GABRIEL SOUSA CONZO MONTEIRO

**Variação temporal de pequena escala da macrofauna
bentônica da zona costeira rasa da enseada Martel
(baía do Almirantado, Antártica), com ênfase em
Annelida Polychaeta.**

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

Orientadora: Profa Dra Thaïs Navajas Corbisier

São Paulo

2010

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO

**Variação temporal de pequena escala da macrofauna bentônica da zona costeira
rasa da enseada Martel (baía do Almirantado, Antártica), com ênfase em
Annelida Polychaeta.**

Gabriel Sousa Conzo Monteiro

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

Julgada em ____ / ____ / ____ Por:

Prof.(a) Dr(a)

Conceito

Prof.(a) Dr(a)

Conceito

Prof.(a) Dr(a)

Conceito

Aos meus pais, Marcio e Fernanda,
por todo amor e dedicação.

*"And, in the end, the love you take
is equal to the love you make."*

Paul McCartney

Sumário

Índice de figuras	ii
Índice de tabelas	v
Agradecimentos	vi
Resumo	viii
Abstract	ix
Introdução	1
Hipótese e Objetivos	7
Área de Estudo.....	8
Material e Métodos.....	10
Coletas	10
Procedimento de Laboratório.....	11
Análise dos Dados	12
Variáveis ambientais	12
Variáveis biológicas.....	17
Resultados	21
Variáveis ambientais	21
Sedimento	21
Vento	24
Variáveis Biológicas	29
Macrofauna.....	29
Polychaeta.....	35
Discussão.....	44
Variáveis ambientais	44
Variáveis biológicas	45
Conclusões.....	59
Referências	60

Índice de figuras

Figura 1 – Velocidade média do vento no nível do mar, evidenciando a maior velocidade do vento no oceano austral, em especial acima dos 45°S, quando comparada às demais latitudes (modificado de BARNES; CONLAN, 2007).....	3
Figura 2 – Área de Estudo. A - Continente Antártico. B - Península Antártica. C - Ilhas Shetland do Sul. D - Ilha Rei George. E - Baía do Almirantado mostrando a linha de costa e áreas sem cobertura de gelo (cinza). Seta branca: localização da EACF. Seta preta: área de amostragem. Adaptado de Simões <i>et al.</i> (2004).	9
Figura 3 – A- Enseada Martel evidenciando a EACF, o ponto de coleta (PC) e a estação meteorológica (EM). B- Pegador utilizado nas coletas (0.0275m ²) (foto: Gabriel S. C. Monteiro).	10
Figura 4 – Lançamento do pegador de fundo, a bordo do bote Zodiac, fundeado no ponto de coleta (foto: Rafael B. de Moura).	11
Figura 5 – Rosa dos ventos e correspondência dos pontos cardeais e colaterais em graus.....	13
Figura 6 – Diagrama dos processos metodológicos envolvendo variáveis ambientais.	16
Figura 7 – Diagrama resumindo processos metodológicos envolvendo variáveis biológicas.....	20
Figura 8 – Representação gráfica da variação da porcentagem de grânulos (GR), areia (AR), silte (SI) e argila (ARG) ao longo das seis coletas realizadas.	22
Figura 9 – Média (+DP) das porcentagens de silte e argila nas três primeiras e nas três últimas coletas.	22
Figura 10 – Análise de Ordenação de Componentes Principais com dados sedimentares das coletas realizadas. %Grânulos (GR), %areia (AR),	

%silte (SI), %argila (ARG), %matéria orgânica (M.O.) e %carbonato de cálcio (CARB). O eixo 1 explica 52% e o eixo 2, 25% da variação observada.....	23
Figura 11 – Frequência total de cada direção do vento, e sua velocidade média durante o período de estudo.....	24
Figura 12 – Registros da velocidade e direção do vento do setor I de 25 de janeiro de 2008 a 7 de março de 2008. Linha pontilhada superior e inferior referem-se às velocidades de 10 m.s^{-1} e 4 m.s^{-1} , respectivamente.	25
Figura 13 – Registros da velocidade e direção do vento do setor II desde 25 de janeiro de 2008 até 7 de março de 2008. Linha pontilhada superior e inferior referem-se às velocidades de 10 m.s^{-1} e 4 m.s^{-1} , respectivamente.	26
Figura 14 – Registros totais da velocidade do vento divididos de acordo com a direção: setor I (inferior) e setor II (superior). Setas indicam a data exata da amostragem de sedimento.....	27
Figura 15 – Porcentagem da direção de ventos moderados entre Setor I e Setor II. Linha pontilhada corresponde ao valor de 50%.....	27
Figura 16 – Número de registros de ventos fortes em cada uma das coletas..	28
Figura 17 – Rajadas máximas diárias (km.h^{-1}) de 25 de janeiro a 7 de março de 2008. A linha pontilhada corresponde à velocidade de 100 km.h^{-1} . Setas indicam a data exata da amostragem de sedimento.	28
Figura 18 – Abundância total (6 coletas somadas) dos filos e abundância relativa em cada uma das coletas.	30
Figura 19 – Densidade média (+DP) da macrofauna nas seis coletas.....	31
Figura 20 – Densidade média (+DP) dos Crustacea em cada uma das seis coletas.	31
Figura 21 – Densidade média (+DP) dos Mollusca em cada uma das seis coletas.	32

Figura 22 – Densidade média (+DP) dos Oligochaeta em cada uma das seis coletas.	32
Figura 23 – Análise de ordenação nMDS baseada nos grupos taxonômicos dominantes. As circunferências representam a densidade média de Cumacea + Amphipoda.	33
Figura 24 – Análise de ordenação PCA baseada nos grupos taxonômicos dominantes (eixo 1 explica 42% e eixo 2 explica 37% da variação observada).....	34
Figura 25 – Abundância total (18 réplicas somadas) dos filos e abundância relativa(três réplicas somadas) em cada uma das coletas.	36
Figura 26 – Densidade média (+DP) dos Polychaeta em cada uma das seis coletas.	37
Figura 27 – Densidade média (+DP) das espécies de Polychaeta da família Opheliidae em cada uma das seis coletas.	38
Figura 28 – Densidade média (+DP) das espécies de Polychaeta da família Maldanidae em cada uma das seis coletas.	39
Figura 29 – Densidade média (+DP) da espécie <i>Apistobanchus glacerae</i> em cada uma das seis coletas.	39
Figura 30 – Densidade média (+DP) da espécie <i>Tharyx</i> cf. <i>cincinnatus</i> em cada uma das seis coletas.	40
Figura 31 – Médias dos índices de diversidade H' (+DP), equidade J' ($\pm$ DP) e riqueza (+DP) de Polychaeta.....	41
Figura 32 – Análise de ordenação nMDS das coletas em relação às espécies dominantes de Polychaeta.	42
Figura 33 – Análise de ordenação PCA das coletas baseada nas espécies dominantes de Polychaeta (eixo 1 explica 50% e eixo 2 explica 26% da variação observada).	43

Índice de tabelas

Tabela 1 – Classificação de Shepard (1954) e parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) para o sedimento de cada coleta realizada. Tamanho médio do grão expresso em phi (ϕ).	21
Tabela 2 – Porcentagem das frações granulométricas, matéria orgânica e carbonato de cálcio em cada uma das coletas.	23
Tabela 3 – Abundância total dos organismos (três réplicas somadas).	29
Tabela 4 – Correlação de Spearman entre variáveis bióticas e abióticas. São apresentados somente valores significativos ($p < 0,05$).	35
Tabela 5 – Abundância total dos Polychaeta (três réplicas somadas).	35

Agradecimentos

Ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo por toda infraestrutura, assim como seu corpo docente e funcionários que permitiram realizar um trabalho de qualidade.

À Thaïs, por me orientar e permitir que eu integrasse sua fantástica equipe de pesquisa; por ter tido a paciência de repetir cinco ou seis vezes o que eu não conseguia compreender; e por ter dedicado muitas horas na leitura de relatórios e versões de dissertação.

À Mônica do meu coração, acima de tudo, pela paciência! Por tudo que investiu em mim para que eu melhorasse como pesquisador, pessoa, amigo e companheiro. Saiba que seu fiel escudeiro estará sempre à disposição para encarar novos desafios ao seu lado. Ainda abriremos muitas portas juntos! Sou muito grato a você por tudo o que fez por mim!

Ao Professor Nonato, acima de tudo por representar, para mim, um exemplo a ser seguido, como pessoa e pesquisador. Se fosse resumir nossa relação em duas palavras, sem sombra de dúvida seria “Admiração” e “Aprendizado”. Mais do que conhecimento acadêmico, aprendi com o senhor verdadeiras lições de vida que levarei comigo para sempre.

À Paulinha, Lú, MC, Gigi, Carol, Caia, Clara, Bia, Maria, Hanna, e Noelle (nossa quanta mulher num laboratório só!) por não perderem a paciência com minhas mais diversas e absurdas perguntas que faziam (e fazem) todo sentido do mundo em minha cabeça. Obrigado por tudo e gostaria que vocês soubessem que a amizade de vocês é algo valioso que levarei comigo para o resto da vida.

Aos meus queridos amigos Sansan e Rafa por cultivar esta amizade tão bela e verdadeira e por serem meus companheiros nos mais diversos momentos e locais. Com certeza meu primeiro contato com o continente gelado não seria tão especial se vocês não estivessem lá comigo!

Aos sempre receptivos vizinhos (e amigos) Mau, El, Ju e Mi por me acolherem em diversos momentos e sempre oferecerem uma conversa amigável e descontraída para diminuir a tensão do dia a dia de trabalho.

À Dra Lúcia Campos por permitir que trabalhasse com material de seu projeto, assim como pelas portas que abriu para mim.

À equipe da biblioteca Prof. Dr. Gelso Vazzoler, em especial ao Wagner pela paciência de Jó frente às minhas eternas dúvidas e perguntas sobre End Note, assim como pela ajuda com a padronização das referências bibliográficas.

À Silvana e Ana Paula (equipe da secretaria de pós graduação) por me orientarem quanto à burocracia de bolsas, formulários, datas e disciplinas.

À equipe base 2007/2008 da Estação Antártica “Comandante Ferraz” e demais amigos do IOUSP que me ajudaram a coletar e processar o material utilizado neste estudo.

À FAPESP por conceder minha bolsa de Mestrado.

À Rebeca pela compreensão e amor.

À minha família por toda a paciência, encorajamento e amor, não só durante o mestrado, mas em todos os momentos da minha vida.

E enfim, a todas as pessoas que de alguma forma colaboraram com esta dissertação, assim como para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Resumo

A distribuição, composição e alguns aspectos da variação temporal de grande escala da macrofauna bentônica da zona costeira rasa da baía do Almirantado já são conhecidos. O presente trabalho investigou a variação temporal de pequena escala da macrofauna, com ênfase nos Polychaeta, aos 20 metros de profundidade na enseada Martel. Foram feitas amostragens de sedimento, com um pegador de fundo tipo van Veen, em um mesmo ponto durante 35 dias, em intervalos aproximados de uma semana. Foram verificadas variações significativas na densidade de alguns grupos taxonômicos (Amphipoda e Polychaeta) e na composição granulométrica sedimentar. Bivalvia, Amphipoda, Cumacea e Oligochaeta, que vivem nas primeiras camadas do sedimento, constituíram um grupo sensível ao impacto causado por intensas tempestades. As espécies dominantes de Polychaeta (87% do total) foram *Rhodine intermedia*, *Ophelina syringopige*, *O. gymnopyge*, *Apistobanchus glacerae* e *Tharyx* cf. *cinnatus*. Somente a densidade de *O. gymnopyge* apresentou variação significativa, o que não ocorreu com os descritores ecológicos do grupo. Estes resultados colaboram para o INCT-APA, fornecendo informações importantes para a interpretação dos dados obtidos no atual programa de monitoramento desenvolvido na baía do Almirantado. Este estudo integra o projeto do Ano Polar Internacional “MABIREH” e contribuirá para bases de dados “SCAR-MarBin” e “ABBED”.

Descritores: Macrofauna. Polychaeta. baía do Almirantado. Antártica.
Variação temporal de pequena escala. Tempestade. Hidrodinamismo.

Abstract

The distribution, composition and some aspects of long-term temporal variation of macrofauna from shallow waters of Admiralty Bay are reasonably well known. The present study aimed to investigate the short-term variation of macrofauna, with emphasis on Polychaeta, in Martel Inlet. Sediment was sampled, at 20 m depth, with a van Veen grab for approximately 35 days, almost every week. During the study period, significant variations were verified on the density of some taxa (Amphipoda and Polychaeta), as well as on the sediment composition. Bivalvia, Amphipoda, Cumacea and Oligochaeta at the first sediment layers were more susceptible to the impact of the severe storms. The dominant species of Polychaeta were *Rhodine intermedia*, *Ophelina syringopyge*, *O. gymnopyge*, *Apistobrachus glacerae* and *Tharyx* cf. *cincinnatus*, counting for 87% of the total group. The density of *Ophelina gymnopyge* presented a significant short-term variation, however, ecological descriptors for Polychaeta assemblages did not vary at the same way. These results collaborate to the INCT-APA, by providing important information to interpret the acquired data about the environmental monitoring program developed in Admiralty Bay. This study is part of the International Polar Year project “MABIREH” and will integrate “SCAR-MarBin” and “ABBED” data bases.

Keywords: Macrofauna. Polychaeta. Admiralty Bay. Antarctica. Short-term variation. Storm. Hydrodynamics.

Introdução

O bentos antártico é caracterizado por um alto grau de endemismo, devido ao isolamento causado pela corrente circumpolar por aproximadamente 40 milhões de anos (DENTON *et al.*, 1971), sendo que muitas características da comunidade bentônica de zona rasa são similares às da fauna de grandes profundidades. A fauna de zonas rasas teria sido extinta no período de glaciação do Plioceno e Pleistoceno, permitindo que os animais de maiores profundidades colonizassem a zona mais rasa, defaunada pelo gelo (DELL, 1972). De uma forma geral, os organismos da comunidade bentônica antártica apresentam maturação sexual tardia, crescimento lento e, na plataforma continental, uma alta biomassa (KNOX, 1994).

Dentre os processos físicos que afetam o bentos antártico de zona costeira rasa, estão os diferentes impactos causados pelo gelo: (i) arraste de blocos de gelo sobre o fundo marinho, formando vales no sedimento de vários metros, que podem ocorrer desde a zona entre marés até 500 metros de profundidades (“ice scour”), (ii) congelamento da zona entre marés (“ice foot”) e (iii) a formação de placas de gelo sobre o fundo marinho, que aprisionam organismos e, como a densidade da placa é menor que a da água, estes animais aprisionados acabam sendo içados com a flutuação do gelo (“anchor ice”) (DAYTON *et al.*, 1969; 1970; 1974; PECK; BULLOUGH, 1993; BARNES, 1995; SAHADE *et al.*, 1998; NONATO *et al.*, 2000, GUTT, 2001; WALLER *et al.*, 2006).

Esses impactos ocorrem em diferentes escalas temporais e espaciais. O congelamento da zona entre marés e a formação de “anchor ice” ocorrem,

principalmente, nos meses de inverno. Já o “ice scour” predomina no verão, porém sua frequência e a profundidade em que ocorre dependem do relevo local e do tamanho do bloco, respectivamente, além de outros processos físicos como corrente e vento (NONATO *et al.*, 2000; GUTT, 2001). Com o aumento da profundidade, a frequência com que o gelo impacta o fundo marinho diminui, conferindo uma maior estabilidade ambiental (SMALL *et al.*, 2007). Em regiões com menor impacto do gelo, interações biológicas como competição e predação são o principal fator estruturador da comunidade bentônica (DAYTON *et al.*, 1974).

Os impactos do gelo são estudados em ambos os pólos, desde a zona rasa até regiões mais profundas, porém pouco se sabe como as tempestades afetam a comunidade bentônica antártica (BARNES; CONLAN, 2007). A escassez de estudos que registram os efeitos de tempestades nessa comunidade se justifica, principalmente, pelo caráter da imprevisibilidade dessas ocorrências (HALL, 1994). Efeito de tempestades sobre comunidades bentônicas foi verificado em regiões onde estes eventos atmosféricos são frequentes, como o sul-sudeste do Brasil (pela passagem de frentes frias) e o sul dos Estados Unidos (pela passagem de furacões), dentre outras localidades (CROKER, 1968; MCCALL, 1977; RACHOR; GERLACH, 1978; DOBBS; VOZARIK 1983; BUTMAN, 1987; EMERSON; GRANT, 1991; STECH; LORENZZETTI, 1992; WULFF, 1995; POSEY *et al.*, 1996; SOLA; PAIVA, 2001; GALLUCCI,; NETTO, 2004; ALVES; PEZZUTO 2009).

O oceano austral apresenta, em sua maior porção, uma alta velocidade média do vento no nível no mar, quando comparado às demais latitudes, resultando em ondas com maior magnitude e tempestades (Figura 1), cujo

impacto pode influenciar acentuadamente as comunidades bentônicas da zona entremarés e da zona costeira rasa independente do local. Um único evento pode afetar a estrutura de uma comunidade por vários anos (WULFF, 1995).

Fortes tempestades podem impactar a comunidade bentônica (i) de forma direta e praticamente imediata, atuando na remobilização do sedimento e no transporte de organismos para outras áreas; e (ii) de forma indireta, nas áreas de deposição do sedimento remobilizado causando o soterramento de organismos bentônicos levando a morte por impedir a respiração e até mudanças químicas e microbiológicas que afetam, em longo prazo, a comunidade. Áreas mais rasas estão, geralmente, associadas a impactos diretos de tempestade e áreas mais profundas, a impactos indiretos (RACHOR; GERLACH, 1978; DOBBS; VOSARICK, 1983, POSEY *et al.*, 1996).

Figura 1 - Velocidade média do vento no nível do mar, evidenciando a maior velocidade do vento no oceano austral, em especial acima dos 45°S, quando comparada às demais latitudes (modificado de BARNES; CONLAN, 2007).

Em estudo sobre a recuperação de áreas antárticas impactadas por “ice scour”, foi verificado que tempestades atuaram no transporte de organismos da meio- e macrofauna provenientes de áreas vizinhas para a área impactada pelo gelo, aos nove metros de profundidade (PECK *et al.*, 1999). Esta variável ambiental, que desempenha um papel relevante na distribuição da macrofauna de zona costeira rasa, não tem sido considerada devidamente

em estudos ecológicos. Nenhum outro estudo verificou a influência das tempestades na distribuição da macrofauna bentônica no ambiente antártico, embora este seja um impacto bem mais frequente, apesar de menos intenso que o impacto do gelo (BROWN *et al.*, 2004; INPE, 2008).

Muitos trabalhos de investigação temporal sobre o bentos antártico foram realizados em escalas sazonais ou interanuais, tanto na baía do Almirantado (JAZDZEWSKI *et al.*, 2001; ECHEVERRÍA *et al.*, 2005; ECHEVERRÍA; PAIVA, 2006), como em outras áreas (LENIHAN; OLIVER, 1995; PECK *et al.*, 1999; LEE *et al.*, 2001; GUTT; STARMANS, 2001; CONLAN *et al.*, 2004; BARNES; CONLAN, 2007; GLOVER *et al.* 2008; CONLAN *et al.*, 2010; KIM *et al.*, 2010; SICIŃSKI *et al.*, 2000). A utilização de uma curta escala de tempo, como diária ou semanal, permite analisar respostas mais rápidas da fauna bentônica a impactos naturais como, por exemplo, tempestades. Tais respostas provavelmente não seriam detectadas utilizando-se uma grande escala de tempo.

A macrofauna de fundos inconsolidados da baía do Almirantado, Ilha Rei George, é composta principalmente por Polychaeta, Oligochaeta, Bivalvia e Crustacea. Em estudos relacionados à macrofauna em frente à Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz, nos verões de 1989/90, 1990/91 e 1994/95, foram verificadas diferenças significativas quanto à distribuição da comunidade em relação à profundidade e ao ano em que as coletas foram realizadas (SICIŃSKI *et al.*, 2010).

Os Polychaeta constituem um dos principais grupos da macrofauna bentônica da baía do Almirantado, tanto em termos de riqueza (162 espécies) como de abundância de organismos, tendo sido estudados na baía,

principalmente por pesquisadores brasileiros e poloneses (JAZDZEWSKI *et al.*, 1986; ARNAUD *et al.*, 1986; SICIŃSKI, 1986; SICIŃSKI; JANOWSKA, 1993; SICIŃSKI, 1993; BROMBERG *et al.*, 2000; SICIŃSKI, 2000; BROMBERG, 2004; SICIŃSKI, 2004; ECHEVERRÍA *et al.*, 2005; ECHEVERRÍA; PAIVA, 2006; BESSA *et al.*, 2007; FILGUEIRAS *et al.*, 2007; PABIS; SICIŃSKI, 2010 a,b). O número de espécies de Polychaeta da baía do Almirantado é reconhecidamente maior em relação a outras regiões antárticas como Arquipélago Palmer com 120 espécies (LOWRY, 1975; RICHARDSON; HEDGPETH, 1977), Ilha Elefante com 126 espécies (HARTMANN-SCHRÖDER; ROSENFELDT, 1990,1991), e Baía Terra Nova com 77 espécies (GAMBI *et al.*, 1997), porém estes trabalhos tem mais de 30 anos e o número de espécies pode ser maior, atualmente. A alta riqueza dos Polychaeta pode estar relacionada à heterogeneidade do fundo marinho da baía do Almirantado (SICIŃSKI *et al.*, 2010).

Investigações sobre a estrutura da comunidade bentônica, incluindo programas de monitoramento ambiental, envolvem comparações de resultados ao longo do tempo. O monitoramento da macrofauna bentônica na zona costeira rasa da baía do Almirantado desenvolvido pelo “Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia Antártico para Pesquisas Ambientais” (INCT-APA) prevê coletas a cada 2 anos. O atual estudo poderá contribuir para este programa de monitoramento, fornecendo informações quanto à variação temporal de pequena escala da macrofauna bentônica, que pode confundir ou inviabilizar a correta interpretação de resultados oriundos de dados biológicos obtidos em uma escala temporal maior, ainda mais quando baseados em amostragens

esporádicas (GREEN, 1979; HURLBERT, 1984; ANDREW; MAPSTONE, 1987; MORRISEY *et al.*, 1992).

O presente estudo integra o projeto do Ano Polar Internacional "Vida Marinha Antártica: Biodiversidade em Relação à Heterogeneidade Ambiental na baía do Almirantado, Ilha Rei George, e áreas adjacentes" (MABIREH), coordenado pela Dra Lúcia S. Campos (UFRJ) e vinculado ao "Censo da Vida Marinha Antártica" (CAML). Estes resultados contribuirão para os bancos de dados "SCAR Marine Biodiversity Information Network" (SCAR-MarBin) e "Admiralty Bay Benthos Diversity Data Base" (ABBED).

Hipótese e Objetivos

Hipótese

O presente estudo se baseia na hipótese de que o regime de vento condicione, em pequena escala de tempo: (i) variações significativas na densidade de alguns grupos da macrofauna e (ii) modificações na composição granulométrica do sedimento.

Objetivo Geral

Descrever a variação temporal da macrofauna bentônica, com ênfase nos Annelida Polychaeta, num período curto do verão austral de fevereiro/março de 2008, na região costeira rasa, em frente à Estação Antártica “Comandante Ferraz”, enseada Martel, baía do Almirantado.

Objetivos Específicos

- Verificar variações de pequena escala temporal na densidade (i) dos principais grupos taxonômicos que compõe a macrofauna bentônica e (ii) das espécies dominantes de Polychaeta, assim como dos descritores ecológicos deste grupo.
- Verificar a influência do vento sobre (i) a comunidade bentônica, em especial sobre os Polychaeta, relacionando-a com a composição granulométrica do sedimento.

Área de Estudo

A Ilha Rei George está situada em uma zona de transição entre os climas antártico e subantártico, porém suas características oceanográficas são predominantemente antárticas. Devido às condições meteorológicas complexas, a baía do Almirantado é caracterizada por um intrincado padrão de correntes (PRUSZAK, 1980). A baía é influenciada pelo mar de Weddell e de Bellingshausen (WEBER; MONTONE, 2006). O movimento de icebergs indica a presença de uma corrente permanente fluindo nas direções NE e E-NE (MADEJSKI; RAKUSA-SUSZCZEWSKI, 1990). As marés constituem o principal fator responsável pela circulação dentro da baía e pela mistura com as águas provenientes do estreito de Bransfield e apresentam um padrão semidiurno, com variação máxima de 2,5 metros, porém pouco alteram as correntes superficiais quando o vento é superior a 3 m.s^{-1} (PRUSZAK, 1980).

A média anual de temperatura do ar na região é de $-2,8^{\circ}\text{C}$, atingindo no verão a média de $0,9^{\circ}\text{C}$ e, no inverno, $-7,0^{\circ}\text{C}$ (FERRON *et al.*, 2004). A salinidade e temperatura da água são relativamente estáveis ao longo da baía, variando no verão austral de $32,9$ a $34,2$ e $-0,2^{\circ}\text{C}$ a $3,4^{\circ}\text{C}$, respectivamente, na superfície, e de $33,8$ a $33,4$ e $-0,4^{\circ}\text{C}$ a $0,9^{\circ}\text{C}$, respectivamente, no fundo (JAZDZEWSKI *et al.*, 1986). Abaixo da cobertura de gelo, durante o inverno, a temperatura da água atinge valores entre $-2,0^{\circ}\text{C}$ a $-1,6^{\circ}\text{C}$ (PRESLER, 1980).

Registros batimétricos efetuados em frente à Estação Antártica Brasileira evidenciaram a presença de um declive abrupto até os 10 metros de profundidade. A partir deste ponto o declive é mais suave, alcançando cerca de 25 m de profundidade a 130 metros da costa. O predomínio de frações grossas

do sedimento ocorre em profundidades mais rasas (10 metros) e o predomínio de silte e argila é encontrado a partir dos 20 metros (NONATO *et al.*, 2000).

A área em frente à Estação Antártica “Comandante Ferraz” (EACF) ($62^{\circ}04'S$ e $58^{\circ}21'W$) está localizada no sublitoral raso da enseada Martel, baía do Almirantado (Figura 2). Essa baía é um local com ampla comunicação com o estreito de Bransfield, cuja renovação da água permite o desenvolvimento de uma fauna bentônica significativamente rica (WÄGELE; NONATO, 1991).

Figura 2 - Área de Estudo. A - Continente Antártico. B - Península Antártica. C - Ilhas Shetland do Sul. D - Ilha Rei George. E - Baía do Almirantado mostrando a linha de costa e áreas sem cobertura de gelo (cinza). Seta branca: localização da EACF. Seta preta: área de amostragem. Adaptado de Simões *et al.* (2004).

Material e Métodos

Coletas

Amostras de sedimento foram coletadas aos 20 m de profundidade em frente à EACF, com um pegador de fundo tipo van Veen (com lastro) com área de mordida igual a $0,0275 \text{ m}^2$ e volume de 1,5 l (Figura 3). As coletas ocorreram entre 1º de fevereiro a 07 de março do verão de 2008, totalizando 6 coletas.

Figura 3 - A- Ensenada Martel evidenciando a EACF, o ponto de coleta (PC) e a estação meteorológica (EM). B- Pegador utilizado nas coletas (0.0275m^2) (foto: Gabriel S. C. Monteiro).

As coletas foram realizadas a bordo de um bote inflável tipo *Zodiac* fundeado no ponto de coleta (Figura 4). Um GPS foi utilizado para localizar o ponto de coleta, assim como registrar as coordenadas de cada lançamento do pegador. Para minimizar o erro do GPS, foram adotados pontos de referência visuais na costa, como a rampa do heliponto e o mastro de bandeiras da estação.

Figura 4 – Lançamento do pegador de fundo, a bordo do bote Zodiac, fundeado no ponto de coleta (foto: Rafael B. de Moura).

Em cada uma das coletas foram feitas quatro amostragens de sedimento: três para o estudo da macrofauna bentônica, uma para análise granulométrica e de matéria orgânica. As amostras para análise granulométrica e de matéria orgânica foram mantidas congeladas até seu processamento em laboratório.

Dados referentes às condições de vento no período de estudo foram obtidos pelo “Projeto de Meteorologia Antártica” (INPE, 2008).

Procedimento de Laboratório

No laboratório da EACF, o volume de sedimento coletado por amostra foi registrado e, posteriormente, lavado numa série de peneiras de malha de 2 mm, 1,0 mm e 0,5 mm. O material retido em cada uma das peneiras foi fixado em álcool 70% e acondicionado em frascos plásticos identificados.

As amostras biológicas foram analisadas no Laboratório de Bentos Antártico do Instituto Oceanográfico da USP. A triagem dos organismos no sedimento foi feita sob estereomicroscópio, sendo quantificados e separados em grandes grupos taxonômicos. O grupo Polychaeta foi identificado em nível específico.

A identificação dos Polychaeta foi feita através de consulta à bibliografia especializada e à coleção de referência do Laboratório de Bentos Antártico e do auxílio dos especialistas Prof. Dr Edmundo Ferraz Nonato e Dras Mônica A. Varella Petti e Sandra Bromberg, todos do IOUSP.

A análise granulométrica do sedimento foi feita segundo os métodos de peneiramento e pipetagem (SUGUIO, 1973). A porcentagem de matéria orgânica no sedimento foi obtida segundo os métodos de pesagem e queima do material em mufla a 450°C por duas horas (BYERS *et al.*, 1978) e os teores de carbonato biodetrítico através da diferença de peso das amostras, antes e após o ataque com solução de ácido clorídrico a 10%.

Análise dos Dados

Variáveis ambientais

Sedimento

O sedimento foi classificado de acordo com Shepard (1954) e parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) foram empregados para verificar o grau de seleção do sedimento. Para verificar variações significativas nas diversas frações granulométricas do sedimento e teores de matéria orgânica e carbonato de cálcio entre as três primeiras e três últimas coletas, foi empregada a análise de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis (1952), devido a variâncias desiguais de algumas variáveis. Foi realizada também uma análise de componentes principais PCA ("Principal Components Analysis") utilizando-se os dados padronizados e a distância euclidiana como índice de similaridade.

Vento

Foram utilizados dados meteorológicos do período compreendido entre 25/01/2008 e 07/03/2008 (INPE, 2008). A velocidade e direção do vento foram registradas pela estação meteorológica da EAFC a cada três horas, em local próximo a área onde foram realizadas as coletas (Figura 3). No total foram obtidos 344 registros de vento. Os dados de direção do vento, disponíveis em graus, foram transformados em pontos cardeais e colaterais (Figura 5). Estas transformações tiveram como objetivo facilitar a interpretação dos dados.

Figura 5 - Rosa dos ventos e correspondência dos pontos cardeais e colaterais em graus.

Pruszek (1980) observou que, dependendo da intensidade, o vento era o principal fator causador da movimentação de águas superficiais na baía do Almirantado. Além disso, também registrou que ventos com velocidade inferior a 4 m.s^{-1} não eram capazes de gerar movimentação d'água em camadas superficiais (denominado no presente estudo como vento fraco). Ainda segundo o autor, ventos com velocidade entre 4 e 10 m.s^{-1} foram considerados como os principais fatores causadores de movimentação superficial de águas na baía (vento moderado) e as correntes superficiais apresentavam direção similar à direção dos ventos que as formaram. Ventos com velocidade superior

à 10 m.s^{-1} (vento forte) causaram intensa turbulência e não uma movimentação ordenada da água superficial da baía (PRUSZAK, 1980).

Os dados de ventos atribuídos a uma coleta correspondem aos registrados entre as datas da coleta anterior e a coleta em questão. Para determinar qual o período de registros do vento antes da primeira coleta seria utilizado, calculou-se o intervalo médio, em dias, entre as demais coletas. Este intervalo médio de tempo correspondeu a sete dias, tempo adotado para o período de registros de vento da primeira coleta.

De acordo com as observações de Pruszek (1980) foi possível verificar quais as direções do vento moderado deslocariam a água superficial para dentro ou para fora da enseada Martel. Foram definidos, então, dois principais setores de direção do vento: (i) Setor I que induz o movimento de entrada de água superficial na enseada (S – SW – W – NW) e (ii) Setor II que induz o movimento de saída da água superficial da enseada (N – NE – E – SE). Com o predomínio de um dos setores de direção do vento, a água superficial se deslocaria para fora ou para dentro da enseada e massas de água logo abaixo iniciariam um processo de subida para ocupar o lugar da água deslocada, promovendo então uma movimentação na coluna d'água, que causaria a remobilização de sedimento e até o deslocamento de pequenos animais que vivem na camada limite entre o sedimento e a água. Indícios de que este tipo de circulação promove ressuspensão de diatomáceas bentônicas na área de estudo já foram registrados para a área de estudo (BRANDINI; REBELLO, 1994) e outras localidades não antárticas (DE JONJE; VAN BEUSEKOM, 1995, DE JONJE, 2000).

Com a finalidade de inferir a presença de movimentação d'água mais pronunciada dentro da enseada foi necessário identificar a predominância dos setores do vento através do cálculo da proporção de registros de ventos moderados provenientes do Setor II em relação ao Setor I.

Os ventos fortes não foram classificados de acordo com sua direção pois eles geram um turbilhonamento na água, que não realiza um movimento ordenado em uma direção específica (PRUSZAK, 1980). A análise de vento forte foi feita com base no número de registros de ocorrência entre uma coleta e outra. Diferenças significativas foram verificadas utilizando-se a análise de variância de Mann Whitney ($p < 0,05$).

Um resumo dos processos metodológicos das variáveis ambientais encontra-se no diagrama da Figura 6.

Figura 6 - Diagrama dos processos metodológicos envolvendo variáveis ambientais.

Variáveis biológicas

Foram calculadas médias e desvios padrão para as densidades dos grupos taxonômicos da macrofauna, das espécies e dos descritores ecológicos dos Polychaeta, em cada uma das coletas realizadas. Como descritores ecológicos, foram utilizados a riqueza (S), a diversidade específica H' ($\log_2$) (SHANNON; WEAVER, 1949) e a equidade J' (PIELOU, 1975). As análises de variância de Kruskal-Wallis (1952) e Mann Whitney (ZAR, 1996) foram empregadas para verificar diferenças significativas entre as coletas das (i) densidades dos grupos taxonômicos dominantes da macrofauna e das espécies dominantes de Polychaeta e (ii) dos valores dos descritores ecológicos de Polychaeta. A utilização de análises não-paramétricas é justificada pelas variâncias desiguais.

Tanto para a macrofauna quanto para os Polychaeta foram empregadas três análises multivariadas, (i) análise de agrupamento UPGMA (“Unweighthed Pair-Group Method using arithmethic Averages”, apresentada sobreposta ao nMDS), (ii) nMDS (“non-metric Multi Dimensional Scaling”), ambas utilizando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis (1957) e (iii) a análise de componentes principais PCA (“Principal Components Analysis”), utilizando-se a distância de Hellinger como índice de similaridade (LEGENDRE; GALLAGHER, 2001). Para as duas primeiras análises, os dados de densidade dos táxons e das espécies de Polychaeta foram transformados em $\ln(x+1)$, e para a PCA, pela raiz da proporção em relação ao total do táxon ou espécie em todas as coletas (LEGENDRE; GALLAGHER, 2001). Nas análises multivariadas foram utilizados somente os grupos principais da macrofauna e as espécies dominantes dos Polychaeta.

Padrões de uma comunidade podem ser descritos de acordo com várias análises que tem como objetivo a formação de grupos de maior similaridade (modo R ou Q). Assim sendo, para melhor funcionamento das análises, existe a necessidade da exclusão de espécies raras, pois estas podem atuar como dimensões aleatórias, já que, possuem baixa frequência de ocorrência, estando mais sujeitas a erros amostrais (LEGENDRE; LEGENDRE, 1983).

Segundo Hanski (1982), as comunidades animais e vegetais são estruturadas em espécies "centrais" e espécies "satélites". As primeiras são regionalmente comuns, localmente abundantes, e relativamente bem separadas no espaço ecológico (nicho), enquanto que as últimas, são regionalmente raras, localmente pouco abundantes e com grande sobreposição de nicho. As espécies centrais são, pelo menos numa determinada escala de tempo, as mais bem adaptadas ecologicamente para ocupar uma determinada região, refletindo de maneira mais adequada suas características ambientais.

Para a detecção de padrões estruturais da comunidade, bem como a estabilidade temporal destes padrões, revelados por técnica multivariada é necessário trabalhar somente com as espécies que apresentem as características mais próximas das espécies "centrais" (*comum. pess. PAES*¹).

Os critérios utilizados para a eliminação das espécies e grupos taxonômicos raros foram (i) densidade média total, (ii) frequência de ocorrência e (iii) número efetivo de ocorrências (TER-BRAAK, 1990). Organismos identificados em nível de gênero não foram incluídos nesta análise. Estes critérios foram inseridos no programa K-means2 (LEGENDRE *et al.*, 2002) que

¹ Prof. Dr Eduardo Tavares Paes – Professor Adjunto na Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil.

utiliza um algoritmo de variância mínima com o objetivo de separar objetos fornecidos (espécies ou grupos taxonômicos) em N grupos com base na máxima distância entre os centróides de cada grupo formado e mínima distância entre os elementos que formam cada um dos grupos. Dos grupos formados, o que apresentou menor densidade média foi considerado como raro e não entrou nas análises multivariadas. Este método de eliminação de espécies ou grupos raros diminui a subjetividade e até a interferência em seu conjunto de dados.

Para a estimativa do grau de dependência entre as variáveis biológicas e as variáveis ambientais, foi efetuado (a) o cálculo do coeficiente de correlação por postos de Spearman (ZAR, 1996), nível de significância de 5%, e (b) o procedimento BIOENV, que correlaciona a distribuição das espécies com as variáveis ambientais através da correlação de Spearman, permitindo a combinação de até cinco variáveis ambientais que mais se correlacionem com as variáveis biológicas (CLARKE; WARWICK, 2001). A utilização de análises não paramétricas não leva em conta a amplitude de variação dos fatores analisados, visto que eles são transformados em postos, e só então correlacionados entre si.

O diagrama abaixo resume os processos metodológicos envolvendo as variáveis biológicas (Figura 7).

Figura 7 - Diagrama resumindo processos metodológicos envolvendo variáveis biológicas.

Resultados

Variáveis ambientais

Sedimento

As coletas foram feitas próximo às coordenadas 62°05,121'S 58°23,357'W. Os pontos das coletas foram plotados e ocuparam uma área de 340,94 m² (0,0003 km²), equivalente à uma área circular com 10,42 m de raio.

De acordo com Shepard (1954), o sedimento foi classificado como argila siltico arenosa em todas as coletas. Segundo o parâmetro estatístico de Folk e Ward (1957), todas as amostras de sedimento foram muito pobremente selecionadas e apresentaram variação no diâmetro médio de 3,6 ϕ a 6,13 ϕ , na sexta e segunda coleta respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação de Shepard (1954) e parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) para o sedimento de cada coleta realizada. Tamanho médio do grão expresso em ϕ .

Coletas	Data	Classificação de Shepard (1954)	Parâmetro estatístico de Folk & Ward (1957)		
			Diâm. médio	Desv. Padrão	Grau de seleção
1	1/2/08	Argila Siltico Arenosa	5,72	2,77	Muito pobremente selecionado
2	7/2/08	Argila Siltico Arenosa	6,13	2,61	Muito pobremente selecionado
3	21/2/08	Argila Siltico Arenosa	5,78	2,99	Muito pobremente selecionado
4	25/2/08	Argila Siltico Arenosa	5,51	2,98	Muito pobremente selecionado
5	2/3/08	Argila Siltico Arenosa	3,77	3,87	Muito pobremente selecionado
6	7/3/08	Argila Siltico Arenosa	3,6	3,78	Muito pobremente selecionado

Houve um aumento da porcentagem de grânulos nas últimas duas coletas, variando entre 2% e 5,7% nas quatro primeiras coletas e entre 16% e 27%, nas duas últimas. Além disso, uma redução significativa ($p_{arg}<0,05$ e $p_{sil}<0,05$) nas frações de argila e silte foi observada ao se agrupar as três primeiras e as três últimas coletas, com médias de 37% (argila) e 27% (silte), nas três primeiras coletas, e 28% (argila) e 23% (silte), nas últimas três (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8 - Representação gráfica da variação da porcentagem de grânulos (GR), areia (AR), silte (SI) e argila (ARG) ao longo das seis coletas realizadas.

Figura 9 - Média (+DP) das porcentagens de silte e argila nas três primeiras e nas três últimas coletas.

A porcentagem de matéria orgânica foi similar entre as coletas, com uma variação menor que 1%. Houve um pequeno aumento na porcentagem de carbonato de cálcio na terceira coleta (20,1%), sendo que nas demais, ela variou entre 17% e 18% (Tabela 2).

Tabela 2 - Porcentagem das frações granulométricas, matéria orgânica e carbonato de cálcio em cada uma das coletas.

Porcentagens	Coletas					
	1	2	3	4	5	6
Seixos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grânulos	3,9	2,0	5,7	5,7	16,3	26,9
Areia muito grossa	1,0	1,5	2,6	1,8	1,9	2,0
Areia grossa	1,2	1,4	2,0	1,9	1,8	1,5
Areia média	1,1	1,3	1,7	1,6	1,7	1,4
Areia fina	10,0	7,4	7,9	9,7	9,5	7,6
Areia muito fina	21,1	18,7	17,7	21,2	19,5	16,1
Silte	26,0	28,1	27,9	24,9	23,0	19,8
Argila	35,8	39,6	34,5	33,2	26,3	24,7
Matéria orgânica	4,5	4,2	5,1	4,5	4,9	4,2
Carbonato de cálcio	18,1	17,9	20,1	17,1	17,2	17,8

A análise de componentes principais das características sedimentares ao longo das coletas (Figura 10) distinguiu a 5ª e a 6ª coletas das demais por apresentarem uma porcentagem mais elevada de grânulos e porcentagem mais reduzida de silte e argila. As variáveis que compõem o eixo 1 foram as porcentagens de silte, argila e grânulos, sendo as frações que mais variaram. Já o segundo eixo foi composto por variáveis que foram mais estáveis, fazendo com que sua separação não seja considerada muito representativa.

Figura 10 - Análise de Ordenação de Componentes Principais com dados sedimentares das coletas realizadas. %Grânulos (GR), %areia (AR), %silte (SI), %argila (ARG), %matéria orgânica (M.O.) e %carbonato de cálcio (CARB). O eixo 1 explica 52% e o eixo 2, 25% da variação observada.

Vento

Durante o período de coleta, houve um predomínio de ventos provenientes do norte e oeste, cuja velocidade média foi maior (Figura 11).

Figura 11 - Frequência total de cada direção do vento, e sua velocidade média durante o período de estudo.

A primeira e a segunda coleta foram caracterizadas por registros, em sua maioria, de vento fraco. A terceira coleta foi caracterizada por um grande número de registros de vento forte e pelo registro de vento moderado de oeste soprando por aproximadamente um dia, pouco antes da coleta. Na quarta coleta foi verificada uma alta frequência de ventos moderados de oeste pouco antes da coleta de sedimento. Pouco antes da quinta coleta, houve um registro pontual de um vento muito forte de nordeste, precedido por ventos moderados de leste soprando por aproximadamente um dia. Logo após a quinta coleta, ainda foram registrados, por aproximadamente nove horas, ventos moderados de norte. A última coleta se caracterizou pela baixa ocorrência de ventos moderados ou fortes, sendo estes registros principalmente de ventos de norte (Figura 12 e Figura 13).

Figura 12 - Registros da velocidade e direção do vento do setor I de 25 de janeiro de 2008 a 7 de março de 2008. Linha pontilhada superior e inferior referem-se às velocidades de 10 m.s⁻¹ e 4 m.s⁻¹, respectivamente.

Figura 13 - Registros da velocidade e direção do vento do setor II desde 25 de janeiro de 2008 até 7 de março de 2008. Linha pontilhada superior e inferior referem-se às velocidades de 10 m.s^{-1} e 4 m.s^{-1} , respectivamente.

De forma geral, nas coletas 3, 4 e 5 a velocidade média dos ventos ($6,53 \text{ m.s}^{-1} \pm 1,11$) foi significativamente maior que nas demais ($4,86 \text{ m.s}^{-1} \pm 0,59$) ($p < 0,05$). Houve um predomínio, por aproximadamente cinco dias, dos ventos do setor II antes da quinta coleta (Figura 14).

Figura 14 - Registros totais da velocidade do vento divididos de acordo com a direção: setor I (inferior) e setor II (superior). Setas indicam a data exata da amostragem de sedimento.

Com exceção da quinta coleta, houve um equilíbrio entre as direções do vento moderado (setores I e II). Foi observado um predomínio de ventos moderados que podem retirar água superficial da enseada Martel (setor II) na quinta coleta (Figura 15).

Figura 15 – Porcentagem da direção de ventos moderados entre Setor I e Setor II. Linha pontilhada corresponde ao valor de 50%.

Foi observado um registro não uniforme de ventos fortes ao longo das coletas (Figura 16). A média de registros de vento forte das coletas três, quatro e cinco ($6,87 \pm 0,58$) foi significativamente maior ($p=0,04$) que a média das demais coletas ($1,33 \pm 1,15$).

Figura 16 - Número de registros de ventos fortes em cada uma das coletas.

Foi observado que as rajadas máximas diárias ultrapassaram os 100 km.h^{-1} pouco antes da terceira, quarta e quinta coletas. A velocidade máxima registrada foi de 165 km.h^{-1} no dia 29 de fevereiro de 2008, dois dias antes da quinta coleta. Tal velocidade é caracterizada como furacão na escala Beaufort.

Figura 17 - Rajadas máximas diárias (km.h^{-1}) de 25 de janeiro a 7 de março de 2008. A linha pontilhada corresponde à velocidade de 100 km.h^{-1} . Setas indicam a data exata da amostragem de sedimento.

Variáveis Biológicas

Macrofauna

Análises Univariadas

Foram registrados 12260 animais, distribuídos em nove filos: Platyhelminthes, Nematoda, Priapulida, Nemertea, Arthropoda, Annelida, Mollusca, Echinodermata e Chordata (Tabela 3).

Tabela 3 - Abundância total dos organismos (três réplicas somadas).

Filo	Grupo Taxonômico	Coletas						Total
		1	2	3	4	5	6	
Arthropoda	Amphipoda	87	75	507	545	273	156	1643
	Cumacea	78	144	290	384	319	214	1429
	Tanaidacea	29	2	10	4	21	43	109
	Ostracoda	3	6	10	12	34	19	84
	Isopoda	0	0	3	3	0	0	6
Mollusca	Bivalvia	568	636	213	758	799	604	3578
	Gastropoda	68	104	36	44	42	79	373
Annelida	Oligochaeta	669	638	597	353	464	211	2932
	Polychaeta	322	173	197	254	180	688	1814
Nematoda	Nematoda	35	29	21	3	12	16	116
Priapulida	Priapulida	5	16	11	25	20	34	111
Echinodermata	Ophiuroidea	1	2	18	23	2	0	46
Nemertea	Nemertea	0	4	0	4	8	0	16
Platyhelminthes	Turbellaria	0	0	2	0	0	0	2
Chordata	Ascidiacea	0	0	1	0	0	0	1
Total	-----	1865	1829	1916	2412	2174	2064	12260

Os filos mais abundantes foram Annelida seguido por Mollusca e Arthropoda (Crustacea). Juntos corresponderam a 98% do total de organismos (Figura 18).

Figura 18 - Abundância total (6 coletas somadas) dos filos e abundância relativa em cada uma das coletas.

Quanto à densidade média do total de organismos, que variou de 610 ± 143 (coleta 2) a 804 ± 246 ind. $0,0275m^{-2}$ (coleta 4), houve um discreto aumento nas coletas três, quatro e cinco (Figura 19), sem diferenças significativas ($p=0,82$) entre as coletas.

Figura 19 – Densidade média (+DP) da macrofauna nas seis coletas.

Arthropoda (Crustacea)

No grupo dos Crustacea, duas ordens foram dominantes, Cumacea e Amphipoda. A densidade média de Cumacea e Amphipoda apresentou um aumento nas coletas três, quatro e cinco. Ao contrário, os Tanaidacea apresentaram uma densidade média menor nas coletas três e quatro (Tabela 3 e Figura 20). Somente a densidade média dos Amphipoda foi significativamente maior nas coletas três e quatro em relação às duas primeiras coletas ($p=0,04$). Não houve diferenças significativas entre as coletas na densidade dos demais grupos de Crustacea.

Figura 20 - Densidade média (+DP) dos Crustacea em cada uma das seis coletas.

Mollusca

Este filo foi representado por duas classes: Bivalvia e Gastropoda. A densidade média dos Bivalvia foi cerca de dez vezes maior que a dos Gastropoda (Figura 21). Não houve diferença significativa na densidade média entre as coletas no período estudado para esses dois grupos ($p_{biv}=0,41$ e $p_{gas}=0,36$).

Figura 21 - Densidade média (+DP) dos Mollusca em cada uma das seis coletas.

Annelida

Os anelídeos foram representados por duas classes, Polychaeta e Oligochaeta. Os Oligochaeta tiveram uma densidade média aproximadamente 60% maior que a dos Polychaeta. Apesar da redução gradual da densidade média dos Oligochaeta da primeira à última coleta, as diferenças não foram significativas ($p=0,26$). Os Polychaeta serão discutidos mais adiante.

Figura 22 - Densidade média (+DP) dos Oligochaeta em cada uma das seis coletas.

Outros Filos

Os demais filos apresentaram uma densidade muito baixa, representando cerca de 2% do total de organismos (Tabela 3).

Análises Multivariadas

Os grupos dominantes da macrofauna escolhidos para as análises multivariadas foram: Bivalvia, Oligochaeta, Polychaeta, Amphipoda e Cumacea.

A análise de Ordenação nMDS com a sobreposição da análise de agrupamento mostrou a distinção de dois agrupamentos de coletas, com similaridade superior a 92% (Figura 23). Esses agrupamentos não diferiram significativamente (SIMPROF $p > 0,05$). A análise de Similaridade Percentual (SIMPER) distinguiu o grupo formado pelas coletas três, quatro e cinco do outro (coletas um, dois e seis) principalmente pelas maiores abundâncias dos táxons Amphipoda e Cumacea, responsáveis por 59% desta diferenciação.

Figura 23 - Análise de ordenação nMDS baseada nos grupos taxonômicos dominantes. As circunferências representam a densidade média de Cumacea + Amphipoda.

A análise de ordenação PCA (Figura 24) possibilitou visualizar uma separação clara entre as duas primeiras coletas e as demais. Permitiu também observar que existe uma separação secundária entre a coleta seis e as coletas três, quatro, e cinco.

Figura 24 - Análise de ordenação PCA baseada nos grupos taxonômicos dominantes (eixo 1 explica 42% e eixo 2 explica 37% da variação observada).

Como os Amphipoda e Cumacea foram os maiores responsáveis pelo agrupamento das coletas três, quatro e cinco nas análises multivariadas, verificou-se através da análise de variância de Mann Whitney que tanto para os Amphipoda quanto para os Cumacea as densidades dessas coletas (agrupadas) foram significativamente maiores que as das coletas (agrupadas) 1-2-6 ($p_{AMP}=0,01$ e $p_{CUM}=0,02$).

A análise de correlação por postos de Spearman revelou algumas correlações significativas, destacando-se as correlações positivas entre os Amphipoda e registro de vento forte e entre os Oligochaeta e a porcentagem de argila e negativa entre Oligochaeta e a porcentagem de grânulos (Tabela 4).

Tabela 4 - Correlação de Spearman entre variáveis bióticas e abióticas. São apresentados somente valores significativos ($p < 0,05$).

Grupos Taxonômicos	Variáveis Ambientais					
	Reg. Vento forte	% Grânulos	% Areia Grossa	% Areia média	% Argila	% Carb. Calc.
Bivalvia	----	----	----	----	----	-0,88
Oligochaeta	----	-0,84	----	----	0,89	----
Amphipoda	0,97	----	0,89	----	----	----
Cumacea	----	----	0,83	0,81	----	----

A maior correlação no procedimento BIOENV foi encontrada quando conjugadas quatro variáveis abióticas: registros de vento forte e porcentagens de areia muito grossa, areia grossa e argila ($R=0,93$; $p=0,02$).

Polychaeta

Análises Univariadas

Foi identificado um total de 1814 Polychaeta, 15 espécies distribuídas em 12 famílias: Opheliidae, Maldanidae, Apistobranchidae, Cirratulidae, Orbiniidae, Dorvilleidae, Flabelligeridae, Sphaerodoridae, Paraonidae, Polynoidae, Syllidae e Capittelidae (Tabela 5).

Tabela 5 - Abundância total dos Polychaeta (três réplicas somadas).

Família	Espécie	Coletas						Total
		1	2	3	4	5	6	
Opheliidae	<i>Ophelina syringopyge</i>	0	42	16	42	13	263	376
	<i>Ophelina gymnopyge</i>	5	12	16	44	8	198	283
	<i>Ophelina</i> sp	0	0	1	0	0	5	6
Maldanidae	<i>Rhodine intermedia</i>	167	50	82	107	102	89	597
	<i>Eupraxillella antarctica</i>	19	1	11	3	14	7	55
Apistobranchidae	<i>Apistobranchus glaciera</i>	79	4	4	13	10	95	205
Cirratulidae	<i>Tharyx</i> cf. <i>cincinnatus</i>	25	27	42	24	7	0	125
Orbiniidae	<i>Leitoscoloplos mawsoni</i>	5	3	8	5	3	13	37
	<i>Leitoscoloplos kerguelensis</i>	0	0	8	2	1	2	13
	<i>Leitoscoloplos</i> sp	1	1	0	1	1	1	5
Dorvilleidae	<i>Pettiboneia hartmanae</i>	5	30	3	1	9	1	49
Flabelligeridae	<i>Brada villosa</i>	2	1	4	8	8	4	27
Sphaerodoridae	<i>Sphaerodoropsis arctowskyensis</i>	3	1	2	3	3	9	21
Paraonidae	<i>Cirrophorus</i> cf. <i>brevicirrat</i>	10	0	0	0	0	0	10
Polynoidae	<i>Barrukia cristata</i>	0	1	0	0	1	0	2
Syllidae	<i>Brania rhopalophora</i>	0	0	0	1	0	1	2
Capittelidae	<i>Capitella capitata antarctica</i>	1	0	0	0	0	0	1
Total	-----	322	173	197	254	180	688	1814

As famílias mais abundantes foram Opheliidae e Maldanidae, seguidas por Apistobrachidae e Cirratulidae; juntas corresponderam a 90% dos Polychaeta identificados (Figura 25).

Figura 25 - Abundância total (18 réplicas somadas) dos filos e abundância relativa(três réplicas somadas) em cada uma das coletas.

Novo registro de Polychaeta para baía do Almirantado

Segundo literatura, apenas uma espécie do gênero *Leitoscoloplos* havia sido registrada na baía do Almirantado: *L. kerguelensis* (SICIŃSKI *et al.*, 2010). No entanto, em consulta à última revisão para este gênero (MACKIE, 1987), foi possível identificar uma segunda espécie: *L. mawsoni*. O próprio autor afirma a semelhança dessas duas espécies, sendo diferenciadas por

caracteres não muito evidentes como o setígero onde se iniciam as brânquias e o número de setígeros torácicos. Embora discretas, essas características são simples de serem observadas, reduzindo a subjetividade da identificação. Somando-se o fato de que os organismos estavam em bom estado de conservação e em número razoável para a identificação dos caracteres morfológicos é possível afirmar a ocorrência dessas duas na baía do Almirantado.

Polychaeta total

Os Polychaeta apresentaram um pico de densidade na última coleta (229 ± 45 ind./0,0275m²), quatro vezes maior que a da segunda coleta (58 ± 13 ind./0,0275m²) (Figura 22). Na última coleta, a densidade de Polychaeta foi significativamente maior que nas coletas dois, três e cinco ($p=0,04$).

Figura 26 - Densidade média (+DP) dos Polychaeta em cada uma das seis coletas.

Opheliidae

A família Opheliidae foi representada por duas espécies do mesmo gênero: *Ophelina gymnopyge* e *O. syringopyge*. As espécies são semelhantes quanto ao tamanho e formato corporal e se diferenciam principalmente na região terminal posterior. De uma maneira geral, a variação na densidade das duas espécies foram semelhantes entre as coletas, com um aumento muito

pronunciado na última (Figura 27). A densidade de *O. gymnopyge* foi significativamente maior na última coleta em relação as coletas um, três e cinco ($p=0,04$).

Nota taxonômica: Os exemplares desta família se encontravam em bom estado de conservação e geralmente estavam íntegros.

Figura 27 - Densidade média (+DP) das espécies de Polychaeta da família Opheliidae em cada uma das seis coletas.

Maldanidae

A família Maldanidae foi representada principalmente por *R. intermedia* e em menor densidade por *E. antarctica*. Não foram observadas diferenças significativas nas densidades destas duas espécies entre as coletas ($p_{\text{RHO}}=0,23$ e $p_{\text{EUP}}=0,10$) (Figura 28).

Nota taxonômica: A maioria dos exemplares de *R. intermedia* encontrava-se dentro de tubos. Já *E. antarctica* se encontrava fora do tubo e, geralmente, a região terminal anterior estava separada do resto do corpo.

Figura 28 - Densidade média (+DP) das espécies de Polychaeta da família Maldanidae em cada uma das seis coletas.

Apistobrachidae

A única espécie desta família foi *A. glacerae*. Não houve diferenças significativas da densidade ao longo das coletas ($p=0,08$) embora dois picos pronunciados de densidade tenham sido observados na primeira e na última coleta (Figura 29).

Nota taxonômica: Muitos exemplares da espécie *A. glacerae* encontravam-se fragmentados, porém os danos não inviabilizaram a identificação, pois esta envolveu uma análise mais cuidadosa da região terminal anterior, que geralmente estava bem conservada.

Figura 29 - Densidade média (+DP) da espécie *Apistobrachus glacerae* em cada uma das seis coletas.

Cirratulidae

Esta família foi representada por uma espécie: *T. cf. cincinnatus*. Sua densidade apresentou um aumento na terceira coleta e acentuado declínio a seguir até estar ausente na última coleta (Figura 30). Não foram verificadas variações significativas na densidade desta espécie no período estudado ($p=0,08$).

Nota taxonômica: Os exemplares da espécie *T. cf. cincinnatus* encontravam-se, na maioria das vezes, quebrados e sem tentáculos ou cirros. O formato do corpo dos indivíduos variou bastante, provavelmente em consequência do processo de fixação. Esses três fatores (em relação à morfologia dos espécimes) dificultaram a identificação desses cirratulídeos. Três espécies de *Tharyx* ocorrem na baía: *T. cincinnatus*, *T. epitoca* e *T. fusiformis* (SICIŃSKI *et al.*, 2010). Os organismos identificados não correspondem às espécies *T. epitoca* e *T. fusiformis*. É muito provável que os animais sejam da espécie *T. cincinnatus*, mesmo apresentando condições morfológicas ruins, por este fato, optou-se por utilizar a nomenclatura da espécie como *T. cf. cincinnatus*.

Figura 30 - Densidade média (+DP) da espécie *Tharyx cf. cincinnatus* em cada uma das seis coletas.

Descritores ecológicos de Polychaeta

Pouca variação foi observada para os descritores: a riqueza variou entre 7,3 e 9,0 espécies, a diversidade entre 1,84 e 2,16 bits.ind⁻¹ e a equidade entre 0,58 e 0,74. Não houve diferenças significativas desses valores entre as coletas ($p_{DIV}=0.74$, $p_{RIQ}=0.72$ e $p_{EQU}=0.70$, Figura 31).

Figura 31 - Médias dos índices de diversidade H' (+DP), equidade J' (±DP) e riqueza (+DP) de Polychaeta.

Análises Multivariadas

Através do processo de exclusão descrito na metodologia, cinco espécies não foram incluídas nestas análises: *Barrukia cristata*, *Brania rhopalophora*, *Capittella capitata antarctica*, *Leitoscoloplos kerguelensis* e *Cirrophorus cf. brevicirratu*s.

A análise de Ordenação nMDS com a sobreposição dos grupos formados pela análise de agrupamento permitiu observar a formação de um grupo de maior similaridade (superior a 80%) composto pelas coletas três, quatro e cinco (Figura 32). Não houve diferenças significativas entre os agrupamentos formados (SIMPROF $p>0,05$).

Figura 32 - Análise de ordenação nMDS das coletas em relação às espécies dominantes de Polychaeta.

Já a análise de componentes principais apresentou uma separação principal entre a segunda e a última coleta, sendo responsáveis por esta separação densidades maiores de *T. cf. cincinnatus* e *P. hartmanae* na segunda coleta e de *O. syringopyge*, *O. gymnopyge*, *A. glaciera*, *S. arctowskyensis* e *L. mawsoni* na última (Figura 33). As espécies de hábitos tubículas (*R. intermedia* e *E. antarctica*) tiveram menor variação no período de estudo, ficando muito próximo do eixo secundário da análise de componentes principais. As coletas três, quatro e cinco apresentaram valores de densidade intermediários para todas as espécies quando inseridas no contexto da variação total para o período de estudo, e estas coletas ficaram localizadas próximo ao cruzamento dos eixos da representação gráfica da análise em questão. Como as coletas três, quatro e cinco foram agrupadas em ambas as análises multivariadas, os descritores ecológicos para as associações dos Polychaeta foram testados entre estas coletas em relação às demais e não houve diferenças significativas entre os grupos formados.

Figura 33 - Análise de ordenação PCA das coletas baseada nas espécies dominantes de Polychaeta (eixo 1 explica 50% e eixo 2 explica 26% da variação observada).

A análise de correlação por postos de Spearman revelou uma correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) entre a espécie *Tharyx cf. cincinnatus* e as porcentagens silte ($R = 0,94$) e argila ($R = 0,83$).

A maior correlação, embora não significativa, de acordo com o procedimento BIOENV, foi encontrada quando conjugadas quatro variáveis abióticas: porcentagens de grânulos, areia média, areia fina e silte ($R = 0,66$, $p = 0,60$).

Discussão

Variáveis ambientais

A análise PCA com base nas variáveis sedimentares destacou as coletas cinco e seis em relação às demais. As variáveis que mais contribuíram para esta separação foram as porcentagens de grânulos, silte e argila. A porcentagem de grânulos apresentou uma variação de aproximadamente 25% durante o período de estudo, sendo considerada ampla quando comparada aos resultados obtidos em estudo anterior na área (BROMBERG, *et al.*, 2000), quando a variação da porcentagem de grânulos entre 6 e 25 m de profundidade teve uma amplitude de apenas seis pontos percentuais. É possível que o sedimento fino (como silte e argila) da camada superficial do sedimento (naturalmente menos compactada) possa ter sido remobilizado e transportado para outras áreas pelo hidrodinamismo local, conforme já registrado em estudos no mar do Norte e estuários da região (DE JONGE; VAN BEUSEKOM, 1995; ARMONIES, 2000).

Dois dias antes da quinta coleta, foi registrada uma rajada máxima de 165 km.h^{-1} . Este vento muito forte pode ter gerado uma intensa turbulência na água que remobilizou as frações finas da camada superficial do sedimento na profundidade amostrada. Além disto, foi verificado um predomínio do vento provindo do setor II e soprando, aproximadamente, por cinco dias consecutivos antes da quinta coleta. Este vento pode ter gerado uma movimentação de massa d'água, resultado do processo de saída de água superficial da enseada, e entrada de água em camadas mais profundas. A instabilidade da coluna d'água em profundidades menores que 30 metros pode ser associada a

distúrbios naturais, dentre eles, as tempestades (HERNÁNDEZ-ARANA *et al.*, 2003). Aquela movimentação de água teria transportado o sedimento fino para outras áreas, inclusive para regiões mais centrais da baía onde este material se depositaria em maior profundidade.

Na última coleta as porcentagens de argila e silte foram ainda menores, mesmo com uma menor velocidade média do vento e sem um predomínio de uma direção do mesmo. Por este motivo não houve correlação entre estas variáveis. É plausível considerar que o deslocamento da massa d'água superficial pode ter atuado, por um curto período após a 5ª coleta, na remobilização e transporte de material sedimentar, porém com menos intensidade, visto que as diferenças entre as porcentagens de argila da quarta para a quinta e da quinta para a sexta coleta foram 6,9% e 1,6%, respectivamente, ou seja, foi remobilizada e transportada uma maior quantidade de material fino na quinta coleta, em relação à sexta coleta.

Variáveis biológicas

Macrofauna

Os grupos dominantes (Bivalvia, Oligochaeta, Polychaeta, Amphipoda e Cumacea) condizem com estudos pretéritos realizados em frente à EACF. (BROMBERG, *et al.*, 2000; BROMBERG, 2004; ECHEVERRÍA; PAIVA, 2006; FILGUEIRAS, 2007). A análise de ordenação nMDS, com base na densidade dos grupos dominantes da macrofauna, indicou maior semelhança entre a primeira e segunda coletas, assim como entre as coletas três, quatro e cinco. A PCA indicou uma separação mais clara das duas primeiras coletas em relação às demais. Estas duas análises apontaram para uma resposta da fauna às

tempestades, discriminando as coletas em que foram registradas rajadas máximas de vento acima de 100 km.h^{-1} (3ª, 4ª e 5ª) das realizadas antes do início da tempestade (1ª e 2ª).

Quatro variáveis ambientais foram reveladas pelo procedimento BIOENV, como as que melhor explicaram a variação de densidade dos grupos taxonômicos mais abundantes. Porém, apenas o número de registros de vento forte e a porcentagem de argila apresentaram uma variação importante ao longo do período. Como já discutido anteriormente, a variação da porcentagem de argila esteve, possivelmente, ligada ao hidrodinamismo gerado pela tempestade com ventos de 165 km.h^{-1} . A porcentagem de argila não poderia explicar a variação da macrofauna, por covariar com a mesma, visto que ambas responderam a um mesmo tipo de forçante ambiental (hidrodinamismo). O resultado das análises multivariadas constituiu um indício mais robusto da resposta da comunidade bentônica antártica ao hidrodinamismo gerado por tempestades, em relação ao único estudo que já registrou este efeito na citada comunidade (PECK *et al.*, 1999).

Os grupos taxonômicos de maior abundância serão discutidos separadamente por apresentarem hábitos de vida muito distintos.

Bivalvia

A espécie *Mysella charcoti* é um dos moluscos mais abundantes da baía do Almirantado (ARNAUD *et al.*, 1986). Através da análise preliminar dos Bivalvia coletados, foi possível verificar que a grande maioria dos organismos corresponde ao gênero *Mysella*, animais muito pequenos, cujos adultos atingem o comprimento máximo de 3,5 mm. Estudos na área mostraram que estes organismos são mais abundantes entre 11 e 18 metros de profundidade,

(BROMBERG *et al.* 2000; BROMBERG, 2004). Os Bivalvia se concentram principalmente na camada superior do sedimento (FILGUEIRAS *et al.*, 2007) e constituem um grupo sensível aos impactos físicos gerados por tempestades (POSEY *et al.*, 1996).

Foi possível observar que o desvio padrão da densidade média nas coletas três, quatro e cinco foi proporcionalmente muito maior que nas demais, refletindo uma distribuição mais heterogênea desse grupo nas referidas coletas. O transporte passivo por hidrodinamismo da espécie *Mysella charcoti* já foi documentado em estudos antárticos, porém para uma região mais rasa (PECK *et al.*, 1999).

O intenso hidrodinamismo gerado por rajadas de vento de 100 km.h^{-1} pode ter transportado os pequenos moluscos do gênero *Mysella* por pequenas distâncias, acumulando-os em determinadas porções do sedimento, o que aumentou a heterogeneidade da distribuição deste grupo na área após o distúrbio. O transporte passivo desse gênero já foi documentado anteriormente na Antártica (PECK *et al.*, 1999). Estágios pós larvais e organismos bentônicos adultos também foram encontrados na coluna d'água, provavelmente retirados do sedimento através de processos turbulentos (BUTMAN, 1987).

Oligochaeta

Os Oligochaeta são organismos de tamanho muito reduzido e sem estruturas importantes de fixação no sedimento. Fazem parte da infauna e sua distribuição vertical não apresentou nenhum padrão, sendo encontrados, desde a camada superficial até 10 cm de profundidade no sedimento (FILGUEIRAS *et al.*, 2007). Foi verificada uma correlação positiva entre este grupo e a porcentagem de argila. Foi observado, também, que a densidade média deste

grupo diminuiu nas últimas coletas, o que pode estar relacionado ao mesmo hidrodinamismo que atuou sobre o sedimento. Ao remobilizar e transportar frações finas do sedimento, este hidrodinamismo transportou também os *Oligochaeta* presentes na camada superficial do sedimento.

O transporte de pequenos bivalves, mais pesados e mais dificilmente carregados pela movimentação d'água em relação aos *Oligochaeta*, já foi documentado (DOBBS; VOZARIK, 1983; EMERSON; GRANT, 1991; PECK *et al.*, 1999), tornando viável a suposição de que os *Oligochaeta* sejam facilmente transportados, de forma passiva, pelo hidrodinamismo local.

Em estudo realizado em frente à EACF, utilizando sedimento defaunado, verificou-se que os *Oligochaeta* foram organismos frequentes tanto em sedimento natural (controle), como em sedimento defaunado (experimental) após um curto período de tempo de experimento (KERN, 2008). A presença constante desses organismos pode estar ligada ao fato de serem facilmente transportados através da movimentação d'água, ainda mais na região de estudo em que tempestades de grande porte são muito frequentes (INPE, 2008). O ecossistema antártico costeiro de zona rasa está num contínuo estado de flutuação entre destruição e recuperação graças à frequência do impacto do gelo (GUTT *et al.*, 1996). Neste contexto, os organismos com mobilidade ativa e aqueles mais sensíveis ao transporte passivo pelo hidrodinamismo, como os *Oligochaeta*, podem representar um grande potencial para serem os primeiros a colonizar áreas impactadas pelo gelo.

Mesmo vivendo em diversas profundidades do sedimento, os *Oligochaeta* apresentaram variações de pequena escala de tempo em sua densidade, relacionadas ao hidrodinamismo que atuou, possivelmente, no

transporte passivo desses organismos presentes nas primeiras camadas do sedimento. Existem poucos estudos a respeito da ecologia de Oligochaeta antárticos, o que dificulta uma análise mais aprofundada.

Amphipoda e Cumacea

Estes dois grupos de Crustacea apresentaram variações temporais semelhantes em sua densidade. Ambos vivem preferencialmente nas primeiras camadas do sedimento e são dotados de apêndices que permitem seu deslocamento na coluna d'água, apesar de serem organismos bentônicos (RUPERT; BARNES, 1996). A epifauna e infauna das camadas superiores do sedimento constituem um grupo mais sensível aos impactos físicos criados por tempestades e, tanto os Amphipoda quanto os Cumacea, estão inseridos neste grupo (POSEY *et al.*, 1996).

Estas duas ordens apresentaram um aumento em sua densidade e, particularmente, os Amphipoda apresentaram um desvio padrão proporcionalmente maior nas coletas três, quatro e cinco quando comparado às demais. Em relação a sua distribuição vertical no sedimento, a maior densidade esteve concentrada nos primeiros dois centímetros (FILGUEIRAS *et al.*, 2007), fato que os torna estes mais suscetíveis a ação hidrodinâmica. A densidade de Amphipoda é muito alta até os 25 m de profundidade, já a de Cumacea aumenta da zona mais rasa até os 25 m (BROMBERG, *et al.*, 2000). Ventos fortes podem gerar turbulência na coluna d'água capaz de atingir o fundo marinho podendo remobilizar as primeiras camadas de sedimento, e com isso, deslocar muitos Amphipoda e Cumacea para a coluna d'água. Diferentemente dos Bivalvia e Oligochaeta, esses animais são capazes de se deslocar na

coluna d'água e podem aumentar a resposta que o hidrodinamismo gera sobre sua distribuição.

O maior aumento da densidade dos Amphipoda, em relação aos Cumacea, pode estar relacionado ao fato de que quanto mais raso, maior é o impacto do hidrodinamismo gerado pelo vento e, como os Amphipoda apresentam densidades altas em áreas mais rasas, estes animais, eventualmente, podem ser transportados para regiões mais profundas. Por poder se deslocar na coluna d'água, esses organismos podem facilitar o processo de transporte. A correlação entre a densidade dos Amphipoda e o número de registros de vento forte foi a mais alta e significativa ($R=0,97$) e reforça a hipótese do vento atuar na distribuição destes organismos, principalmente os fortes.

POSEY *et al.* (1996) verificaram, na costa oeste da Flórida (EUA), que as alterações em pequena escala de tempo da comunidade bentônica foram menos expressivas que a variação interanual. Sendo assim, a variação resultante do recrutamento teve maior importância na variação temporal quando comparada a alterações devido à ocorrência de tempestades. Já no caso do presente estudo, foram verificadas alterações muito expressivas na densidade de alguns táxons, como os Amphipoda, sendo esta variação até maior que as flutuações intra-anuais registradas anteriormente na área (ECHEVERRÍA; PAIVA, 2006).

Polychaeta

Devido à diversidade de hábitos de vida dos Polychaeta, não houve uma clara tendência quanto à formação de grupos pelas análises multivariadas, porém tanto o nMDS quanto o PCA distinguiram a última coleta das demais,

devido principalmente à alta densidade de Opheliidae. No nMDS houve a maior proximidade das coletas três, quatro e cinco, que podem refletir uma resposta dos Polychaeta ao hidrodinamismo gerado por tempestades com ventos até 100 km.h⁻¹. Assim como para a macrofauna, o procedimento BIOENV selecionou quatro variáveis ambientais que melhor explicaram a variação da densidade das principais espécies de Polychaeta, porém somente as porcentagens de grânulos e de silte apresentaram variações importantes ao longo do período. Do mesmo modo que para a macrofauna, estas variáveis sedimentares não explicam a variação dos Polychaeta, por covariar com o grupo, possivelmente em resposta a uma mesma forçante ambiental, o hidrodinamismo. O resultado desta análise não foi significativo provavelmente porque nem todas as espécies respondem da mesma forma ao hidrodinamismo gerado por tempestades, devido à diversidade de hábitos de vida que esses animais apresentam. Em função desta diversidade, cada espécie dominante (*O. syringopyge*, *O. gymnopyge*, *R. intermedia*, *A. glaciera*, *T. cf. cincinnatus*) será discutida individualmente a seguir.

Família Maldanidae

Os Maldanidae são anelídeos tubícolas e depositívoros de subsuperfície (FAUCHALD; JUMARS, 1979). O tubo de *R. intermedia* é composto por uma membrana fibrosa revestida por grãos de areia e pode apresentar até 10 cm de comprimento. A variação encontrada na densidade desta espécie ao longo das coletas deve estar mais associada a uma variação espacial, visto que é muito difícil que os tubos desses animais tenham sido desenterrados e transportados para outro local. As diferenças observadas na

densidade de *R. intermedia* podem estar associadas a diversos fatores, como sedimento e relevo do fundo marinho.

A resposta da fauna bentônica frente às tempestades é muito diversificada, mesmo em uma área restrita. Os tubos de *R. intermedia* podem alterar a resposta da comunidade bentônica ao seu redor por aumentar a estabilidade do sedimento, dificultando assim a remobilização e transporte de sedimento e pequenos organismos (WOODIN, 1978).

Uma importante contribuição desta espécie para este estudo é a indicação de que não houve encalhe de blocos de gelo na área de coleta durante o período, confirmando as observações visuais realizadas durante a Operação Antártica XXVII. O encalhe de gelo na área poderia ocasionar uma interpretação errônea das variações observadas. Caso tivesse ocorrido algum encalhe, os Maldanidae estariam danificados, juntamente com seus tubos quebrados, ou ainda ausentes da área de coleta, visto que o encalhe de blocos de gelo pode remover até 99,5% da macrofauna de área impactada (PECK *et al.*, 1999).

Família Opheliidae

Os Opheliidae são anelídeos que se alimentam, em geral, de matéria orgânica e pequenos organismos no sedimento, sendo classificados como depositívoros de subsuperfície (FAUCHALD; JUMARS, 1979) e escavadores ativos (MACIOLEK; BLAKE, 2006). Bessa *et al.* (2007) verificaram que, em frente à EACF, a maioria deste grupo trófico se concentra entre 0 e 4 cm da camada superficial do sedimento. A maior densidade do gênero *Ophelina* foi

encontrada por volta dos 18 m, diminuindo a partir dos 25 m de profundidade (BROMBERG *et al.*, 2000).

As duas espécies encontradas, *Ophelina gymnopyge* e *O. syringopyge*, apresentaram valores baixos de densidade, com exceção da última coleta, quando representaram cerca de 68% do total de Polychaeta, um número muito expressivo. A hipótese de que esta alta densidade fosse devida a uma mancha é improvável, pois em nenhum dos 15 lançamentos anteriores (num raio de 10,42 m) foram registrados altos valores de densidade, como na última coleta. Além do mais, o desvio padrão da última coleta não foi, proporcionalmente, diferente dos encontrados nas coletas anteriores. Estes dois fatos permitem supor que a maior densidade destas espécies na última coleta esteve ligada a um processo de transporte de outra área. A ação tardia da movimentação de água gerada pelos ventos soprando preferencialmente do setor II na quinta coleta poderia explicar o registro da alta densidade destas espécies, possivelmente transportadas de alguma área adjacente.

Família Apistobrachidae

Os Apistobrachidae são anelídeos com comprimento máximo de sete mm, discretamente móveis e depositívoros de superfície, utilizando tentáculos para capturar pequenas partículas depositadas na superfície do sedimento (FAUCHALD; JUMARS, 1979; PETTI *et al.*, 2007). Não se sabe, ao certo, como a espécie *A. glacerae* se distribui na área, pois em estudos pretéritos verificou-se que no verão de 1994/95 foram registradas altas densidades em frente à EACF, porém no verão de 1997/98 a densidade foi bem menor (BROMBERG *et al.*, 2000; BROMBERG, 2004). Não foram reportadas até hoje larvas desta família de Polychaeta e, desse modo, sua alta densidade está

ligada à presença do indivíduo adulto que deve se reproduzir diretamente no sedimento (PETTI *et al.*, 2007). Se o adulto for removido por transporte passivo o próximo evento reprodutivo será menor, assim como a densidade desta espécie no sedimento. Não se sabe, com certeza, se esta espécie apresenta diferenças interanuais e se sua densidade está relacionada com fatores sazonais, como o congelamento da baía.

Cirratulidae

O gênero *Tharyx*, o mais abundante desta família, é depositívoro de superfície e, assim como os Apistobranchidae, utilizam tentáculos para capturar pequenas partículas depositadas sobre o fundo marinho (FAUCHALD; JUMARS, 1979). A espécie *Tharyx* cf. *cincinnatus* tem no máximo 18 mm de comprimento (HARTMAN, 1966) e sua distribuição batimétrica alcança maior densidade em torno dos 25 m de profundidade (BROMBERG *et al.*, 2000). Esse Polychaeta também se concentra nas primeiras camadas do sedimento (BESSA *et al.*, 2007), estando mais suscetível à ação hidrodinâmica (POSEY *et al.*, 1996). Foi observada uma distribuição mais heterogênea a partir da quarta coleta, que pode estar relacionada ao processo de transporte passivo pelo hidrodinamismo gerado por tempestades com ventos de até 100 km.h⁻¹ e pela concentração destes organismos em pequenas depressões do sedimento, caracterizando um pequeno deslocamento.

A densidade da *Tharyx* cf. *cincinnatus* sofreu uma redução mais expressiva na quinta coleta e a espécie foi ausente na última coleta. O registro de ventos até 165 km.h⁻¹, pouco antes da quinta coleta, pode ter remobilizado as primeiras camadas do sedimento, sendo este material (juntamente com os organismos desta camada) transportado para outras áreas pela movimentação

d'água gerada por aproximadamente cinco dias de ventos da mesma direção. Outro fato que reforça a hipótese de que a influência do hidrodinamismo afeta a distribuição desta espécie é que foram verificadas correlações altas e positivas entre *T. cf. cincinnatus* e as porcentagens de silte e argila, frações granulométricas que apresentaram uma variação relacionada ao hidrodinamismo.

Descritores ecológicos para os Polychaeta

Na enseada Martel, em frente à EACF, existem dois principais trabalhos envolvendo os Polychaeta e seus descritores ecológicos. Os valores encontrados no presente estudo para riqueza, diversidade e equidade ficaram entre os valores registrados previamente nos verões de 1994/95 e de 1997/98 (BROMBERG *et al.*, 2000; BROMBERG, 2004).

Os descritores ecológicos não apresentaram variação temporal expressiva nessa curta escala de tempo. Esta ausência de resposta dos índices ecológicos não significa a ausência da influência do hidrodinamismo, em resultado de tempestades, sobre algumas espécies de Polychaeta. Existem espécies mais vulneráveis à ação do hidrodinamismo, como por exemplo, alguns Polychaeta que vivem na camada superficial do sedimento, e podem ter sua distribuição afetada por fatores ligados ao hidrodinamismo.

Os índices ecológicos utilizados (diversidade, riqueza e equidade) não forneceram subsídios para inferir se a associação dos Polychaeta respondia a mudanças no hidrodinamismo local em um curto espaço de tempo, basicamente, por dois motivos: (i) o índice leva em conta todos os Polychaeta, inclusive aqueles que naturalmente não responderiam a este tipo de fator, como os Maldanidae e (ii) por que levam em consideração espécies raras que

podem não ter sido amostradas corretamente por limitação do desenho amostral do estudo, podendo mascarar uma variação existente, ou ainda o inverso, permitir a interpretação de uma variação quando ela não existe. Neste tipo de estudo é importante que cada espécie seja analisada separadamente, pois é o seu hábito de vida que determina o grau de influência que o hidrodinamismo local exercerá sobre sua distribuição em um curto intervalo de tempo.

Considerações finais

A identificação em nível específico dos demais grupos taxonômicos permitirá um maior entendimento da ação de tempestades sobre a comunidade analisada por meio da consulta de trabalhos que tratam da distribuição espacial, batimétrica e vertical (no sedimento) de cada espécie em questão. A identificação de organismos mais suscetíveis à ação do hidrodinamismo, como Amphipoda e Cumacea, que apresentam diversificados hábitos de vida e de alimentação, poderá fornecer subsídios para uma discussão mais aprofundada a respeito de como as variáveis ambientais e biológicas interagem frente a uma tempestade.

A utilização de equipamentos mais adequados a estudos quantitativos, como o Mini Box Corer, e um desenho amostral abrangendo diversas profundidades e um período que englobe o verão inteiro agregariam mais informações necessárias ao estudo de variação do bentos antártico em pequena escala de tempo. A possibilidade de estratificar o sedimento coletado e de medir o volume exato de material analisado permitirá uma maior exatidão na detecção e explicação de como interagem os fatores ambientais e biológicos em um curto período de tempo. Existe, ainda, a possibilidade de se

coletar, no mesmo corer, material para análise da meiofauna e biomassa microfitobentônica, alimento potencial para a macrofauna.

A amostragem de água, assim como arrastes de plâncton poderão fornecer dados importantes quanto ao material ressuspendido. A integração com outras áreas de investigação também seria valiosa para o melhor entendimento da dinâmica do ecossistema antártico em pequena escala de tempo, envolvendo a (i) oceanografia física para coletar e analisar dados referentes ao hidrodinamismo e o acoplamento entre atmosfera e oceano, a (ii) oceanografia geológica para analisar processos sedimentares, que geralmente são estudados numa escala de tempo maior e a (iii) meteorologia para realizar medidas de vento em outras localidades da Ilha Rei George e entender como o comportamento do vento na baía.

O efeito do hidrodinamismo gerado por tempestades sobre o fundo marinho e sua fauna associada muda de acordo com características ambientais locais, composição da comunidade e tipo/intensidade de tempestade (POSEY *et al.*, 2006). Houve registro que ventos de 148 km.h^{-1} que foram capazes de transportar bivalves em uma profundidade de 9 m no ambiente antártico (PECK *et al.*, 1999). É possível que devido ao relevo da baía do Almirantado, em especial da enseada Martel, o hidrodinamismo gerado por ventos de até 165 km.h^{-1} atue até 20 m de profundidade, pois foram encontrados, no presente estudo, indícios físicos (mudança na composição granulométrica do sedimento) e biológicos (transporte passivo de organismos bentônicos) de que esta influência ocorra.

Na Operação Antártica XXVIII (ano seguinte à coleta deste estudo) foram repetidas as coletas de variação temporal de curta escala na mesma

área e profundidade. Análises preliminares dos dados de sedimento mostraram uma redução das porcentagens de argila e silte fino quando houve a predominância de vento moderado do setor I ou setor II (tendência registrada neste trabalho), mesmo ainda sem analisar as rajadas máximas diárias. Estes resultados reforçam ainda mais a probabilidade de que a influência do hidrodinamismo gerado por tempestades sobre o fundo marinho, aos 20 m de profundidade em frente à EACF, tenha sido detectada.

Alguns estudos na região apontam a presença de manchas na distribuição da fauna bentônica antártica, em consequência da ação do gelo e da existência de manchas na composição sedimentar. É comum relacionar as alterações da fauna às manchas de sedimento, porém houve muitos indícios de que a variação observada neste trabalho seja resultado da ação do hidrodinamismo gerado por tempestades e não um mero acaso de se coletar em manchas distintas. Além da existência de manchas, existe ainda um possível efeito da variação de marés no hidrodinamismo local e consequente impacto sobre a comunidade bentônica, porém este efeito não foi avaliado neste estudo.

Os resultados aqui obtidos permitem afirmar que a macrofauna bentônica, aos 20 m de profundidade, respondeu aos efeitos de tempestades, mas é difícil estabelecer de que forma e em que grau os elementos biológicos e ambientais envolvidos se relacionam.

Conclusões

A hipótese proposta nos objetivos deste estudo se confirmou, pois alguns grupos da macrofauna, como Amphipoda e Polychaeta, apresentaram variação significativa em sua densidade em um curto período, assim como houve uma variação na composição granulométrica do sedimento. Estas variações foram relacionadas, em diferentes graus, às tempestades.

O vento foi um importante fator estruturador da comunidade bentônica da zona costeira rasa sob a perspectiva de uma pequena escala de tempo. Os organismos da macrofauna das primeiras camadas do sedimento constituíram um grupo mais suscetível ao impacto de tempestades, porém a resposta ao impacto variou de acordo com o hábito de vida de cada organismo.

A tempestade com ventos de 100 km.h^{-1} atuou no aumento da densidade de Amphipoda e Cumacea e na distribuição mais heterogênea dos Bivalvia. Já a tempestade com ventos de 165 km.h^{-1} atuou na remobilização e no transporte de frações finas do sedimento, juntamente com pequenos organismos como Oligochaeta e o Polychaeta *Tharyx cf. cincinnatus*.

A espécie *Rhodine intermedia* não apresentou variação temporal em sua densidade. Por se tratar de um Polychaeta tubícola enterrado no sedimento, não houve resposta ao hidrodinamismo gerado por tempestades, vista a dificuldade de remoção dos tubos e transporte para outro local.

Descritores ecológicos como diversidade, riqueza e equidade não foram bons indicadores para se estudar o efeito de tempestades sobre os Polychaeta, pois cada espécie respondeu às tempestades de uma forma singular, dependendo do seu hábito de vida.

Referências

- ALVES, E. S.; PEZZUTO, P. R. Effect of cold fronts on the benthic macrofauna of exposed sandy beaches with contrasting morphodynamics. **Braz. j. oceanogr.**, v. 57, n. 2, p.73-94, 2009.
- ANDREW, N. L.; MAPSTONE, B. D. Sampling and the description of spatial pattern in marine ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, v. 25, p. 39-90, 1987.
- ARMONIES, W. On the spatial scale needed for benthos community monitoring in the coastal North Sea. **J. Sea Res.**, v. 43, p. 121-133, 2000.
- ARNAUD, P. M.; JAZDZEWSKI, K.; PRESLER, P.; SICIŃSKI, J. Preliminary survey of benthic invertebrates collected by Polish Antarctic Expeditions in Admiralty Bay (King George Island, South Shetlands Islands, Antarctica). **Pol. Polar Res.**, v. 7, p. 7–24, 1986.
- BARNES, D. K. A. Sublittoral epifaunal communities at Signy Island, Antarctica. I. The ice-foot zone. **Mar. Biol.**, v. 121, p. 555–563, 1995.
- BARNES, D. K. A.; CONLAN, K.E. Disturbance, colonization and development of Antarctic benthic communities. **Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.**, v. 362, p. 11-38, 2007.
- BESSA, E. G.; PAIVA, P. C.; ECHEVERRÍA, C. A. Distribuição vertical no sedimento dos grupos funcionais de anelídeos poliquetas em uma área da enseada Martel, baía Do Almirantado, Antártica. **Oecol. Bras.**, v. 11, n. 1, p 95-109, 2007.
- BRANDINI, F. P.; REBELLO, J. Wind field effect on hydrography and chlorophyll dynamics in the coastal pelagial of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. **Ant. Sci.**, v. 6, n. 4, p. 433-442, 1994.
- BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forest communities in southern Wisconsin. **Ecol. Monogr.**, v. 27, p. 325-349, 1957.

- BROMBERG, S. **A macrofauna bentônica da zona costeira rasa e o seu papel na trama trófica da Enseada Martel, Baía do Almirantado (Ilha Rei George, Antártica). Ênfase para o grupo Polychaeta (Annelida).** 2004. 240 f. Tese (Doutorado) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- BROMBERG, S.; NONATO, E. F.; CORBISIER, T. N.; PETTI, M. A. V. Polychaete distribution in the nearshore zone of Martel Inlet, Admiralty Bay (King George Island, Antarctica). **Bull. Mar. Sci.**, v. 67, p. 175–188, 2000.
- BROWN, K. M.; FRASER, K. P. P.; BARNES, D. K. A.; PECK, L. S. Links between the structure of an Antarctic shallow-water community and ice-scour frequency. **Oecologia**, v. 141, p. 121–129, 2004.
- BUTMAN, C. A. Larval settlement of soft-sediment invertebrates: The spatial scales of pattern explained by active habitat selection and the emerging role of hydrodynamical processes. **Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.**, v. 25, p. 113-165, 1987.
- BYERS, S. C., MILIS, E. L.; STEWART, P. L. A comparison of methods of determination of organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. **Hydrobiologia**, v. 58, p. 43–47, 1978.
- CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation.** 2. ed. Plymouth, UK: Primer-E, 2001.
- CONLAN, K. E.; KIM, S. L.; LENIHAN, H. S.; OLIVER, J. S. Benthic changes during 10 years of organic enrichment by McMurdo Station, Antarctica. **Mar. Pollut. Bull.**, v. 49, p. 43-60, 2004.
- CONLAN, K. E.; KIM, S. L.; THURBER, A. R.; HENDRYCKS, E. Benthic changes at McMurdo Station, Antarctica following local sewage treatment and regional iceberg-mediated productivity decline. **Mar. Pollut. Bull.**, v. 60, p. 419-32, 2010.
- CROKER, R. A. Distribution and abundance of some intertidal sand beach amphipods accompanying the passage of two hurricanes. **Chesap. Sci.**, v. 9, p 157-162, 1968.

- DAYTON, P. K.; ROBBILIARD, G. A.; PAINE, R. T.; DAYTON, L. B. Biological accomodation in the benthic community at McMurdo Sound, Antarctica. **Ecol. Monogr.**, v. 44, p. 105–128, 1974.
- DAYTON, P. K.; ROBBILIARD, G. A.; PAYNE, T. Benthic faunal zonation as a result of anchor ice at McMurdo Sound, Antarctica. In: HOLDGATE, M. W. (Ed.). **Antarctic Ecology**: v. 1. New York: Academic Press, 1970. p. 244–258.
- DAYTON, P. K.; ROBILLIARD, G. A.; DEVRIES, A. L. Anchor ice formation in McMurdo Sound, Antarctica, and its biological effects. **Science**, v. 163, p. 273–274, 1969.
- DE JONGE, V. N.; VAN BEUSEKOM, J. E. E. Wind- and tide-induced resuspension of sediment and microphytobenthos from tidal flats in the Ems estuary. **Limnol. oceanogr.**, v. 40, p. 766–778, 1995.
- DELL, R. K. Antarctic benthos. **Adv. Mar. Biol.**, v. 10, p. 1-126, 1972.
- DENTON, G. H.; ARMSTRONG, R.L.; STUIVER, M. The Late Cenozoic glacial history of Antarctica. In: TUREKIAN, K. K. (Ed.). **The Late Cello zoic glacial ages**. New Haven, CT, and London, Yale University Press, 1971, p. 267-306.
- DOBBS, F. C.; VOZARIK, J. M. Immediate effects of a storm on coastal infauna. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 11, p. 273–279, 1983.
- ECHEVERRÍA, C. A.; PAIVA, P. C. Macrofaunal shallow benthic communities along a discontinuous annual cycle at Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. **Polar Biol.**, v. 29, p. 263–269, 2006.
- ECHEVERRÍA, C. A.; PAIVA, P. C.; ALVES, V. C. Composition and biomass of shallow benthic megafauna during an annual cycle in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. **Antarc. Sci.**, v. 17, p. 312-318, 2005.
- EMERSON, C. W.; GRANT, J. The control of soft-shell clam (*Mya arenaria*) recruitment on intertidal sandflats by bedload sediment transport. **Limnol. Oceanogr.** v. 36, p. 1288-1300, 1991.

FAUCHALD, K.; JUMARS, P. A. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds.

Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., v. 17, p. 193-284, 1979.

FERRON, F. A.; SIMOES, J. C.; AQUINO, F.E.; SETZER, A. W. Air temperature time series for

King George Island, Antarctica. **Pesq. Antar. Bras.**, v. 4, p. 155-169, 2004.

FILGUEIRAS, V. L.; CAMPOS, L. S.; LAVRADO, H. P.; FRENSEL, R.; POLLERY, R. C. G.

Vertical distribution of macrobenthic infauna from the shallow sublittoral zone of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. **Polar Biol.**, v. 30, n. 11, p. 1439-1447, 2007.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size

parameters. **J Sedim. Petrol.**, v. 27, p. 3–26, 1957.

GALLUCCI, F.; NETTO, S. A. Effects of the passage of cold fronts over a coastal site: an

ecosystem approach. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 281: 79-92. 2004.

GAMBI, M.C.; CASTELLI, A.; GUIZZARDI, M. Polychaete populations of the shallow bottoms of

Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica): distribution, diversity and biomass. **Pol. Biol.**, v. 17, p. 199–210, 1997.

GLOVER, A. G.; SMITH, C. R.; MINCKS, S. L.; SUMIDA, P. Y. G.; THURBER, A. Macrofaunal

abundance and composition on the West Antarctic Peninsula continental shelf: evidence for a sediment 'food bank' and similarities to deep-sea habitats. *Deep-Sea Research II*, v. 55, p. 2491-2501, 2008.

GREEN, R.H. **Sampling design and statistical methods for environmental biologists.**

Wiley, Chichester, 1979. 257 p.

GUTT, J. On the direct impact of ice on marine benthic communities, a review. **Polar Biol.**, v.

24, p. 553–564, 2001.

GUTT, J.; STARMANS, A. Quantification of iceberg impact and benthic recolonisation patterns

in the Weddell sea. **Polar Biol.**, v. 24, p. 615–618, 2001.

- GUTT, J.; STARMANS, A.; DIECKMANN, G. Impact of iceberg scouring on polar benthic habitats. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 137, p. 311–316, 1996.
- HALL, S. J. Physical disturbance and marine benthic communities: life in unconsolidated sediments. **Oceanogr. mar. Biol. Ann. Rev.**, v. 32, p. 179-239, 1994.
- HANSKI, I. Dynamics of regional distribution: the core and satellite species hypothesis. **Oikos** v. 38, p. 210-221, 1982.
- HARTMAN, O. Polychaeta Myzostomidae and Sedentaria of Antarctica. **Antarct. Res. Ser.** v. 7, p. 1-158, 1966.
- HARTMANN-SCHRÖDER, G.; ROSENFELDT, P. Die Polychaeten der “Walter Herwig” – Reise 68/1 nach Elephant Island (Antarktis) 1985, Teil 1: Aphroditidae bis Cirratulidae. **Mitt. hamb. zool. Mus. Inst.**, v. 87 pp. 89–122, 1990.
- HARTMANN-SCHRÖDER, G.; ROSENFELDT, P. Die Polychaeten der “Walter Herwig” – Reise 68/1 nach Elephant Island (Antarktis) 1985, Teil 2: Acrocirridae bis Sabellidae. **Mitt. hamb. zool. Mus. Inst.**, v. 88, p. 73–96, 1991.
- HERNÁNDEZ-ARANA, H. A.; ROWDEN, A. A.; ATRILL, M. J.; WARWICK, R. M.; GOLDBOUCROT, G. Large-scale environmental influences on the benthic macroinfauna of the southern Gulf of Mexico. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, v. 58, p. 825–841, 2003.
- HURLBERT, S. H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecol. Monogr.**, v. 54, p. 187-211, 1984.
- INPE “Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais” *Projeto de Meteorologia Antártica*. Em: <<http://antartica.cptec.inpe.br>>. Acesso em 10 de agosto de 2008.
- JAZDZEWSKI, K.; DE BROYER, C.; PUDLARZ, M.; ZIELINSKI, D. Seasonal fluctuations of vagile benthos in the uppermost sublittoral of a maritime Antarctic fjord. **Polar Biol.**, v. 24, p. 910-917, 2001.

- JAZDZEWSKI, K.; JURASZ, W.; KITTEL, W.; PRESLER, E.; PRESLER, P.; SICIŃSKI, J. Abundance and biomass estimates of the benthic fauna in Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands. **Polar Biol.**, v. 6, p. 5–16, 1986.
- KERN, Y. **Colonização da macrofauna bêntica em substratos inconsolidados: uma abordagem experimental na Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica.** 2008. 72p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Pontal do Sul, PR.
- KIM, S.; HAMMERSTOM, K. K.; CONLAN, K. E.; THURBER, A. R.; Polar ecosystem dynamics: Recovery of communities from organic enrichment in McMurdo Sound, Antarctica. Integrative and Comparative Biology. Integr. **Comp. Biol.**, v. 50, n. 6, p. 1031-1040. 2010.
- KNOX, G. A. **The biology of the Southern Ocean.** Cambridge University Press, Cambridge 1994. 444 p.
- KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion analysis of variance. **J. Am Stat. Assoc.**, v. 47, p. 583–621, 1952.
- LEE, H. J.; GERDES, D.; VANHOVE, S.; PECK, L. S.; VINCX, M. Meiofauna response to iceberg disturbance on the Antarctic continental shelf at Kapp Norvegia (Weddell Sea). **Polar Biol.**, v. 24, p. 926–933. 2001.
- LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical ecology.** Developments in environmental modelling, 3. Elsevier Scient. Publ. Co., Amsterdam. 1983. 419 p.
- LEGENDRE, P.; ELLINGSEN, K. E.; BJØRNBOM, E.; CASGRAIN, P. Acoustic seabed classification: improved statistical method. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 59, p. 1085-1089, 2002.
- LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*: v. 129, p. 271-280, 2001.

- LENIHAN, H. S.; OLIVER, J. S. Anthropogenic and natural disturbances to marine benthic communities in Antarctica. **Ecol. Applic.**, v. 5, p. 311–326, 1995.
- LOWRY, J.K. Soft bottom macrobenthic community of Arthur Harbor, Antarctica. **Antar.Res. Ser.**, v. 23, p. 1–19, 1975.
- MACIOLEK, N. J.; BLAKE, J. A. Opheliidae (Polychaeta) collected by the R/V Hero and the USNS Eltanin cruises from the Southern Ocean and South America. **Sci. Mar.** v. 70, n. 3, p. 101-113, 2006.
- MACKIE, A. S. Y. A review of species currently assigned to the genus *Leitoscoloplos* Day, 1977 (Polychaeta: Orbiniidae), with descriptions of species newly referred to *Scoloplos* Blainville, 1828. **Sarsia**, v. 72, p. 1-28, 1987.
- MADEJSKI, P.; RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S. Icebergs as tracers of water movement in the Bransfield Strait. **Antarc. Sci.**, v. 2, p. 253–259, 1990.
- MCCALL, P. L. Community patterns and adaptive strategies of the infaunal benthos of Long Island Sound. **J. Mar. Res.**, v. 35, p. 221-226, 1977.
- MORRISEY, D.; UNDERWOOD, J. A. J.; HOWITT, L.; STARK, J. S. Temporal variation in soft-sediment benthos. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* v. 164, p. 233-245, 1992.
- NONATO, E. F.; BRITO, T. A. S.; PAIVA, P. C.; PETTI, M. A. V.; CORBISIER, T. N. Benthic megafauna of the nearshore zone of Martel Inlet (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica): depth zonation and underwater observations. **Polar Biol.**, v. 23, n. 8, p. 580-588, 2000.
- PABIS K.; SICIŃSKI J. Distribution and diversity of polychaetes collected by trawling in Admiralty Bay: an Antarctic glacial fiord. **Polar Biol.**, v. 33, p. 141-151, 2010a.
- PABIS, K; SICIŃSKI, J. Polychaete fauna associated with holdfasts of the large brown alga *Himantothallus grandifolius* in Admiralty Bay, King George Island, Antarctic. **Polar Biol.**, v. 33, n. 9, p. 1277-1288, 2010b.

- PECK, L.; BROCKINGTON, S.; VANHOVE, S.; BEGHYN, M. Community recovery following catastrophic iceberg impacts in a soft-sediment shallow-water site at Signy Island, Antarctica. **Mar. Ecol. Progr. Ser.**, v. 186, p. 1–8, 1999.
- PECK, L.S.; BULLOUGH, L. W. Growth and population structure in the infaunal bivalve *Yoldia eightsi* in relation to iceberg activity at Signy Island, Antarctica. **Mar Biol.**, v. 117, p. 235-241, 1993.
- PETTI, M. A. V.; NONATO, E. F.; BROMBERG, S.; GHELLER, P. F.; PAIVA, P. C.; CORBISIER, T. N. On the taxonomy of *Apistobanchus* species (Polychaeta: Apistobanchidae) from the Antarctic. **Zootaxa**, v. 1440, p. 51–59, 2007.
- PIELOU, E. C. **Ecological Diversity**. John Wiley and Sons Inc., New York. 1975. 165 p.
- POSEY, M.; LINDBERG, W.; ALPHIN, T.; VOSE, F. Influence of storm disturbance on an offshore benthic community. **Bull. Mar. Sci.**, v. 59, n. 3, p. 523-529, 1996.
- PRESLER, P. Phenological and physiographical observations carried out during the first wintering at the Arctowski Station in 1977. **Pol. Arch. of Hydrobiol.**, v. 27. p. 245–252, 1980.
- PRUSZAK, Z. Currents circulation in the waters of Admiralty Bay (region of Arctowski Station on King George Island). **Pol. Pol. Res.** v. 1, p. 55–74, 1980.
- RACHOR, E.; GERLACH, S. A. Changes of macrobenthos in a sublittoral sand area of the German Bight, 1967 to 1975. **Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer.**, v. 172, p. 418–431, 1978.
- RICHARDSON, M. D.; HEDGPETH, J. W. Antarctic soft-bottom, macrobenthic community. Adaptations to a cold, stable, highly productive, glacially affected environment. In: LLANO, G. A. (Ed.), **Adaptations with in Antarctic ecosystems**. Proceedings of the Third SCAR Symposium on Antarctic Biology. Smithsonian Institution, Washington, 1977, p.181–196.
- RUPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. São Paulo: Roca, 1996, 1029p.

- SAHADE, R.; TATIAN, M.; KOWALKE, J.; KUHNE S.; ESNAL, G. B. Benthic faunal associations on soft substrates at Potter Cove, King George Island, Antarctica. **Polar Biol.**, v. 19, p. 85–91, 1998.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. University of Illinois Press, Urbana. 1949, 144 p.
- SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **J. Sediment. Petrol.** v. 24, n. 3, p. 151-158, 1954.
- SICINSKI J.; JAZDZEWSKI K.; DEBROYER C.; PRESLER P.; LIGOWSKI R.; NONATO E. F.; CORBISIER T. N.; PETTI M. A. V.; BRITO T. A. S.; LAVRADO H. P.; BLAZEWICZ-PASZKOWYCZ M.; PABIS K.; JAZDZEWSKA A.; CAMPOS L.S. Admiralty Bay Benthos diversity - A census of a complex polar ecosystem. **Deep-Sea Research II** DOI:10.1016/j.dsr2.2010.09.005, 2010.
- SICIŃSKI, J. Benthic assemblages of Polychaeta in chosen regions of Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands). **Pol. Pol. Res.**, v. 7, p. 63–78, 1986.
- SICIŃSKI, J. Polychaeta (Annelida) of Admiralty Bay: species richness, diversity and abundance. **Pol. Polar Res.**, v. 21, n. 3-4, p. 153-169. 2000.
- SICIŃSKI, J. Polychaetes of Antarctic sublittoral in the proglacial zone (King George Island, South Shetland Islands). **Pol. Polar Res.**, v. 25, p. 67–96, 2004.
- SICIŃSKI, J. Zoobenthos. Polychaeta. In: **The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay**. Rakusa-Suszczewski, S. (Ed.) Warsaw: Polish Academy of Sciences, 1993. p. 101-107.
- SICIŃSKI, J.; JANOWSKA, E. Polychaeta of the shallow sublittoral of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands. **Antarc. Sci.**, v. 5, p. 161–167, 1993.
- SMALE, D. A.; BARNES, D. K. A.; FRASER K. P. P. The influence of depth, site exposure and season on the intensity of iceberg scouring in nearshore Antarctic waters. **Polar Biol.**, v. 30, p. 769–779, 2007.

- SOLA, M. C. R.; PAIVA, P. C. Variação temporal da macrofauna bentônica sublitoral da praia da Urca (RJ) após a ocorrência de ressacas. **Rev. Bras. Oceanogr.**, v. 49, p. 137-142, 2001.
- STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A. The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. **J. Geophys. Res.**, v. 97, n. C 66, p. 9507-9520, 1992.
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: E. Blücher, 1973. 317 p.
- TER-BRAAK, C. J. F. **Update notes: CANOCO version 3.10**. Wageningen: Agricultural Mathematics Group, 1990. 35 p.
- WÄGELE, J. W.; NONATO, E. F. Ecologia do sublitoral Antártico. In: HÖHLEIN, H.; DIEKEN, L. G. **Bases para o futuro: 20 anos de cooperação científica e tecnológica entre a República Federativa do Brasil e a República Federal da Alemanha**. Jülich Forschungszentrum. 1991. p. 421-461.
- WALLER, C.; BARNES, D. K. A.; CONVEY, P. Ecological constraints across an Antarctic land-sea interface. **Austral. Ecol.**, v. 31, p. 656–666, 2006.
- WEBER, R. R.; MONTONE, R. C. (Coord.). **Rede 2: Gerenciamento ambiental na baía do Almirantado, ilha Rei George, Antártica**. Brasília: M.M.A., 2006, 255 p.
- WOODIN, S. A. Refuges, disturbance, and community structure: a marine soft-bottom example. **Ecology**, v. 59, p. 274-284, 1978.
- WULFF, J. L. Effects of a hurricane on survival and orientation of large erect coral reef sponges. **Coral Reefs**, v. 14, p. 55–61, 1995.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1996, 662 p.

Apêndices

Fórmulas utilizadas

Frequência de Ocorrência (f_o)

$$f_o = \left(\frac{N_i}{N}\right)$$

onde N_i = número de ocorrências da espécie ou grupo taxonômico e N = número total de amostras coletadas.

Número efetivo de ocorrências (N_2A) (TER-BRAAK, 1990)

$$N_2A = \frac{1}{\sum_{i=1}^n p_i^2}$$

onde p_i = proporção de ocorrência da espécie ou grupo taxonômico por amostra.

Diversidade específica (H') (SHANNON; WEAVER, 1949)

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \log_2 p_i)$$

onde S = número de espécies na amostra e p_i = importância da espécie i na amostra, ou seja, número de indivíduos da espécie i em relação ao número total de indivíduos na amostra (n_i/N).

A equidade (J'), (PIELOU, 1975)

$$J' = \frac{H'}{\log_2(S)}$$

onde H' = índice de diversidade de Shannon e S = número de espécies na mostra.

Índice de similaridade Bray Curtis (1957)

$$BC_{i,j} = \frac{\sum_i^n |X_i - X_j|}{\sum_i^n (X_i + X_j)}$$

onde X = abundância da espécie na amostra.

Distância de Hellinger (LEGENDRE; GALLAGHER, 2001)

$$DH_{i,j} = \sqrt{\sum_i \left| \sqrt{\frac{X_i}{\sum_i X_i}} - \sqrt{\frac{X_j}{\sum_j X_j}} \right|^2}$$

onde X é a abundância da espécie ou grupo taxonômico. A Distância de Hellinger é resultado da distância euclidiana utilizando-se como dados a raiz da abundância em proporção em cada amostra (LEGENDRE; GALLAGHER, 2001).

Lista de organismos registrados no estudo:

Reino Animalia	Filo Platyhelminthes	Ordem Turbellaria		
	Filo Nematoda			
	Filo Priapulida			
	Filo Nemertea			
	Filo Arthropoda	Subfilo Crustacea	Ordem Amphipoda	
			Ordem Cumacea	
			Ordem Isopoda	
			Ordem Tanaidacea	
			Classe Ostracoda	
	Filo Annelida	Subclasse Oligochaeta		
		Classe Polychaeta	Família Apistobranchidae	<i>Apistobranchus glacerae</i> Hartman, 1978
			Família Capitellidae	<i>Capitella capitata antarctica</i> Monro, 1930
			Família Cirratulidae	<i>Tharyx cincinnatus</i> (Ehlers, 1908)
			Família Dorvilleidae	<i>Pettiboneia hartmanae</i> Orensanz, 1990
			Família Flabelligeridae	<i>Brada villosa</i> (Rathke, 1843)
			Família Maldanidae	<i>Rhodine intermedia</i> Arwidsson, 1911
				<i>Eupraxillella antarctica</i> Hartmann-Schröder & Rosenfeldt 1989
			Família Opheliidae	<i>Ophelina gymnopyge</i> Ehlers, 1908
				<i>Ophelina syringopyge</i> Ehlers, 1901
			Família Orbiniidae	<i>Leitoscoloplos kerguelensis</i> (McIntosh, 1885)
				<i>Leitoscoloplos mawsoni</i> Benham, 1921
			Família Paraonidae	<i>Cirrophorus brevicirratus</i> Strelzov, 1973
			Família Polynoidae	<i>Barrukia cristata</i> (Willey, 1902)
			Família Sphaerodoridae	<i>Sphaerodoropsis arctowskyensis</i> Hartmann-Schröder & Rosenfeldt, 1988
			Família Syllidae	<i>Brania rhopalophora</i> (Ehlers, 1897)
			Filo Mollusca	Classe Bivalvia
	Classe Gastropoda			
	Filo Echinodermata	Classe Ophiuroidea		
	Filo Chordata	Classe Ascidiacea		