provocam os embancamentos ocorrem consequências indiretas desses eventos (Posey et al., 1996). Representadas pela alteração das condições ambientais, como as características do substrato e o tamanho do grão, que são de extrema importância para esses organismos infaunais e significantes para sua ocorrência e sobrevivência (Posey et al., 1996; Knox, 2001; McLachlan & Brown, 2006). Nesse estudo, o resultado da variabilidade no tamanho médio do grão nas amostras de embancamentos, demonstra a exposição a que esses organismos são submetidos. Vários estudos mostraram a relação do tamanho do grão sobre a fauna das praias, sendo visto que o aumento do tamanho do grão diminui a riqueza, a densidade e biomassa da fauna (McLachlan et al., 1993; 1996; Lima et al., 2000; Soares, 2003; Defeo & McLachlan, 2005; Yamanaka et al., 2010). A diferença significativa do tamanho do grão entre as áreas (A e B) nos embancamentos mostrou que em apenas poucos quilômetros (2 km entre as áreas) de distância podemos ter condições morfodinâmicas distintas, representando maior ou menor grau de

exposição. Em nossos resultados, a variação desse parâmetro, demonstrou que o tamanho médio do grão na área B é um pouco maior (menor na escala de phi) e essa variação mesmo que pequena pode indicar que a área B sofre maior ação dinâmica. Tal fato não teve reflexo sobre a biota quanto à densidade e diversidade, já que essas não apresentaram diferenças significativas entre as duas áreas, mas pode ter influenciado na composição biológica, que apresentou significância e agrupamentos dos eventos de embancamento em relação às áreas. Variações da densidade interanualmente e a diversidade sazonalmente nos eventos dos embancamentos foram verificadas e podem estar associadas a oscilações da fauna devido aos fatores biológicos.

Diferenças no tamanho médio do grão entre os embancamentos foram decorrentes da diferença desse parâmetro entre as áreas e não temporalmente, já que não houve significância temporal. Essa variabilidade espacial pode significar distintas intensidades dos fatores físicos trazidas pelos eventos meteorológicos atingindo diferentes porções da praia. Além de cada evento meteorológico ter tido sua característica única quanto à duração e intensidade dos ventos, isso também refletiu no sedimento que não apresentou variabilidade temporal (sazonalmente e interanualmente). Isso pode ter contribuído para a resposta não significativa da variação da declividade do perfil praial (*Slope*), em sua relação temporal (entre os embancamentos, sazonalmente e interanualmente). Embora não tenhamos uma relação temporal, observaram-se variações da declividade ao longo dos eventos, que diminuiu conforme a ocorrência de eventos de alta energia, também observado por Ortega e colaboradores (2013), mesmo em outra escala temporal. Essas alterações decorrem da atuação de eventos de alta energia, os quais geralmente provocam erosão (Machado et al., 2010; Calliari et al., 2010), alterações no tamanho do grão (Posey, 1996), como observado para esse estudo, acarretando consequências negativas

para a biota, especificamente para a fauna do entremarés (Posey et al., 1996; Alves & Pezzuto, 2009).

Nesse presente estudo foi importante observar as condições físicas do ambiente para compreender o comportamento e disposição desses animais para ocorrerem nos embancamentos. Nesta lógica, o índice de deposição da praia (BDI), teve contribuição significativa para a ocorrência dos embancamentos. Esse índice já mostrou sua importância com a relação à fauna do entremarés onde há um decréscimo do número de espécies, abundância e densidade, com o seu aumento (McLachlan & Dorvlo, 2005; Yamanaka et al., 2010). De igual forma, nesse estudo verificou-se a contribuição do BDI como um importante indicador na ocorrência de embancamentos, demonstrando uma relação positiva entre o aumento do BDI e as chances de ocorrer embancamentos.

4.2. Composição, diversidade, densidade, biomassa, abundância e estrutura da fauna

A fauna dos embancamentos apresentou, ao longo dos eventos, distintas composições, as quais podem ser resultado de variações espaço/temporal naturais da fauna residente ou devido aos efeitos dos eventos extremos, fato difícil de determinar (Hughes et al., 2009). Os principais grupos que ocorreram, seguindo sua importância para os embancamentos, foram os bivalves, os crustáceos, os poliquetas e outros (Nemertea e Insecta) representando os invertebrados mais abundantes das praias (McLachlan & Brown, 2006). Na composição da fauna dos embancamentos, houve maior diversidade de crustáceos, entretanto, maior abundância, densidade e biomassa dos bivalves. Com relação à estrutura da fauna, quanto ao tamanho dos organismos (os bivalves *A. mactroides* e *D. hanelyanus* e o decapoda *E. brasiliensis*) a maior participação em número foi dos recrutas e juvenis.

Quanto à biomassa, o maior percentual foi dos bivalves, adultos e juvenis, respectivamente. Isso se deve ao fato de que os bivalves, *D. hanleyanus* e *A. mactroides*, foram encontrados em altas abundância/densidades em quase todas as amostras de embancamentos, os tornando os organismos dominantes. Essa elevada contribuição para os embancamentos é devida à disponibilidade desses animais, já que são os principais invertebrados que habitam o entremarés das praias arenosas e realizam as migrações (McLachlan & Brown, 2006).

Para estimar a biomassa da macrofauna, vários trabalhos, apenas utilizam a função empírica da potência ($W = al^b$) para a relação tamanho e peso (Defeo et al., 2001; Defeo & Cardoso, 2002; Defeo et al., 2003; Bradbury et al., 2005), e os parâmetros a e b são estimados através de regressão linear do logaritmo aplicado ao peso e ao tamanho (van der Meer et al., 2005). Essa equação é aplicada para todos os organismos, tanto da meiofauna quanto da macrofauna, além de ser aplicada para todas as fases de vida do animal. Poucos trabalhos abordam a relação alométrica da fauna do entremarés (Jaiswar & Kulkarni, 2002), explorada no presente estudo. Os modelos obtidos para as relações alométricas dos bivalves *D. hanleyanus*, *A. mactroides* e o decápode *E. brasiliensis*, mostraram que para determinadas fases de vida dessas espécies o modelo da potência, que é comumente utilizado, não é o modelo que melhor se ajusta a todos os dados. Isso ficou claro para as fases juvenis de *E. brasiliensis* e *D. hanleyanus* onde o modelo polinomial de grau 3 foi o que melhor se ajustou. Esse resultado demonstra que na fase inicial de vida desses animais, podemos ter o ajuste potencial adequado, mas para as outras fases (juvenil e adulta) seria importante a verificação da melhor função para estimar o peso. Para os adultos de *A. mactroides* e *E. brasiliensis*, seria necessário aumentar o número de amostras para que a análise seja considerada mais adequada mas,

os resultados mostraram que nessa fase o modelo potencial também não se mostrou tão favorável. Mesmo com algumas divergências quanto ao melhor modelo os resultados do presente estudo se mostraram coerentes quando comparados a estudos realizados na mesma região. Bergonci (2005) utilizou o modelo da potencia para todas as fases de vida de *A. mactroides* e os parâmetros do modelo ($\text{Peso_total} = 6.5310 \cdot 5 \cdot \text{Tamanho}^{2.956}$) foram muito próximos dos encontrados no presente estudo.

A biomassa dos migradores mareais encontrados em embancamentos ainda não foi estudada e sua estimativa mostra uma importante informação para o entendimento de como os fatores físicos podem alterar, favorecer e/ou facilitar a exposição desses migradores à predação e a condição de estresse físico acerca da dessecação, podendo provocar sua mortalidade, fato observado em amostragens. Ao longo dos eventos de embancamentos, a biomassa não resultou em caracterização temporal (sazonal e interanual) e espacial (entre as áreas). Esse fato reflete, possivelmente, da alta variabilidade que esses organismos possuem no entremarés (Gianuca, 1985), e a consequência da sua disponibilidade para ocorrerem nos embancamentos. Estudos recentes apontam variações da biomassa em diferentes condições morfodinâmicas, demonstrando alta biomassa em praias dissipativas (Defeo & McLachlan, 2013), como é o caso da praia do Cassino. A maior contribuição da biomassa observada foi devido aos bivalves *D. hanleyanus* e *A. mactroides* (juvenis e adultos), que apresentaram elevada biomassa e alta abundância em dois verões, de 2012 e 2014. Basicamente, a biomassa dos embancamentos foi constituída por essas duas espécies de bivalves.

Os poliquetas constituíram uma parte importante, principalmente no primeiro embancamento do período quente de 2012 na área B, onde foram encontrados cerca de 40.000 indivíduos da mesma espécie, pertencentes a família Spionidae. Altas densidades

dos indivíduos dessa família são encontradas e podem estar relacionadas à presença de sedimentos finos e alto teor de matéria orgânica (Posey et al., 1996; Sola & Paiva, 2001; Defeo & Lercari, 2004; Manning et al., 2014). A sua principal contribuição foi limitada a esse primeiro evento, e posteriormente, o poliqueta foi registrado com abundância muito menor (cerca de duas ordens de grandeza). Logo, a presença dos poliquetas não foi uma característica marcante e constante nos embancamentos, diferentemente dos bivalves.

Além das questões físicas do ambiente, os fatores biológicos são importantes principalmente em praias dissipativas (Bazeiro, 2001; Defeo et al., 2001; Defeo & McLachlan, 2005) como em certos locais da praia do Cassino. A respeito disso, Brazeiro (2001) discute a hipótese da multicausalidade, ou seja, a interação entre os fatores físicos e biológicos determinando a condição biológica apresentada, o que se acredita ter ocorrido para esse estudo.

Sobre os fatores biológicos, temos relações entre as espécies que habitam o mesmo ambiente. Os migradores mareais, os bivalves *D. hanleyanus* e *A. mactroides* e o decapoda *E. brasiliensis*, observados nos embancamentos, são espécies simpátricas (Fiori & Defeo, 2006, Bergonci & Tomé, 2008) e possuem recursos para o controle de altas densidades e sucesso do recrutamento, através do mecanismo de denso-dependência entre juvenis e adultos (Defeo et al., 1992b; Lima et al., 2000; Marsden, 2002). Esses fatores biológicos colaboram para as variações temporais (sazonais e interanuais) e espaciais dos migradores mareais em distintos estágios de vida (Gianuca 1983; Defeo et al, 1992b; Brazeiro & Defeo, 1996; Lima et al., 2000) refletidas nos embancamentos, e por isso observamos as flutuações na abundância e quanto às classes de tamanho encontradas. Conseqüentemente, as análises quanto à densidade mostraram variações significativas entre os anos estudados assim como também a diversidade dos organismos encontrados.

Outro ponto importante nesse estudo foi a presença marcante dos indivíduos de menor tamanho. Nos diferentes eventos de embancamentos, os bivalves *D. hanleyanus* e *A. mactroides*, apresentaram variações sazonais e interanuais nas fases de juvenil e adulta e o decapode *E. brasiliensis*, que ocorreu em baixíssimas densidades, também demonstrou variação sazonal na fase de recruta/juvenil. Os bivalves, não apresentaram variações significativas temporais no estágio de recruta e foram registrados em quase todas as amostras, na maioria delas alternando entre si. A presença desses indivíduos menores (recrutas) foi tão comum que podemos supor a hipótese da alta susceptibilidade aos eventos extremos, já que ocorreram em muitos embancamentos (Coscarón, 1959; Gianuca, 1983; Defeo et al., 2001). Outro ponto que fomenta essa hipótese é sua posição no interior do substrato. Como são indivíduos pequenos de 1 a 5 milímetros, permanecem nos primeiros centímetros do sedimento, favorecendo a disponibilidade para serem lançados aos embancamentos com a dinâmica dos eventos de alta energia. Devido a essa susceptibilidade, os recrutas possuem alta mortalidade relacionada também aos fatores estocásticos (Lima et al., 2000). Diferentemente dos bivalves, a espécie *E. brasiliensis* não apresentou alta susceptibilidade por ter alta capacidade locomotora e natatória, muito maior que os bivalves (Trueman, 1970; Cansi, 2007), mesmo que tenham indivíduos menores dessa espécie, como os machos, e esses sejam mais vulneráveis que as fêmeas (Defeo et al, 2001).

Defeo e colaboradores (2001) apresentaram uma relação a respeito da sobrevivência dos organismos que pode ser dependente do tamanho. Esses organismos menores, como mencionado, encontram-se localizados mais superficialmente no substrato e são mais susceptíveis ao transporte pela ação das ondas. Nesse mesmo aspecto, Gianuca (1985) referiu-se como migradores mareais apenas aos bivalves nas fases de recrutas e juvenis,

pois, em suas observações, os adultos não efetuavam as migrações como os recrutas, e isso pode ser relacionado à fragilidade quando expostos a ação dinâmica.

Durante esse estudo, para averiguar a disponibilidade dos organismos maiores, em diversos períodos foi verificada a ocorrência deles na região do entremarés. Em virtude de não ter ocorrido embancamentos no período frio de 2012, foi verificado o entremarés das áreas amostrais no período frio de 2013 e encontrados bivalves tanto na fase juvenil quanto na fase adulta (entre 35 e 46 mm) da espécie *A. mactroides*. Os adultos foram encontrados a aproximadamente 50 cm no interior do substrato e, na mesma região, os recrutas (de 2 a 5mm) dessa mesma espécie, estavam dispostos superficialmente (de 5 a 10 centímetros) no sedimento. Coscarón (1959) e Gianuca (1985) também observaram indivíduos adultos da espécie *A. mactroides* abaixo dos 40 cm no interior do substrato. Nesse contexto, fica cada vez mais evidente a susceptibilidade dos organismos menores e a não necessidade da migração de indivíduos adultos em razão desses organismos buscarem a estabilidade adentrando no substrato.

Segundo Berry e colaboradores (2013), alterações no ambiente praial podem ultrapassar a capacidade de resiliência da biota, de forma que modifique as respostas biológicas, resultando na depleção e/ou substituição de espécies (Dobbs & Vozarik, 1983; Posey et al., 1996). As praias são vulneráveis a alterações ambientais (McLachlan, 1983; Ortega et al., 2013; Dugan et al., 2010; Harris et al., 2015), inclusive em eventos extremos, como tempestades que afetam diretamente a biota (Coscarón, 1959; Lima et al., 2000; Defeo et al., 2001; Thórarindsóttir et al., 2009; Ortega et al., 2013).

Os distúrbios causados pelas tempestades podem influenciar a composição das espécies (Posey et al., 1996). A pressão atmosférica, temperatura do ar, intensidade do vento de N, o índice de deposição da praia, o BDI e a frequência da direção do vento de

SO, foram importantes e estiveram relacionados à composição biológica encontrada nos embancamentos. Nesse sentido, os animais do entremarés possuem alteração em seu comportamento frente a baixas temperaturas, pois migram quando enfrentam tais condições (Defeo, 1996; Mieszakowska et al., 2010). Visto isso, a intensidade dos ventos da direção N, frequentes no período de verão (dentro do período quente) para nossa costa (Krusche et al., 2002), provocam a retração do nível do mar influenciando também o comportamento migratório. Assim como a intensidade dos ventos de N, a frequência dos ventos de SO está associada ao aumento do nível do mar (Calliari et al., 1998; Saraiva et al., 2003). A variação da pressão atmosférica está associada à passagem das frentes frias (Nobre et al, 1986) e também ocasiona as elevações e retrações do nível do mar. Sabe-se inclusive que as baixas pressões provocam instabilidade atmosférica e favorecem a precipitação (Nobre et al., 1986). Esses parâmetros acima citados que possuem relação com a composição da fauna embancada, podem provocar o estímulo migratório e favorecerem ou não a ocorrência dos organismos nos embancamentos, por ocasionarem, além disso, elevações do nível do mar ou alterações nas características do substrato.

A contribuição para a ocorrência dos embancamentos no período quente está, provavelmente, relacionada ao comportamento da fauna que fica mais exposta no período mais quente do ano do que no mais frio. Cita-se o caso da migração de *A. mactroides*, que habitam regiões mais altas da praia (sentido mesolitoral) no verão (dentro do período quente) e em zonas mais baixas (sentido infralitoral) no inverno (dentro do período frio) (Coscarón, 1959; Olivier & Perchazadeh, 1968; Gianuca 1983; Defeo et al, 1992; Bergonci & Tomé, 2008) além de se enterrarem mais profundamente no substrato no inverno (dentro do período frio) (McLachlan, 1996).

5. Conclusão

Através desse estudo, reafirmou-se a importância dos eventos atmosféricos e suas consequências para a fauna da praia. Após a passagem de sistemas meteorológicos e ocorrência de embancamentos, houve variações significativas dos parâmetros físicos. Ainda nesse aspecto, em muitas situações houve a diminuição do valor da declividade da praia (*Slope*), o índice de deposição da praia (BDI) aumentou e apresentou relação com a ocorrência de embancamentos. Além disso, o tamanho do grão, ítem de extrema importância para a macroinfauna, mostrou variações espaciais.

A biomassa mostrou a importância dos bivalves nos embancamentos que corresponderam com mais de 99 %. Dentre eles, os adultos e juvenis foram os mais importantes.

Para a estimativa do melhor modelo, seria importante aumentar o número de organismos em cada faixa de tamanho. Os organismos adultos da espécie *A. mactroides* e *E. brasiliensis* tiveram um número amostral muito limitado e isso traz incerteza sobre a generalização do modelo. No entanto, as equações obtidas nesse estudo podem ser utilizadas em estudos futuros acerca de biomassa e produtividade desse ambiente.

As variações dos parâmetros físicos refletiu o grau de energia que os eventos extremos trouxeram, e cada evento meteorológico possuiu sua característica independentemente ao fator temporal. Essas alterações ambientais que a fauna do entremarés está exposta, em determinadas condições, podem causar a mortalidade por efeito dos embancamentos.

Esses embancamentos foram marcados pela presença de organismos menos ágeis que ficaram mais expostos à ação turbulenta do entremarés, representados em sua maioria pelos recrutas dos bivalves, que exibiram elevada abundancia.

**CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DOS EFEITOS DE
DIFERENTES NÍVEIS DE UMIDADE NA SOBREVIVÊNCIAS DE
BIVALVES DO ENTREMARÉS**

1. Introdução

Praias arenosas são ambientes amplamente distribuídos, se encontram em todas as latitudes e ao longo de todos os continentes (McLachlan & Brown, 2006). Com alta riqueza biológica (McLachlan & Brown, 2006), as praias, faixas transicionais entre o continente e o oceano, contam com características desses dois extremos tornando esse ambiente único (Schlacher et al., 2014). Por ser um ambiente exposto a vários fatores físicos, como ondas, marés, correntes e a ação dos ventos, sofre as alterações desses agentes e, por conta disso, a infauna do entremarés muitas vezes se torna vulnerável a mudanças ambientais (Posey et al., 1996).

Em consequência à característica de algumas praias apresentarem maior grau de exposição às ondas, processos estocásticos podem ser frequentes e eventos de alta energia, como frentes frias e ciclones, podem alterar as características desse ambiente (Hoegh-Guldberg & Bruno, 2010; Ortega et al., 2013). Tal fato favorece que a infauna do entremarés fique exposta a uma série de estressores ambientais que podem ameaçar a sua sobrevivência. (Defeo et al., 2001). Mesmo que possua uma série de adaptações (Ansell & Trevallion, 1969), ela pode sofrer mortalidades em virtude da intensidade do estresse, como o efeito direto das tempestades que os transportam a regiões aos quais ela não está adaptada a permanecer por muito tempo. Tais processos são conhecidos como embancamentos (Coscarón, 1959; Barbosa et al., 2012). Esses são fenômenos causados pela elevação do nível do mar, onde os organismos da faixa do entremarés são transportados ativa ou passivamente a uma região mais elevada da qual habitam, ficando aprisionados

Embora os animais possam permanecer abaixo da superfície, escavando o substrato e diminuindo sua exposição à dessecação (McLachlan & Brown, 2006), observações sobre

os embancamentos mostram alta debilidade e os perigos que a dessecação pode provocar nesses organismos podendo inclusive leva-los a mortalidade (Knox, 2001).

A habilidade dos organismos sobreviverem em condições estressantes, como a dessecação, foi verificada em vários estudos (Newel, 1979) e dentre esses, realizados em sua maioria nos costões rochosos, foi constatado que os organismos dispostos mais em regiões mais superficiais, isto é, mais expostos a interface ar/mar, possuem maior capacidade de sobreviverem à dessecação, registrando sobrevivência por meses (Newell, 1979). Foram encontradas relações e correlações da zonação desses organismos com sua habilidade de suportar tal estresse (Newell, 1979). A zonação é óbvia em costões rochosos (Knox, 2001) e reflete a capacidade dos organismos em suportar vários estressores, tal como a dessecação. Embora menos claro, os organismos das praias arenosas também estão dispostos em um padrão de zonação (Dahl, 1952; Salvat, 1964) que os dispõem segundo suas adaptações (Ansell & Trevallion, 1969).

Ainda nesse aspecto, existem evidências sobre diferentes zonações influenciadas pelo tamanho dos animais (Bowman & Dolan, 1985; Gianuca, 1985; Jaramillo et al., 1993; Defeo et al., 2001) e suas distribuições quanto ao conteúdo de água no interior do sedimento (Jaramillo et al., 1993).

Além da característica acerca da zonação, os animais do entremarés de praias arenosas podem recorrer a migrações e ao escavamento do substrato, diminuindo o efeito da dessecação (McLachlan & Brown, 2006). Embora existam chances da mortalidade ocorrer, esses hábitos asseguram maior resistência (Ansell & Trevallion, 1969). A ação de tempestades, eventos esporádicos de curto prazo, podem causar alterações momentâneas no comportamento dos animais visando aumentar as suas chances de

sobrevivência (Brown, 1996), como por exemplo, migrações para o infralitoral, ou o enterramento ao invés de acompanhar a elevação das marés.

Os trabalhos sobre ecologia das praias arenosas vêm abordando várias questões a respeito dos processos físicos e suas consequências sobre a zonation, a riqueza e densidade da biota (McArdle & McLachlan, 1992; McLachlan, 1983; Defeo et al., 2003 ; Defeo & Gómez, 2005; Defeo & McLachlan, 2005), inclusive apontando sobre a importância da realização de experimentos (McArdle & McLachlan, 1992; Brazeiro, 2001) que busquem entender melhor essas questões. Nesse sentido, há o questionamento sobre quais os efeitos acerca da dessecação que os embancamentos ocasionam e se existe uma alteração comportamental (escavação) da fauna embancada.

Com isso, motivou-se a realizar esse experimento a respeito do comportamento e sobrevivência dos bivalves habitantes da região do entremarés, quando submetidos a diferentes condições de umidade no substrato, simulando as condições dos embancamentos. Em consideração a isso é importante entender quais condições se tornam estressantes e quais realmente podem provocar mortalidade, assim como verificar alterações comportamentais frente a diferentes condições em que ficam expostos, como distintos níveis de umidade.

2. Material e Métodos

Para a realização dos experimentos, efetuou-se a coleta de 45 indivíduos da espécie *Amarilladesma mactroides* e 72 indivíduos da espécie *Donax hanleyanus*, coletados na Praia do Cassino, localizada no extremo sul do Brasil (32.3898°S e 52.25694°W e 32.2715°S e 52.1926°W (Figura 1). Os experimentos foram realizados em julho (*A. mactroides*) e novembro (*D. hanleyanus*) de 2014. Foram coletados indivíduos da espécie *A. mactroides* com aproximadamente 4,3 cm (centímetros) de comprimento total, estando

dentro da faixa de 3,33 a 6,1 cm, isto é, entre juvenis e adultos (Figura 14). Os organismos coletados da espécie *D. hanleyanus*, pertenceram à classe dos juvenis e ficaram entre 1,15 e 1,73 cm. Todos os organismos coletados foram mensurados com o auxílio de um paquímetro com precisão de 0,01mm.

No mesmo local onde os espécimes para os experimentos foram obtidos, coletou-se também sedimento e água para utilização nos experimentos. O sedimento foi processado, filtrado em malha de 500µm (micrômetros) para retirar todo e qualquer organismo da macrofauna do sedimento, evitando interferência sobre os resultados. A água foi mantida no mesmo ambiente do experimento com a finalidade de estar na mesma temperatura. Durante o experimento para as trocas de água dos aquários, a mesma era diluída quando necessário para permanecer a mesma salinidade inicial ou ter a mínima variação possível.

Para simular as diferentes condições de umidade encontradas em um embankamento, foram utilizados 9 aquários (25 x 40 x 5 cm, profundidade x altura x largura em centímetros)(Figura 18) cada um deles continha um espaço lateral (5 x 5 x 40 cm) (Figura 18) separado do restante do aquário por uma malha 210 micrômetros de poro, elaborada com o objetivo de separar a água do sedimento e facilitar a troca e controle do nível de água. Os aquários foram montados com uma quantidade de sedimento suficiente para o preenchimento de aproximadamente 34 centímetros de altura. Em todos os aquários foi adicionado água do mar, até o nível de 6 centímetros acima da coluna de sedimento (Figura 18). Foram realizados dois experimentos separados, um para cada espécie. Os bivalves *A. mactroides* foram dispostos aleatoriamente, 5 organismos em cada aquário, e 8 indivíduos para a espécie *D. hanleyanus*. Os aquários eram oxigenados por 4 mangueiras dispostas sob o volume de água no espaço lateral, que ficava separado do restante do aquário (Figura 19).

No experimento da espécie *A. mactroides*, após a coleta e montagem dos aquários, os organismos foram mantidos sobre as mesmas características observadas no campo, Temperatura (23°), Salinidade (30) e fotoperíodo (12L:12E), constantes por aproximadamente 38 horas para sua aclimatação. Posteriormente, iniciou-se o processo de simulação das diferentes condições de umidade no substrato. Para isso, retiraram-se pequenas alíquotas de água (com 3 horas de intervalo) dos aquários que iriam sofrer a redução do nível de água em um período de 8 horas, até os aquários alcançarem as diferentes condições de umidade. O experimento consistiu em três réplicas de diferentes níveis de umidade. Três aquários continham a mesma quantidade de água inicial (Tratamento Controle = Tratamento 3), com água 6 cm acima da coluna de sedimento, 3 aquários com água em cerca de 7 centímetros abaixo da coluna de sedimento (Tratamento Intermediário = Tratamento 2) e 3 aquários com água em cerca de 31 cm abaixo da couda de sedimento (Tratamento Embancamento = Tratamento 1), representando respectivamente o nível da maré e lençol freático (Figura 19).

Nessas condições os indivíduos foram mantidos durante oito dias, período escolhido devido ao maior intervalo médio registrado entre eventos extremos (Saraiva et al., 2003) simulando o período em que o organismo ficaria exposto em um embancamento. As condições de temperatura oscilaram durante a realização do experimento entre 23° e 25°C, e a salinidade entre 27 e 35. Foi realizada troca de água a cada 2 dias, para evitar o acúmulo de compostos nitrogenados, resultando em 3 trocas de água durante o experimento. A água utilizada era a própria água do mar coletada conjuntamente com os organismos e mantida sob a mesma temperatura do local do experimento. Para os aquários com a condição de embancamento, foram adicionados alíquotas de água do mar diluída, quando a lâmina de água de 3 cm sofria evaporação. A água resultante era

mensurada para permanecer próximo da salinidade obtida em campo e evitar a hipersalinização.

Durante os oito dias, os indivíduos mortos encontrados na superfície foram registrados e retirados dos aquários para evitar a produção excessiva de matéria orgânica.

Assim como para o bivalve *A. mactroides*, foram realizados os mesmos procedimentos citados acima para a espécie *D. hanleyanus*. Nesse último a temperatura foi mantida em torno de 20°C sem variação, já a salinidade variou entre 25 a 30.

Em ambos os experimentos, após o término dos oito dias, os indivíduos foram registrados quanto a suas condições, seu estado, se vivos ou mortos e seu comportamento, avaliado quanto à profundidade onde foram encontrados no substrato. Essa profundidade era calculada a partir do início da coluna de sedimento até encontrar qualquer parte da estrutura dos organismos.

Os dados foram analisados através de análises de variâncias (ANOVA, $p < 0.05$), em relação ao percentual de sobrevivência e profundidade nas quais os indivíduos se encontravam, levando em consideração o seu tamanho. Quando necessário houve a realização da análise de Post Hoc (Tukey), para verificar a contribuição das variações. Para a aplicação das análises de variância foram efetuados os testes dos pressupostos quanto à normalidade, homocedasticidade e independência, aplicando-se os testes de Shapiro-Wilk, Levene e Durbin-Watson, respectivamente. Quando os pressupostos não foram obedecidos mesmo após as transformações, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis.

3. Resultados

No experimento relativo a *Amarilladesma mactroides*, com relação à sobrevivência, para o período avaliado (8 dias), não houve variação significativa ($p=0,143$) nos diferentes tratamentos 1, 2 e 3 (Tratamento Embancamento = Tratamento 1, Tratamento

Intermediário= Tratamento 2 e Tratamento Controle = Tratamento 3) (Figura 20B). Houve diferença significativa da sobrevivência em relação à profundidade ($p=0,038$), e quanto ao tamanho e profundidade, em conjunto ($p=0,026$)(Figura 20D).

Com relação ao comportamento desses organismos, houve diferença significativa no que concerne à profundidade (comportamento de escavação) em que eles foram encontrados nos diferentes tratamentos ($p<0,05$). O teste de Post Hoc (Tukey) revelou que entre os tratamentos 1 e 2 e 1 e 3, há diferença significativa ($p=0,001$ e $p<0,05$, respectivamente), mas não há diferença significativa entre 2 e 3 ($p=0,999$).

Os indivíduos se encontraram entre as profundidades de 1 cm e 11 cm (centímetros) da superfície do sedimento, na condição de embancamento, entre 5 e 13.5 cm para a condição intermediária e entre 5.8 e 12.2 cm para a condição controle. A moda (valor mais frequente) da profundidade para os tratamentos 1, 2 e 3 foi 4.5, 11 e 8 cm, respectivamente e o tamanhos dos organismos entre 3,33 e 6,1cm, sendo a moda de 4,27 cm, representando tanto indivíduos juvenis quanto adultos (Tabela 11).

No experimento do *Donax hanleyanus*, houve variação significativa na sobrevivência dos organismos em relação aos tratamentos (ANOVA, $p=0.001$)(Figura 20A). Foi aplicado o teste de Tukey aos resultados de sobrevivência em relação aos tratamentos e obteve-se diferença significativa entre os tratamentos 1 e 2, e 1 e 3 ($p=0,026$, $p=0,004$, respectivamente)(Tabela 10)

Com relação a profundidade, no que se refere aos tratamentos, houve variação significativa (Kruskal Wallis, $p=0,028$)(Figura 20C).

Os organismos se alojaram entre 0 e 1,5 cm (da superfície) para o Tratamento 1, de 0 a 4 cm para o Tratamento 2 e de 0 a 5 cm para o Tratamento 3. A moda das profundidades para os tratamentos, 1, 2 e 3 foram 0, 0, e 0,8, respectivamente. Como o

tamanho dos organismos não tiveram uma representatividade de diferentes classes, o maior valor registrado foi 1.73 e menor 1.15 cm, e a moda do tamanho foi de 1.44 cm. A análise do seu comportamento em relação ao tamanho foi desconsiderada (Tabela 12).

4. Discussão

Os experimentos realizados demonstraram diferenças tanto na sobrevivência como no comportamento dos bivalves. No que se refere ao *Amarilladesma mactroides*, uma das respostas foi a sobrevivência em relação ao tamanho dos organismos. Os organismos maiores conseguiram nesse experimento, além de suportar o estresse de baixa umidade, também se estabelecer em maior profundidade no substrato. A questão sobre a relação entre sobrevivência e tamanho dos organismos já foi relatada por diversos autores (Coscarón, 1959; Foster, 1971; Wallace, 1972; McQuaid, 1982; Defeo et al., 2001), que inclusive constataram maiores chances de organismos maiores resistirem à dessecação (Foster, 1971; McQuaid, 1982).

Para sobreviverem em condições extremas como a dessecação, as espécies desenvolveram habilidades comportamentais, tais como as migrações e a escavação no substrato (McLachlan & Brown, 2006). O comportamento dos organismos escavadores os qualifica a tolerarem ambientes com alto grau de estressores ambientais (McLachlan & Brown, 2006), embora sua capacidade de escavação dependa do teor de saturação de água no sedimento, isto é, os organismos têm maiores dificuldades em realizar escavação em regiões mais secas (Ansell & Trevallion, 1969). A manutenção em seu ambiente natural se deve também ao comportamento migratório (Manning & Lindquist, 2003; McLachlan & Brown, 2006; Eckersley & Scrosati, 2012), que está ligado diretamente aos mecanismos de rápida escavação e enterramento da fauna (Ansell & Trevallion, 1969). Conjuntamente, pode ser estimulado com o aumento no grau de agitação mecânica das

ondas, facilitado pelo aumento na liquefação do sedimento e diminuição do tixotropismo (Ansell & Trevallion, 1969; Newell, 1979). As migrações, apesar de terem um elevado gasto energético, proporcionam vantagens, como maior disponibilidade de alimento e proteção à predação (Ansell & Trueman, 1973). A opção do escavamento no substrato é uma alternativa para que os animais não fiquem expostos e não excedam o gasto energético da submersão e enterramento a todo instante, principalmente quando ocorre a baixa maré, garantindo sua sobrevivência (Ansell & Trueman, 1973).

Em nossos resultados, quanto a espécie *Amarilladesma mactroides*, o comportamento de escavação dos indivíduos também favoreceu maior sobrevivência frente à diminuição de umidade. Não tão evidentemente, pois não houve variação significativa na sobrevivência em relação aos tratamentos o que foi devido à alta sobrevivência encontrada na condição de embancamento.

Interessante notar a resistência que esses organismos demonstram frente ao estresse a que ficaram expostos. Algumas espécies podem apresentar a retenção de líquido ao redor do manto entre as conchas, permanecendo assim muito tempo expostos (Newell, 1979; Knox, 2001; McLachlan & Brown, 2006). Para sobreviverem à dessecação, biologicamente, esses organismos devem suportar o aumento de compostos metabólicos, reduzir a permeabilidade da água em seu epitélio, osmorregular o conteúdo intracelular, resistir a críticos períodos por falta de nutrição e de trocas gasosas, que podem ser realizadas por meio da respiração anaeróbica (Hand & Menze, 2007). A exposição a esses elementos ainda apresentam outras consequências negativas, como a perda de peso e o decréscimo em sua taxa de crescimento (Newell, 1979; Manning & Lindquist, 2003). Por outro lado, essa exposição pode induzir a plasticidade, através de alterações comportamentais, como o enterramento, permitindo que eles se adaptem e estejam mais

preparados para eventos adversos, resultando em um efeito positivo (Brown, 1996; Bertness & Leonard, 1997).

Em observações nos locais de embancamentos do presente estudo, as condições notadas foram bastante agressivas, pois além do estresse representado pela baixa umidade do sedimento, tem-se a alta variação da temperatura, a insolação, o vento (diminuindo o teor de umidade e ocasionado deposição dos grãos sobre os organismos enterrados), a predação, entre outros fatores que favorecem a mortalidade desses animais, mesmo que possuam ótimas estratégias para sobreviver. Todos esses aspectos não foram testados no experimento devido à dificuldade de representá-los em laboratório, todavia em campo consegue-se notar todos esses fatores que podem acelerar o processo de mortalidade, não podendo, portanto, desconsiderá-los. Nesse trabalho, observou-se que a espécie *Amarilladesma mactroides*, nas fases juvenil e adulta, somente o estresse da falta de umidade pôde os manter por mais de 8 dias, com aproximadamente 80% de sobrevivência na pior condição estipulada.

Respostas quanto à sobrevivência relativas às diferentes classes de tamanhos da espécie *Donax hanleyanus* não puderam ser avaliadas em virtude de todos os indivíduos coletados dessa espécie pertencerem à mesma faixa de tamanho, todos da classe juvenil. Logo, para a análise da sobrevivência em relação ao tamanho dos organismos seria importante avaliar diferentes estágios (recrutas, juvenis e adultos), que não foi possível para essa espécie, tendo em vista a dificuldade de se encontrar os organismos em diferentes estágios dos utilizados no presente estudo. No entanto, mesmo com uma mínima variação nos tamanhos, houve resposta quanto à profundidade em que esses organismos permaneceram dentro do substrato, a qual se observou no campo nos embancamentos desses bivalves, onde temos maior percentual de ocorrência de

organismos menores encontrados em menor profundidade (Coscarón, 1959), fazendo com que esses fiquem mais expostos a dessecação e predação diminuindo as chances de sobrevivência. Observou-se também que os organismos do grupo Controle conseguiram migrar a estratos mais profundos do sedimento, por contarem com maior tempo na condição de saturação de água, estando em um ambiente com menor tixotropismo, favorecendo essa resposta.

Os resultados obtidos para essa espécie mostraram variação de sobrevivência quanto aos tratamentos. Na faixa de tamanho avaliada (juvenis) houve maior percentual de mortalidade na condição de embancamento (aproximadamente 50%), e no tratamento controle todos os indivíduos sobreviveram.

Tal fato mostra uma importante comparação para o que ocorre no ambiente, em que organismos menores ficam mais suscetíveis à mortalidade devido à dessecação e isso corrobora com estudos que avaliaram a questão da zonação ser dependente do tamanho dos organismos e a questão da fragilidade dos indivíduos menores à dessecação (Foster, 1971; Wallace, 1972; McQuaid, 1982; Defeo et al., 2001). Os trabalhos que abordam essa questão se referem a alta taxa de mortalidade entre os juvenis expostos a dessecação devido à rápida perda de água e a dificuldade da retenção de água no seu interior, diferentemente dos organismos maiores (Foster, 1971; Wallace, 1972; McQuaid, 1982). Além disso, os organismos de menor tamanho, como os recrutas e juvenis, não conseguem alcançar facilmente maiores profundidades no substrato, ainda mais quando esse se encontra em menor grau de umidade (elevado tixotropismo) (Coscarón 1959; Newell, 1979).

O percentual de sobrevivência em nossos resultados parece demonstrar relação com a capacidade de enterramento desses organismos no substrato. Os organismos maiores

foram bem mais resistentes à dessecação e provavelmente vários fatores atuando em sinergismo são responsáveis por provocarem suas mortalidades observadas nos embancamentos.

5. Conclusão

As duas espécies avaliadas mostraram diferenças quanto à sobrevivência, o bivalve *A mactroides* mostrou alta capacidade de sobreviver em condições de baixos níveis de umidade além de atingir maiores profundidades. Já o bivalve *D. hanleyanus* mostrou maior fragilidade e apresentou mortalidade de até 50% dos indivíduos em condições mínimas de umidade assim como também menor capacidade de escavação. No entanto, a diferença de tamanho dos indivíduos pode ter sido um fator fundamental para tal resposta. Os organismos menores tenderam a sofrer maior mortalidade devido à dessecação, fato observado nesse experimento e por diversos trabalhos sobre o assunto, tanto pela limitação biológica quanto pela comportamental, no que concerne ao enterramento. Os organismos maiores dispuseram da plasticidade, que induziu comportamentos, como a escavação, observada nesse experimento, permitindo que eles suportassem o estresse garantindo sua sobrevivência. Nota-se assim que, em pequenas proporções, alterações trazidas por eventos inesperados como as frentes frias, também ocasionam efeitos positivos, estimulando a plasticidade desses organismos.

É importante salientar a necessidade de se realizar outros estudos e futuros experimentos para esses e outros organismos de praias arenosas nas distintas fases de vida. Embora a macrofauna das praias arenosas apresentem plasticidade e os indivíduos adultos alta sobrevivência diante das dificuldades acerca da dessecação, não podemos subestimar a ação dos estressores físicos para a fauna desse habitat.

6. Perspectivas Futuras

Para futuros estudos se faz necessário ampliar os fatores ambientais das quais os organismos do entremarés de praias arenosas expostas estão submetidos. Entendendo a contribuição individual desses fatores e avaliando-os em um contexto onde todos atuam em sinergia, como é o que ocorre no ambiente.

Um ponto importante seria repetir esse experimento com um maior número amostral e réplicas que permitam incorporar os fatores ambientais em conjunto.

A adição de fatores como a insolação, variação da temperatura, e simulação da ação do vento, podem ser de extrema importância para a resposta acerca da mortalidade de organismos maiores.

Outra importante contribuição futura é a incorporação de um número suficiente de organismos nas diversas classes de tamanho. Obtendo assim, respostas concretas sobre a capacidade de sobrevivência com relação ao tamanho.

LITERATURA CITADA

- Alves, E. S. & Pezzuto, P. R., 2009. Effect of cold fronts on the benthic macrofauna of exposed sandy beach with contrasting morphodynamics. *Braz. J. oceanogr.*, 57(2): 73-96.
- Amaral, A. C. Z. & Nonato, E. F., 1996. Annelida Polychaeta características, glossário e chaves para famílias e gêneros da costa brasileira. 1º ed. Universidade de Campinas, Campinas, SP., 124pg.
- Ansell, A. D. & Trevallion, A., 1969. Behavioural adaptations of intertidal molluscs from a tropical sandy beach. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 4: 9-35.
- Ansell A. D. & Trueman, E.R. 1973. The Energy cost of Migration of the Bivalve *Donax* on Tropical Sandy Beaches. *Mar. Behav. Physiol.* 2: 21-32
- Ansell, S. D & McLachlan, A., 1980. Upper Temperature tolerances of three molluscs from south African sandy beaches. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 48:243-251
- Barboza, F. R.; Gómez, J.; Lercari, D; Defeo, O. 2012. Disentangling Diversity Patterns in Sandy Beaches along Environmental Gradients. *PLoS ONE*. 7(7):e40468.
- Barnett, B. E. 1981. An assessment of the effects of severe weather on the intertidal fauna of the Humber estuary (South Bank), UK—consequences for biological monitoring, *Mar. Environ. Res.*, 5(1): 51-57.
- Bergonci, P.E. A. 2005. Aspectos da dinâmica populacional do marisco branco *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854 (Mollusca, Bivalvia) em praia arenosa exposta do Rio Grande Do Sul. Dissertação de Mestrado, PUC, 106 p
- Bergonci, P.E.A. & Thomé, J. W. 2008. Vertical distribution, segregation by size and recruitment of the yellow clam *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854 (Mollusca, Bivalvia, Mesodesmatidae) in exposed Sandy beaches of the Rio Grande do Sul state, Brazil. *Braz. J. Biol.* 68(2): 297- 305
- Berry, A.; Fahey, S.; Meyers, N., 2013. Changing of the guard: adaptation options that maintain ecologically resilient sandy beach ecosystems. *J. Coast. Res.* 29(4):899-908.
- Bertness, M. D. & Leonard, G. H. 1997. The role of positive interactions in communities: Lessons from intertidal habitats. *Ecology* 78(7):1976-1989.

- Bowman, M. L. & Dolan, R., 1985. The relationship of *Emerita talpodia* to beach characteristics. *J. Coast. Res.*, 1(2): 151-163.
- Bradbury, A.; Blake, B.; Speck, C., 2005. Length-Weight Models for Intertidal Clams in Puget Sound. Washington State Department of Fish & Wildlife, Fish Program, Science Division, 62 p
- Brauko, K. M., 2008. Efeitos de Passagem de Sistemas Frontais sobre a Macrofauna Bêntica de Praias Arenosas do Paraná (Brasil). Dissertação de Mestrado. UFPR, 62 pg.
- Brazeiro, A., 2001. Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: what are the underlying factor?. *Mar. Ecol.- Prog. Ser.*, 224: 35-44.
- Brazeiro, K. M. & Defeo, O., 1996. Macroinfauna zonation in microtidal Sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments?. *Estuar. Coast. Shelf. S.*, 42: 523- 536.
- Brown, A. C., 1996. Behavior plasticity as a key factor in the survival and evolution of the macrofauna on exposed sandy beaches. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 69 (4): 469-474.
- Calliari, L. J.; Guedes, R. M. C., Pereira, P. S., Lélis, R. F., Antiquiera, J. A., Figueiredo, J. A., 2010. Perigos e riscos associados a processos costeiros no litoral sul do Brasil (RS): uma síntese. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 14(1): 51-63.
- Calliari, L. J.; Tozzi, H. A. M.; Klein, A. H. F., 1998. Beach Morphology and Coastline Erosion Associated with Storm Surges in Southern Brazil – Rio Grande to Chuí, RS. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 70 (2): 231-247.
- Cansi, E. R., 2007. Comportamento de escape de *Emerita brasiliensis* (CRUSTACEA, ANOMURA, HIPPIDAE); Schmitt, 1935. Dissertação. UNB. 103 pg.
- Clarke, K. R. & Ainsworth, M. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 92, 205–219.
- Coscarón, S., 1959. La Almeja amarilla de la Costa de la Provincia de Buenos Aires. *Agro Publicación Técnica*. 1-66
- Dahl, E. 1952. Some aspects of the ecology and zonation of the fauna of sandy beaches. *Oikos*, 4:1-27.
- Defeo, O., 1996. Recruitment variability in Sandy beach macroinfauna: much to learn yet. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 69: 615:630.

- Defeo, O., 1998. Testing hypotheses on recruitment, growth, and mortality in exploited bivalves: an experimental perspective. *Fish. Aquat. Sci.*, 125: 257 – 264.
- Defeo, O.; Cardoso, R. S., 2002. Latitudinal patterns in abundance and life-history traits of the mole crab *Emerita brasiliensis* on South American sandy beaches. *Div. Distrib.*, 10(2): 89-98.
- Defeo, O. & Gómez, J., 2005. Morphodynamics and habitat safety in sandy beaches: life-history adaptations in a supralittoral amphipod. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 293:143-153.
- Defeo, O.; Gómez, J.; Lecari, D., 2001. Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beaches populations: mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 212: 159-170.
- Defeo, O.; Jaramillo, E.; Lyonnet, A., 1992a. Community Structure and Intertidal Zonation of the Macroinfauna on the Atlantic Coast of Uruguay. *J. Coast. Res.*, 8 (4): 830 – 839.
- Defeo, O., Lercari, D., 2004. Testing taxonomic resolution levels for ecological monitoring in Sandy beach macrobenthic communities. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 14: 65–74.
- Defeo, O., Lercari, D., Gómez, J., 2003. The role of morphodynamics in structuring Sandy beaches populations and communities: What should be expected?. *J. Coast. Res.* 35:352-362.
- Defeo, O.; Ortiz, E.; Castilla, J. C., 1992b. Growth, mortality and recruitment of the yellow clam *Mesodesma mactroides* on Uruguayan beaches. *Mar. Biol.* 114: 429-437.
- Defeo, O.; McLachlan, A., 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 295: 1-20.
- Defeo, O. & McLachlan, A., 2013. Global patterns in sandy beach macrofauna: Species richness, abundance, biomass and body size. *Geomorphology*, 199: 106-114.
- Defeo, O.; McLachlan, A.; Shoeman, D. S.; Schlacher, T., Dugan, J.; Jones, A.; Lastra, M.; Scapini, F. 2009. Threats to Sandy beach ecosystem: A review. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 81:1-12
- Dobbs, F. C. ; Vozarik, J. M. ; 1983. Immediate effects of storm on coastal infauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 11:273-279

- Dugan, J; Defeo, O.; Jaramillo, E.; Jones, A. R.; Lastra, M.; Nel, R.; Peterson, C. H.; Scapini, F.; Schlacher, T.; Shoeman, D. S. 2010. Science. 329:1146
- Eckersley, L. K.; Scrosati, R. A. 2012. Temperature, desiccation, and species performance trends along an intertidal elevation gradient. *Current Development in Oceanography*. 5(2):59-73.
- Emery, K. O., 1961. A simple method of measuring beach profiles. Notes and Comment. University Southern California, Los Angeles, California, 90-93.
- Escofet, A.; Gianuca, N.; Maytía, S.; Scarabino, V., 1979. Playas arenosas del Atlántico Sudoccidental entre los 29°y 43°LS: Consideraciones generales y esquema biocenológico. In: Ecología Bentónica y sedimentación de la plataforma continental del Atlántico Sur. UNESCO. 245-258.
- Fiori, S. & Defeo, O., 2006. Biogeographic patterns in life story traits of the yellow clam *Mesodesma mactroides* in sandy beaches of the South America. *J. Coast. Res.*, 224: 872-880.
- Folk, R. L. & Ward, W. C. 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.*. 27(1):3-26.
- Foster, B. A. 1971. Desiccation as a factor in the intertidal zonation of barnacles. *Mar Biol.* 8:12-29.
- Freitas, L. R., 2013. Comparação das funções de ligação logit e probit em regressão binária considerando diferentes tamanhos amostrais. Viçosa MG: Universidade Federal de Viçosa. 43pg.
- Gianuca, N.M., 1983. A preliminary account of the ecology of sandy beaches in southern Brazil. In: McLachlan, A. & T. Erasmus (eds.). *Sandy beaches as ecosystems*. The Hague, JUNK, 413-420.
- Gianuca, N. M. 1985. The Ecology of a Sandy Beach in Southern Brazil. Southampton, UK: University of Southampton, Doctoral thesis, 330pg
- Gilbert E. R.; Camargo, M. G.; Sandrini-Neto, L. 2014. Rysgran: Grain size analysis, textural classifications and distribution of unconsolidated sediments. R package version 2.1.0. <http://CRAN.R-project.org/package=rysgan>
- Hand, S. C.; Menze, M. A. 2007. Desiccation stress, Encyclopedia of Tidepools and Rocky Shores, Denny, M. W. & Gains, S. D., Eds, *University of California Press*, Berkeley, 173- 177.

- Harris, L.; Nel, R.; Holness, S.; Shoeman, D. 2015. Quantifying cumulative threats to sandy beach ecosystem: A tool to guide ecosystem-based management beyond coastal reserves. *Ocean Coast. Manage.* 110: 12-24.
- Hoegh-Guldberg, O.; Bruno, J. F. 2010. The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science.* 328: 1523
- Hughes, C. ; Richardson, C. A.; Lukenbach, M.; Seed, R. 2009. Difficulties in separating hurricane induced effects from natural benthic succession: Hurricane Isabel, a case study from Eastern Virginia, USA . *Estuar. Coast. and Shelf S.*85: 377-386.
- Jaramillo, E.; McLachlan, A; Coetzee, P. 1993. Intertidal zonation patterns of macroinfauna over range of exposed sandy beaches in south-central Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*101: 105-118.
- Jaiswar, A. K &Kulkarni, B. G., 2002. Length-weight relationship of intertidal molluscs from Mumbai, India. *J.Indian Fisher. Assoc.*29:55-63.
- Kéry, M., 2010. Introduction to WinBUGS for ecologists : A Bayesian approach to regression, ANOVA, mixed models and related analyses. 1st ed. 302pg.
- Knox, G. A., 2001. The Ecology of Seashores. Marine Science Series. CRC Press. 557 pg.
- Krusche, N.; Saraiva, J. M. B.; Reboita, M. S., 2002. Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS – Rio Grande. FURG. 104 pg.
- 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.* 207: 97-108.
- Machado, A. A.; Calliari, L. J.; Melo, E.; Klein, A. H. F., 2010. Historical assessment of extreme coastal sea state conditions in Southern Brazil and their relation to erosion episodes. *Pan-Am. J. Aquat.Sci.*. 5 (2): 105-114.
- Manning, L. M.; Lindquist, N. 2003. Helpful habitant or pernicious passenger: interactions between na infaunal bivalve, na epifaunal hydroid and three potential predators. *Oecologia*, 134:415-422.
- Manning, L. M.; Peterson, C. H.; ishop, M. J. 2014. Dominant macrobenthic populations experience sustained impacts from anual disposal of fine sediments on Sandy beaches. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 508: 1-15

- Marsden I. D. 2002. Recruitment in the swash zone – temporal variations in juvenile recruitment of na exposed sand beach surf clam. *Hydrobiologia*. 477:47-57.
- McArdle S. B.; McLachlan A. 1992. Sand Beach Ecology: Swash Features Relevant to the Macrofauna. *J. Coastal Res.*8(2):398-407.
- McGynne, L.; McLachlan, A. 1992. Ecology and Management of sandy coasts. University of Port Elizabeth, South Africa, *Institute for Coastal Research*, Report No. 30, 83 pg.
- McKinney, R. A.; Glatt, S. M.; McWilliams, S. R., 2004. Allometric length-weight relationship for benthic prey of aquatic wildlife in coastal marine habitats. *Wildl. Biol.* 10:241-249.
- McLachlan, A., 1983. Sandy beaches ecology – A Review. In: McLachlan, A. & T. Erasmus (eds.). *Sandy beaches as ecosystems*. The Hague, JUNK, 321 - 380.
- McLachlan, A., 1996. Physical factors in benthic ecology: effects of changing sandy particle size on beach fauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 131: 205-217.
- McLachlan, A., 1998. Interactions between two species of *Donax* on a high energy beach: an experimental approach. *J. Mollus. Stud.*. 64: 492-495.
- McLachlan, A.; Brown, A. C., 2006. *The ecology of sandy shores*. Amsterdam: Elsevier. 376 pg.
- McLachlan, A.; Defeo, O.; Jaramillo, E.; Short, A., 2013. Sandy beach conservation and recreation: Guidelines for optimising management strategies for multi-purpose use. *Ocean Coast Manage*, 71: 256-268.
- McLachlan A., Dorvlo A., 2005. Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. *J. Coast. Res.*, 21 (4): 674–687.
- McLachlan, A. Jaramillo, E., Donn, T. E., Wessels, F. 1993. Sandy beach Macrofauna Communities and their control by the Physical environment: A geographical comparison. *J. Coastal Res.*. 15:15-38.
- McLachlan, A. & Young, N., 1982. Effects of low temperature on the burrowing rates of four sandy beach molluscs. *J. Mar. Biol. Ecol.*,65:275-284.
- McQuaid, C. D. 1982. The influence of desiccation and predation on vertical size gradients in populations of the gastropod *Oxysteles variegata* on na exposed rocky shore. *Oecologia*. 53:123-127.

- Mieszkowska, N. 2010 Intertidal Habitats and Ecology in MCCIP Annual Report Card 2010- 11, MCCIP Science Review, 19
- Muehe, D., 2003. Beach Morphodynamic Research in Brazil: Evolution and Applicability. *J. Coast.Res.*. SI (35): 32-42.
- Nakagaki, J. M.; Pinheiro, M. A. A., 1999. Biología populacional de *Emerita brasiliensis* Schmitt (Crustacea, Hippidae) na Praia Vermelha do Norte, Ubatuba (São Paulo, Brasil). *Revta. Bras. Zool.*, 16(2):83 – 90.
- Nel, R.; Campbell, E.; Haris, L.; Hauser, L.; Shoeman, D. S.; McLachlan, A.; du Preez, D. R.; Bezudenhout, K.; Schlacher, T. A. 2014. The status of sandy beach science: Past trends, progress, and possible futures *Estuar. Coast. Shelf. S.* 1-10
- Neves, L.P.; Silva, P. S. R.; Bemvenuti, C. E., 2007. Zonation of Benthic Macrofauna on Cassino Beach, Southern most Brazil. *Braz. J. oceanogr.*. 55: 293-307.
- Newell, R. C. 1979. Biology of intertidal animals 3rd ed.. Kent: Marine Ecological Surveys, 781pg.
- Nobre, C. A.; Cavalcanti, M. A. G.; Nobre, P.; Kayano, M. T.; Rao, V. B.; Bonatti, J. P.; Satyamurti, P.; UVO, C. B.; Cohen, J. C., 1986. Climanálise. Boletim de monitoramento e análiseclimática. *Bol. Climanal.*, Número Especial.
- Olivier, S.R.; Penchazsadeh, P. E. 1968. Evaluación de los efectivos de la almeja Amarilla (*Mesodesma mactroides* Deshayes 1854) en las costas de la Provincia de Buenos Aires. *Proyecto Desar. Pesquero*, FAO. Ser. Inf. Tec. 8:1-10.
- Ortega, L.; Celentano, E.; Finkl, C.; Defeo, O., 2013. Effects of Climate Variability on the Morphodynamics of Uruguayan Sandy Beaches. *J. Coastal Res.*, 29(4), 747–755.
- Pakhomov, E. A. 2003. Correction of zooplankton and benthos biomass underestimations from formaldehyde-preserved samples. *Arch. Fish. Mar. Res.* 50 (2), 141-148.
- Parise, C. K.; Calliari, L. J.; Krusche, N., 2009. Extreme storm surges in the south of Brazil: atmospheric conditions and shore erosion. *Brazil. J. Coastal Res.*, 57(3): 175-188.
- Peterson, C. H. 1985. Patterns of lagoonal bivalve mortality after heavy sedimentation and their paleoecological significance. *Paleobiology*, 11:139-153.

- Posey, M.; Lindberg, W., Alphin, T., Vose, F. 1996. Influence of storm disturbance on an offshore benthic community. *B. Mar Sci.*59(3):523-529.
- Pugh, D. T., 1987. Tides, Surges and Mean Sea-Level. *Nat. Environ. Resour. Concil.* Swindon – UK. 472 pg.
- Qureshi, N. A.; Saher, N. U.; Niazi, R. M.; Gondal, M. A.. 2008. Effect of diferente preservatives on the biomass of some selected marine fauna. *Pakistan J. Zool.* 40(4), 249-253.
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Ramírez, F. C.; Mianzan, H. & Chiaverano, L., 2004. Variamento y arribazones. In: Boschi, E. E. & Cousseau, M. B. (Eds.). *La vida entre mareas: vegetales e animals de las costas de Mar del Plata, Argentina*, Publicaciones Especiales INIDEP, Mar del Plata, 59-64.
- Ribeiro, C. R., 2008. Processos de alterações da maré astronômica na desembocadura da Lagoa dos Patos. Dissertação de Mestrado, FURG, 99 pg.
- Rios, E., 2009. *Compendium of brazilian sea shells*. Rio Grande: Ed. Evangraf. 668 pg.
- Sakamoto, Y., Ishiguro, M., and Kitagawa G., 1986. *Akaike Information Criterion Statistics*. D. Reidel Publishing Company, 290 pg.
- Salvat, B. 1964. Les conditions hydrodynamiques interstitielles de sediments meubles intertidaux et la repartition verticale de la faune endogee. *Cah. Rech. Acad. Sci., Paris*, 259:1576-1579.
- Saraiva, J. M. B.; Bedran, C.; Carneiro, C., 2003. Monitoring of storm surges on Cassino beach, RS, Brazil. *J. Coastal Res.*, 35: 323-331.
- Schlacher, T.; Schoeman, D. S.; Jones, A. R.; Dugan, J. E.; Hubbard, D. M.; Defeo, O.; Peterson, C. H.; Weston, M. A.; Maslo, B.; Olds, A. D.; Scapini, F.; Nel, R.; Harris, L.; Lucrezi, S.; Lastra, M.; Huijbers, C.; Connolly, R. M. 2014. Metrics to assess ecological condition, change, and impacts in sandy beach ecosystems. *J. Environ. Manage.* 144, 322- 335
- Schlacher, T.; Weston, M. A.; Schoeman, D. S.; Olds, A. D.; Huijbers, C. M.; Connolly, R. M., 2015. Golden opportunities: A horizon scan to expand sandy beach ecology. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 157, 1- 6

- Silva, P. S. R.; Neves, L. P.; Bemvenuti, C. E., 2008. Temporal variation of sandy beach macrofauna in Cassino beach, extreme south Brazil. *Braz. J. Oceanogr.* 56: 257-270.
- Soares, A. G. 2003. Sandy beach morphodynamics and macrobenthic communities in temperate, subtropical and tropical regions - A macroecological approach. Port Elizabeth, South Africa. University of Port Elizabeth . Doctoral thesis, 155pg
- Sola, M.C.R.; Paiva, P. C., 2001. Variação Temporal da Macrofauna Bentônica Sublitoral da praia da Urca (RJ) após a Ocorrência de Ressacas. *Braz. J. Oceanogr.*, 49 (1/2): 137-142.
- Suguio, K., 1973. Introdução à sedimentologia. São Paulo, *Edusp*, 317 pg.
- Thomas, M. L. H., 1986. A physically derived exposure index for marine shorelines. *Ophelia*, 25(1):1-13.
- Thórarindsóttir, G. G., Gunnarsson, K, Bogason, E., 2009. Mass mortality of ocean quahog, *Arctica islandica*, on hard substratum in Lonafjordur, north-eastern Iceland after a storm. *Mar. Biodivers. Records*. Published on line. 2:e55.
- Tomazelli, L. J.; Villwock, J. A., 1992. Considerações sobre o ambiente praiial e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral do Rio Grande do Sul, Brazil. *Pesqui. Geocienc.*, 19 (1): 3-12.
- Tozzi, H. A. M.; Calliari, L. J., 2000. Morfodinâmica da praia do Cassino. *Pesqui. Geocienc.*, 27 (1): 29-42.
- Trueman, E. R., 1970. The mechanism of burrowing of the mole crab, *Emerita*. *J. Exp. Biol.* 53:701-710.
- van der Meer, J; Heip, C.H.; Herman, P.J.M.; Moens, T. ; van Oevelen, D. 2005. Measuring the Flow of Energy and Matter in Marine Benthic Animal Populations. In: *Methods for the study of marine benthos*. Eleftheriou A., McIntyre A, 3rd. Ed. Blackwell Science. 418 pg.
- Veloso, V. G.; Cardoso, R. S.; Fonseca, D. B., 1997. Adaptações e biologia da macrofauna de praias arenosas expostas com ênfase nas espécies da região entre-marés do litoral fluminense. *Oecol. brasil.*, Ecologia de praias arenosas do litoral brasileiro. 3: 135-154.
- Wallace, L. R. 1972. Some factors affecting vertical distribution and resistance to desiccation in the limpet, *Acma testudinalis* (Muller). *Biol. Bull.* 142:186-193.

- Wentworth, C. K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. geol.*, 30(5): 377 – 392.
- Yamanaka, T.; Raffaelli, D.; White, P. C. L. 2010. Physical determinants of intertidal communities on dissipative beaches: Implications of sea-level rise. *Estuar. Coast. Shelf S.* 88:267-278
- Yeo, R. K.; Risk, M. J. 1979a. Intertidal Catastrophes:Effect of Storm and Hurricanes on Intertidal Benthos of the Minas Basin, Bay of Fundy. *J. Fish. Res. Board Can.*, 36:667-669
- Yeo, R. K.; Risk, M. J. 1979b. Fundy tidal power environment sedimentology mortalidade de intertidal fauna. *Geoscience Canada*, 6(3):115-121.
- Young, P. S., 1998. Catalogue of Crustacea of Brazil. 1^oed. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 717pg.
- Zar, J. H., 1984. Biostatistic analysis. Prentice-Hall Inc., Englewood Clifffs, New Jersey.

TABELAS

Tabela 1. Sequência dos eventos atmosféricos, saídas de campo e embancamentos para os anos de 2012 à 2014.

Dias de frentes frias e saídas de campo																
2012																
Período Quente								Período Frio								
Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Junho		Julho		Agosto		Setembro		
Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	
24	28	9	11	13	16	5	7- B	15	18	3	10	1	2	2	6	
		22	24	21	26			25	-	14	18	12	15	7	-	
		26	2/03	26	30			29	-	21	-	18	-			
										24	16	21	29			
										29	-					
										31	-					
2013																
Período Quente								Período Frio								
Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Junho		Julho		Agosto		Setembro		
Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	
24	28- A	1	5	2	7	5	-	23	28	6	9	2	6	2	7	
		17	-	10	12	11	17			12	12	6	8	16	17	
		21	-	14	16					18	23	13	-	20	21	
		23	28							23	27	17	-			
												22	24			
												31	-			
2014																
Período Quente								Período Frio								
Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Junho		Julho		Agosto		Setembro		
Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	Frente	Saida	
23	27	2	5	6	-	9	15- B	13	14	6	-	03	-	x	x	
		8	-	10	15			16	21	17	22	7	9	x	x	
		13	15	17	19			24	-	23	29- A	11	16	x	x	
		25	1/03	22	26			29	5/07			25	-	x	x	
				30	5- A									x	x	
Embancamento nas duas áreas				Embancamento em apenas uma das áreas				- Sem condições para saída				x Sem monitoramento				

Tabela 2. Modelos testados para o ajuste nas distintas fases (recrutas, juvenis e adultos) dos migradores mareais. Sendo a e b os parâmetros calculados pelos diferentes modelos.

Modelos Testados	
Linear	$Peso = Tamanho * b + a$
Polinômio de grau 3	$Peso = b3 * Tamanho^3 + b2 * Tamanho^2 + b * Tamanho + a$
Polinômio de grau 2	$Peso = b2 * Tamanho^2 + b * Tamanho + a$
Exponencial	$Peso = a^{(Tamanho * b)}$
Logaritmo	$Peso = \ln(Tamanho) * b + a$
Potência	$Peso = a * Tamanho^b$
Logístico	$Peso = \frac{1}{1 + b^{-k * Tamanho}}$

Tabela 3. Lista de espécies que ocorreram nos eventos de embancamentos ao longo do ano de 2012. Os valores de S correspondem a abundância de organismos.

	2012						
	Período Quente						
	1°Área A	1°Área B	2°Área A	2°Área B	3°Área A	3°Área B	4°Área B
	S	S	S	S	S	S	S
CRUSTACEA	32	25	80	245	7	40	140
<i>Emerita brasiliensis</i> Schmitt, 1935	1		6	11	6		
<i>Cumacea</i> sp1							1
<i>Exciroliana armata</i> Dana, 1853	13	19	39	229		39	137
cf. Platyschnopidae	15		10				
cf. Phoxocephalopsis	1	1	17	2			
Amphipoda sp3							
Amphipoda sp4							
cf. Bathyporeiapus	1	1	4	1			
Amphipoda sp6						1	
Amphipoda sp7				1			
Amphipoda sp8							
Amphipoda sp9	1	4	4	1			1
<i>Chiriscus giambiagiae</i> Torti & Bastida, 1972					1		
Larva de Crustáceo							1
Copepodo nd							
MOLLUSCA	1370	567	1325	1231	883	316	1923
<i>Donax hanleyanus</i> Philippi 1847	21	6	1314	1101	882	305	476
<i>Amarilladesma macroides</i> Reeve 1854	1349	561	11	130	1	11	1447
POLYCHAETA	9213	39545	308	604	1	84	8
Spionidae	8895	39250	90	469	1	2	6
<i>Euzonus (Thoracophelia) fucifera</i> Ehlers, 1897	315	289	218	135		82	2
<i>Hemipodia californiensis</i> Hartman, 1938	3	6					
Polychaeta sp1							
Nemertea		6					
Insecta					2	1	
Coleoptera					2		
Total	10615	40143	1713	2080	893	441	2071

Tabela 4. Lista de espécies que ocorreram nos eventos de embancamento ao longo do ano de 2013. Os valores de S correspondem a abundância de organismos.

	2013									
	Período Quente					Período Frio				
	1° Área A	2° Área A	2° Área B	3° Área A	3° Área B	1° Área A	1° Área B	2° Área A	2° Área B	S
CRUSTACEA	53	95	576	126	55	93	265	133	672	
<i>Emerita brasiliensis</i> Schmitt, 1935	2			15						
<i>Cumacea</i> sp1										
<i>Excirologana armata</i> Dana, 1853	49	28	57	109	55	5	27	32	34	
cf. Platyschnopidae	1	15	25	2		30	72	22	106	
cf. Phoxocephalopsis	0	52	494			54	166	25	40	
Amphipoda sp3	1									
Amphipoda sp4										
cf. Bathyporeiapus										
Amphipoda sp6										
Amphipoda sp7										
Amphipoda sp8										
Amphipoda sp9						2				
<i>Chiriscus giambiagiae</i> Torti & Bastida, 1972								54	492	
Larva de Crustáceo										
Copepodo nd						2				
MOLLUSCA	306	69	916	43	206	36	22	83	489	
<i>Donax hanleyanus</i> Philippi 1847	240	28	772	33	151			32	480	
<i>Amarilladesma mactroides</i> Reeve 1854	66	41	144	10	55	36	22	51	9	
POLYCHAETA	8	81	462	8	52	126	14	3	4	
Spionidae	3	68	447	4	26	8	8	48	5	
<i>Euzonus (Thoracophelia) fucifera</i> Ehlers, 1897	5	13	13		0	118	6			
<i>Hemipodia californiensis</i> Hartman, 1938			2	4	26			1		
Polychaeta sp1										
Nemertea			9							
Insecta					1					
Coleoptera										
Total	367	245	1963	177	314	255	301	219	1165	

Tabela 5. Lista de espécies que ocorreram nos eventos de embancamento ao longo do ano de 2014. Os valores de S correspondem a abundância de organismos.

	2014						
	Período Quente						Período Frio
	1°Área A	1°Área B	2°Área A	2°Área B	3°Área A	4°Área B	1°Área A
	S	S	S	S	S	S	S
CRUSTACEA	64	132	62	105	2	12	84
<i>Emerita brasiliensis</i> Schmitt, 1935	45	2		1	2	1	
<i>Cumacea</i> sp1							
<i>Excirolana armata</i> Dana, 1853	15	28	62	98		9	2
cf. Platyschnopidae	2	27		2			78
cf. Phoxocephalopsis	1	75		3			4
Amphipoda sp3				1			
Amphipoda sp4						1	
cf. Bathyporeiapus							
Amphipoda sp6							
Amphipoda sp7							
Amphipoda sp8						1	
Amphipoda sp9	1						
<i>Chiriscus giambiagiae</i> Torti & Bastida, 1972							
Larva de Crustáceo							
Copepodo nd							
MOLLUSCA	3075	659	194	402	14	14	97
<i>Donax hanleyanus</i> Philippi 1847	3052	539	67	395	11	7	10
<i>Amarilladesma mactroides</i> Reeve 1854	23	120	127	7	3	7	87
POLYCHAETA	4	11	219	25		20	1532
Spionidae	1	1	0	1		10	1522
<i>Euzonus (Thoracophelia) fucifera</i> Ehlers, 1897	3	8	219	24			10
<i>Hemipodia californiensis</i> Hartman, 1938						10	
Polychaeta sp1		2					
Nemertea							1
Insecta					5		
Coleoptera							
Total	3143	802	475	532	21	46	1714

Tabela 7. Modelos obtidos através das análises, segundo os critérios de AIC e CV.

Modelos gerados a partir das análises do AIC e CV.		
	<i>Amarilladesma macroloides</i>	<i>Emerita brasiliensis</i>
<u>Melhor modelo</u> AIC	<i>Donax hanleyanus</i> Recrutas 2-5 milímetros $Peso = 0.0001031 * Tamanho^{2.9432}$	Recrutas e Juvenis 3,5-10 milímetros
	Juvenis 5-14 milímetros $Peso = -0.000270 * Tamanho^3 + 0.00994 * Tamanho^2 - 0.08069 * Tamanho + 0.2027$	$Peso = -0.0001659 * Tamanho^3 + 0.003739 * Tamanho^2 - 0.02230 * Tamanho + 0.04170$
	Adultos 14-21 milímetros $Peso = 6.553e - 05 * Tamanho^{3.1171}$	Adultos 14 - 17 milímetros $Peso = -1.494 + 0.6121 * \ln(Tamanho)$
<u>Melhor modelo</u> CV	Recrutas 2-5 milímetros $Peso = 8.251e - 05 * Tamanho^{2.943e+00}$	Recrutas e Juvenis 3,5-10 milímetros
	Juvenis 5-14 milímetros $Peso = -0.0002166 * Tamanho^3 + 0.007953 * Tamanho^2 - 0.06455 * Tamanho + 0.16220$	$Peso = -0.0001743 * Tamanho^3 + 0.003784 * Tamanho^2 - 0.022683 * Tamanho + 0.04301$
	Adultos 14-21 milímetros $Peso = 0.00418 * Tamanho^2 - 0.06150 * Tamanho + 0.25586$	Adultos 14 - 17 milímetros $Peso = 0.0330 * Tamanho - 0.3603$

Tabela 8. Percentual de biomassa dos migradores mareais nas distintas classes de tamanho. Os eventos representam os diferentes embancamentos registrados através da amostragem biológica. Os valores de biomassa foram somados para as duas áreas.

Biomassa em percentual			
Embancamento	Recrutas	Juvenis	Adultos
1° 2012 Q	0.20	93.66	6.14
2° 2012 Q	0.21	17.37	82.42
3° 2012 Q	1.17	11.31	87.52
4° 2012 Q	2.22	17.64	80.14
1° 2013 Q	15.73	58.05	26.22
2° 2013 Q	2.44	30.70	66.86
3° 2013 Q	1.65	45.52	52.84
1° 2013 F	0.03	0.11	99.85
2° 2013 F	64.67	7.51	27.82
1° 2014 Q	4.03	8.54	87.43
2° 2014 Q	0.60	4.87	94.54
3° 2014 Q	0.46	41.02	58.52
4° 2014 Q	1.79	60.78	37.43
1° 2014 F	2.97	97.03	0.00

Tabela 9. Correlação de Sperman para os parâmetros ambientais. Obtidos através da análise de BIOENV. Os Parâmetros analisados foram Pressão, Temp (Temperatura), Niv (vento de norte em intensidade), BDI embA (índice de deposição da praia BDI nos embancamentos) e SOdv (vento de Sudoeste em percentual).

Parâmetros ambientais	Cor. Sperman
Pressão	0.3118
Temp Niv	0.3618
Temp Pres Niv	0.3834
Temp Pres BDIembA Niv	0.4084
Temp Pres BDIembA SOdv Niv	0.4097

Tabela 10. Teste Tukey de múltipla comparação entre médias para a sobrevivência nos distintos tratamentos 1 (embancamento), 2 (intermediário) e 3 (controle).

<i>Teste Tukey Sobrevivência Donax</i>	
Trat. 2-1	0.0263939
Trat. 3-1	0.0046723
Trat. 2-3	0.3023895

Tabela 11. Dados de tamanho em profundidade dos organismos do experimento com *Amarilladesma mactroides*. Os tratamentos 1, 2 e 3, são condição de Embancamento, condição intermediária e condição controle (com lâmina de água acima de 5 cm).

<i>Mesodesma mactroides</i>			
	<i>maior prof.</i>	<i>menor prof.</i>	<i>moda Tamanho</i>
<i>Tratamento 1</i>	11	1	4
<i>Tratamento 2</i>	13.5	5	4
<i>Tratamento 3</i>	12.2	5.8	4.5

Tabela 12. Dados de tamanho em profundidade dos organismos do experimento com *Donax hanleyanus*. Os tratamentos 1, 2 e 3, são condição de Embancamento, condição intermediária e condição controle (com lâmina de água acima de 5 cm)

<i>Donax hanleyanus</i>			
	<i>maior prof.</i>	<i>menor prof.</i>	<i>moda Tamanho</i>
<i>Tratamento 1</i>	1.5	0	1.33
<i>Tratamento 2</i>	4	0	1.44
<i>Tratamento 3</i>	5	0	1.46

FIGURAS

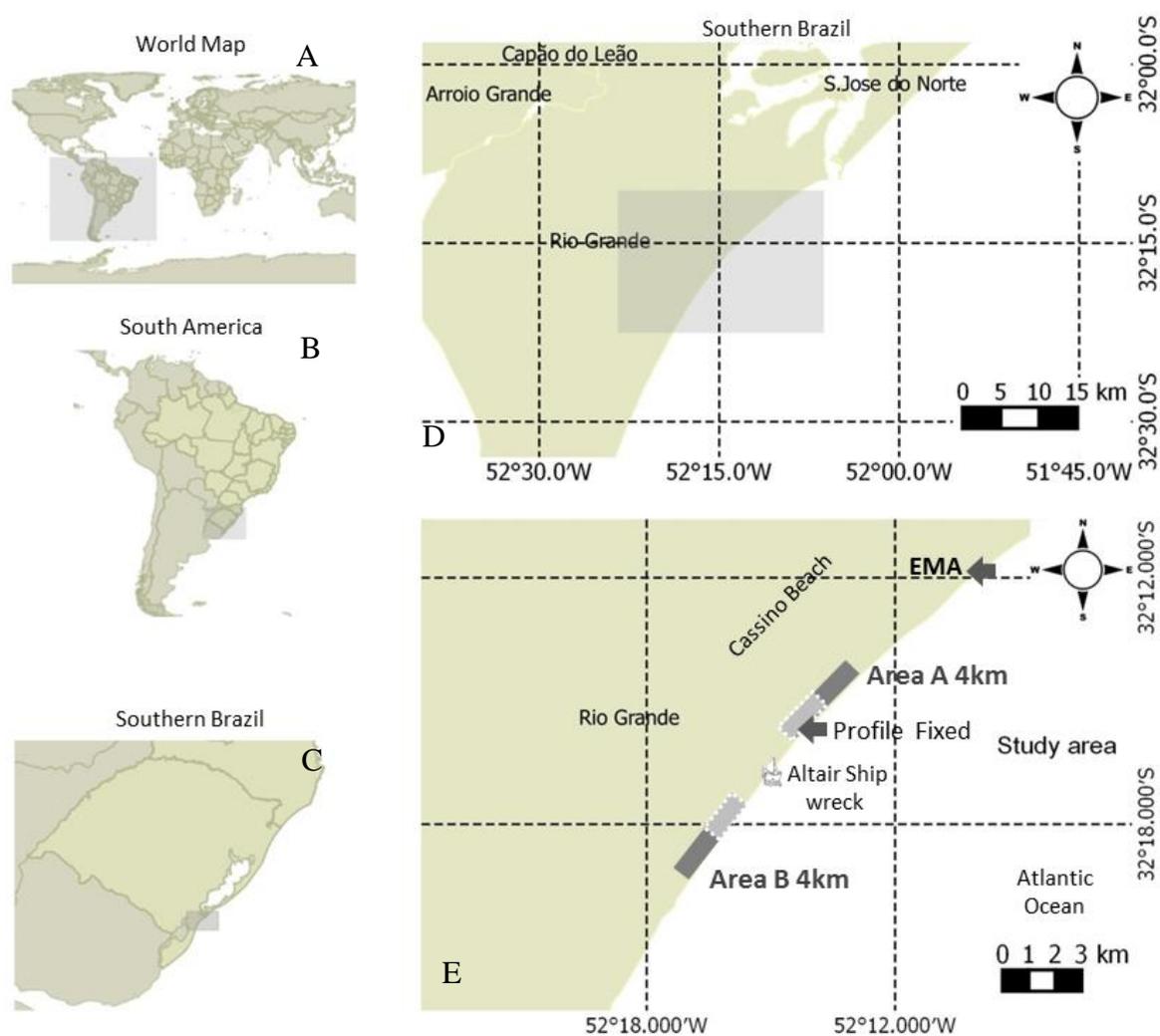


Figura 1. Mapa do local de estudo. A representa o mapa mundi, B representa a América do Sul, C o Extremos sul do Brasil, D o Município de Rio Grande e E a Área de estudo.

Linha tracejada indica a área amostral do primeiro ano de monitoramento (com 2km cada) e linha escura com a área total de 4 km para 2013 e 2014. Os dois pontos para realização dos perfis topográficos ficam situados no EMA e na área A, estão indicados pela setas na figura E.

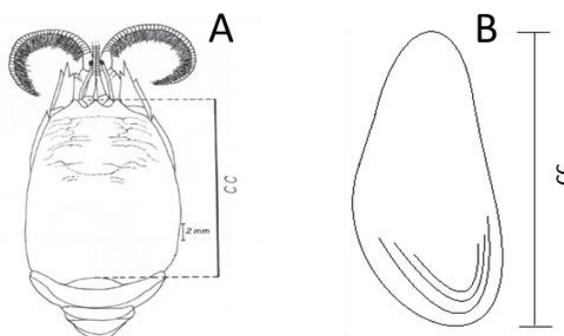


Figura 2. Diagrama esquemático indicando a medida obtida dos migradores mareais. Em A, o decapode *Emerita brasiliensis* (fonte: Nakagaki & Pinheiro, 1999) demonstrando a medida do comprimento da carapaça e em B a medida do comprimento da concha utilizada para os Bivalves (*Amarilladesma mactroides* e *Donax hanleyanus*).

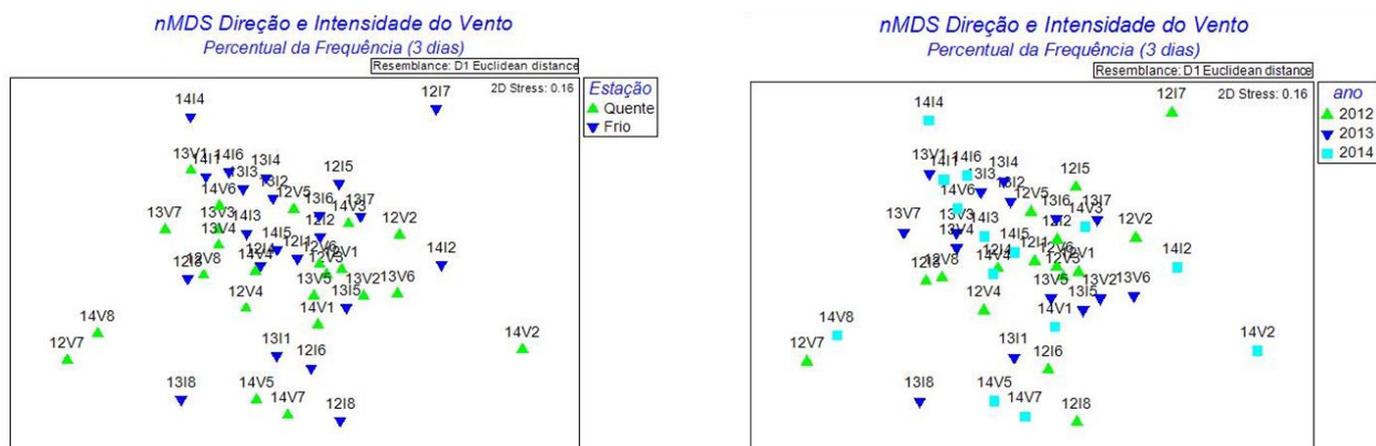


Figura 3. nMDS dos dados de vento (direção e intensidade) em percentual de frequência de ocorrência para 3 dias ($n=32$). À esquerda os dados foram plotados em relação aos Períodos Quentes e Frios dos Anos 2012 à 2014, e à direita em relação aos anos.

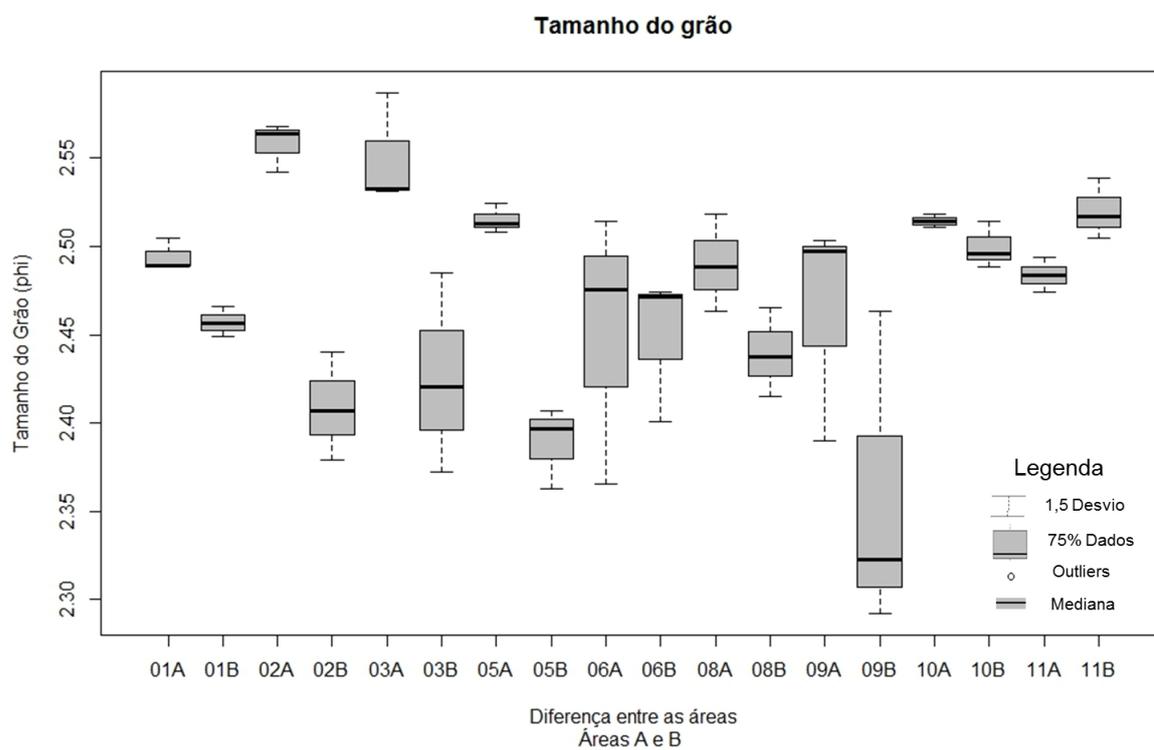


Figura 4. Diferença do tamanho do grão entre as duas áreas A e B quanto ao tamanho do grão em phi (ϕ). Análise realizada: ANOVA (n= 36).

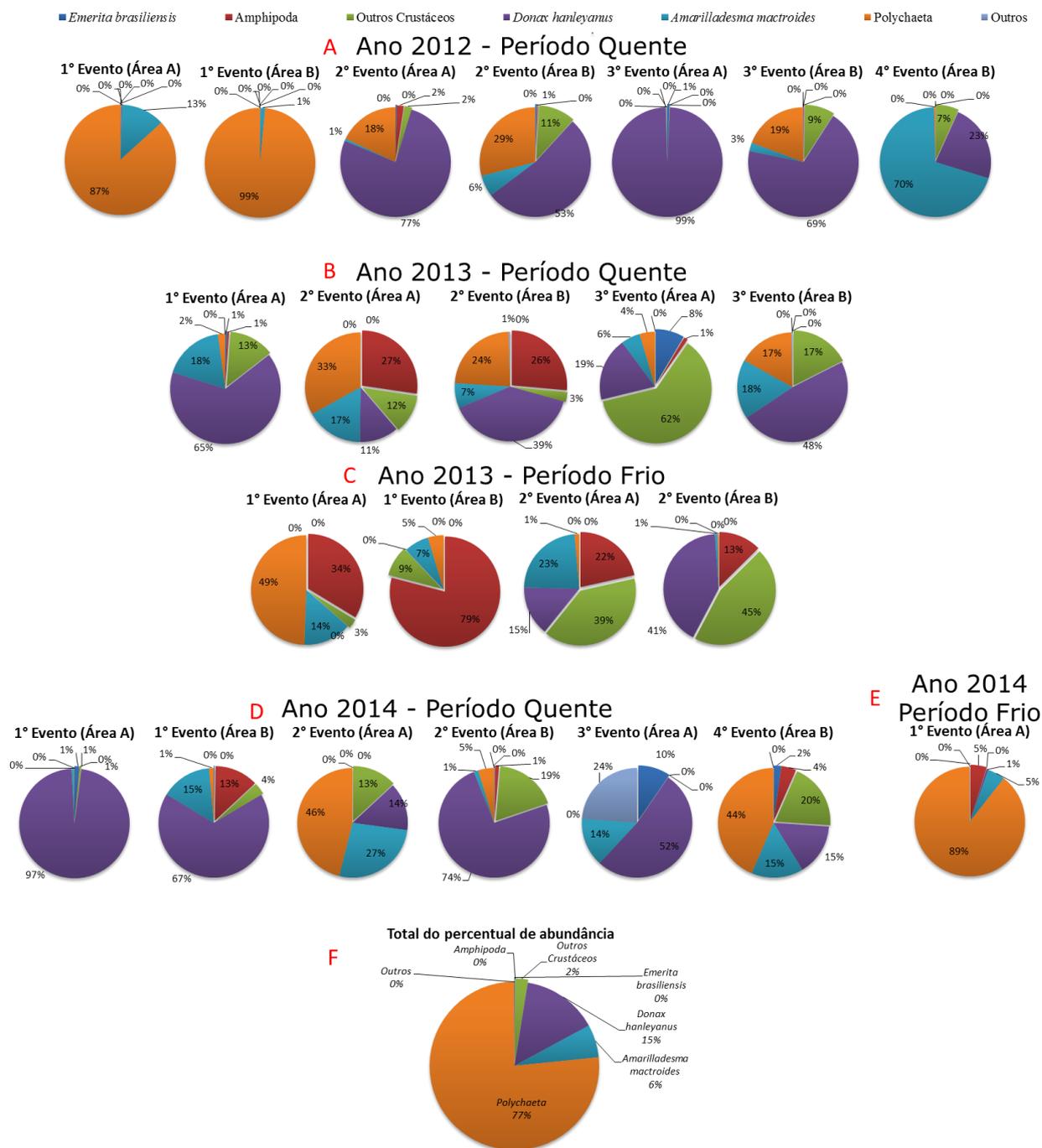


Figura 5. Percentual da abundância de *Emerita brasiliensis*, Amphipodas, Outros Crustáceos (*Excirolana armata* entre outros), *Donax hanleyanus*, *Amarilladesma mactroides*, Polychaeta, Outros (Nemertea e Insecta) encontrados nos embancamentos. Em A temos os eventos de embancamento do período quente de 2012, em B os eventos de embancamento do período quente de 2013, em C os eventos de embancamento do período frio de 2013, em D os eventos de embancamento do período quente de 2014, em E os eventos de embancamento do período frio de 2014 e em F temos a soma do total percentual da abundância nos embancamentos.

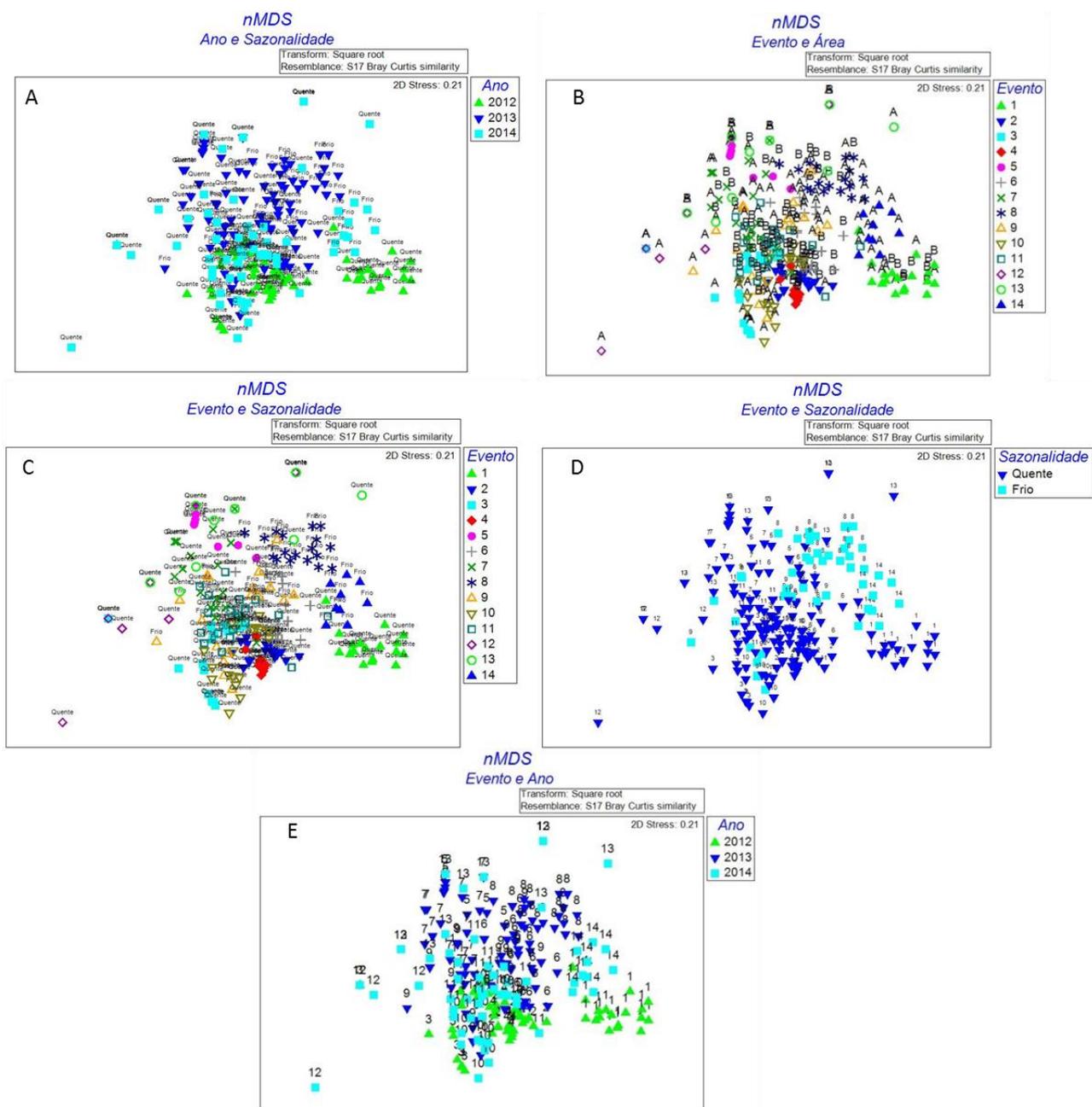


Figura 6. Diagramas nMDS das amostras. Em A temos a relação da Sazonalidade (Período quente e período frio) nos diferentes anos, B a relação dos Eventos nas diferentes Áreas, C a relação da Sazonalidade nos diferentes Eventos, D a relação da Sazonalidade nas diferentes Áreas e em E a relação dos Eventos nos diferentes Anos.

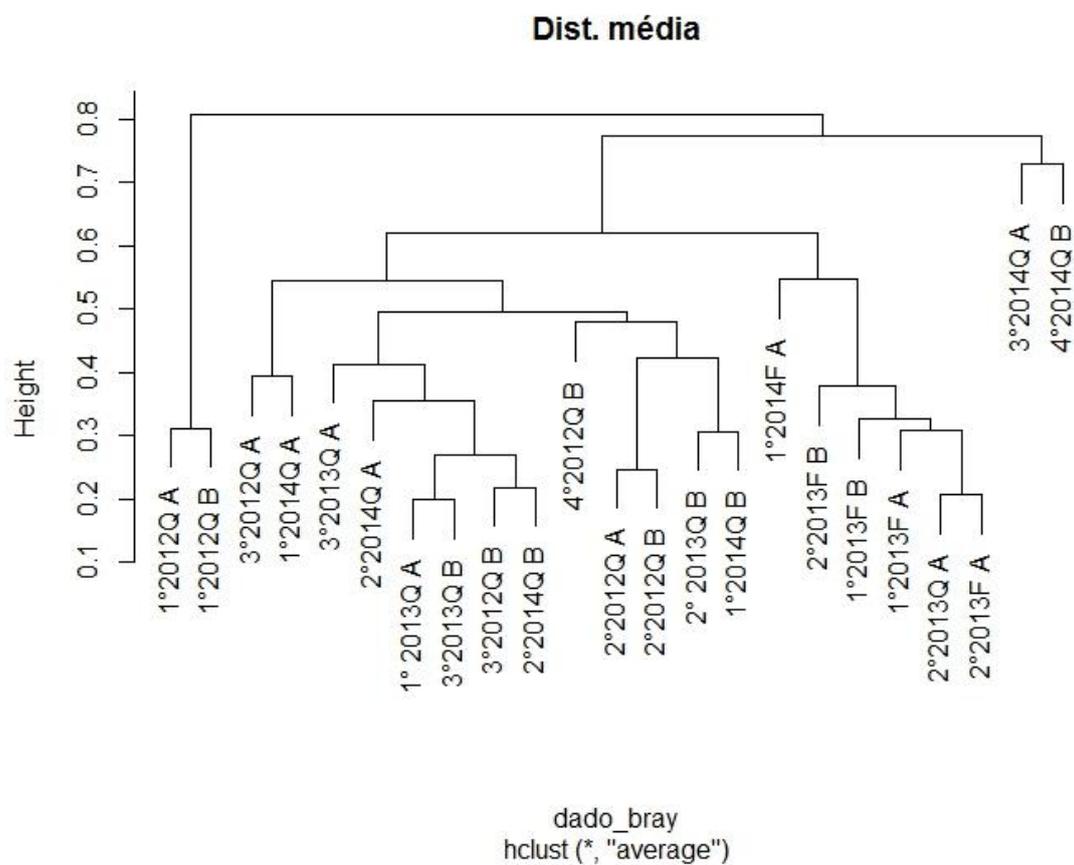


Figura 7. Análise de cluster (distância média) utilizada para as todas as réplicas das amostras de embancamentos. Os valores ordinais representam os diferentes embancamentos. Em Q e F, temos os períodos Quente e Frio. A e B representam as áreas amostradas.

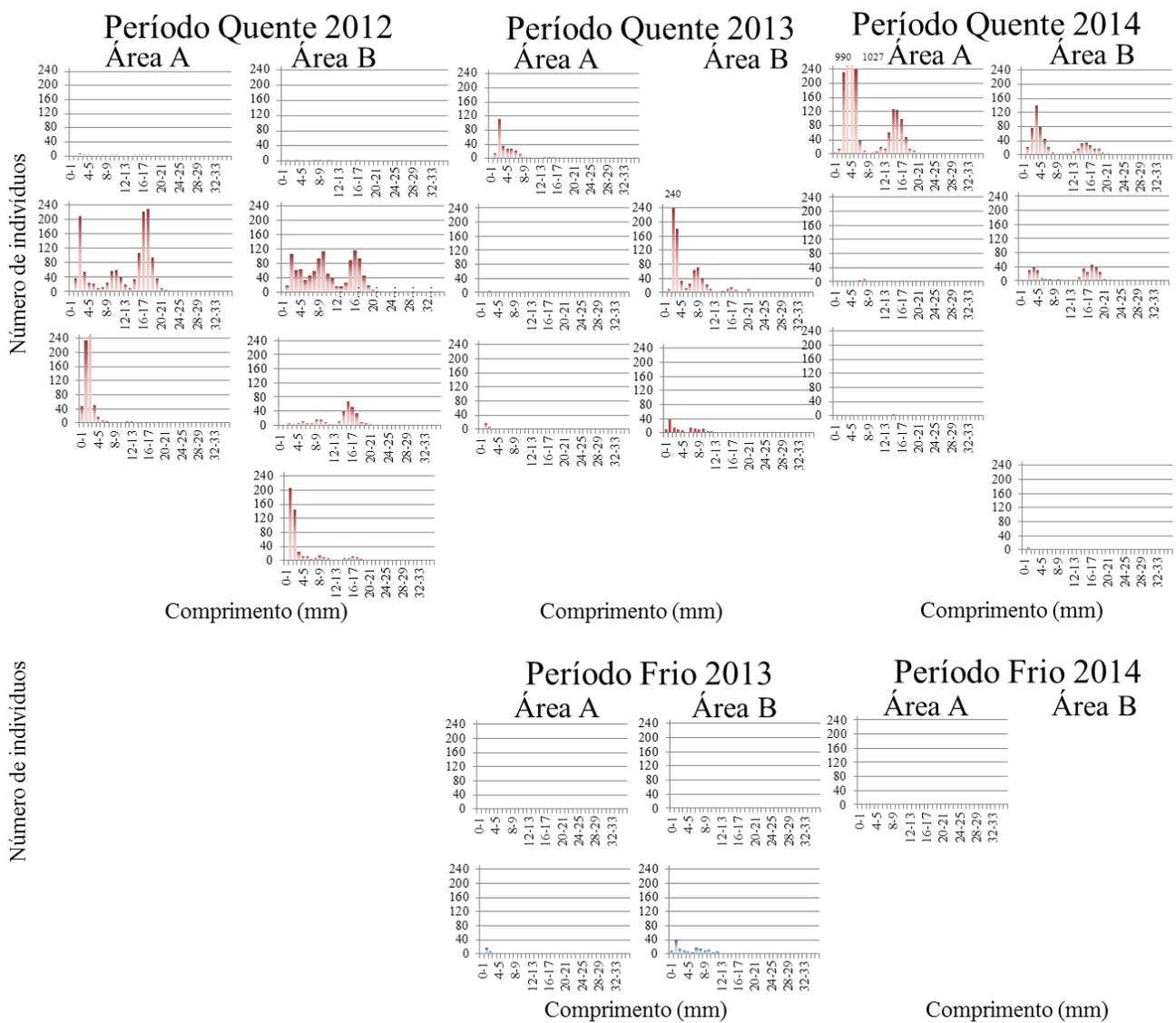


Figura 9. Número de indivíduos da espécie *Donax hanleyanus* em relação ao tamanho (mm). Os gráficos à esquerda, na cor vermelha, temos os embancamentos dos períodos quentes e os gráficos à direita, na cor azul, temos os embancamentos dos períodos frios.

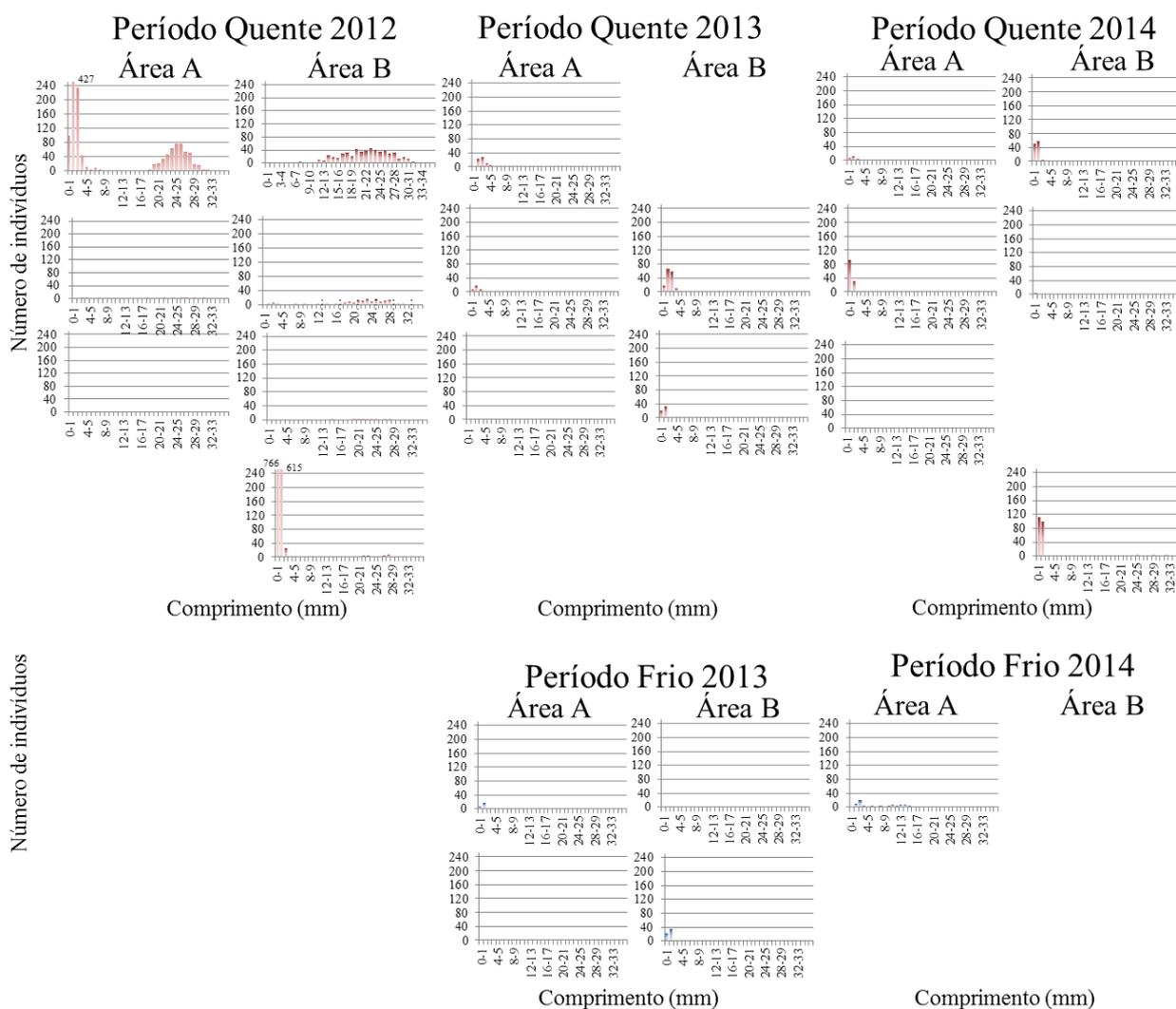


Figura 10. Número de indivíduos da espécie *Amarilladesma mactroides* em relação ao tamanho (mm). Os gráficos à esquerda, na cor vermelha, temos os embancamentos dos períodos quentes e os gráficos à direita, na cor azul, temos os embancamentos dos períodos frios.

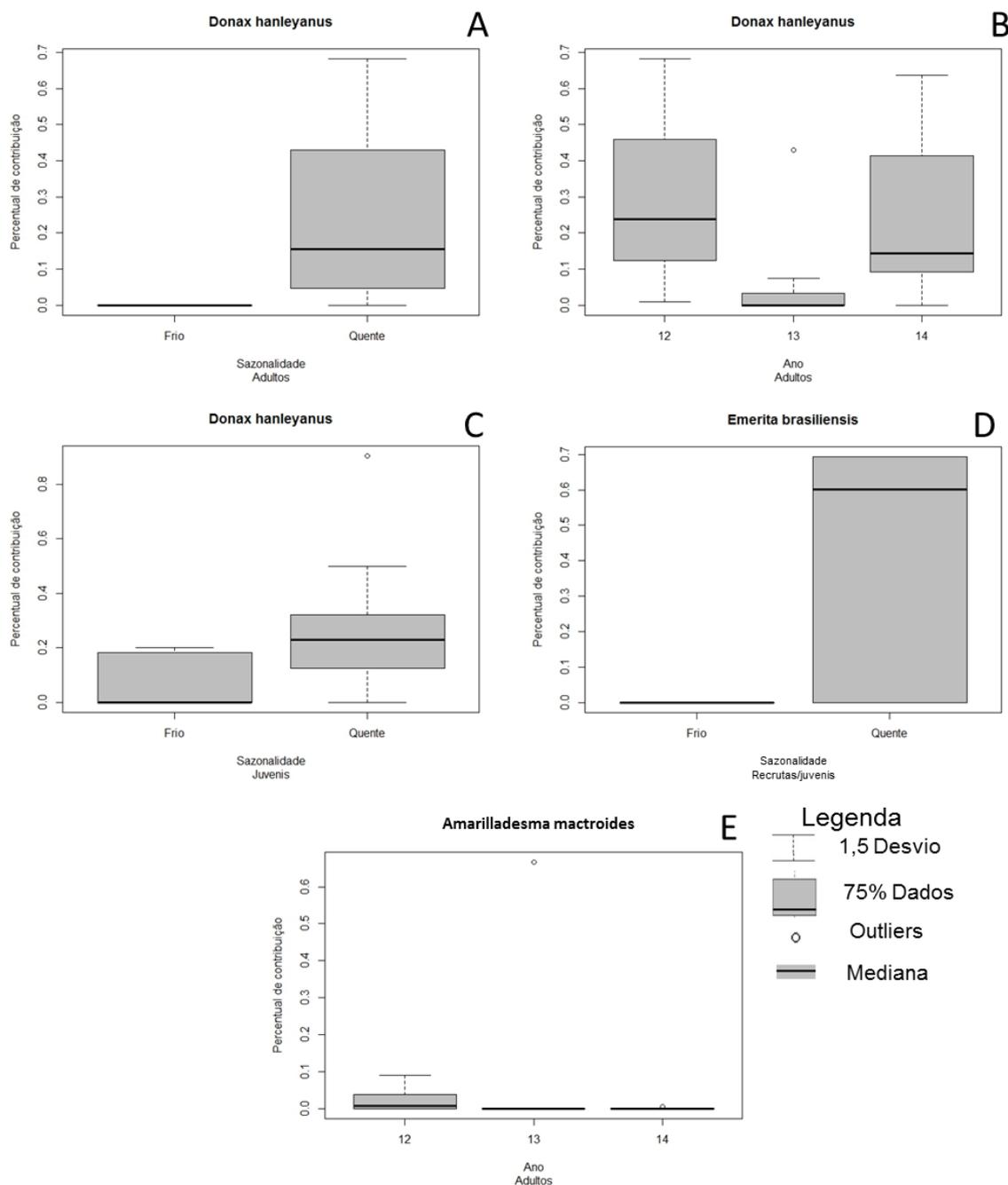


Figura 11. Estrutura dos migradores mareais quanto ao percentual da classe de tamanho (recrutas, juvenis e adultos). Em A, B e C o bivalve *D. hanleyanus*, em D e E o decápode *E. brasiliensis* e bivalve *A. mactroides*, respectivamente. O teste para essas análises foi o Kruskal-Wallis e o *n* amostral foi 23 amostras contendo os percentuais de contribuição dos migradores mareais nos diferentes períodos (quente e frio e entre os anos).

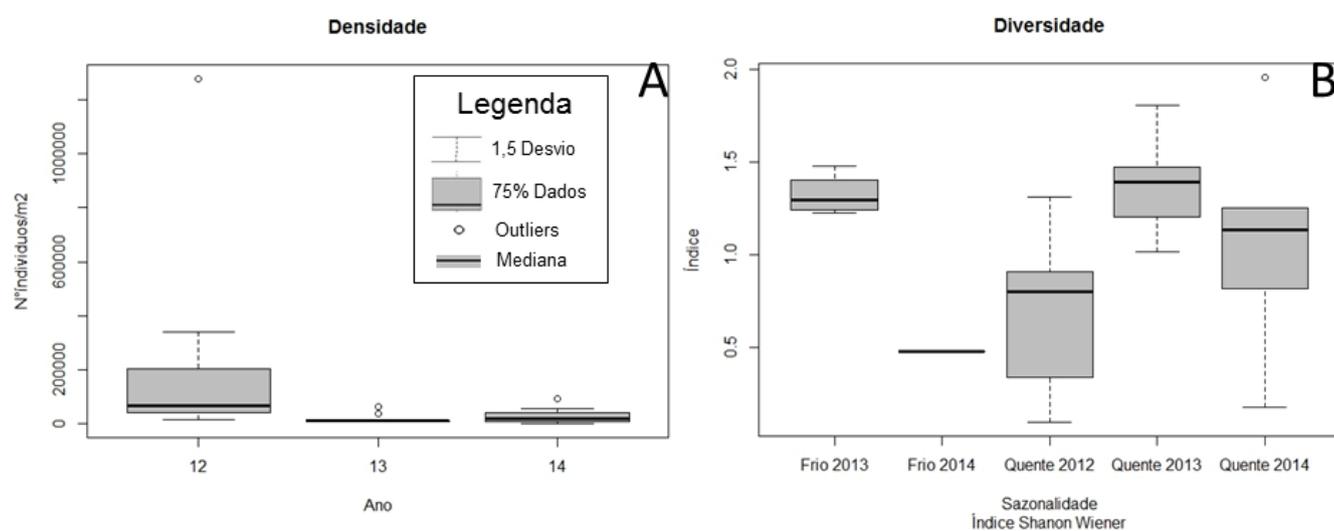


Figura 12. Diagrama de caixa (Boxplot). Em A temos a densidade total (nº total de indivíduos total/m²) dos embankamentos nos diferentes anos e em B a diversidade (índice de Shanon Wiener) nos diferentes períodos (Período quente e frio). Em A a estatística de teste foi o de Kruskal Wallis e em B utilizou-se a ANOVA, com n =23.

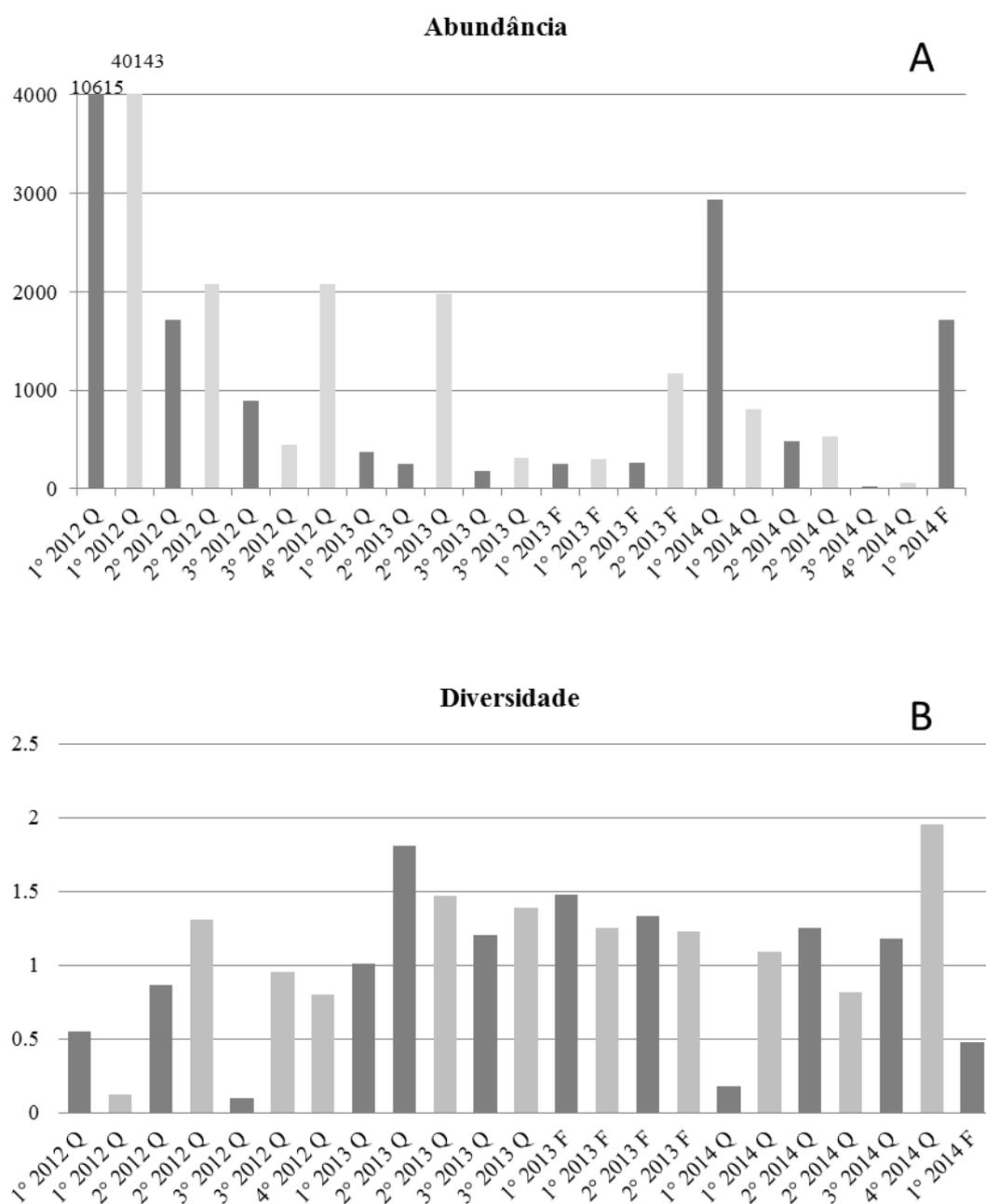


Figura 13. Gráficos da abundância da macroinfauna(em A) e da diversidade (Shanon Wiener) (em B). Nos gráficos as barras de cor escura representam a área A e as barras de cor clara representam a área B. O Q e F correspondem aos períodos Quentes e Frios.

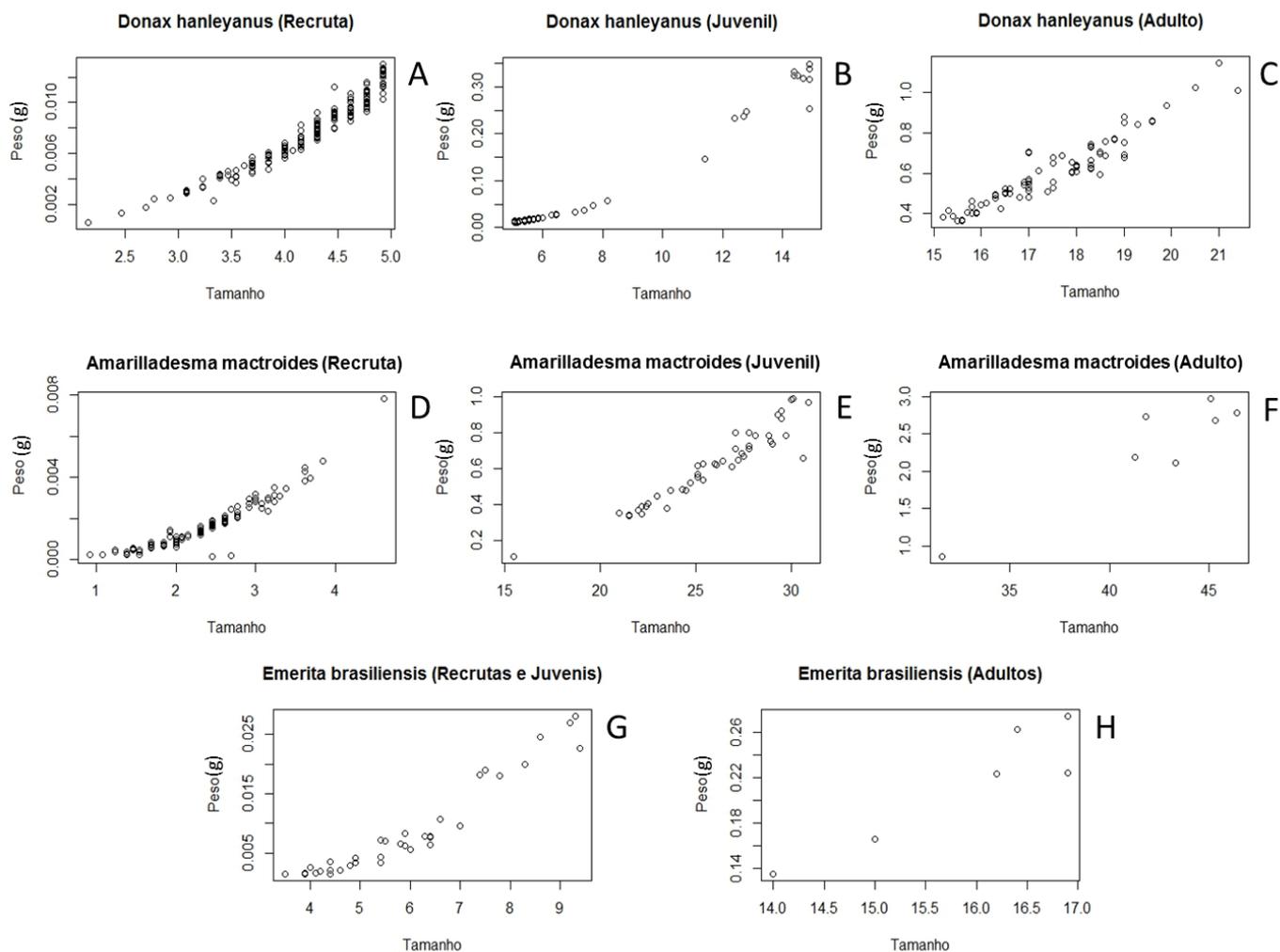


Figura 14. Gráficos de dispersão dos Valores de Peso e Tamanho usados para o cálculo dos modelos. Em a, b e c temos os estágios, recrutas, juvenis e adultos para a espécie *Donax hanleyanus*. Em d, e e f são os estágios, recrutas, juvenis e adultos para *Amarilladesma mactroides*. Para o gráfico g, temos recrutas e juvenis em conjunto, em h os adultos da espécie *Emerita brasiliensis*.

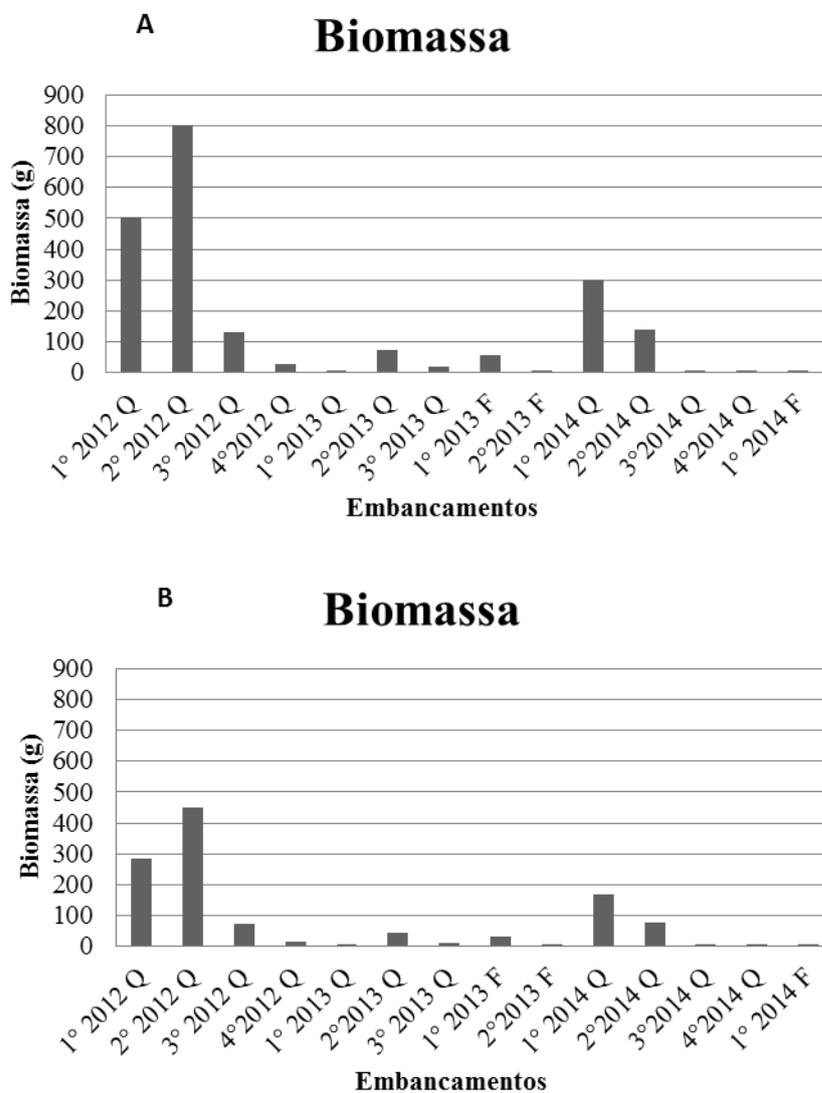


Figura 15. Biomassa dos migradores mareais (*A. mactroides*, *D. hanleyanus* e *E. brasiliensis*) estimada nos embancamentos. Em A com o acréscimo do peso da concha, para os bivalves e em B sem o peso da concha. Os valores ordinais representam os diferentes embancamentos, seguidos pelo ano e Q e F representando o período Quente e Frio.

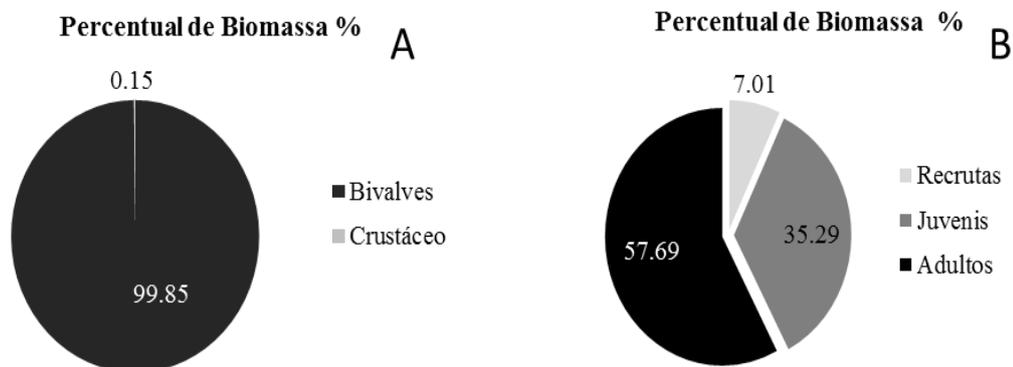


Figura 16. Percentual de contribuição de biomassa, em A para os grupos e em B para as classes de tamanho dos migradores mareais.

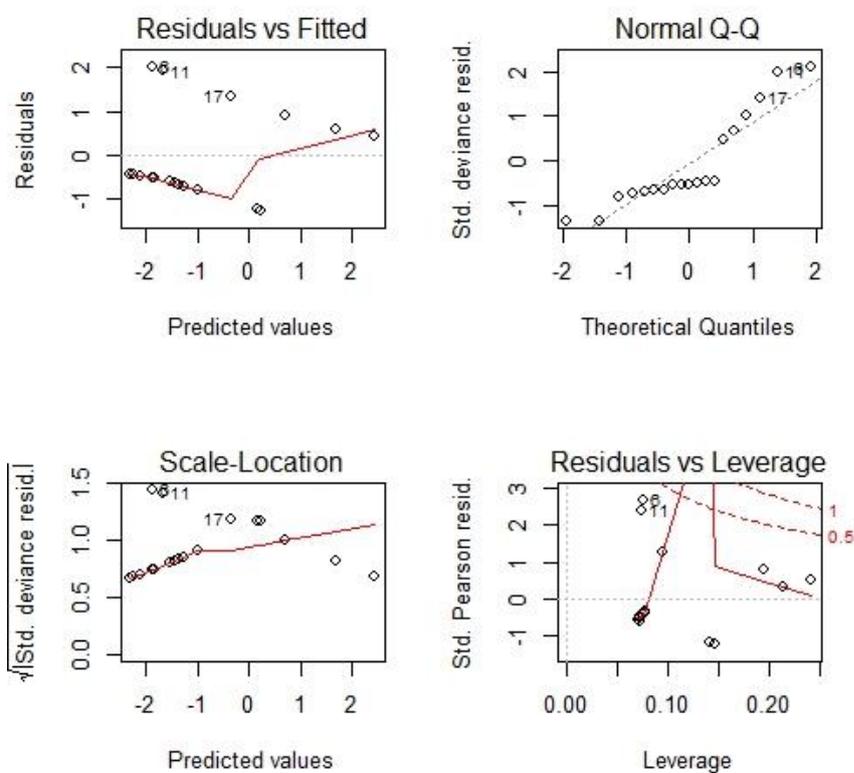


Figura 17. Gráficos dos resíduos da análise de GLM dos dados de embankamentos em função do índice de deposição da praia (BDI).



Figura 18. Desenho esquemático de cada aquário.



Figura 19. Aquários do experimento de sobrevivência e comportamento das espécies *A. mactroides* e *D. hanleyanus*. Os nove aquários representando o tratamento controle, tratamento intermediário e tratamento embancamento.

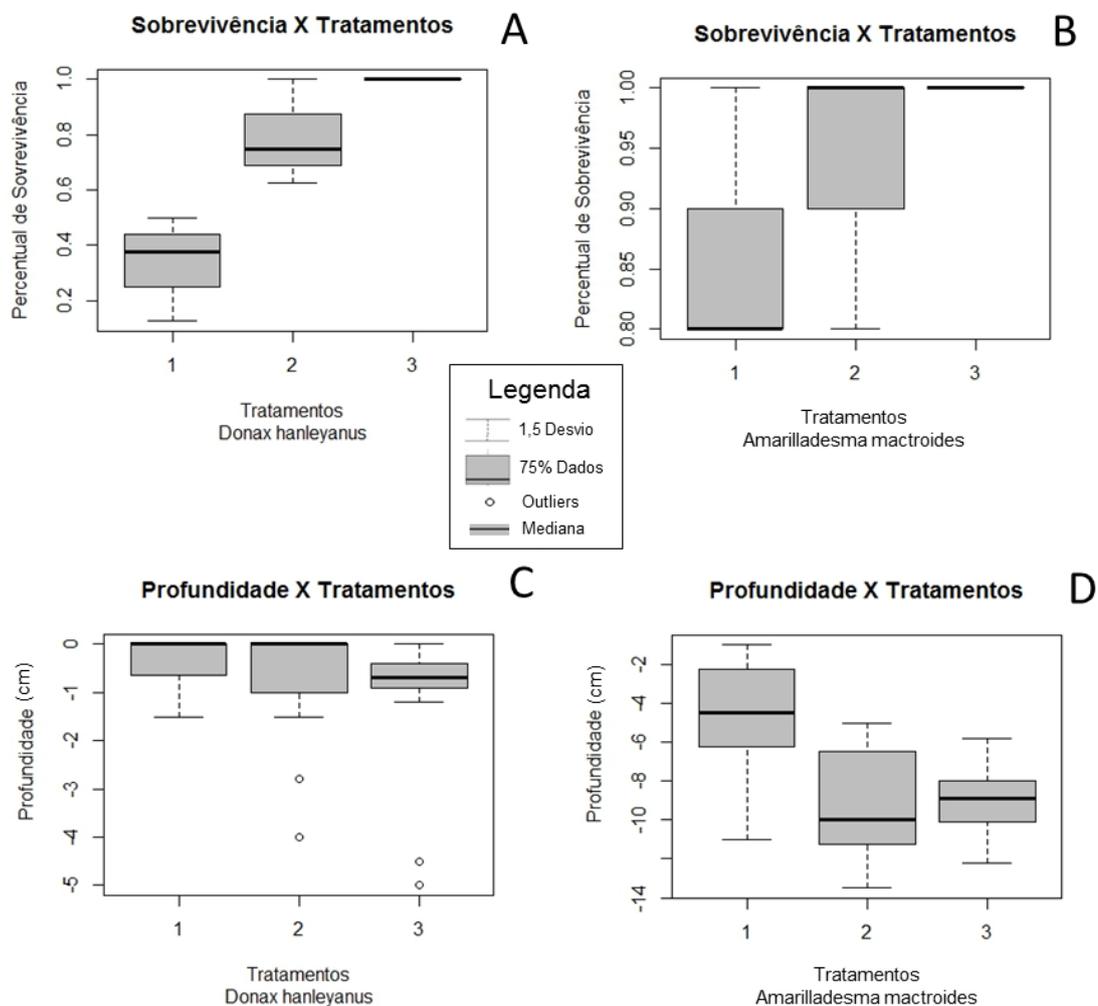


Figura 20. Em A e B, percentual de sobrevivência e em C e D a profundidade encontrada das espécies *A. mactroides* e *D. hanleyanus*, respectivamente. Nos gráficos o tratamento 1 representa o tratamento embancamento, o 2 a condição intermediária e 3 representa a condição controle. Em A e B o teste utilizado foi ANOVA com $n = 9$. Em C o teste foi ANOVA ($n=72$) e em D o teste foi Kruskal Wallis ($n=45$).

APÊNDICE A

