



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**  
**AQUÁTICA E PESCA**

Gisele Cavalcante Moraes

**ESTRUTURA DAS ASSEMBLÉIAS DE MACROINVERTEBRADOS DE**  
**SUBSTRATOS ROCHOSOS NO LITORAL DE CURUÇÁ,**  
**NORDESTE DO PARÁ, BRASIL**

Belém, PA

2011

Gisele Cavalcante Morais

**ESTRUTURA DAS ASSEMBLÉIAS DE MACROINVERTEBRADOS DE  
SUBSTRATOS ROCHOSOS NO LITORAL DE CURUÇÁ,  
NORDESTE DO PARÁ, BRASIL**

*Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Ecologia Aquática e  
Pesca da Universidade Federal do Pará como  
parte dos requisitos para obtenção do Grau  
de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.*

**Orientador:** Dr. James Tony Lee

Belém, PA

2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

M827e Morais, Gisele Cavalcante

Estrutura das assembléias de macroinvertebrados de substratos rochosos no litoral de Curuçá, Nordeste do Pará, Brasil / Gisele Cavalcante Morais; Orientador: James Tony Lee - 2011.

90 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

1. Diversidade. 2. Macrobentos. 3. Zonação. 4. Fragmentos rochosos. 5. Zona costeira. 6. Amazônia Brasileira. I. Lee, James Tony, *orient.* II. Universidade Federal do Pará III. Título.

CDD 22º ed.: 333.9509811

---

Gisele Cavalcante Morais

**ESTRUTURA DAS ASSEMBLÉIAS DE MACROINVERTEBRADOS  
DE SUBSTRATOS ROCHOSOS NO LITORAL DE CURUÇÁ,  
NORDESTE DO PARÁ, BRASIL**

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca cuja banca examinadora foi constituída pelos pesquisadores listados abaixo, tendo obtido o conceito **Excelente**.*

Dissertação apresentada e aprovada em 15 de abril de 2011.

**ORIENTADOR:**

Dr. James Tony Lee  
Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará

**BANCA EXAMINADORA:**

Dr. José Souto Rosa Filho  
Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará

Dr. Ricardo Coutinho  
Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – Rio de Janeiro, Brasil

Dr. Cleverson Rannieri Meira dos Santos  
Museu Paraense Emílio Goeldi – Pará, Brasil

Belém, PA  
2011

*Dedico este trabalho a dois grandes homens:*

*Ao meu pai **Valdir A. Moraes**, pelo seu grande amor, carinho e cuidado para que eu pudesse ter a melhor educação. Se hoje estou nesta fase, o mérito é todo seu!*

*Ao meu orientador e amigo **James T. Lee**, pelo zelo e dedicação durante a orientação deste trabalho. Foi muito além das minhas expectativas...*

**Mãe natureza  
Mãe da fauna e da flora  
Cenário de vidas a cultivar  
Pulsando sobre os raios aurora  
Ambiente da natureza a transpirar.**

**Planeta de biodiversidade ameaçada  
fragmentada pela busca ao individual.**

**Rios que brotam de seus seios  
Correntes veias que desaguam no mar  
Diversidade ecológica a expandir  
vidas de um mundo a preservar.**

**Edivino Dias Matteus**

**Viva a biodiversidade!**

## AGRADECIMENTOS

Esta dissertação representa a conclusão de mais um ciclo importante na minha vida. Não foi fácil sair da minha “terra natal” e habitar em “terras estranhas”, mas tenho o prazer de dizer que esta foi uma das experiências mais gratificantes. Isso só foi possível porque durante toda a minha jornada eu nunca estive sozinha, contei com o apoio e motivação de muitas pessoas, as quais terão o meu “eterno” agradecimento.

À **Deus**, pela sua infinita graça e misericórdia, colocando anjos na minha vida para me ajudar a trilhar este caminho.

À **minha querida e amada família**: meu pai **Valdir de A. Morais**, minha mãe **Maria do Socorro**, meus irmãos **Giovany**, **Rejane** e **Marcos**, minha “mãe-drasta” **Gérdila**, minha prima **Lucélia**, tia **Vilanir** e demais parentes codoenses pelo amor e carinho por todo este tempo, que vibraram junto comigo a alegria da aprovação no mestrado. Agradeço a todos pelo apoio incondicional na minha decisão para “embarcar” nesta jornada em “terras estranhas”.

À **Zafira Almeida**, minha amiga e eterna orientadora, por acreditar até mais do que eu no meu desenvolvimento profissional e me “expulsar” de seu laboratório para seguir novos caminhos do mundo científico. Obrigada por me ajudar a tomar a decisão mais sensata.

Ao meu orientador e amigo, **James Tony Lee**, pela orientação constante, desde o primeiro contato via e-mail e Skype, dando todo o suporte financeiro e intelectual para o desenvolvimento deste trabalho. E também pela sua paciência quando ela não deveria existir, diante das minhas limitações e nos meus momentos de distração. Os seus ensinamentos foram valiosos para minha vida profissional e pessoal. Eu me sinto honrada por ser sua primeira orientanda de mestrado, a primogênita. **Obrigada por não deixar o “barco afundar”!**

Aos **professores** do Curso de Ciências Biológicas e do Departamento de Química e Biologia da Universidade Estadual do Maranhão, meu “local de origem”, pelos ensinamentos valiosos e incentivo para seguir a vida acadêmica com a Pós-Graduação. À profa. **Raimunda Fortes**, profa. **Vera Maciel** e as amigas **Laurinete**, **Juju**, **Alexsandra** e **Nayara** pelas palavras de apoio que me ajudaram a encarar esta etapa com otimismo.

Aos amigos de ontem, hoje e sempre: **Ana Cristina Guimarães**, **Jossânia Moreira**, **Carlos Erick Souza** e **Carlos Eduardo Machado**, pela amizade incondicional e por sempre estarem torcendo pelo meu “sucesso”, sempre me recebendo de braços abertos nos curtos períodos de férias em São Luís. Quando eu os encontro, parece que o tempo nunca passou, estamos sempre em sintonia...

À minha mais nova família, as minhas duas “esposas”, **Vanessa Gomes** e **Flávia Moura**, que acompanharam de perto as minhas alegrias e tensões do mestrado. Obrigada pelos momentos de descontração, carinho, amizade, cumplicidade e

principalmente por compreenderem minha “ausência” nos últimos dias de redação desta dissertação. Foi um prazer viver tantas emoções junto com vocês.

Aos companheiros de coleta: **Angélica, Cléo, Rodrigo, Ana Maria, Janaina, Samara, Ewerton e Priscila** que se dispuseram a passar alguns dias isolados na Ilha, sem infraestrutura, para me ajudar durante as coletas, mesmo sob forte chuva ou sol, durante o dia ou pelas madrugadas. E aos amigos **Rory Romero e José Bruno** pelo apoio logístico durante as coletas.

Aos meus “irmãos científicos”: **Angélica, Cássio, Sheila e Cristiane**, pelos prazerosos momentos em laboratório. Obrigada **Angélica e Cássio** por nunca deixar de atender aos meus “chamados de socorro”, sacrificando suas férias de final de ano para me ajudar a finalizar a triagem das amostras.

A **todos** do **Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo de Recursos Aquáticos** da UFPA pelo apoio, amizade e momentos de descontração nos horários de almoço, com as “valiosas” discussões sobre os “causos da vida privada”.

Aos professores do **Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca** pelos ensinamentos durante as aulas ministradas. À Profa. Dra. **Virag Venekey** pelas valiosas sugestões no Exame de Qualificação juntamente com o Dr. **José Souto Rosa Filho** que também participou da Defesa de Dissertação, com suas críticas e sugestões durante e após o desenvolvimento desta pesquisa. À Profa. Dra. **Jussara M. Martinelli** por ter aceitado participar da banca examinadora e pelas suas contribuições para melhoria deste trabalho. À Profa. Dra. **Victoria Judith Isaac** pelo seu exemplo de educadora que levarei por toda minha vida e por ter indicado o Dr. **James T. Lee** para orientação no mestrado. À Prof. Dra. **Valerie Saperdonti** pelo empréstimo da lupa durante todo o período de pesquisa. Aos Secretários do Curso: **Cléo Batista, Orino Raiol e Diego**, que estiveram sempre dispostos a resolver minhas solicitações.

Aos **Colegas do Mestrado**, turma PPGEAP 2009-2011 e aos demais colegas de outras turmas, pelas conversas e trocas de idéias, principalmente aqueles que estiveram no Curso de Campo, participando da coleta que serviu de inspiração para a realização da presente pesquisa.

À **Dona Sueli** pelo carinho durante o Curso de Campo em Ecologia Aquática e Pesca do PPGEAP, sempre preocupada com minha alimentação e bem-estar.

Aos pesquisadores que auxiliaram na identificação das espécies: Dr. **Marcos Tavares**, Dr. **Gustavo Melo** e Dr. **Luis Simone** do Museu de Zoologia da USP; Dr. **José Souto Rosa Filho**, M.Sc. **Daiane E. Aviz**, M.Sc. **Roseanne F. da Silva** e M.Sc. **Allan Jameson de Jesus** da UFPA; e Dr. **Jesser F. Souza Filho** do Museu Nacional da UFRJ.



Ao Dr. **Ricardo Coutinho**, por disponibilizar vaga no Curso de Desenho e Análise em Experimentos Ecológicos realizado em Arraial do Cabo no ano de 2009 e por aceitar participar da banca examinadora, contribuindo com excelentes sugestões neste trabalho.

Aos colegas do curso em Arraial do Cabo, principalmente aqueles que faziam parte do “multirão noturno”, repassando o conteúdo das aulas todas as noites. Ao Dr. **Maurício Garcia de Camargo** e M.Sc. **Leonardo Sandrini Neto** do CEM-UFPR pelo auxílio com as análises estatísticas durante o curso.

Ao Dr. **Cleverson Rannieri M. Santos** por ter aceitado participar desta banca examinadora, trazendo valiosas contribuições para a versão final da Dissertação.

Aos membros da **I Igreja Assembléia de Deus, Congregação das Oliveiras** em São Luís e **Congregação Marquês de Herval II** em Belém, pelas constantes orações e apoio, fazendo-me acreditar que tudo daria certo.

Aos **Meus Ex-alunos** do ensino fundamental, médio, curso técnico e graduação, que sempre estiveram torcendo pela realização deste trabalho.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq** pela concessão de bolsa de mestrado (Processo nº 132420/2009-0), através do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da UFPA.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará – FAPESPA** pelo suporte financeiro (Projeto número: 137/2008 – Universal), principalmente ao Dr. **Tommaso Giarrizzo**, que aceitou nossa participação no projeto.

Ao **Instituto Brasileiro de Meio Ambiente - IBAMA** que concedeu a licença para coleta de material biológico (nº16346-3 e nº16346-5)

Aos pescadores e demais moradores de Curuçá pelo apoio logístico necessário as expedições de campo: **Sr. Tarrafa** por ceder sua casa em todas as campanhas; **Sr. Tostão e família, Seu Zé, Zé Carlos, Melque e Tufão** pela confiança e apoio ao projeto; **Sandra** por ceder a Casa do Pescador sempre que necessário para a equipe e a Colônia de Pescadores Z-05, na figura do **Brigth** por toda ajuda com transporte para a ilha; **Sr. Jorge Macedo** por todas as acolhidas no andamento deste trabalho.

A **Andrelina L. dos Santos** da **Agência Nacional das Águas – ANA**, pela disponibilização dos dados de precipitação pluviométrica.

E para finalizar os agradecimentos por mais essa aventura, não poderia deixar de agradecer mais uma vez a **Deus** pelo **milagre da vida, porque sem vida, não existiria Biologia**, e esta pesquisa jamais poderia ter sido realizada!

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELA.....	12
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	13
CAPITULO GERAL.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	22
2.1. Geral.....	22
2.2. Específicos.....	22
3 REFERÊNCIAS.....	23
<b>CAPITULO 1 - ASSEMBLÉIAS DE MACROINVERTEBRADOS NO ENTREMARÉS ROCHOSO DA ILHA DE AREUÁ EM CURUÇÁ, LITORAL AMAZÔNICO DO BRASIL.....</b>	<b>30</b>
RESUMO.....	31
PALAVRAS-CHAVE.....	31
ABSTRACT.....	31
KEYWORDS.....	32
1 INTRODUÇÃO.....	32
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.1. Área de estudo.....	34
2.2. Desenho amostral.....	37
2.3. Coleta de dados.....	38
2.4. Análise de dados.....	39
2.4.1 Padrões de diversidade das assembléias.....	39
2.4.2 Fatores estruturadores das assembléias.....	41
3 RESULTADOS.....	42
3.1. Caracterização dos fatores ambientais.....	42
3.2. Padrões de diversidade das assembléias.....	43
3.3. Fatores estruturadores das assembléias.....	51
4 DISCUSSÃO.....	53
4.1. Padrões de diversidade das assembléias.....	53

4.2 Fatores estruturadores das assembléias.....	57
5 CONCLUSÕES.....	60
AGRADECIMENTOS.....	61
REFERÊNCIAS.....	61
<b>CAPÍTULO 2 – DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE <i>Petrolisthes armatus</i> (Gibbes, 1850) (DECAPODA: ANOMURA) EM FRAGMENTOS ROCHOSOS NO ENTREMARÉS DA ILHA DE AREUÁ, ZONA COSTEIRA AMAZÔNICA DO BRASIL.....</b>	<b>66</b>
RESUMO.....	67
PALAVRAS-CHAVE.....	67
ABSTRACT.....	68
KEYWORDS.....	68
1 INTRODUÇÃO.....	68
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	70
2.1. Área de estudo.....	70
2.2. Desenho amostral.....	72
2.3. Coleta de dados.....	73
2.4. Análise de dados.....	74
3 RESULTADOS.....	74
4 DISCUSSÃO.....	79
AGRADECIMENTOS.....	83
REFERÊNCIAS.....	83
CONCLUSÕES GERAIS E PERSPECTIVAS.....	87
APÊNDICE.....	89

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 1 - ASSEMBLÉIAS DE MACROINVERTEBRADOS NO ENTREMARÉS EM HABITAT ROCHOSO DA ILHA DE AREUÁ, LITORAL AMAZÔNICO, BRASIL**

Figura 1.1 – Mapa da área de estudo na Ilha de Areuá, município de Curuçá, estado do Pará.....	35
Figura 1.2 – Diferentes habitats na Ilha de Areuá: a) Marismas; b) Praia arenosa; c) Manguezais; d) Fragmentos rochosos.....	36
Figura 1.3 – Delineamento amostral de modelo misto com a indicação dos fatores para caracterização da estrutura das assembleias de macroinvertebrados bentônicos móveis na região rochosa do entremarés na praia de Areuá.....	37
Figura 1.4 – Amostragem da macrofauna na faixa rochosa da Ilha de Areuá: a) disposição do transecto e b) medida da rugosidade usando a corrente.....	38
Figura 1.5 – Precipitação total (chuva acumulada) e precipitação média/dia com barras de erro padrão no período de janeiro de 2009 a julho de 2010. Dados disponíveis na ANA.....	42
Figura 1.6 – Riqueza de espécies estimada (Jackknife) $\pm$ Intervalo de Confiança (95%) e riqueza observada para a faixa rochosa na Ilha de Areuá, Pará, entre agosto 2009 a março 2011.....	43
Figura 1.7 – Padrões de diversidade das assembleias de macroinvertebrados da faixa rochosa da Ilha de Areuá: (a) riqueza de espécies; (b) índice de Shannon; (c) índice de Simpson; (d) Índice de Berger-Parker e (e) Equitatividade.....	45
Figura 1.8 – Curvas ABC para os macroinvertebrados nas diferentes zonas e períodos de coleta na faixa rochosa do entremarés na praia de Areuá: zona superior (a) e inferior (b) em agosto; zona superior (c) e inferior (d) em novembro; zona superior (e) e inferior (f) em março; zona superior (g) e inferior (h) em maio.....	48
Figura 1.9 – Representação no MDS bi-dimensional comparando assembleias de macroinvertebrados entre as zonas inferior (Inf.) e superior (Sup.) nos diferentes períodos de coleta (Agosto = Ago; Novembro = Nov; Março = Mar; Maio = Mai) para dados de (a) abundância em número de indivíduos e (b) biomassa, transformados em raiz quarta.....	50
Figura 1.10 – Representação biplot do primeiro e segundo eixos para dados de (a) abundância em número de indivíduos e (b) biomassa de macroinvertebrados, obtida pela análise de correspondência canônica. O nome completo das espécies pode ser encontrado no Apêndice 1.....	53

### **CAPÍTULO 2 – DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE *Petrolisthes armatus* (GIBBES, 1850) (DECAPODA: ANOMURA) EM FRAGMENTOS ROCHOSOS NO ENTREMARÉS DA ILHA DE AREUÁ, ZONA COSTEIRA AMAZÔNICA DO BRASIL**

Figura 2.1 – Mapa da área de estudo na Ilha de Areuá, município de Curuçá, estado do Pará.....	71
Figura 2.2 – Delineamento amostral de modelo misto com a indicação dos fatores para caracterização dos padrões de distribuição e abundância de <i>P. armatus</i> na região rochosa	72

do entremarés na Ilha de Areuá.....	
Figura 2.3 – Exemplar de <i>Petrolisthes armatus</i> (Gibbes, 1850) da área de fragmentos rochosos no entremarés da Ilha de Areuá, Curuçá, Pará.....	73
Figura 2.4 – Precipitação total (chuva acumulada) e precipitação média/dia com barras de erro padrão no período de janeiro de 2009 a julho de 2010. Dados disponíveis na ANA.....	75
Figura 2.5 – Densidade média ( $\pm$ erro padrão) de <i>Petrolisthes armatus</i> por período de coleta nas diferentes zonas do entremarés na Ilha de Areuá.....	76
Figura 2.6 – Relação entre a densidade de <i>P. armatus</i> e a porcentagem de calhau na faixa rochosa da Ilha de Areuá: (a) zona inferior na estação seca, (b) zona inferior na estação chuvosa, (c) zona superior na estação seca e (d) zona superior na estação chuvosa.....	77
Figura 2.7 – Relação entre a densidade de <i>P. armatus</i> e a porcentagem de seixo na faixa rochosa da Ilha de Areuá: (a) zona inferior na estação seca, (b) zona inferior na estação chuvosa, (c) zona superior na estação seca e (d) zona superior na estação chuvosa.....	78
Figura 2.8 – Relação entre a densidade de <i>P. armatus</i> e a porcentagem de areia na faixa rochosa da Ilha de Areuá: (a) zona inferior na estação seca, (b) zona inferior na estação chuvosa, (c) zona superior na estação seca e (d) zona superior na estação chuvosa.....	78

## LISTA DE TABELAS

### **CAPITULO 1 - ASSEMBLÉIAS DE MACROINVERTEBRADOS NO ENTREMARÉS EM HABITAT ROCHOSO DA ILHA DE AREUÁ, LITORAL AMAZÔNICO, BRASIL**

- Tabela 1.1 – Percentual de contribuição das categorias do substrato nas diferentes zonas do entremarés na faixa rochosa da Ilha de Areuá..... 43
- Tabela 1.2 – Análise dos efeitos da Zona (Zo, fixo e ortogonal), Estação (Es, fixo e ortogonal) e Mês (Mê, aleatório e aninhado em Estação) nos índices de diversidade de macroinvertebrados da faixa rochosa no entremarés da Praia de Areuá. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; NS = Não significativo..... 45
- Tabela 1.3 – Porcentagem de macroinvertebrados com maior dominância em número de indivíduos e biomassa na área de fragmentos rochosos em cada zona do entremarés da Ilha de Areuá..... 46
- Tabela 1.4 – Resultado da PERMANOVA para os padrões de abundância em número de indivíduos e biomassa dos macroinvertebrados na Ilha de Areuá. Análises foram baseadas no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis em dados transformados para raiz quarta..... 49
- Tabela 1.5 – Comparação entre pares para os fatores zonação e mês aninhado em estação, obtidos pela PERMANOVA para dados de abundância e biomassa (dados transformados para raiz quarta; INF=Inferior; SUP=Superior; AGO=Agosto; NOV=Novembro; MAR=Março; MAI=Maio). \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; NS = Não Significativo..... 49
- Tabela 1.6 – Espécies que contribuíram para 70% da dissimilaridade na abundância e na biomassa das assembléias de macroinvertebrados entre as zonas e entre os meses da estação seca. As espécies estão organizadas em ordem decrescente de contribuição. Diss/SD = dissimilaridade/desvio padrão; %Contrib = Porcentagem de contribuição..... 50
- Tabela 1.7 – Resultado da análise de correspondência canônica e testes de significância com permutações de Monte-Carlo para os dados de abundância em número de indivíduos e biomassa para o primeiro e segundo eixos. Total inércia é a variância total nos dados de abundância ou biomassa. Estatística *F*-ratio foi listada para o primeiro eixo e para todos os eixos combinados..... 51
- Tabela 1.8 – Coeficientes de correlação entre as variáveis ambientais e os eixos ambientais para os dados de abundância em número de indivíduos e biomassa..... 52

### **CAPÍTULO 2 – DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE *Petrolisthes armatus* (GIBBES, 1850) (DECAPODA, ANOMURA) EM FRAGMENTOS ROCHOSOS NO ENTREMARÉS DA ILHA DE AREUÁ, ZONA COSTEIRA AMAZÔNICA DO BRASIL**

- Tabela 2.1 – Percentual de contribuição das categorias do substrato nas diferentes zonas do entremarés na faixa rochosa da Ilha de Areuá..... 75
- Tabela 2.2 – Análise dos efeitos da Zona (Zo, inferior vs. superior), Estação (Es, seca vs. chuvosa) e Mês (Mê, fator aleatório com dois níveis aninhado em Estação) na densidade de *Petrolisthes armatus* na faixa rochosa do entremarés na Praia de Areuá. \*  $p \leq 0,05$ ; NS = Não significativo..... 76

## ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi elaborada no formato de artigos, separados em capítulos, conforme formatação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará.

No **Capítulo Geral** é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os aspectos gerais das regiões costeiras rochosas e as principais informações de estruturação das assembléias existentes para estes ambientes, com enfoque nas pesquisas realizadas em áreas de fragmentos rochosos entremareais. Foram abordados os diferentes padrões e processos que ocorrem neste tipo de habitat e as implicações para a conservação dos habitats rochosos no litoral amazônico. Em seguida apresentam-se os objetivos desta pesquisa que serviram de base para a elaboração dos demais capítulos.

O **Capítulo 1** contém uma avaliação dos padrões de diversidade dos macroinvertebrados em área de fragmentos rochosos no entremarés da Ilha de Areuá no litoral amazônico. Neste capítulo, as assembléias foram caracterizadas em termos de abundância, riqueza e diversidade dos organismos em relação ao gradiente vertical do entremarés, os períodos de amostragem e a complexidade/heterogeneidade estrutural do substrato.

O **Capítulo 2** apresenta os padrões de distribuição e densidade do caranguejo porcelanídeo *Petrolisthes armatus* em relação ao gradiente vertical do entremarés, os períodos de amostragem e a composição do substrato. O principal objetivo deste capítulo foi verificar se os padrões desta espécie dominante na área de estudo auxiliariam na compreensão dos padrões observados no Capítulo 1 para as assembléias de macroinvertebrados.

Na etapa final foram apresentadas as **Conclusões Gerais e Perspectivas** de continuidade de estudos com assembléias macrobentônicas em áreas de fragmentos rochosos na Zona Costeira Amazônica. Com este conjunto de informações, este trabalho poderá ser útil para o planejamento de futuros estudos nas áreas de fragmentos rochosos com o intuito de preencher as lacunas ou até mesmo subsidiar estratégias de manejo para conservação destes importantes habitats costeiros na região amazônica.

## CAPITULO GERAL

### 1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos e seus componentes bióticos e abióticos, principalmente as zonas costeiras marinhas, representam áreas de relevante interesse ecológico, científico, econômico e social. Nas zonas costeiras marinhas, em qualquer parte do mundo, é possível encontrar diversos ambientes não observados em outros ecossistemas, formando diferentes habitats que abrigam grande variedade de organismos vivos e extraordinária produtividade biológica (Burke et al., 2001; Prates & Lima, 2008).

Os estudos nestes ambientes podem envolver processos locais ou globais nos diferentes habitats, com diversas variáveis físicas, químicas e/ou biológicas contribuindo de forma significativa para a compreensão dos aspectos gerais e ecológicos que influenciam as populações e comunidades (e.g., Bertness, 1999; Little & Kitching, 2000; Menge & Branch, 2001). Uma das causas da diversificação de habitats nas diferentes regiões costeiras do planeta pode ser atribuída aos diferentes tipos de substrato (Gray & Elliott, 2009). Estes variam desde rochosos a cascalhos e de areia a lama, determinando a composição e o número de espécies presentes, sendo fundamentais para se entender quais os processos influenciam na distribuição e ecologia dos organismos (Bertness, 1999; Little, 2000; Bertness, Gaines & Hay, 2001; Knox, 2001).

As regiões rochosas são representadas por diferentes habitats: costões rochosos, afloramentos/fragmentos rochosos que podem formar manchas entre trechos de areia ou extensas áreas de blocos rochosos e seixos (Lewis, 1964). Do ponto de vista estrutural, as áreas de fragmentos rochosos podem ser consideradas intermediárias entre substrato inconsolidado e substrato consolidado (Rios & Mutschke, 1999). Os litorais rochosos são considerados ambientes pouco abundantes, mas comumente encontrados nas diversas regiões do planeta, formando margens costeiras extensas ou mesmo manchas ao longo da costa (Cruz-Motta et al., 2010).

Na zona costeira do Brasil, os costões rochosos se distribuem desde a região sul em Torres (RS) até a região norte na Baía de São Marcos (MA), com predominância na região sudeste, podendo também ser encontrados nas ilhas oceânicas, como Atol das Rocas, Fernando de Noronha e Trindade. Além dos



costões podem ser encontrados também arrecifes de arenito e afloramentos rochosos distribuídos em forma de manchas ao longo da costa, principalmente nas regiões norte e nordeste do país, ou estruturas rochosas artificiais como os molhes. (Coutinho, 2002a; b).

Os litorais rochosos apresentam importantes relações funcionais com o continente e outros habitats costeiros (Thompson, Crowe & Hawkins, 2002) e durante décadas têm recebido especial atenção nos estudos de ecologia experimental (Underwood, 2000). São áreas vulneráveis a uma enorme variedade de impactos antrópicos (Thompson et al., 2002), sendo geralmente escolhidas como prioritárias nos programas de monitoramento biológico que visam detectar os efeitos das mudanças espaciais e temporais nas flutuações naturais ou nos impactos de atividades humanas (Raffaelli & Hawkins, 1996; Reichert, Buchholz & Gimenez, 2008).

As áreas de fragmentos rochosos são habitats costeiros presentes desde as zonas polares às zonas tropicais, sendo ideais para se verificar variações latitudinais nos padrões de diversidade das comunidades (Chapman, 2002a; Kuklinski, Barnes & Taylor, 2006; Kuklinski & Barnes, 2008). Apesar de serem dispersas e relativamente escassas ao longo da costa, Chapman (2002a) considera que estas áreas, presentes tanto no mesolitoral quanto na parte rasa do infralitoral, são importantes habitats rochosos em algumas partes do mundo, porque promovem o estabelecimento de um grande número de espécies exclusivas ou raramente encontradas em outros habitats.

De acordo com Knox (2001), as rochas presentes nas áreas de fragmentos rochosos podem apresentar as mais variadas formas, tamanho e disposição: rochas com diferentes tamanhos (grandes a pequenos); formato arredondado a irregular; soltas, parcialmente ou totalmente imobilizadas no sedimento, ou até mesmo completamente enterradas. Desta forma, estas regiões normalmente fornecem três microhabitats: a parte superior e inferior da superfície de rochas, além do substrato abaixo delas (Motta et al., 2003). A presença/ausência deste tipo de habitat pode ter um efeito marcante nos padrões de biodiversidade nos litorais rochosos (Banks & Skilleter, 2007). Segundo Little (2000), a associação de fragmentos rochosos e sedimentos finos cria grande diversidade de microhabitats para organismos que não estariam presentes somente em um destes tipos. Assim, promovem a co-existência

de espécies que vivem em substratos rochosos e no sedimento, aumentando a riqueza e a diversidade nestes sistemas heterogêneos (Cusson & Bourget, 1997).

Os fragmentos rochosos do entremarés, assim como outros habitats rochosos entremareais são ambientes heterogêneos que suportam uma grande variedade de formas de vida (e.g., Motta et al., 2003; Le Hir & Hily, 2005; Cruz-Motta et al., 2010). Nestes habitats são encontradas diferentes espécies de micro e macroalgas, animais sésseis (e.g., poríferos e cnidários), sedentários (e.g., bivalves e algumas espécies de poliquetas) ou móveis (e.g., caranguejos, gastropodas, equinodermos, peixes) (e.g., Bertness, 1999; Little & Kitching, 2000; Menge & Branch, 2001), as quais desempenham um papel ecológico fundamental no ambiente e algumas delas também apresentam importância econômica para a região. Por este motivo, as áreas rochosas apresentam vital importância para o funcionamento ecológico das zonas costeiras (Lubchenco, 1991; Cruz-Motta, 2007). Estas são indispensáveis para a manutenção do balanço ecológico local (Wang et al., 2009), pois recebem grande quantidade de nutrientes dos sistemas terrestres, apresentando elevada biomassa e produção primária de microfitobentos e de macroalgas (Coutinho, 2002b).

Os estudos com assembléias bentônicas em habitats de fragmentos rochosos têm sido, há várias décadas, instrumento para o desenvolvimento e testes de teorias sobre a ecologia de comunidades em várias partes do mundo, nos substratos rochosos naturais (e.g., Kuklinski & Barnes, 2008; Le Hir & Hily, 2005; Bulleri & Chapman, 2004; Cusson & Bourget, 1997; Sousa, 1979) e mais recentemente em recifes artificiais (e.g., Chapman, 2002a; Bulleri & Chapman, 2004; Masi & Zalmon, 2008; Chapman & Blockley, 2009). Estes estudos englobam desde a caracterização da estrutura das comunidades presentes até experimentos manipulativos, para verificar os processos que afetam a dinâmica da comunidade e os principais fatores bióticos e abióticos que podem influenciar na estruturação das assembléias bentônicas. Nos trabalhos de Underwood et al. (2000); Underwood (2000) e Schiel (2004), por exemplo, podemos encontrar estudos que incluem os principais fatores: competição, herbivoria, predação, assentamento, recrutamento, sucessão, distúrbios, altura da maré, gradiente de exposição a ondas, temperatura, salinidade, orientação do substrato e heterogeneidade topográfica.

Apesar da quantidade de pesquisas realizadas nas últimas décadas, ainda existem muitas lacunas em diferentes regiões costeiras rochosas, principalmente

nas manchas de fragmentos/aflorentos rochosos naturais. Em muitos locais não há qualquer tipo de estudo e em outros existem apenas descrições sobre os padrões de distribuição e diversidade dos organismos ou análises experimentais para uma única espécie ou um determinado grupo taxonômico. Experimentos mais complexos envolvendo as relações entre fatores bióticos e abióticos no ambiente (mais detalhes em Underwood, 2000; Underwood et al., 2000) estão concentrados em algumas regiões e tipo de habitat rochoso, limitando a compreensão dos padrões e processos ecológicos locais, regionais e globais.

Nos estudos de ecologia é necessário inicialmente identificar padrões e posteriormente compreender os processos biológicos envolvidos nas interações entre as espécies e seu ambiente físico (Paine, 1986). Para que os padrões de biodiversidade de um determinado local sejam quantificados é necessário definir qual medida deve ser usada e como ela pode ser mensurada (Underwood et al., 2008). Se os elementos que medem as características do habitat, por exemplo, forem claramente definidos, poderemos compreender melhor os efeitos da estrutura do habitat na estruturação da comunidade (Beck, 2000). Nos ecossistemas marinhos a estrutura das assembléias de invertebrados bentônicos, pode estar fortemente associada com as características físicas do habitat (McArthur et al., 2010).

A complexidade e heterogeneidade do habitat são importantes fatores para a compreensão dos padrões de diversidade em habitats costeiros rochosos. Estas características do habitat normalmente criam uma variedade de nichos que podem servir como refúgio para diferentes espécies (Kostylev et al., 2005; Matias, Underwood & Coleman, 2007). Na literatura existem vários estudos que relatam os efeitos da heterogeneidade e/ou complexidade do substrato em relação à riqueza, diversidade, densidade e biomassa de organismos bentônicos. Estes estudos abordam os processos de recrutamento e colonização das espécies (e.g., Lemire & Bourget, 1996; Blanchard & Bourget, 1999; Lapointe & Bourget, 1999; Pech, Ardisson & Bourget, 2002), crescimento (e.g., Guichard & Bourget, 1998) e a grande maioria está relacionado à caracterização da estrutura de comunidades (e.g., Pech et al., 2007; Wilson, Graham & Polunin, 2007; Schneider & Winemiller, 2008; Warfe, Barmuta & Wotherspoon, 2008). Estes efeitos podem ocorrer em diferentes escalas espaciais, variando entre centenas de quilômetros a alguns metros (Archambault & Bourget, 1996; Guichard & Bourget, 1998).

As perturbações físicas no habitat também influenciam a estruturação das assembléias bentônicas, principalmente em áreas de fragmentos rochosos onde as rochas pequenas e desprendidas estão sujeitas à movimentação. Estas perturbações são de causas naturais ou antrópicas, as quais ocorrem em diferentes escalas espaciais e temporais (Pickett et al., 1989; Chapman, 2007). Por várias décadas, em diferentes partes do mundo, as regiões de fragmentos rochosos, por serem ambientes heterogêneos, estão sendo utilizadas para importantes experimentos ecológicos de campo para a avaliação da influência das perturbações sobre a estrutura da comunidade bentônica (Barnes, 2000). Para muitos ecólogos, as perturbações causadas no ambiente (dentro de uma região) significam a chave para a compreensão de importantes fatores que determinam a estrutura e dinâmica das assembléias bentônicas (Sousa, 1979; Barnes, 2000).

As perturbações ou distúrbios geralmente causam abertura de espaço no ambiente (Sousa, 1979), que podem elevar ou reduzir a dominância de espécies, proporcionando diminuição ou aumento da biodiversidade. De acordo com Duffy e Ray (2001), os distúrbios causam efeitos imediatos nas assembléias bentônicas reduzindo a biomassa e abundância, entretanto, podem aumentar a abundância local de muitas espécies que seriam menos abundantes ou completamente ausentes na ausência de perturbação. Para Sousa (1979), a diversidade local de espécies só se mantém quando os distúrbios causam um estado de “não-equilíbrio” das assembléias de espécies.

Os padrões de diversidade local e uso do habitat no entremarés rochoso durante a emersão também podem ser influenciados pela capacidade de migração dos invertebrados móveis entre as zonas entremareais e microhabitats com maior complexidade de substrato (Davidson, Crook & Barnes, 2004a; b). Takada (1999), com experimentos em uma praia rochosa, verificou que a migração, em resposta a mudanças ambientais, desempenhou um papel importante na variabilidade de curto prazo na estrutura da comunidade bentônica móvel. Neste experimento foi possível observar que a diversidade de organismos móveis foi maior nas regiões onde as rochas apresentavam camadas e coberturas artificiais, pois provavelmente reduziam os efeitos de estresses ambientais sobre a fauna durante a emersão. Entretanto, a compreensão dos padrões de distribuição para os animais móveis tem recebido pouca atenção nos ambientes rochosos (Ingolfsson & Agnarsson, 2003).

A abundância e a diversidade de vida em qualquer tipo de habitat marinho não é uniforme, ou seja, algumas áreas são mais ricas que outras, desta forma é necessário quantificar e compreender os padrões de diversidade e distribuição dos organismos nos diferentes habitats (Underwood et al., 2000; Burke et al., 2001; Cruz-Motta et al., 2010). De acordo com Levin & Paine (1974), os padrões de distribuição dentro de uma comunidade natural podem ser gerados por uma variedade de fatores intrínsecos e extrínsecos. A descrição dos padrões é a descrição da variação, entretanto, a quantificação desta variação necessita de determinadas escalas (Levin, 1992), considerando as mudanças ou diferenças na abundância de espécies ou na diversidade das assembléias (Underwood et al., 2000).

As espécies que vivem em áreas de fragmentos rochosos exibem padrões similares àsquelas presentes em costões rochosos (Chapman, 2002b). Um dos principais focos das pesquisas em ecologia marinha nos habitats rochosos é a mensuração da biodiversidade considerando gradientes ambientais que incluem variabilidade horizontal ou vertical (Davidson, 2005). Segundo Coutinho (1995), nos estudos realizados em costões rochosos deve ser considerado a distribuição dos organismos em zonas de espécies ou associações particulares, paralelas à costa, como também as variações na flora e fauna em pequenas distâncias horizontais. Em geral, os litorais rochosos apresentam marcadas diferenças na distribuição vertical dos organismos (Bertness, 1999; Little & Kitching, 2000; Menge & Branch, 2001), com características similares no mundo inteiro (Kaiser et al., 2005) e variabilidade ocorrendo a uma escala espacial de centímetros ou poucos metros e em pequena escala temporal (Chapman, 2002b).

A observação dos padrões em diferentes áreas rochosas desenvolveu modelos de zonação vertical (e.g., inferior, média e superior) em relação ao gradiente de imersão/dessecação, contendo grupos de organismos específicos para cada faixa (Bertness, 1999; Little & Kitching, 2000; Menge & Branch, 2001). Os organismos mais resistentes ao tempo de exposição à dessecação, por exemplo, conseguem ocupar regiões mais superiores à medida que se afastam da linha de baixa-mar. Entretanto, mesmo nas diferentes zonas, as espécies também podem formar manchas de habitat, de acordo com os diferentes fatores bióticos e abióticos que estejam atuando nos padrões de zonação.

Na zona costeira brasileira, a grande maioria dos estudos com as comunidades bentônicas têm sido realizados em costões rochosos nas regiões sudeste e sul (e.g., Coutinho, 2002b; Guilard, Pereira Filho & Berchez, 2008). Pouca atenção tem sido dada para as regiões com fragmentos rochosos, com alguns trabalhos realizados em habitat natural (e.g., Rocha, 1995; Masunari & Dubiaski-Silva, 1998; Denadai, Amaral & Turra, 2000) e em habitats artificiais no litoral do Rio de Janeiro (e.g., Masi & Zalmon, 2008; Masi, Macedo & Zalmon, 2009a; 2009b). De acordo com Coutinho (2002b), as espécies bentônicas em costões rochosos são mais conhecidas na região sudeste e sul do Brasil por que é nesta área que encontramos a maior parte dos costões rochosos da costa brasileira e onde se concentram grande parte dos especialistas em organismos bentônicos.

No litoral amazônico nenhum estudo foi realizado até o momento sobre a macrofauna bentônica em faixas rochosas. Nesta região as pesquisas com a comunidade bentônica estão concentradas em ambientes de substrato inconsolidado (lamoso ou arenoso) (e.g., Rosa Filho et al., 2006; Braga, Beasley & Isaac, 2009; Rosa Filho, Almeida & Aviz, 2009). As publicações realizadas até o ano de 2004 com a comunidade bentônica do litoral amazônico foram compiladas no levantamento bibliográfico realizado por Rosa Filho & Lopes (2005), sendo todas elas referentes a estudos com substratos inconsolidados. Apenas recentemente, Aviz et al. (2009) caracterizaram a macrofauna associada às galerias de teredo, *Neoteredo reynei*, em toras de *Rhizophora mangle* na costa paraense.

A zona costeira amazônica é considerada uma área com alta prioridade para conservação das zonas costeira e marinha brasileiras de acordo com o relatório realizado pela Fundação Bio-Rio em 2002. Um dos principais motivos para ser escolhida como área prioritária foi o incipiente conhecimento sobre a biodiversidade e a intensidade das pressões ocorridas pela ocupação humana nesta região. Atualmente, já existem algumas Reservas Extrativistas distribuídas ao longo do litoral amazônico com o intuito de proteger esta área costeira e marinha, promovendo a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais deste ecossistema.

A maior parte dos 2.250 km de extensão da Zona Costeira Amazônica Brasileira, situada entre o Cabo Orange no Amapá (5°N e 51°W) e a Ponta de Tubarão no Maranhão (4°S e 43°W), é formada por áreas de manguezais (Souza Filho, 2005; Souza Filho et al., 2005). Estes ambientes são dominados por

substratos inconsolidados com regiões lamosas e arenosas, e poucas manchas de formações rochosas ao longo de toda a costa. No litoral nordeste do Pará as manchas de áreas rochosas podem ser encontradas nos municípios de Curuçá, Marapanim, Algodual, Salinópolis, São João de Pirabas, Japerica e Quatipuru (Franzinelli, 1982; Franzinelli, 1990).

Vale ressaltar que, mesmo que as faixas rochosas sejam raras ao longo da zona costeira amazônica é importante conhecê-las, principalmente quando estão inseridas em reservas marinhas, já que a ausência de informações limita a compreensão dos padrões de biodiversidade. Estes habitats rochosos são considerados como manchas de ilhas para alguns organismos bentônicos e, portanto, a investigação das relações espécies-área e abundância-área desta biota pode potencialmente fornecer novas informações sobre a estrutura de comunidades (Londono-Cruz & Tokeshi, 2007). Estas áreas devem ser colocadas como prioridades na proteção de zonas costeiras marinhas por serem habitats suscetíveis a sustentar maior diversidade de espécies (Le Hir & Hily, 2005).

Na Reserva Mãe Grande de Curuçá, no litoral nordeste do Pará, as faixas rochosas são pouco abundantes, sendo o entremarés dominado por áreas de sedimento inconsolidado. Alguns estudos já têm sido realizados nesta região (e.g., Paula et al., 2006; Pereira et al., 2007; Rosa Filho et al., 2007), entretanto, nenhum deles foi realizado em faixas rochosas. Esta Reserva foi criada, em 2002, com o objetivo de proteger os igarapés, restingas e manguezais da região e garantir o uso e conservação dos recursos naturais renováveis, protegendo os meios de vida e a cultura da população extrativista local. Apesar de ter passado mais de oito anos desde sua criação, a reserva encontra-se ainda sem um plano de manejo.

Por estes motivos, nesta pesquisa, estaremos analisando a estrutura das assembléias de organismos da macrofauna bentônica na faixa rochosa do entremarés na Ilha de Areuá, inserida na área da Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá, se constituindo em um trabalho pioneiro para este habitat na região. Portanto, faz-se necessário estabelecer se: (1) as assembléias bentônicas se distribuem regularmente no espaço e no tempo; (2) a estrutura do habitat explica as variações na estrutura das associações bentônicas; (3) a distribuição e abundância da espécie dominante explicam os padrões de estruturação das assembléias neste habitat rochoso. Desta forma, os resultados obtidos neste trabalho serão utilizados como informações básicas para uso de futuros estudos de ecologia bentônica em

áreas com fragmentos rochosos no entremarés do litoral amazônico, bem como para o desenvolvimento de estratégias para manejo e conservação da Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

Analisar a estrutura das assembléias de macroinvertebrados bentônicos na faixa rochosa do entremarés na Ilha de Areuá, nordeste do Pará – Brasil, associando suas variações espaciais e temporais a modificações ambientais ligadas aos padrões de diversidade.

### 2.2. Específicos

- Caracterizar a estrutura das assembléias bentônicas da região rochosa do entremarés, considerando a composição, riqueza, diversidade, densidade e biomassa dos macroinvertebrados;
- Identificar os padrões de zonação e distribuição dos macroinvertebrados bentônicos em substrato rochoso;
- Descrever a variação temporal na estrutura das assembléias de macroinvertebrados bentônicos ao longo de um ano;
- Identificar os efeitos da complexidade estrutural do habitat na estruturação das assembléias de macroinvertebrados bentônicos;
- Avaliar a distribuição e abundância da espécie dominante, caranguejo porcelanídeo *Petrolisthes armatus*, em relação ao gradiente vertical de emersão, estação do ano e a influência do tamanho das rochas.



### 3. REFERÊNCIAS

- ARCHAMBAULT, P. & BOURGET, E. (1996). Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Marine Ecology-Progress Series* **136**, 111-121.
- AVIZ, D. E., MELLO, C. F. & SILVA, P. F. (2009). Macrofauna associada às galerias de *Neoteredo reynei* (Bartsch, 1920) (Mollusca: Bivalvia) em troncos de *Rhizophora mangle* Linnaeus durante o período menos chuvoso, em manguezal de São Caetano de Odivelas, Pará (costa norte do Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* **4**, 47-55.
- BANKS, S. A. & SKILLETER, G. A. (2007). The importance of incorporating fine-scale habitat data into the design of an, intertidal marine reserve system. *Biological Conservation* **138**, 13-29.
- BARNES, D. K. A. (2000). Diversity, recruitment and competition on island shores at south-polar localities compared with lower latitudes: encrusting community examples. *Hydrobiologia* **440**, 37-44.
- BECK, M. W. (2000). Separating the elements of habitat structure: independent effects of habitat complexity and structural components on rocky intertidal gastropods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **249**, 29-49.
- BERTNESS, M. D. (1999). *The Ecology of Atlantic Shorelines*. Sinauer Associates Inc., U.S.A.
- BERTNESS, M. D., GAINES, S. D. & HAY, M. E. (2001). *Marine Community Ecology*. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts.
- BLANCHARD, D. & BOURGET, E. (1999). Scales of coastal heterogeneity: influence on intertidal community structure. *Marine Ecology-Progress Series* **179**, 163-173.
- BRAGA, C. F., BEASLEY, C. R. & ISAAC, V. J. (2009). Effects of Plant Cover on the Macrofauna of *Spartina* Marshes in northern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **52**, 1409-1420.
- BULLERI, F. & CHAPMAN, M. G. (2004). Intertidal assemblages on artificial and natural habitats in marinas on the north-west coast of Italy. *Marine Biology* **145**, 381-391.
- BURKE, L., KURA, Y., KASSEM, K., REVENGA, C., SPALDING, M. & MCALLISTER, D. (2001). Pilot Analysis of Global Ecosystems. Coastal Ecosystems. World Resources Institute, Washington, D.C. Disponível em: [http://pdf.wri.org/page\\_coastal.pdf](http://pdf.wri.org/page_coastal.pdf) . Acesso em: 8 de março de 2011
- CHAPMAN, M. G. (2002a). Early colonization of shallow subtidal boulders in two habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **275**, 95-116.
- CHAPMAN, M. G. (2002b). Patterns of spatial and temporal variation of macrofauna under boulders in a sheltered boulder field. *Austral Ecology* **27**, 211-228.

- CHAPMAN, M. G. (2007). Colonization of novel habitat: Tests of generality of patterns in a diverse invertebrate assemblage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **348**, 97-110.
- CHAPMAN, M. G. & BLOCKLEY, D. J. (2009). Engineering novel habitats on urban infrastructure to increase intertidal biodiversity. *Oecologia* **161**, 625-635.
- COUTINHO, R. (1995). Avaliação crítica das causas da zonação dos organismos bentônicos em costões rochosos. *Oecologia Brasiliensis* **1**, 259-271.
- COUTINHO, R. (2002a). Bentos de Costões Rochosos. In *Biologia Marinha* (ed. R. C. Pereira and A. S. Gomes), pp. 147-157. Interciência, Rio de Janeiro.
- COUTINHO, R. (2002b). *Costões Rochosos. Diagnóstico de avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira marinha*. PRONABIO, Disponível em: [http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round8/round8/guias\\_r8/perfuracao\\_r8/areas\\_prioritarias.htm](http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round8/round8/guias_r8/perfuracao_r8/areas_prioritarias.htm) Acesso em: 15/01/2009.
- CRUZ-MOTTA, J. J. (2007). Spatial analysis of intertidal tropical assemblages associated with rocky shores in Venezuela. *Ciencias Marinas* **33**, 133-148.
- CRUZ-MOTTA, J. J., MILOSLAVICH, P., PALOMO, G., IKEN, K., KONAR, B., POHLE, G., TROTT, T., BENEDETTI-CECCHI, L., HERRERA, C., HERNANDEZ, A., SARDI, A., BUENO, A., CASTILLO, J., KLEIN, E., GUERRA-CASTRO, E., GOBIN, J., GOMEZ, D. I., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R., MEAD, A., BIGATTI, G., KNOWLTON, A. & SHIRAYAMA, Y. (2010). Patterns of Spatial Variation of Assemblages Associated with Intertidal Rocky Shores: A Global Perspective. *Plos One* **5**.
- CUSSON, M. & BOURGET, E. (1997). Influence of topographic heterogeneity and spatial scales on the structure of the neighbouring intertidal endobenthic macrofaunal community. *Marine Ecology-Progress Series* **150**, 181-193.
- DAVIDSON, I. C. (2005). Structural gradients in an intertidal hard-bottom community: examining vertical, horizontal, and taxonomic clines in zoobenthic biodiversity. *Marine Biology* **146**, 827-839.
- DAVIDSON, I. C., CROOK, A. C. & BARNES, D. K. A. (2004a). Macrobenthic migration and its influence on the intertidal diversity dynamics of a meso-tidal system. *Marine Biology* **145**, 833-842.
- DAVIDSON, I. C., CROOK, A. C. & BARNES, D. K. A. (2004b). Quantifying spatial patterns of intertidal biodiversity: Is movement important? *Marine Ecology-Pubblicazioni Della Stazione Zoologica Di Napoli I* **25**, 15-34.
- DENADAI, M. R., AMARAL, A. C. Z. & TURRA, A. (2000). Annual variation of the malacofauna on two intertidal sandy substrates with rock fragments in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Oceanografia* **48**, 141-150.
- DUFFY, J. E. & HAY, M. E. (2001). The ecology and evolution of marine consumer-prey interactions. In *Marine Community Ecology* (ed. M. D. Bertness, S. D. Gaines and M. E. Hay), pp. 221-251. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts.

- FRANZINELLI, E. (1982). Contribuição à Geologia da Costa do Estado do Pará (entre a Baía de Curuçá e Maiaú). In *Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil*, pp. 305-322.
- FRANZINELLI, E. (1990). Evolution of the Geomorphology of the Coast of the State of Para, Brazil. In *Évolution des Littoraux de Guyane et de la Zone Caraïbe Méridionale Pendant le Quaternaire* (ed. M. T. Prost), pp. 203-230. Symposium PICG 274 / ORSTOM Editions, Cyenne (Guyane).
- GRAY, J. S. & ELLIOTT, M. (2009). *Ecology of Marine Sediments*, 2 edition. Oxford University Press.
- GUICHARD, F. & BOURGET, E. (1998). Topographic heterogeneity, hydrodynamics, and benthic community structure: a scale-dependent cascade. *Marine Ecology-Progress Series* **171**, 59-70.
- GUILARD, N. P., PEREIRA FILHO, G. H. & BERCHEZ, F. (2008). Current knowledge status of the ecology of hard bottom benthic communities in Brazil and the need for new approaches. *Oecologia Brasiliensis* **12**, 197-205.
- INGOLFSSON, A. & AGNARSSON, I. (2003). Amphipods and isopods in the rocky intertidal: dispersal and movements during high tide. *Marine Biology* **143**, 859-866.
- KAISER, M. J., ATTRILL, M. J., JENNINGS, S., THOMAS, D. N., BARNES, D. K. A., BRIERLEY, A. S., POLUNIN, N. V. C., RAFFAELLI, D. G. & WILLIAMS, P. J. B. (2005). *Marine Ecology: processes, systems, and impacts*. Oxford University Press.
- KNOX, G. A. (2001). *The Ecology of Seashores*. Boca Raton, CRC Press LLC.
- KOSTYLEV, V. E., ERLANDSSON, J., MING, M. Y. & WILLIAMS, G. A. (2005). The relative importance of habitat complexity and surface area in assessing biodiversity: Fractal application on rocky shores. *Ecological Complexity* **2**, 272-286.
- KUKLINSKI, P. & BARNES, D. K. A. (2008). Structure of intertidal and subtidal assemblages in Arctic vs temperate boulder shores. *Polish Polar Research* **29**, 203-218.
- KUKLINSKI, P., BARNES, D. K. A. & TAYLOR, P. D. (2006). Latitudinal patterns of diversity and abundance in North Atlantic intertidal boulder-fields. *Marine Biology* **149**, 1577-1583.
- LAPOINTE, L. & BOURGET, E. (1999). Influence of substratum heterogeneity scales and complexity on a temperate epibenthic marine community. *Marine Ecology-Progress Series* **189**, 159-170.
- LE HIR, M. & HILY, C. (2005). Macrofaunal diversity and habitat structure in intertidal boulder fields. *Biodiversity and Conservation* **14**, 233-250.
- LEMIRE, M. & BOURGET, E. (1996). Substratum heterogeneity and complexity influence micro-habitat selection of *Balanus* sp and *Tubularia crocea* larvae. *Marine Ecology-Progress Series* **135**, 77-87.

- LEVIN, S. A. (1992). The Problem of Pattern and Scale in Ecology. *Ecology* **73**, 1943-1967.
- LEVIN, S. A. & PAINE, R. T. (1974). Disturbance, Patch Formation, and Community Structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **71**, 2744-2747.
- LEWIS, J. R. (1964). *The Ecology of Rocky Shores*. The English Universities Press LTD, London.
- LITTLE, C. (2000). *The Biology of Soft Shores and Estuaries*. Oxford University Press.
- LITTLE, C. & KITCHING, J. A. (2000). *The Biology of Rocky Shores*. Oxford University Press.
- LONDONO-CRUZ, E. & TOKESHI, M. (2007). Testing scale variance in species-area and abundance-area relationships in a local assemblage: an example from a subtropical boulder shore. *Population Ecology* **49**, 275-285.
- LUBCHENCO, J. (1991). The Sustainable Biosphere Initiative - an Ecological Research Agenda - a Report from the Ecological-Society-of-America. *Ecology* **72**, 371-412.
- MASI, B. P., MACEDO, I. M. & ZALMON, I. R. (2009a). Annual and spatial variation of intertidal benthic community zonation in a breakwater off the Rio de Janeiro coast, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **89**, 225-234.
- MASI, B. P., MACEDO, I. M. & ZALMON, I. R. (2009b). Benthic Community Zonation in a Breakwater on the North Coast of the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **52**, 637-646.
- MASI, B. P. & ZALMON, I. R. (2008). Zonation of intertidal benthic communities on breakwaters of different hydrodynamics in the north coast of the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira De Zoologia* **25**, 662-673.
- MASUNARI, S. & DUBIASKI-SILVA. (1998). Crustacea Decapoda da praia rochosa da Ilha do Farol, Matinhos, Paraná. II. Distribuição Espacial de Densidade das Populações. *Revista Brasileira de Zoologia* **15**, 643-664.
- MATIAS, M. G., UNDERWOOD, A. J. & COLEMAN, R. A. (2007). Interactions of components of habitats alter composition and variability of assemblages. *Journal of Animal Ecology* **76**, 986-994.
- MCCARTHUR, M. A., BROOKE, B. P., PRZESLAWSKI, R., RYAN, D. A., LUCIEER, V. L., NICHOL, S., MCCALLUM, A. W., MELLIN, C., CRESSWELL, I. D. & RADKE, L. C. (2010). On the use of abiotic surrogates to describe marine benthic biodiversity. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **88**, 21-32.
- MENGE, B. A. & BRANCH, G. M. (2001). Rocky Intertidal Communities. In *Marine Community Ecology* (ed. M. D. Bertness, S. D. Gaines and M. E. Hay), pp. 221-251. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts.

- MOTTA, J. J. C., UNDERWOOD, A. J., CHAPMAN, M. G. & ROSSI, F. (2003). Benthic assemblages in sediments associated with intertidal boulder-fields. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **285**, 383-401.
- PAINE, R. T. (1986). Problemas antiguos y algunas nuevas perspectivas en ecología del bentos. *Estudios Oceanológicos* **5**, 9-18.
- PAULA, J. H. C., ROSA FILHO, J. S., SOUZA, A. L. B. & SILVA, D. E. A. (2006). A meiofauna como indicadora de impactos da carcinicultura no estuário de Curuçá (PA). *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia* **19**, 19-28.
- PECH, D., ARDISSON, P. L. & BOURGET, E. (2002). Settlement of a tropical marine epibenthic assemblage on artificial panels: Influence of substratum heterogeneity and complexity scales. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **55**, 743-750.
- PECH, D., ARDISSON, P. L., BOURGET, E. & CONDAL, A. R. (2007). Abundance variability of benthic intertidal species: effects of changing scale on patterns perception. *Ecography* **30**, 637-648.
- PEREIRA, C. T. C., GIARRIZZO, T., JESUS, A. J. S. & MARTINELLI, J. M. (2007). Caracterização do efluente de cultivo de *Litopenaeus vannamei* no estuário do rio Curuçá (PA). In *Sistemas de cultivos aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos* (ed. G. F. Barroso, L. H. S. Poersch and R. O. Cavalli), pp. 291-301. Museu Nacional, Rio de Janeiro.
- PICKETT, S. T. A., KOLASA, J., ARMESTO, J. J. & COLLINS, S. L. (1989). The Ecological Concept of Disturbance and Its Expression at Various Hierarchical Levels. *Oikos* **54**, 129-136.
- PRATES, A. P. L. & LIMA, L. H. (2008). Biodiversidade Costeira e Marinha. In *Macrozoneamento Diagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil. 1 ed.* (ed. A. Zamboni and J. Nicolodi), pp. 197 - 203. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- RAFFAELLI, D. & HAWKINS, S. (1996). *Intertidal Ecology*. London, Chapman & Hall Publisher.
- REICHERT, K., BUCHHOLZ, F. & GIMENEZ, L. (2008). Community composition of the rocky intertidal at Helgoland (German Bight, North Sea). *Helgoland Marine Research* **62**, 357-366.
- RIOS, C. & MUTSCHKE, E. (1999). Community structure of intertidal boulder-cobble fields in the Straits of Magellan, Chile. *Scientia Marina* **63**, 193-201.
- ROCHA, R. M. (1995). Abundance and distribution of sessile invertebrates under intertidal boulders (São Paulo, Brazil). *Boletim do Instituto de Oceanografia* **43**, 71-88.
- ROSA FILHO, J. S., ALMEIDA, M. F. & AVIZ, D. E. (2009). Spatial and temporal changes in the benthic fauna of a macrotidal Amazon sandy beach, Ajuruteua, Brazil. *Journal of Coastal Research Special*, 1796-1780.

ROSA FILHO, J. S., BUSMAN, D. V., VIANA, A. P., GREGÓRIO, A. M. & OLIVEIRA, D. M. (2006). Macrofauna bentônica de zonas entre-marés não vegetadas do estuário do rio Caeté, Bragança, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* **1**, 85-96.

ROSA FILHO, J. S. & LOPES, A. T. L. (2005). Grupo Biótico - Bentos. In *Bibliografia da Zona Costeira Amazônica, Brasil*, vol. 1 (ed. P. W. M. Souza Filho, E. R. S. P. Cunha, M. E. C. Sales, L. F. M. O. Souza and F. R. Costa), pp. 125-136. Petrobrás, Belém.

ROSA FILHO, J. S., PAULA, J. H. C., BARBOSA, C. M. & SOUZA, A. L. B. (2007). Variações espaço-temporais na estrutura das associações bentônicas nas adjacências de uma fazenda de cultivo de camarão no estuário de Curuçá (PA). In *Sistemas de cultivos aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos*. (ed. G. F. Barroso, L. H. S. Poersch and R. O. Cavalli), pp. 303-315. Museu Nacional, Rio de Janeiro.

SCHIEL, D. R. (2004). The structure and replenishment of rocky shore intertidal communities and biogeographic comparisons. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **300**, 309-342.

SCHNEIDER, K. N. & WINEMILLER, K. O. (2008). Structural complexity of woody debris patches influences fish and macroinvertebrate species richness in a temperate floodplain-river system. *Hydrobiologia* **610**, 235-244.

SOUZA, W. P. (1979). Disturbance in Marine Inter-Tidal Boulder Fields - the Non-Equilibrium Maintenance of Species-Diversity. *Ecology* **60**, 1225-1239.

SOUZA FILHO, P. W. M. (2005). Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica* **23**, 427-435.

SOUZA FILHO, P. W. M., SALES, M. E. C., PROST, M. T. R. C., COSTA, F. R. & SOUZA, L. F. M. O. (2005). Zona Costeira Amazônica: o cenário regional e os indicadores bibliométricos em C&T. In *Bibliografia da Zona Costeira Amazônica, Brasil*, vol. 1 (ed. P. W. M. Souza Filho, E. R. S. P. Cunha, M. E. C. Sales, L. F. M. O. Souza and F. R. Costa), pp. 9-20. Petrobrás, Belém.

TAKADA, Y. (1999). Influence of shade and number of boulder layers on mobile organisms on a warm temperate boulder shore. *Marine Ecology-Progress Series* **189**, 171-179.

THOMPSON, R. C., CROWE, T. P. & HAWKINS, S. J. (2002). Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. *Environmental Conservation* **29**, 168-191.

UNDERWOOD, A. J. (2000). Experimental ecology of rocky intertidal habitats: what are we learning? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **250**, 51-76.

UNDERWOOD, A. J., CHAPMAN, M. G., COLE, V. J. & PALOMO, M. G. (2008). Numbers and density of species as measures of biodiversity on rocky shores along the coast

of New South Wales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **366**, 175-183.

UNDERWOOD, A. J., CHAPMAN, M. G. & CONNELL, S. D. (2000). Observations in ecology: you can't make progress on processes without understanding the patterns. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **250**, 97-115.

WANG, X. C., LI, X. Z., LI, B. Q. & WANG, H. F. (2009). Summertime community structure of intertidal macrobenthos in Changdao Archipelago, Shandong Province, China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* **27**, 425-434.

WARFE, D. M., BARMUTA, L. A. & WOTHERSPOON, S. (2008). Quantifying habitat structure: surface convolution and living space for species in complex environments. *Oikos* **117**, 1764-1773.

WILSON, S. K., GRAHAM, N. A. J. & POLUNIN, N. V. C. (2007). Appraisal of visual assessments of habitat complexity and benthic composition on coral reefs. *Marine Biology* **151**, 1069-1076.

## **CAPÍTULO 1**

### **ASSEMBLÉIAS DE MACROINVERTEBRADOS NO ENTREMARÉS ROCHOSO DA ILHA DE AREUÁ EM CURUÇÁ, LITORAL AMAZÔNICO DO BRASIL**



## **CAPÍTULO 1 – Assembléias de macroinvertebrados no entremarés rochoso da Ilha de Areuá em Curuçá, litoral amazônico do Brasil**

Gisele Cavalcante MORAIS  
Tommaso GIARRIZZO  
James Tony LEE

Universidade Federal do Pará – Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo de Recursos Aquáticos – Av. Perimetral, n. 2651. Terra Firme. Belém, PA. CEP 66077-830. Brasil. E-mail: [gisellymorais05@yahoo.com.br](mailto:gisellymorais05@yahoo.com.br)

### **Resumo**

No litoral amazônico as áreas de fragmentos rochosos são habitats raros e nada se conhece sobre a diversidade de macroinvertebrados neste ambiente costeiro. Este estudo caracterizou os padrões de diversidade dos macroinvertebrados em área de fragmentos rochosos no entremarés da Ilha de Areuá, nordeste do Pará, litoral amazônico. As coletas ocorreram nos meses de Agosto e Novembro de 2009 (período seco), Março e Maio de 2010 (período chuvoso), nas zonas inferior e superior do mesolitoral. Em cada zona e período de coleta foram amostrados o interior de 8 quadrados (25 cm X 25 cm) colocados aleatoriamente ao longo de transectos paralelos à linha d'água, obtendo-se um total de 64 réplicas. Para a caracterização dos padrões de diversidade das assembléias foram realizadas análises uni e multivariadas. As mudanças espaciais (gradiente vertical) e temporais (períodos de amostragem) foram perceptíveis na riqueza e diversidade, na composição das assembléias e também na participação relativa das espécies em termos abundância e biomassa. Embora o fator sazonal não tenha apresentado o mesmo padrão para todas as análises, a importância da chuva foi sugerida pelos resultados da Análise de Correspondência Canônica mostrando que esta variável tem forte influência na estrutura das assembléias, assim como a altura no entremares e o tamanho da rocha. Os diferentes fatores analisados foram considerados importantes para a estruturação das assembléias de macroinvertebrados, indicando que existe uma complexa interação entre as variáveis influenciando o padrão de diversidade no local de estudo.

**Palavras-chave:** diversidade, macrobentos, fragmentos rochosos, zona costeira, Amazônia Brasileira.

### **Abstract**

The rocky fragments areas in Amazonian Coast are uncommon and nothing is known about macroinvertebrates diversity on this coastal environment. This study characterized the macroinvertebrates diversity patterns on the intertidal rocky fragments in Areuá Island, Pará northeast, Amazonian Coast. The samples were collected in August and November 2009 (dry season), March and May 2010 (rainy season) in the upper and lower intertidal zones. In each area and period were sampled 8 quadrats (25 cm X 25 cm) randomly placed along transects parallel to the waterline, a total of 64 replicas. The univariate and multivariate analysis were used to characterize the assemblages diversity patterns. The richness, diversity, assemblage composition and the relative participation of the abundance and biomass species

varied spatially (vertical gradient) and temporally (sampling periods). Although seasonality not showed similar patterns for all analysis, the rain has a strong influence on the assemblage structure by Canonical Correspondence Analysis, as well as the intertidal height and stone size. The various factors analyzed were considered important for macroinvertebrate assemblages structure, showing a complex interaction among variables influencing the diversity patterns in the studied area.

**Keywords:** diversity, macrobenthic, rocky fragments, coastal zone, Brazilian Amazon.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1930 os pesquisadores tem se dedicado aos estudos de ecologia no entremarés de litorais rochosos (Underwood, 2000), visando a compreensão dos padrões de diversidade nestes ambientes. Estes estudos são importantes para entender os processos que regulam a distribuição dos organismos e o funcionamento dos ecossistemas, sendo essenciais para programas de manejo e conservação. A determinação dos padrões de diversidade depende de quais medidas são utilizadas e como elas devem ser quantificadas (Underwood et al., 2008). Essas análises estão relacionadas com as características ecológicas das assembléias, que envolve principalmente riqueza, quantidade de indivíduos e tamanho do corpo, influenciando diretamente os padrões de diversidade e processos ecológicos nos diferentes habitats (Magurran, 2004; Henderson & Magurran, 2010; Magurran & Dornelas, 2010).

Nas regiões costeiras, as áreas de fragmentos rochosos são habitats comuns e presentes no mundo inteiro (Kuklinski & Barnes, 2008), formando um mosaico de microhabitats que são favoráveis à ocupação de diferentes espécies. Estas áreas fornecem três microhabitats principais: a parte superior e inferior das rochas, e o sedimento abaixo delas (Motta et al., 2003). A presença/ausência deste tipo de habitat tem um efeito marcante nos padrões de diversidade (Banks & Skilleter, 2007), pois promovem alta riqueza de espécies (Rios & Mutschke, 1999), com muitas delas exclusivas ou raramente encontradas em outros habitats (Chapman, 2002a).

A descrição da distribuição das espécies no espaço e no tempo é o passo inicial para compreender os padrões de diversidade no ambiente (Underwood, Chapman & Connell, 2000; Magurran & Dornelas, 2010) e ajuda a entender por que alguns habitats são mais ricos que outros (Magurran & Queiroz, 2010). A

variabilidade espacial e temporal ocorre naturalmente e é identificada por mudanças ou diferenças na diversidade das assembléias ou abundância das espécies (Underwood et al., 2000). Os padrões de variação observados na estrutura das assembléias bentônicas em fragmentos rochosos tendem a ser similares aos de costões rochosos, entretanto, aqueles apresentam maior variabilidade em pequena escala espacial dado que as rochas são manchas de habitats discretos, separados por outras manchas, como rochas, areia ou lama (Chapman, 2002b).

No entremarés a distribuição espacial dos organismos pode ser observada ao longo do gradiente vertical da variação de maré e sofre alterações temporais pela influência das modificações climáticas sazonais. Um dos fatores que mais determinam o padrão de distribuição vertical no entremarés e a estrutura das comunidades em escala local, é o estresse de dessecação devido à variação de marés (Scrosati & Heaven, 2007), reduzindo a riqueza e a diversidade de espécies, e aumentando a dominância de algumas delas em direção ao nível superior (Lewis, 1964; Stephenson & Stephenson, 1972). Nas regiões tropicais o estresse ambiental deve ser maior devido a intensa radiação solar, com temperaturas mais elevadas que influenciam na dessecação durante a maré baixa, principalmente em locais com grande amplitude de marés.

A variabilidade sazonal da precipitação na região amazônica apresenta duas estações bem definidas: estação seca e estação chuvosa. Como destacado por Ford et al. (2007), em alguns ambientes a forte precipitação provoca efeitos significativos de perturbação sobre a estrutura da comunidade. Entretanto, nos litorais rochosos, os eventos de precipitação poderiam reduzir o nível de estresse ambiental dos organismos durante o período de dessecação no entremarés, promovendo a ocupação de espécies menos tolerantes e modificando o padrão de diversidade. Além disso, a variabilidade na riqueza, abundância e biomassa das espécies pode acompanhar o padrão de sazonalidade da precipitação e alterar a estrutura das assembléias nas diferentes estações do ano.

Os estudos sobre a estruturação das assembléias no ambiente podem ser realizados também com a avaliação de variáveis relacionadas à estrutura física do habitat (McArthur et al., 2010), principalmente em áreas de fragmentos rochosos. Essas áreas apresentam um conjunto de características relacionadas ao tipo de substrato, tamanho e formato das rochas, que influenciam na complexidade e heterogeneidade do habitat. Estas características estão envolvidas na determinação

dos padrões de diversidade (Le Hir & Hily, 2005), modificando a abundância e biomassa das assembléias de espécies (Ricciardi & Bourget, 1999; Londono-Cruz & Tokeshi, 2007).

As pesquisas sobre os padrões de diversidade já foram realizadas em diversas áreas de fragmentos rochosos distribuídas em diferentes regiões costeiras, por exemplo: Irlanda (Davidson, Crook & Barnes, 2004; Davidson, 2005); Oeste da Europa (Kuklinski, Barnes & Taylor, 2006), França (Le Hir & Hily, 2005), Austrália (Motta et al., 2003), Chile (Rios & Mutschke, 1999) e Canadá (Guichard & Bourget, 1998). Na Zona Costeira Amazônica Brasileira, não existe qualquer informação sobre os padrões de diversidade neste tipo de habitat que é pouco comum nessa região, dado a dominância de manguezais (Souza Filho, 2005).

Neste contexto, a proposta deste estudo foi caracterizar a estrutura das assembléias de macroinvertebrados em formações rochosas (afloramentos rochosos) entremareais localizada numa porção da Zona Costeira Amazônica Brasileira. Para isso, as assembléias foram caracterizadas em termos de abundância, riqueza e diversidade, considerando diferentes abordagens: (1) padrões de diversidade dos organismos nas diferentes zonas do entremarés; (2) variação temporal nos padrões de diversidade dos macroinvertebrados ao longo do ano; (3) efeitos da complexidade/heterogeneidade estrutural do habitat rochoso na diversidade de macroinvertebrados. Como hipótese, assumimos que as variações nos padrões de abundância e diversidade dos macroinvertebrados ocorrem em relação ao nível do entremarés e aos períodos climáticos da região de estudo, além de sofrer modificações em resposta à complexidade/heterogeneidade do substrato formado por fragmentos rochosos. A caracterização destes padrões será essencial para formulação de novas hipóteses com o intuito de verificar as principais causas de estruturação das assembléias nestes habitats.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

As coletas foram realizadas na Ilha de Areuá (00°35'30.43"S e 47°51'07.97"W), situada no estuário inferior do Rio Curuçá, dentro do domínio territorial da Reserva Extrativista Mãe Grande, no município de Curuçá, nordeste do estado do Pará (Figura 1.1). O estuário de Curuçá é formado pela confluência do Rio

Curuçá e Canal Muriá. Está situado no lado oriental da boca do canal sul do delta do rio Amazonas (Baía de Marajó), sendo considerado um dos estuários mais Ocidentais da segunda maior área de manguezais do mundo (Lacerda et al., 2002), com perímetro, comprimento e área de 133 km, 21 km e 200 km<sup>2</sup>, respectivamente (Giarrizzo & Krumme, 2007).

O clima da região é do tipo equatorial super-úmido, com temperatura média de 27°C (informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE) e precipitação média anual variando entre 2.400mm a 3.330mm (Moraes et al., 2005). Apresenta duas estações bem definidas: época chuvosa de janeiro a junho, e seca, entre julho e dezembro, com média anual de 1.657 mm e 487 mm, respectivamente (Moraes et al., 2005). Na época seca, a Corrente Norte do Brasil se faz sentir com maior intensidade, aumentando a salinidade nas águas costeiras (Oliveira et al., 2007).

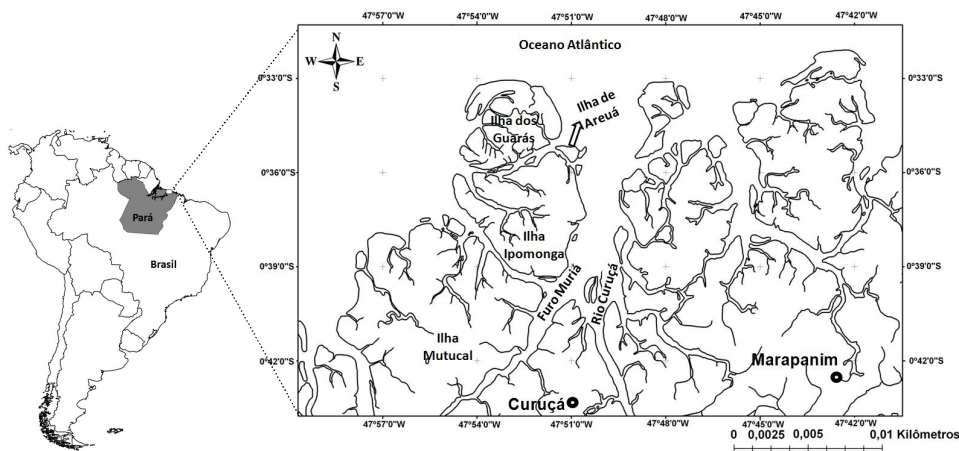


Figura 1.1 – Mapa da área de estudo na Ilha de Areuá, município de Curuçá, estado do Pará.

A ilha de Areuá, localizada na zona costeira amazônica do Brasil, está localizada em uma região dominada por macro marés semi-diurnas com amplitudes superiores a 4 m. Essa ilha apresenta uma área de 1,34 km<sup>2</sup> com uma variedade de habitats costeiros dominados por bosques de mangue (principalmente *Rhizophora mangle* e *Avicennia germinans*), praias arenosas e lamosas, planícies de maré, além de algumas manchas de marismas e fragmentos rochosos (Figura 1.2). A área rochosa está localizada no nordeste da ilha e apresenta uma área de 0,25 km<sup>2</sup>, distante aproximadamente 0,17 km do nível mínimo de baixa-mar, ficando totalmente emersa nas marés de sizígia. A região central das zonas inferior e

superior na área rochosa, respectivamente, fica distante a aproximadamente 0,21 km e 0,27 km do nível mínimo de baixa-mar.

A área de fragmentos rochosos é formada por substratos mistos de seixos, calhaus e matacões, de composição laterítica, e apresenta uma forte influência marinha e estuarina, ficando semi-exposta a influência de ondas. Algumas rochas encontram-se fixas no substrato, enquanto outras são semi-fixas ou desprendidas sobrepondo um substrato inconsolidado formado por grânulos, areia e lama. Nesta região rochosa são encontrados organismos da flora e da fauna, incluindo espécies sésseis (e.g., macroalgas, cracas, anêmonas), sedentárias (e.g., polychaetas, bivalves) e móveis (e.g., caranguejos, amphipodas, isopodas, gastropodas). A superfície das rochas apresenta espaços nus (ausência de colonização da biota, principalmente na zona superior do entremarés) e/ou estão cobertas por algas, fina camada de biofilme ou detritos.

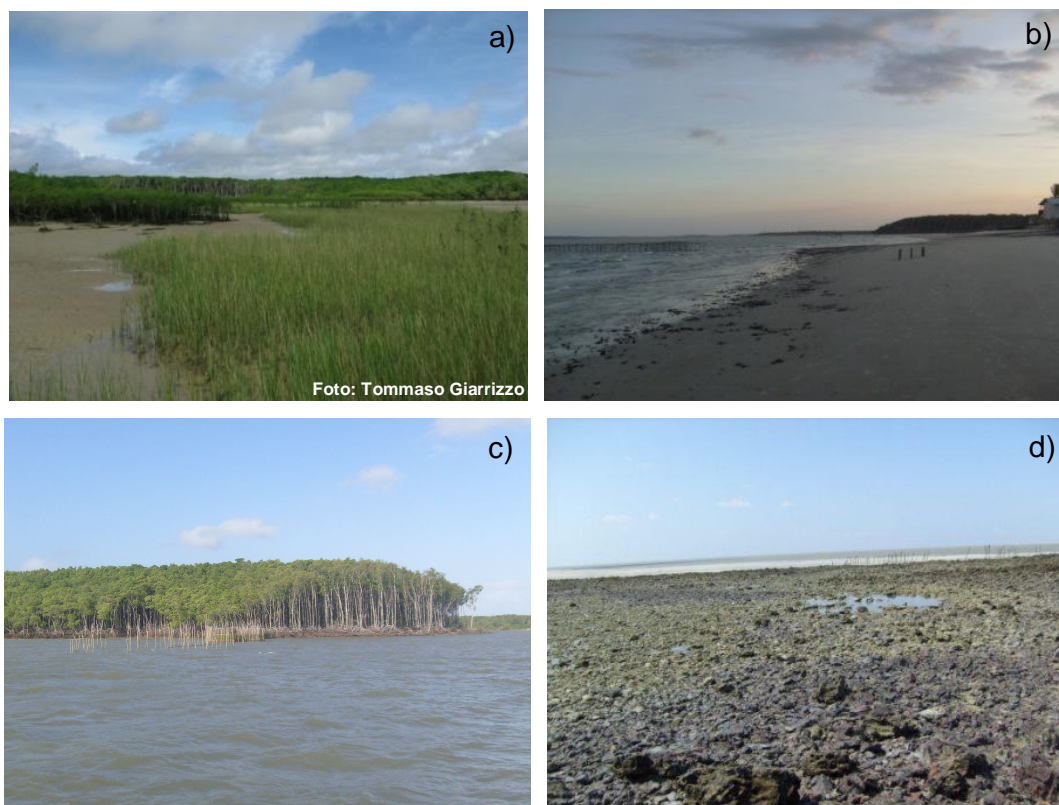


Figura 1.2 – Diferentes habitats na Ilha de Areuá: a) Marismas; b) Praia arenosa; c) Manguezais; d) Fragmentos rochosos.

## 2.2 Desenho amostral

Para amostragem da macrofauna bentônica, a faixa rochosa do entremarés foi dividida em duas zonas: inferior e superior, de acordo com a variação do nível de preamar e baixa-mar da maré de sizígia. O delineamento experimental seguiu um modelo misto da Análise de Variância, conforme a Figura 1.3, onde temos os seguintes fatores: zona (fixo, 2 níveis), estação (fixo, 2 níveis) e mês (aleatório, 2 níveis, aninhado em estação), seguindo as sugestões de Underwood (1997).

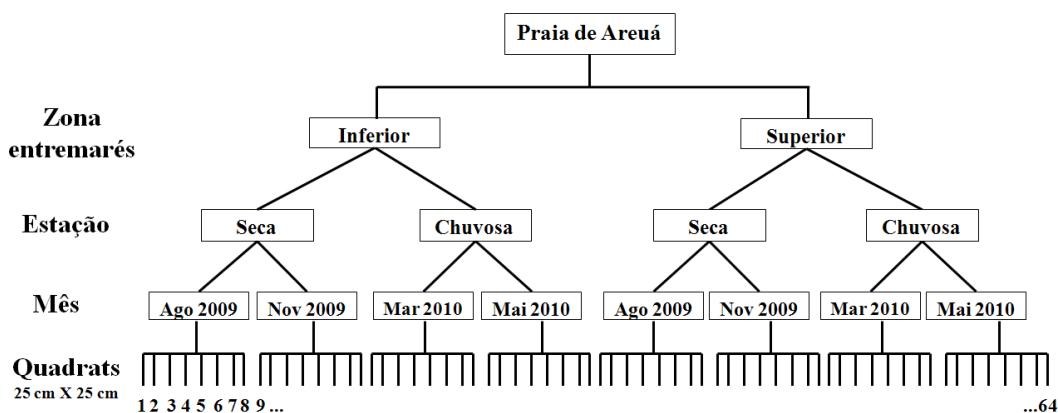


Figura 1.3 – Delineamento amostral de modelo misto com a indicação dos fatores para caracterização da estrutura das assembléias de macroinvertebrados bentônicos móveis na região rochosa do entremarés na praia de Areuá.

As coletas ocorreram entre os meses de agosto de 2009 e maio de 2010. Em cada estação do ano foram escolhidos aleatoriamente 2 meses para amostragem. Para cada mês, foram distribuídos 4 transectos paralelos à linha d'água (20m de comprimento), de forma aleatória nas zonas inferior e superior da faixa rochosa do entremarés, distanciados entre si na escala de dezenas de metros. Ao longo de cada transecto foram lançados aleatoriamente 2 quadrados de 25 cm X 25 cm (Figura 1.4), totalizando 64 réplicas para esta pesquisa. Os transectos foram usados apenas para melhor distribuir as amostras entre as zonas, e portanto, não foram considerados tratamentos nas análises.



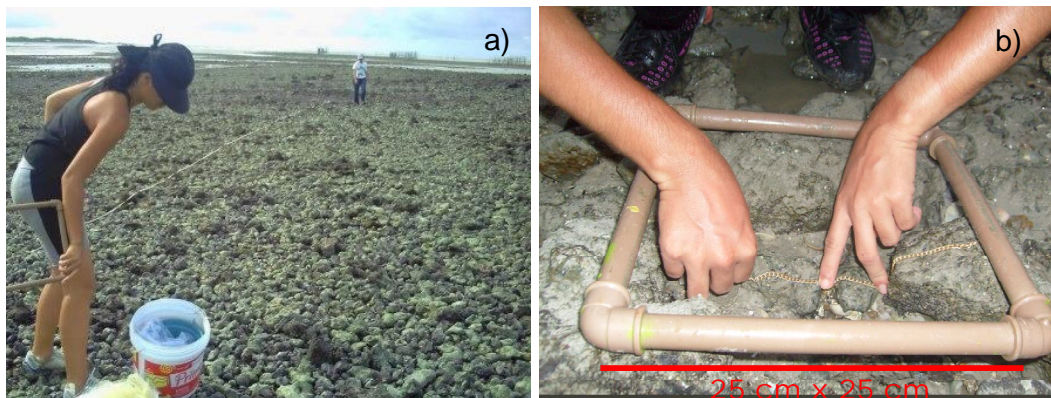


Figura 1.4 – Amostragem da macrofauna na faixa rochosa da Ilha de Areuá: a) disposição do transecto e b) medida da rugosidade usando a corrente.

### 2.3 Coleta de dados

A área delimitada por cada quadrado foi fotografada usando uma câmara digital SAMSUNG S730 com 7,2 megapixels. Posteriormente, foram obtidas as medidas de rugosidade utilizando uma corrente de metal “fina” (~3 mm de espessura), que foi estendida na superfície do substrato, moldando-se ao relevo e contornando-o (Figura 1.4b). A corrente foi disposta duas vezes na região central do quadrado, cruzadas em ângulo reto. O método da corrente foi proposto por Luckhurst & Luckhurst (1978), sendo adaptado para as condições locais. Após estas medidas, os organismos da macrofauna bentônica foram coletados manualmente nos três microhabitats: na parte superior e inferior das rochas e no sedimento abaixo das rochas, escavado até 10 cm de profundidade quando possível. Para evitar a fuga dos organismos foi colocado um tecido de “filó” ao redor de cada quadrado. Foram utilizadas peneiras com malha de 0,5 mm para separação do material biológico.

As amostras foram fixadas em formaldeído 4% e levadas para triagem em laboratório, sendo posteriormente transferidas para solução de álcool a 70%. Os macroinvertebrados coletados foram identificados ao menor nível taxonômico possível. Foi obtido o peso úmido dos organismos para estimativas de biomassa em balança com precisão de 0,0001g. Foram pesadas todas as amostras das espécies que apresentaram freqüência de ocorrência inferior a 20%. Para as espécies que apresentaram freqüência de ocorrência superior a este valor, foram pesadas pelo menos 15% das réplicas e realizada estimativa das demais pelo número total de indivíduos em cada amostra. O peso úmido das espécies de gastrópodes e bivalves



foi obtido sem a concha. As amostras de espécies únicas com peso inferior a 0,0001g não foram pesadas e sua biomassa foi estimada a partir de outras espécies similares com maior abundância.

Os dados diários de precipitação total (mm) para a região de estudo durante o período de coleta foram obtidos junto a Agência Nacional de Águas (ANA) vinculada ao Ministério do Meio Ambiente do Brasil ([www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)), provenientes da estação meteorológica do município de Curuçá. Estes dados foram usados para confirmação das estações do ano e análise da influência das chuvas nos padrões de diversidade dos macroinvertebrados. Os dados diários de amplitude das marés previstas para os períodos de amostragem foram obtidos junto ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>).

## 2.4 Análise de dados

### 2.4.1 Padrões de diversidade das assembléias

A caracterização da estrutura das assembléias de macroinvertebrados bentônicos foi efetuada de acordo com a abundância em número de indivíduos e biomassa, além da riqueza de táxons e índices de diversidade, com descrição geral realizada pela média  $\pm$  erro padrão.

Os índices de diversidade foram obtidos no programa PAST, versão 1.9 (Hammer, Harper & Ryan, 2009): (a) Diversidade de Shannon-Weaver:  $H' = -\sum p_i \cdot \log * p_i$ , onde  $p_i$  é a proporção de indivíduos da espécie  $i$  em relação ao total de indivíduos amostrados; (b) Índice de Simpson:  $D = 1 / (\sum p_i^2)$ , onde  $p_i$  é a proporção de indivíduos na  $i$ -ésima espécie; (c) Índice de dominância de Berger-Parker:  $d = N_{m\acute{a}x} / N_T$ , onde  $N_{m\acute{a}x}$  é o número de indivíduos da espécie mais abundante e  $N_T$  é o número total de indivíduos na amostra; (d) Índice de equitabilidade de Pielou (J):  $J = H' / H_{m\acute{a}x}$ , onde  $H'$  representa a diversidade de Shannon-Weaver e  $H_{m\acute{a}x} = \log_e s$ . A estimativa da riqueza de táxons de Jackknife foi obtida pelo programa *Ecological Methodology* (Kenney & Krebs, 2000), que acompanha o livro texto de Krebs (1999):  $\hat{S} = S_{obs} + k(n-1/n)$ , onde  $S_{obs}$  é o número de espécies observadas presentes em  $n$  quadrados;  $k$  é o número de espécies únicas e  $n$  é o número total de quadrados amostrados. Este é um dos melhores estimadores de riqueza, pois tem uma previsão clara de estimativas menos tendenciosas para um pequeno número de amostras (Colwell & Coddington, 1994).

Os descritores foram comparados utilizando-se a análise de variância (ANOVA) com três fatores para verificar possíveis diferenças entre: zonas, estações e meses, com auxílio do programa WinGMAV5 (1997), considerando o valor de  $p \leq 0,05$ . Com este mesmo programa foi checado a homogeneidade das variâncias pelo teste de Cochran para cada uma das variáveis e os dados foram transformados quando necessário. Os dados foram analisados mesmo quando não apresentaram a homogeneidade das variâncias pela transformação, pois de acordo com Underwood (1997), a ANOVA é um teste robusto a partir do pressuposto de homogeneidade das variâncias quando o desenho experimental é amplo ( $> 5$  tratamentos) e balanceado. Mas as análises procederam com a hipótese nula sendo rejeitada a um  $\alpha$ -nível menor que o valor de  $p$  do teste de Cochran para homogeneidade das variâncias (Underwood, 1981). A comparação múltipla das médias foi realizada usando o teste Student-Newman-Keuls (SNK), considerando o valor de  $p \leq 0,05$ .

Para verificar os padrões de dominância em biomassa e abundância das espécies, avaliando possíveis níveis de estresse entre as zonas da área rochosa e períodos de amostragem, foi utilizado o método da curva de comparação Biomassa/Abundância (curva ABC), desenvolvido por Warwick (1986), utilizando o Programa PRIMER (Clarke & Warwick, 1994). O valor de  $W$  estatístico foi utilizado para auxiliar na interpretação da representação gráfica das curvas, cujos valores variam entre -1 (curva de abundância numérica sobre a de biomassa) e +1 (curva de biomassa sobre a de abundância numérica).

Análises multivariadas foram utilizadas para descrever os padrões de diversidade dos macroinvertebrados em relação às zonas e período de amostragem. Os dados de abundância (em número de indivíduos e biomassa) foram agregados em nível de espécie, sendo construída uma matriz de similaridade utilizando-se o índice de Bray-Curtis a partir das matrizes originais de dados biológicos para abundância e biomassa transformados pela raiz quarta. Foram consideradas nas análises apenas as espécies que apresentaram dominância relativa  $> 2\%$ . Este valor foi obtido a partir da média entre a abundância relativa em número de indivíduos, biomassa relativa e a proporção da frequência de ocorrência para cada espécie, padronizados para uma escala de 0 a 100% (Dominância relativa = média [%número de indivíduos + %biomassa + %frequência de ocorrência]).

Foi realizada uma análise de variância multivariada não paramétrica com o programa PERMANOVA (Anderson, 2001), considerando os mesmos fatores e

procedimentos gerais descritos na análise univariada. Mas neste caso, esta análise foi usada para investigar os efeitos sobre a estrutura das assembléias e testar as hipóteses de que as assembléias podem diferir entre as zonas em diferentes períodos de amostragem (64 amostras e 27 espécies). Este teste foi realizado a partir de 9.999 permutações e a comparação múltipla das médias de dissimilaridade foi realizada usando o teste t estatístico que tem a mesma interpretação que o teste t univariado. O método de ordenamento *Non-metric Multidimensional Scaling* (nMDS) foi usado para identificar os padrões na distribuição espacial das amostras e descrever as tendências de variação na abundância e biomassa das assembléias em relação aos diferentes tratamentos (zona e períodos de coleta). Os táxons que contribuíram com 70% da dissimilaridade foram considerados importantes diferenciadores e detectados usando a análise da porcentagem da similaridade (SIMPER). Para estas duas últimas análises foi utilizado o programa PRIMER (Clarke & Warwick, 1994).

#### 2.4.2 Fatores estruturadores das assembléias

A influência dos fatores ambientais na estruturação das assembléias de macroinvertebrados foi verificada a partir dos dados de precipitação (mm) dos meses de coleta, índice de rugosidade de cada amostra e porcentagem de cobertura das rochas. A descrição geral da pluviosidade e do índice de rugosidade foi realizada pela média  $\pm$  erro padrão. O índice de rugosidade “r” foi obtido pela razão entre a medida da corrente (valor do produto obtido pela medição cruzada da corrente no centro do quadrado) e a medida linear (comprimento de cada lado do quadrado = 25 cm). Na análise da porcentagem de cobertura das rochas foram analisadas as fotografias de cada quadrado (réplica) utilizando-se o software JEHP, University of Western Australia (v 1.0.0.1, © James Wise, UWA/CoastalCRC), usando um método de pontos interceptados. Com auxílio do programa foram selecionados aleatoriamente vinte pontos, restritos à área do quadrado, que foram associados com as diferentes categorias de tamanho das rochas, seguindo a Escala de Wentworth como descrito na Tabela 1.1. Os dados foram convertidos a % de cobertura do espaço primário ocupado pelos componentes categóricos.

As variáveis ambientais (precipitação total dos meses de coleta, índice de rugosidade, %areia, %seixo, %calhau e %matacão) foram padronizadas (subtraindo-se a média de cada variável e dividindo pelo seu desvio padrão). Para testar a

associação entre as assembléias de macroinvertebrados e as variáveis ambientais foi realizada Análise de Correspondência Canônica. As espécies utilizadas nesta análise foram as mesmas escolhidas para as análises multivariadas descritas acima. A CCA foi realizada no programa CANOCO para Windows v. 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 2002) com seleção manual de variáveis, transformação logaritma, testadas com 9999 permutações de Monte Carlo, distância entre espécies, biplot e menor peso para as espécies raras.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Caracterização dos fatores ambientais

Os dados de precipitação mostraram uma marcada variação temporal, com duas estações bem definidas (Figura 1.5). A chuva acumulada para os meses de agosto (16 mm) e novembro (2,4 mm) de 2009 na estação seca, com médias diárias de  $0,51 \pm 0,25$  mm e  $0,08 \pm 0,05$  mm, respectivamente, são menores que os meses de março (264,9 mm) e maio (272,9 mm) de 2010 na estação chuvosa, com médias diárias de  $8,5 \pm 1,47$  mm e  $8,8 \pm 2,04$  mm, respectivamente. A amplitude de marés variou de 0,1 m a 4,8 m em agosto e 0,3 m a 4,5 m em novembro de 2009, de -0,1 m a 4,9 m em março e 0,3 m a 4,4 m em maio de 2010.

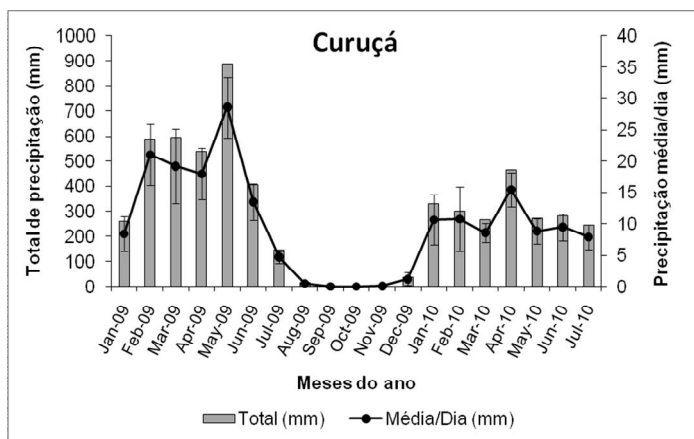


Figura 1.5 – Precipitação total (chuva acumulada) e precipitação média/dia com barras de erro padrão no período de janeiro de 2009 a julho de 2010. Dados disponíveis na ANA.

O índice de rugosidade variou de 31,32 a 123,20 cm, com média de  $72,66 \pm 3,53$  cm na zona inferior e de  $59,16 \pm 3,12$  cm na zona superior. Na análise da porcentagem de cobertura, a heterogeneidade da área rochosa foi representada por

51,5% de calhau, 32,5% de seixo, 10% de matacão e 6% de areia, mas apresentou diferentes percentuais de contribuição entre as zonas (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 – Percentual de contribuição das categorias do substrato nas diferentes zonas do entremarés na faixa rochosa da Ilha de Areuá.

Categorias do substrato	Tamanho $\Phi$	Inferior	Superior
Areia (areia e grânulo)	< 4 mm	8,5%	4%
Seixo	4 – 64 mm	23%	42%
Bloco ou calhau	64 – 256 mm	60,5%	42,5%
Matacão	> 256 mm	8%	11,5%

### 3.2 Padrões de diversidade das assembléias

Durante o período de estudo na faixa rochosa do entremarés na Ilha de Areuá foi registrado um total de 10.762 espécimes, pertencentes a 86 táxons reunidos em 6 Classes e 4 Filos (Apêndice 1). A riqueza total variou de 2 (superior em agosto) a 35 (inferior em março) táxons por amostra. De acordo com a estimativa de riqueza Jackknife (106 espécies, com intervalos de confiança a 95% de 96,3 a 115,2 espécies), foi amostrado aproximadamente 81% da riqueza total estimada para a área. Considerando as zonas e os períodos de coleta, a riqueza observada na zona inferior e na zona superior foi menor que a esperada para todos os meses de coleta (Figura 1.6).

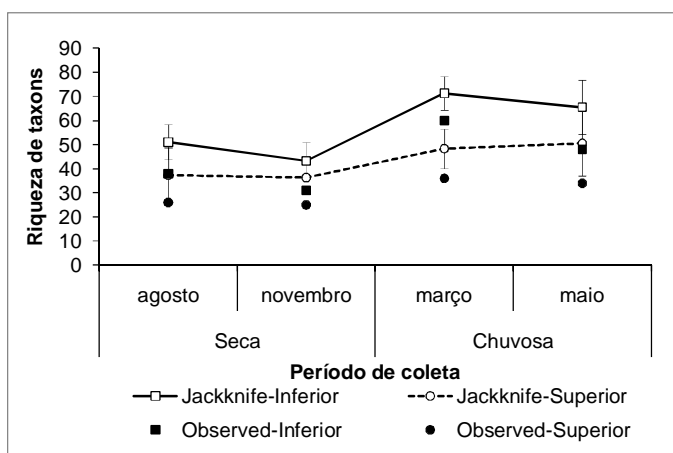


Figura 1.6 – Riqueza de espécies estimada (Jackknife)  $\pm$  Intervalo de Confiança (95%) e riqueza observada para a faixa rochosa na Ilha de Areuá, Pará, entre agosto 2009 a março 2011.

A classe Polychaeta foi a mais representativa com 32 táxons, seguida pela classe Malacostraca e Gastropoda com 25 e 14 táxons, respectivamente. Um total de 17 espécies/morfoespécies foram encontradas somente uma única vez entre as

amostras (Apêndice 1). As espécies/morfoespécies que apresentaram maior frequência de ocorrência foram: *Dynamenella tropica* (87%), *Parhyale* sp. (83%), *Petrolisthes armatus* (77%), *Syllis* sp. (56%), Nemertea (48%), *Sphenia antillensis* e *Elasmopus* sp. (47% cada), *Sabellaria wilsoni* e *Neanthes succinea* (40% cada), *Cassidinidea fluminensis* e *Anachis obesa* (37% cada), *Thaisella trinitatensis* (36%) e *Panopeus americanus* (34%). Apenas 9 estiveram presentes nas diferentes zonas e em todos os meses de coleta: *Capitella capitata*, *Isolda pulchella* e *Syllis* sp. (Polychaeta), *D. tropica* (Isopoda), *Parhyale* sp. (Amphipoda), *P. armatus* (Anomura), *S. antillensis* (Bivalvia), *T. trinitatensis* (Gastropoda) e Nemertea.

A riqueza foi significativamente maior na zona inferior ( $p < 0,05$ ) considerando todo o período de amostragem e também no mês de março dentro da estação chuvosa ( $p < 0,01$ ), mas não houve diferença entre as estações do ano ( $p > 0,05$ ) (Tabela 1.2; Figura 1.7a). Os índices de Shannon e Berger-Parker apresentaram diferenças significativas na interação entre zona e mês (aninhado em estação,  $p < 0,05$ ) (Tabela 1.2). Tanto o índice de Simpson quanto a Equitabilidade não apresentaram diferenças significativas para a zonação, estação do ano e mês de coleta ( $p > 0,01$ ) (Tabela 1.2; Figuras 1.7c, 1.7e).

Na comparação *a posteriori* o teste SNK mostrou que o índice de Shannon apresentou zona inferior > zona superior, mas diferentemente da riqueza, ela foi significativa nos meses de agosto ( $p < 0,05$ ) na estação seca, março ( $p < 0,01$ ) e maio ( $p < 0,01$ ) na estação chuvosa (Figura 1.7b). O índice de Simpson mostrou esta tendência mesmo não apresentando diferenças significativas. Já o índice de Berger-Parker seguiu um padrão similar, mas opostos a estes resultados devido à natureza de sua representação. Este índice foi mais elevado na zona superior do que na zona inferior para o mês de agosto na estação seca ( $p < 0,05$ ) e para os meses de março ( $p < 0,01$ ) e maio ( $p < 0,05$ ) na estação chuvosa (Figura 1.7d), indicando que ocorre maior dominância. No entanto, acompanhado desta dominância deve haver uma relativa abundância distribuída entre os taxa, já que a equitabilidade não apresentou diferenças significativas, acompanhando tendências similares aos índices de Shannon e Simpson, mas opostas a Berger-Parker.

Tabela 1.2 – Análise dos efeitos da Zona (Zo, fixo e ortogonal), Estação (Es, fixo e ortogonal) e Mês (Mê, aleatório e aninhado em Estação) nos índices de diversidade de macroinvertebrados da faixa rochosa no entremarés da Praia de Areuá. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; NS = Não significativo.

Fonte de Variação	Riqueza			Índice de Shannon		Índice de Simpson		Índice de Berger-Parker		Equitatividade	
	df	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
Zo	1	41,452	26,73*	6,0388	9,07	0,3128	3,09	0,1755	3,47	0,0947	1,22
Es	1	49,379	6,29	5,1916	22,64*	0,3093	10,59	0,1056	22,45*	0,0408	2,29
Mê(Es)	2	0,7849	4,99*	0,2293	1,26	0,0292	1,1	0,0047	0,39	0,0178	0,66
ZoXEs	1	0,4272	2,75	2,0181	3,03	0,145	1,43	0,0754	1,49	0,2038	2,63
ZoXMê(Es)	2	0,1551	0,99	0,6657	3,66*	0,1012	3,82	0,0506	4,17*	0,0776	2,89
Residual	56	0,1574		0,1819		0,0265		0,0121		0,0268	
Transformação		Ln(x+1)		Não		Não		Ln(x+1)		Não	
Teste Cochran		NS		*		**		NS		**	

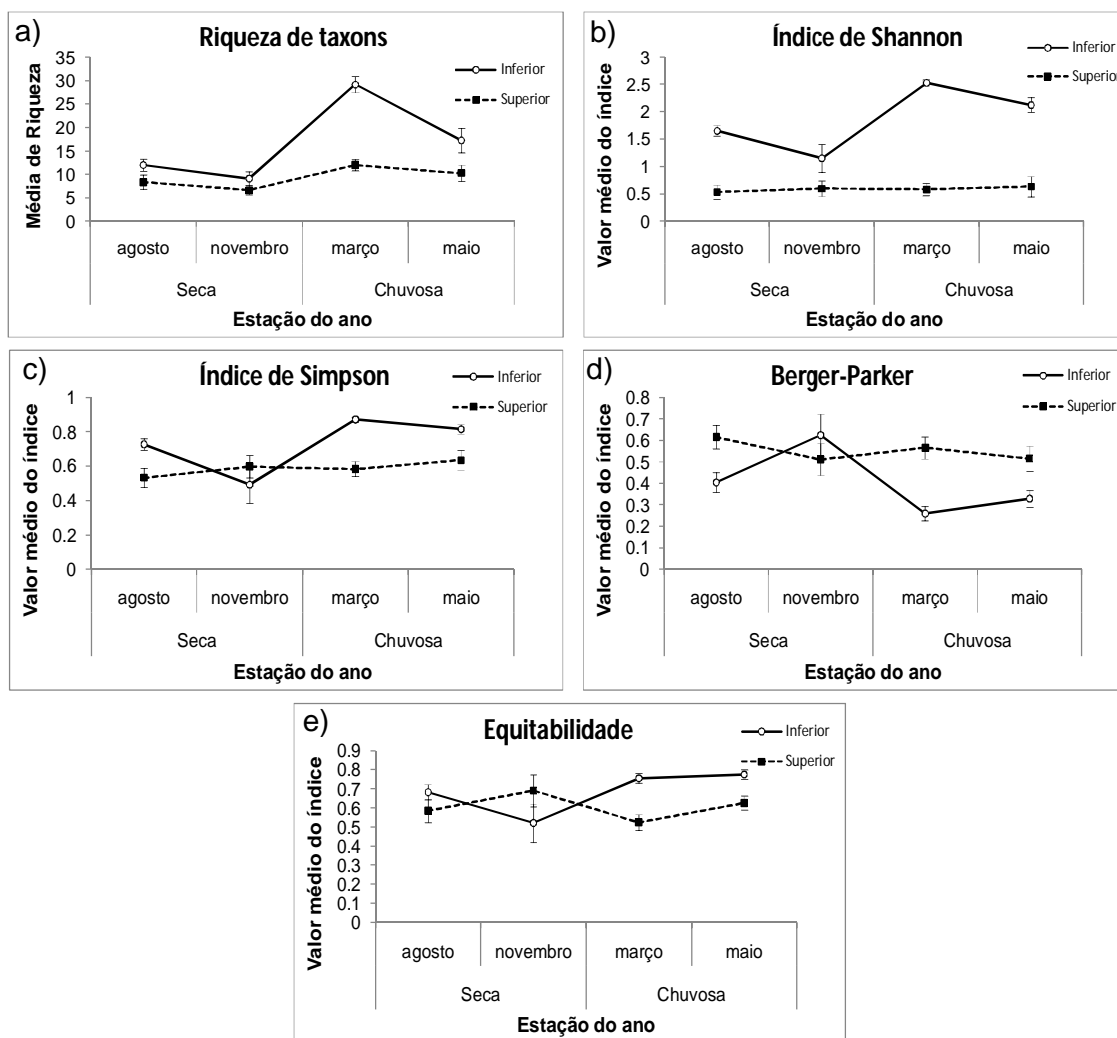


Figura 1.7 – Padrões de diversidade das assembleias de macroinvertebrados da faixa rochosa da Ilha de Areuá: (a) riqueza de espécies; (b) índice de Shannon; (c) índice de Simpson; (d) Índice de Berger-Parker e (e) Equitatividade.

A abundância de macroinvertebrados em número de indivíduos variou de 48 ind./m<sup>2</sup> (zona superior em novembro) a 13.760 ind./m<sup>2</sup> (zona inferior em março), com média de 2.690±947 ind./m<sup>2</sup>, e em biomassa variou de 0,24 g/m<sup>2</sup> (zona superior em agosto) a 266,81 g/m<sup>2</sup> (zona inferior em maio), com média de 3,49±1,43 g/m<sup>2</sup>. As espécies/morfoespécies mais abundantes em número de indivíduos ou biomassa, que representaram cerca de 90% do total por zona, estão relacionadas em ordem decrescente na tabela 1.3. Estas espécies ocorreram nas duas estações, mas geralmente apresentaram flutuações no número de indivíduos e/ou biomassa ao longo do período de amostragem.

Tabela 1.3 – Porcentagem de macroinvertebrados com maior dominância em número de indivíduos e biomassa na área de fragmentos rochosos em cada zona do entremarés da Ilha de Areuá.

Número de indivíduos		Biomassa	
Inferior	%	Inferior	%
<i>Sabellaria wilsoni</i>	30,3	<i>Panopeus americanus</i>	31,2
<i>Petrolisthes armatus</i>	11,9	<i>Petrolisthes armatus</i>	28,7
<i>Dynamenella tropica</i>	9,8	<i>Menipe nodifrons</i>	9,5
<i>Parhyale</i> sp.	5,9	<i>Stramonita haemastoma</i>	5,8
<i>Elasmopus</i> sp.	5,7	<i>Panopeus occidentalis</i>	4,6
<i>Syllis</i> sp.	4,4	<i>Clibanarius vittatus</i>	3,5
<i>Neanthes succinea</i>	4,3	<i>Anachis obesa</i>	2,8
<i>Sphaenia antillensis</i>	3,9	<i>Thaisella trinitatis</i>	2,7
<i>Anachis obesa</i>	2,8	<i>Protothaca pectorina</i>	2,5
<i>Nereis oligohalina</i>	2,8		
<i>Hexapanopeus</i> sp.1	2,2		
<i>Ceratonereis excisa</i>	1,6		
<i>Cassidinidea fluminensis</i>	1,4		
<b>Superior</b>	<b>%</b>	<b>Superior</b>	<b>%</b>
<i>Parhyale</i> sp.	37,8	<i>Panopeus occidentalis</i>	28,1
<i>Dynamenella tropica</i>	32,3	<i>Thaisella trinitatis</i>	22,7
<i>Cassidinidea fluminensis</i>	11,7	<i>Petrolisthes armatus</i>	18,6
<i>Petrolisthes armatus</i>	4,8	<i>Panopeus americanus</i>	12,5
<i>Sabellaria wilsoni</i>	1,5	<i>Protothaca pectorina</i>	4,2
<i>Thaisella trinitatis</i>	1,3	<i>Parhyale</i> sp.	3,2

Os valores percentuais cumulativos das espécies rankeadas apresentaram variação entre as zonas nos diferentes períodos de amostragem (Figuras 1.8a - 1.8h). *P. armatus* foi a mais representativa por ter se destacado entre as quatro mais abundantes em número de indivíduos e biomassa em todas as ocasiões de coleta nas diferentes zonas, contribuindo para as configurações apresentadas nas curvas



ABC (Figuras 1.8a - 1.8h). Entre os macroinvertebrados coletados, *P. armatus* foi a quarta mais abundante em número de indivíduos (9,1%), a segunda em biomassa (26,9%) e a terceira espécie mais freqüente entre as réplicas (77% de freqüência de ocorrência convertido para 5,9%), apresentando a maior dominância relativa (13,9%).

Na zona superior, a curva de abundância em número manteve-se levemente acima da curva de biomassa em agosto ( $W=-0,024$ ) e novembro ( $W=-0,027$ ) na estação seca, e em março ( $W=-0,008$ ) na estação chuvosa (Figuras 1.8a, 1.8c e 1.8e), o que caracteriza ambientes estressados, com a predominância de espécies de tamanho menor e maior número de indivíduos. Estas espécies foram representadas principalmente por *C. fluminensis* (agosto), *Parhyale* sp., *D. tropica*, *P. armatus* (agosto, novembro e março), *S. wilsoni* (novembro) e *N. succinea* (março), com mudança na ordem de dominância entre os meses. Apenas o mês de maio ( $W=0,091$ ) na estação chuvosa apresentou uma configuração distinta, com a curva de biomassa superior a de abundância (Figura 1.8g), representando a dominância de espécies com tamanho maior e em menor número, com destaque para as espécies *P. occidentalis*, *T. trinitatensis*, *P. armatus* e *P. americanus*. Como esta era uma situação esperada para a zona inferior, é possível que a chuva tenha ajudado a diminuir o estresse do tempo de dessecação na zona superior, favorecendo a dominância destas espécies.

Na zona inferior, a curva de biomassa ficou acima da curva de abundância em agosto ( $W=0,099$ ) na estação seca, em março ( $W=0,118$ ) e maio ( $W=0,170$ ) na estação chuvosa (Figuras 1.8b, 1.8f e 1.8h). Esta configuração caracteriza ambiente teoricamente “não” perturbado pelo estresse ambiental, com a dominância de espécies com tamanho maior e em menor número: *P. armatus*, *P. americanus* (agosto, novembro, março e maio), *M. nodifrons* (agosto e maio), *P. occidentalis* (agosto), *S. haemastoma*, *A. obesa* (março e maio), *C. vittatus* e *P. pectorina* (março). Em novembro ( $W=-0,97$ ) a curva de abundância ficou acima da biomassa (Figura 1.8d), semelhante à apresentada para a zona superior, que seria uma configuração de ambiente estressado. As espécies que mais contribuíram para a predominância de indivíduos numerosos e de menor tamanho neste mês foram *S. wilsoni*, *D. tropica*, *P. armatus*, *Parhyale* sp. e *S. haemastoma*.

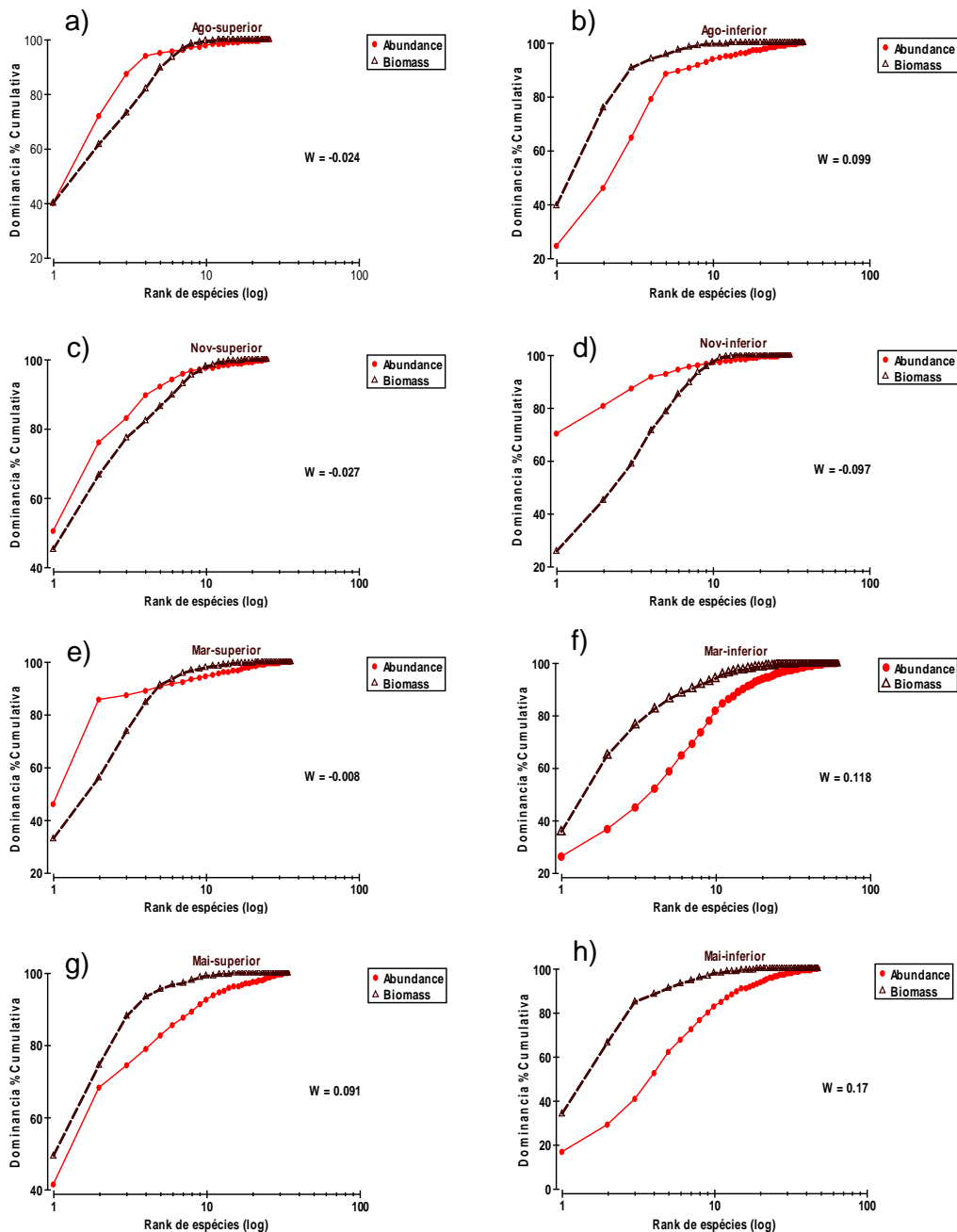


Figura 1.8 – Curvas ABC para os macroinvertebrados nas diferentes zonas e períodos de coleta na faixa rochosa do entremarés na praia de Areuá: zona superior (a) e inferior (b) em agosto; zona superior (c) e inferior (d) em novembro; zona superior (e) e inferior (f) em março; zona superior (g) e inferior (h) em maio.

Os resultados da PERMANOVA baseado nos dados de abundância em número de indivíduos como também em biomassa mostram variabilidade significativa das assembléias de macroinvertebrados entre as zonas e entre ocasiões de amostragem, e sem interação entre fatores (Tabela 1.4). Após a comparação entre os pares do fator mês aninhado em estação, verificou-se que as

assembléias de macroinvertebrados em agosto foram dissimilares daquelas encontradas em novembro, enquanto que em março elas foram similares às de maio (Tabela 1.5). Apesar destas diferenças significativas, existiu uma considerável variabilidade entre as réplicas das zonas e principalmente entre os meses. Nas figuras 1.9a e 1.9b, observa-se que as assembléias macrobentônicas, tanto em termos de número de indivíduos como biomassa, apresentam forte dissimilaridade entre as zonas. Mas entre as ocasiões de amostragem não é possível visualizar nenhum padrão estacional, já que a variabilidade entre os meses é muito alta, fazendo com que as estações não sejam diferentes.

Tabela 1.4 – Resultado da PERMANOVA para os padrões de abundância em número de indivíduos e biomassa dos macroinvertebrados na Ilha de Areuá. Análises foram baseadas no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis em dados transformados para raiz quarta.

Fonte de variação	Abundância				Biomassa		
	df	MS	F	p	MS	F	p
Zo	1	23260,85	12,0576	0,0005	28327,7	18,119	0,0008
Es	1	10627,34	1,8269	0,3261	8576,828	1,4357	0,3261
Mê(Es)	2	5816,995	4,6849	0,0001	5973,985	3,7797	0,0001
ZoxEs	1	2700,729	1,4	0,2832	1796,813	1,1493	0,3943
ZoxMê(Es)	2	1929,152	1,5537	0,0924	1563,422	0,9892	0,4519
Residual	56	1241,642			1580,549		

Tabela 1.5 – Comparação entre pares para os fatores zonação e mês aninhado em estação, obtidos pela PERMANOVA para dados de abundância e biomassa (dados transformados para raiz quarta; INF=Inferior; SUP=Superior; AGO=Agosto; NOV=Novembro; MAR=Março; MAI=Maio). \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; NS = Não Significativo.

Fator	Comparação	t - Abundância	t - Biomassa	Significância
Zona	INF-SUP	2,2006	2,5843	*
Mês (Estação seca)	AGO-NOV	2,0961	1,9096	***
Mês (Estação chuvosa)	MAR-MAI	1,5096	1,4306	NS

Cada zona ou período de coleta da estação seca apresentou diferentes percentuais de contribuição das espécies e composição para a formação das assembléias, com dissimilaridade distinta entre os dados de abundância e biomassa (Tabela 1.6). A média de dissimilaridade para os dados de abundância e biomassa foi de, respectivamente, 60,87 e 67,30 (entre as zonas), 62,27 e 65,49 (entre agosto e novembro). As espécies na Tabela 6 foram consideradas as principais discriminadoras das assembléias entre os fatores, e as que mais contribuíram (%) para as dissimilaridades foram as mesmas que influenciaram nos padrões das curvas ABC observados acima.

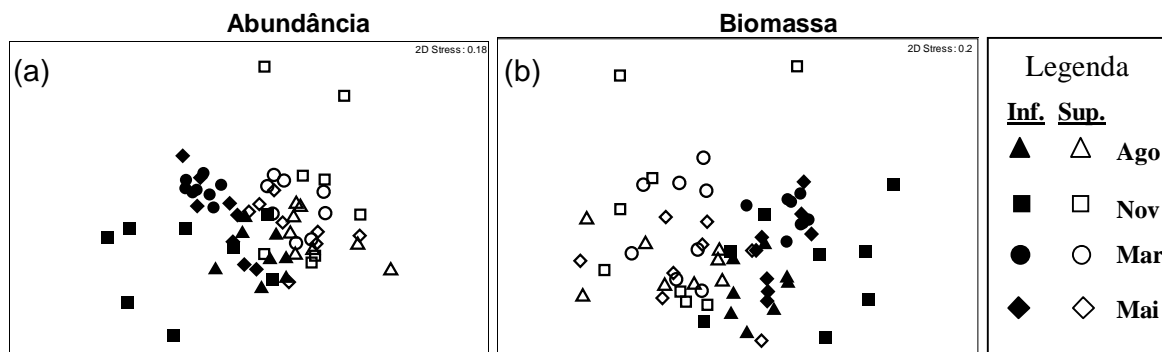


Figura 1.9 – Representação no MDS bi-dimensional comparando assembléias de macroinvertebrados entre as zonas inferior (Inf.) e superior (Sup.) nos diferentes períodos de coleta (Agosto = Ago; Novembro = Nov; Março = Mar; Maio = Mai) para dados de (a) abundância em número de indivíduos e (b) biomassa, transformados em raiz quarta.

Tabela 1.6 – Espécies que contribuíram para 70% da dissimilaridade na abundância e na biomassa das assembléias de macroinvertebrados entre as zonas e entre os meses da estação seca. As espécies estão organizadas em ordem decrescente de contribuição. Diss/SD = dissimilaridade/desvio padrão; %Contrib = Porcentagem de contribuição.

Abundância			Biomassa		
	Diss/SD	%Contrib		Diss/SD	%Contrib
<b>a) Inferior e Superior</b>					
<i>Sabellaria wilsoni</i>	0,86	9,02	<i>Petrolisthes armatus</i>	1,15	12,84
<i>Petrolisthes armatus</i>	1,05	7,86	<i>Panopeus americanus</i>	0,9	10,98
<i>Dynamenella tropica</i>	0,93	7,49	<i>Thaisella trinitatensis</i>	0,9	7,76
<i>Parhyale</i> sp.	1,09	7,14	<i>Anachis obesa</i>	1,11	6,87
<i>Elasmopus</i> sp.	1,16	5,77	<i>Stramonita haemastoma</i>	0,75	6,74
<i>Anachis obesa</i>	1,11	4,91	<i>Sabellaria wilsoni</i>	0,76	5,37
<i>Syllis</i> sp.	1	4,57	<i>Protothaca pectorina</i>	0,66	4,6
<i>Cassidinidea fluminensis</i>	0,8	4,32	<i>Parhyale</i> sp.	1,09	4,01
<i>Stramonita haemastoma</i>	0,78	3,76	<i>Leucozonia</i> sp.	0,58	3,91
<i>Thaisella trinitatensis</i>	0,93	3,65	<i>Anachis</i> sp.	0,83	3,45
<i>Capitella capitata</i>	0,79	3,29	<i>Pachygrapsus gracilis</i>	0,61	3,33
Nemertea	0,83	3,23	<i>Dynamenella tropica</i>	0,89	2,91
<i>Panopeus americanus</i>	0,9	3,16			
<i>Nereis oligohalina</i>	0,82	3,02			
<b>b) Agosto e Novembro</b>					
<i>Cassidinidea fluminensis</i>	1,42	11,83	<i>Panopeus americanus</i>	1,03	14,25
<i>Parhyale</i> sp.	1,06	10,93	<i>Petrolisthes armatus</i>	1,09	12,51
<i>Dynamenella tropica</i>	1,25	9,83	<i>Thaisella trinitatensis</i>	0,84	9,67
<i>Sabellaria wilsoni</i>	0,75	7,75	<i>Pachygrapsus gracilis</i>	0,7	7,43
<i>Petrolisthes armatus</i>	1,1	7,36	<i>Parhyale</i> sp.	0,86	6,58
<i>Elasmopus</i> sp.	1,05	6,12	<i>Cassidinidea fluminensis</i>	1,23	5,1
<i>Syllis</i> sp.	0,9	4,44	<i>Sabellaria wilsoni</i>	0,68	4,47
<i>Capitella capitata</i>	0,86	4,4	<i>Protothaca pectorina</i>	0,58	4,14
<i>Thaisella trinitatensis</i>	0,82	4,12	<i>Anachis obesa</i>	0,62	4,01
<i>Panopeus americanus</i>	1,04	3,98	<i>Dynamenella tropica</i>	1,16	4

### 3.3 Fatores estruturadores das assembléias

Os três primeiros eixos da CCA explicaram apenas 21% e 11% da variância dos dados de abundância e biomassa das espécies, respectivamente. Para os dados de abundância as variáveis ambientais explicam 22,6% da variabilidade dos dados e deste valor 55,2% é explicada no eixo 1. Nos dados de biomassa as variáveis ambientais explicam 13,2% da variabilidade dos dados e deste valor somente 45,3% é explicada no eixo 1. Apesar dos baixos valores, os testes de Monte-Carlo revelaram relações significativas entre as espécies e as variáveis ambientais para os dados de abundância em número de indivíduos e biomassa ( $p < 0,05$ ; Tabela 1.7).

Tabela 1.7 – Resultado da análise de correspondência canônica e testes de significância com permutações de Monte-Carlo para os dados de abundância em número de indivíduos e biomassa para o primeiro e segundo eixos. Total inércia é a variância total nos dados de abundância ou biomassa. Estatística *F*-ratio foi listada para o primeiro eixo e para todos os eixos combinados.

Eixos	Abundância			Biomassa		
	1	2	Total inércia	1	2	Total inércia
Autovalores	0,18	0,066	1,438	0,203	0,086	3,379
Correlações espécies-ambiente:	0,763	0,679		0,695	0,542	
Porcentagem cumulativa da variância						
dos dados de espécies	12,5	17,1		6	8,6	
da relação espécies-ambiente	55,2	75,5		45,3	64,6	
	<u>F</u>	<u>p</u>		<u>F</u>	<u>p</u>	
Primeiro eixo canônico	8,281	0,0001		3,71	0,0221	
Todos os eixos canônicos	3,391	0,0001		1,773	0,0065	

O primeiro eixo canônico para os dados de abundância refletiu um gradiente de ordenação mais relacionado com chuva e areia, e o segundo eixo indicou que seixo, matacão, calhau e rugosidade têm um efeito mais próximo na abundância das espécies (Tabela 1.8; Figura 1.10a). Para os dados de biomassa o primeiro eixo foi determinado principalmente por matacão, areia e calhau, enquanto que o segundo eixo foi mais relacionado com chuva, seixo e rugosidade (Tabela 1.8; Figura 1.10b).

Tabela 1.8 – Coeficientes de correlação entre as variáveis ambientais e os eixos ambientais para os dados de abundância em número de indivíduos e biomassa.

Variáveis	Abundância		Biomassa	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Calhau	-0,1903	-0,4374	-0,6987	0,0833
Matacão	0,2642	-0,5168	0,8287	-0,4287
Seixo	0,1999	0,8876	-0,0236	0,5679
Rugosidade	-0,0251	-0,3698	0,0795	0,8012
Chuva	-0,8425	-0,2754	-0,0722	-0,3603
Areia	-0,7321	0,2833	-0,675	-0,1442

Observando as espécies mais distantes do ponto de origem em relação ao eixo 1 dos dados de abundância (Figura 1.10a), verificou-se que algumas espécies da infauna, como *C. excisa*, *N. oligohalina* e *Mediomastus* sp., tendem a apresentar maior abundância à medida que aumenta a porcentagem de cobertura de areia. O aumento na abundância das espécies *Hexapanopeus* sp.1 e *C. vittatus* parece estar mais relacionado com o aumento da pluviosidade, enquanto que, *P. gracilis* e *C. fluminensis* apresentam uma forte relação negativa. No eixo 2, a abundância das espécies *C. capitata* e *C. fluminensis* está positivamente relacionada ao aumento da cobertura de seixo e negativamente relacionada à presença de calhau. Para as espécies *P. occidentalis*, *M. nodifrons* e *S. haemastoma*, a presença de matacão aumenta a abundância em número de indivíduos, mas reduz a abundância de *I. pulchella*.

Para os dados de biomassa (Figura 1.10b) no eixo 1, *P. occidentalis* obtém o seu ótimo de biomassa quanto maior a cobertura de matacão. O aumento da cobertura de areia contribui para a elevação da biomassa de *Anachis* sp., *A. obesa*, *Hexapanopeus* sp.1, *N. succinea*, *C. excisa*, *N. oligohalina*, *P. pectorina* e *Syllis* sp., mas reduz a biomassa de *T. trinitatensis*. No eixo 2, a pluviosidade proporciona um ótimo de biomassa para *N. succinea*, *N. oligohalina*, *Hexapanopeus* sp.1, *S. antillensis* e *Anachis* sp., mas elas estão negativamente relacionada com a rugosidade. O aumento da biomassa nas espécies *Lecozonia* sp. e *P. gracilis* apresenta uma relação positiva com a rugosidade e negativa com a pluviosidade. A maior cobertura de seixo apresenta um aspecto positivo para a elevação da biomassa de *C. fluminensis* e *C. capitata*.

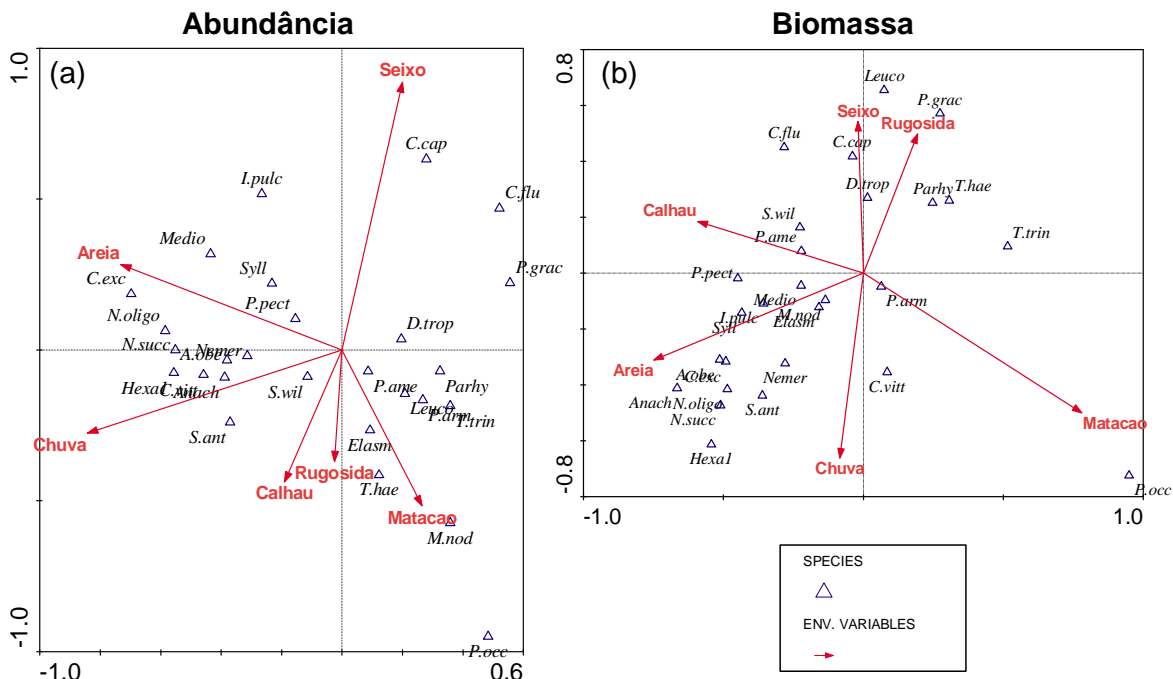


Figura 1.10 – Representação biplot do primeiro e segundo eixos para dados de (a) abundância em número de indivíduos e (b) biomassa de macroinvertebrados, obtida pela análise de correspondência canônica. O nome completo das espécies pode ser encontrado no Apêndice 1.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Padrões de diversidade das assembléias

Os padrões de diversidade, composição e dominância observados indicam mudanças na estrutura das assembléias de macroinvertebrados espacialmente (gradiente vertical no entremarés) e temporalmente (mês/estação do ano) na faixa rochosa da Ilha de Areuá. As análises univariadas e multivariadas concordaram para os mesmos padrões de zonação, sugerindo que ao longo do gradiente vertical de emersão existe uma tendência para a diminuição da diversidade, mudança na composição e aumento da dominância em direção a zona superior. Além disso, a equitabilidade sugere que alguns taxons apresentam elevado grau de similaridade na abundância nas diferentes zonas e períodos de amostragem, não ocorrendo dominância de um único taxon. Assim, as variações entre os descritores das assembléias bênticas neste trabalho estão relacionadas com a resposta de cada um às diferentes características das assembléias no ambiente (Krebs, 1999; Magurran, 2004; Lamb et al., 2009).

O fator zona apresentou forte dissimilaridade para os dados de abundância e biomassa, e esta semelhança nos resultados indica que a altura no entremarés é um fator determinante na estruturação das assembléias no local de estudo. Embora existam algumas exceções (e.g., Chapman, 2002b), a maioria dos estudos realizados em litorais rochosos segue este padrão (Lewis, 1964; Stephenson & Stephenson, 1972). Trabalhos realizados em regiões temperadas que avaliaram a estruturação dos organismos no entremarés também registraram a redução da riqueza e diversidade de espécies ou até mesmo abundância, com aumento da dominância de alguns organismos em direção ao nível superior (e.g., Davidson et al., 2004; Davidson, 2005; Scrosati & Heaven, 2007; Reicherti et al., 2008). Como o local de estudo se localiza na região tropical e o regime de marés é semi-diurno chegando a amplitudes de 4 m, a zona superior fica sujeita a um maior período de exposição ao ar e dessecação, revelando que o estresse durante a exposição na maré baixa deve ser o principal fator estruturante das assembléias macrobênticas.

Os crustáceos foram predominantes no nível superior do entremarés em todos os períodos de coleta. A dominância de *Parhyale* sp. (Amphipoda), *D. tropica*, *C. fluminensis* (Isopoda) e *P. armatus* (Anomura) no superior, reflete a tolerância destas espécies às diferentes condições de estresse durante o período de emersão no entremarés. Apesar de não se descartar a influência da interação biológica no gradiente de distribuição vertical (Coutinho, 1995), já existem também diversas pesquisas que descrevem adaptações de organismos ao estresse térmico (e.g., Somero, 2002; Stillman, 2002; Tomanek & Helmuth, 2002; Bedulina, Zimmer & Timofeyev, 2010), que deve auxiliar na distribuição em níveis mais superiores no entremarés. Bertocci et al. (2010), verificaram que a distribuição vertical também depende da história de vida do organismo, envolvendo principalmente processos de recrutamento e assentamento das larvas ou até mesmo relações interespecíficas.

Apenas os índices de Shannon e Berger-Parker apresentaram diferenças significativas entre as estações do ano. Entretanto, observou-se nas análises univariadas e multivariadas que no período chuvoso existe uma tendência para o aumento da riqueza, diversidade e equitabilidade, acompanhado de redução na dominância e mudança na composição das assembléias. As curvas ABC também indicam que existe uma dinâmica nos padrões de dominância nas diferentes zonas de acordo com o período do ano. Estes resultados sugerem que a zona superior passa por maior nível de estresse, modificando sua configuração apenas em maio



quando já tinham ocorrido eventos freqüentes de precipitação na região. Apesar de um estudo realizado em costão rochoso não ter encontrado um resultado satisfatório deste método para monitoramento de poluição (ver detalhes em Pagola-Carte, 2004), os nossos resultados sugerem que ele pode ser extremamente útil na avaliação de estresse natural no gradiente vertical do entremarés em áreas de fragmentos rochosos, corroborando com um trabalho realizado em planícies de maré estuarina, na Holanda e Bélgica, onde o método foi favorável para avaliação de estresse natural (Meire & Dereu, 1990).

No estuário do Rio Curuçá, assim como em outras regiões da Zona Costeira Amazônica, ocorre uma mudança drástica nos níveis de salinidade acompanhando o efeito sazonal das chuvas, de aproximadamente 40 no período seco a < 6 no chuvoso, aumentando ou reduzindo a diversidade e densidade dos organismos (e.g., Giarrizzo & Krumme, 2007; Magalhães et al., 2009). Entretanto, é possível que o estresse ambiental do entremarés em áreas rochosas, provocado pelo ciclo de marés, principalmente nas regiões tropicais, pode ser amenizado pela ocorrência de um longo período de chuvas na região, apresentando um importante papel na estruturação das assembléias entremareais.

As chuvas devem reduzir os efeitos do tempo de emersão no nível superior, com maior formação de poças, diminuição da incidência de radiação solar, temperatura e evaporação da água, favorecendo a ocupação de espécies que podem ser menos tolerante ao período de dessecação. Lewis (1964) comentou que a frequência da pluviosidade, considerada mais importante que o total de pluviosidade, parece ter um forte efeito sobre a temperatura e o tempo de dessecação no entremarés de litorais rochosos. Talvez esta fosse uma das justificativas para explicar os resultados que mostram fortes semelhanças entre março e maio na estação chuvosa, podendo incluir agosto (início estação seca) que apresenta diferenças em relação a novembro (final estação seca).

Contudo, é importante ressaltar que o efeito da pluviosidade sobre estes padrões deve também estar acompanhado de outros fatores que mudam com a variação sazonal, como por exemplo, os movimentos de circulação local e correntes costeiras. Estes fatores poderão influenciar nos processos de suprimento larval, recrutamento e assentamento (Schiel, 2004; López & Coutinho, 2008), modificando os padrões de diversidade no habitat. Estas predições poderiam explicar os maiores picos de riqueza e diversidade em março na estação chuvosa, e a ausência de

diferenças na diversidade entre as zonas em novembro na estação seca, que apresentou um pico de dominância em abundância na zona inferior representado por *S. wilsoni*, modificando o padrão da curva ABC para esta zona.

Apesar de já existirem estudos mostrando que a estrutura das comunidades no ambiente pode sofrer a influência da sazonalidade climática, neste trabalho, nem todas as análises seguiram o padrão sazonal da região. A riqueza de espécie apresentou diferenças apenas entre meses da estação chuvosa, enquanto a diversidade mostrou diferenças entre as estações. Já o método das curvas ABC e as análises multivariadas revelaram mudanças na composição, no número de indivíduos e biomassa entre períodos de coleta, mas não entre estações. Essas variações foram geralmente mais sensíveis na zona inferior, possivelmente por esta apresentar a maior quantidade de organismos bênticos no entremarés, influenciando fortemente na dinâmica temporal observada neste trabalho.

Essa dinâmica de variação temporal das assembléias bênticas na área rochosa da Ilha de Areuá modificou os padrões de diversidade dos macroinvertebrados, devido principalmente a alta variabilidade entre os meses dentro de estação. A ausência de um padrão sazonal não é um fato isolado na avaliação dos padrões de diversidade de macroinvertebrados nas áreas rochosas. Em New South Wales, Austrália, Chapman (2002b) verificou que as assembléias bênticas foram influenciadas pela variabilidade temporal, embora as variações tenham sido maiores no infralitoral que no entremarés. Nesta mesma região, Underwood et al. (2008), englobando um maior número de locais, verificaram que os animais móveis e algas não apresentaram padrões sazonais para número de espécies, mas ocorreram mudanças na abundância, em contraste com os animais sésseis que mostraram padrões sazonais.

As diferenças nas assembléias observadas entre as zonas e meses/estações do ano seguem a predição da variabilidade nos padrões de biodiversidade que ocorrem através do espaço e do tempo (Magurran & Dornelas, 2010; Magurran & Henderson, 2010). A variabilidade espacial e temporal das assembléias são geralmente interativas (Underwood et al., 2000) e comuns nos habitats rochosos em diferentes regiões. Estas variações estão relacionadas com a combinação de diferenças entre a composição de espécies nas assembléias, sua abundância relativa e/ou sua frequência de ocorrência entre as amostras (Chapman, 2002b) e até mesmo flutuação na biomassa, mas nem sempre seguem um padrão sazonal,

como ocorreu no presente trabalho. Isso pode ser explicado pela heterogeneidade das assembléias, já que taxas individuais apresentam flutuações na abundância e biomassa total em diferentes períodos do ano. Além disso, os nossos resultados mostram que diversos táxons contribuem significativamente para as mudanças espaciais e temporais, com pelo menos três taxas compartilhando “dominância”. As variações também devem estar associadas a processos de recrutamento ou mortalidade, que possivelmente ocorrem separadamente em diferentes períodos do ano, além de interações bióticas como predação e competição, mas que isoladamente não explicam os padrões temporais.

#### **4.2 Fatores estruturadores das assembléias**

Os fatores ambientais locais explorados neste trabalho sugerem que a faixa rochosa do entremarés na Ilha de Areuá é um habitat complexo e heterogêneo, localizado em ambiente tropical com marcada variação sazonal. A distribuição da chuva acumulada no período de coleta coincidiu com a variação sazonal da precipitação descrita para a região (Moraes et al., 2005). Na análise dos componentes estruturais da faixa rochosa foi possível constatar que a área apresenta características de uma complexa estrutura tri-dimensional descrita na literatura para as áreas de formações rochosas similares ao local de estudo, com diferentes tamanhos de rochas e diversos formatos (e.g., Motta et al., 2003; Le Hir & Hily, 2005). Este tipo de habitat propicia a formação de um mosaico rochoso com diferentes microhabitats que poderão ser ocupados por diversos tipos de assembléias bênticas.

A diferença na ordem dos fatores entre os dados de abundância e biomassa na CCA deve estar relacionada com as características distintas destes descritores ecológicos para a estrutura das assembléias. Mas é possível observar nos resultados que a análise de correspondência canônica apresenta algumas características em comum aos dois tipos de dados: (1) a cobertura de areia tem efeitos significativos nos dados de abundância e biomassa das espécies no primeiro eixo e sempre negativamente; (2) as variáveis chuva, areia, seixo e matacão podem influenciar a abundância e biomassa de uma mesma espécie; (3) a rugosidade foi o fator com menor influência para os dois conjuntos de dados.

Essas coincidências sugerem a influência das diferentes variáveis na estruturação das assembléias, que devem atuar de forma distinta na flutuação da

abundância e/ou biomassa das espécies, com alguns deles sendo específicos de uma determinada espécie. No ambiente existe uma complexa interação de fatores bióticos e abióticos para as descrições dos padrões de diversidade das assembléias como mostra a revisão realizada por McArthur et al. (2010), sendo portanto, difíceis de analisá-los separadamente. Como foi destacado por Le Hir & Hily (2005), os fatores ambientais analisados neste trabalho só explicaram parte dos padrões porque um único fator ambiental não consegue justificar a distribuição das espécies no habitat, bem como as flutuações de abundância e biomassa.

A importância da pluviosidade foi sugerida pelos resultados de CCA, embora o fator sazonal não tenha sido significativo para todas as análises realizadas neste trabalho. Isso reforça a influência desta variável na estruturação das assembléias de macroinvertebrados no local estudado, estando fortemente correlacionada com poucas espécies. Estas foram geralmente representadas por pequenos crustáceos, poliquetas, bivalve e gastropoda, influenciando principalmente a abundância e secundariamente a biomassa. Nos estuários da Nova Zelândia o monitoramento da pluviosidade em relação à estrutura das assembléias durante três anos também mostrou que apenas algumas espécies de cnidários, moluscos, poliquetas, crustáceos e nemertea exibiram um padrão de alta abundância nos maiores níveis de chuva registrados (Ford et al., 2007).

Na análise da estrutura física do habitat, embora Frost et al. (2005) recomendem a utilização do método da corrente como boa alternativa para mensurar a complexidade do substrato, o índice de rugosidade calculado neste trabalho foi o fator que menos explicou a variação na abundância e biomassa das assembléias. A técnica da corrente foi utilizada com o intuito de medir as elevações e depressões da superfície do substrato para a formação de diferentes nichos. Porém, esta medida pode ter sido confundida, já que a corrente não deve ter medido eficientemente a quantidade de interstícios e provavelmente está correlacionada inversamente com o tamanho da rocha. Estes resultados indicam que o método da corrente deve ser uma representação da complexidade estrutural somente quando existir pouca mistura de substratos. Já foi constatado que a heterogeneidade de habitats não é diretamente relacionada à complexidade estrutural, apresentando efeitos separados nas assembléias, por isso a combinação deles confunde os estudos de estrutura do habitat (Beck, 2000; Le Hir & Hily, 2005).

Entretanto, a composição do substrato, com os interstícios preenchidos por areia e grânulos entre as rochas ou a presença de diferentes tamanhos de rochas, pode ser considerada importante na estruturação das assembléias no local. Os resultados mostraram que o tipo de substrato influencia na variação da abundância e biomassa das assembléias, bem como na presença/ausência de uma determinada espécie. Em estudo realizado apenas com gastrópodes, Beck (2000) observou que a complexidade e os componentes estruturais do substrato afetaram a riqueza, a densidade total e a densidade de duas espécies de gastrópodes mais abundantes, apresentando fortes efeitos também na distribuição local dos indivíduos.

Na área rochosa desta pesquisa, os interstícios entre as rochas devem proporcionar um microhabitat favorável para o desenvolvimento de espécies que são principalmente representantes da infauna. Motta et al. (2003) comparando sedimentos na presença e ausência de rochas verificaram que algumas espécies da infauna foram mais abundantes em sedimentos associado com rochas, sugerindo que este habitat deve atuar como refúgio para os organismos. Contudo, Cruz-Motta (2005) mostrou que poucos organismos devem utilizar um micro-ambiente específico do sedimento associado a rochas como habitat permanente, pois as diferentes condições de maré influenciam no uso dos recursos disponibilizados pelo substrato (por exemplo, refúgio, abrigo, alimentação).

Alguns estudos mostraram que o tamanho da rocha não tem efeito direto sobre a abundância ou biomassa de macroinvertebrados (Cusson & Bourget, 1997; Chapman, 2002b), mas dependendo do local, o tamanho das rochas em litorais rochosos pode funcionar como “ilha” de habitat, afetando a diversidade e abundância da fauna associada (Londono-Cruz & Tokeshi, 2007). No local de estudo as diferentes rochas parecem contribuir para a formação de microhabitats específicos de determinado taxa, apresentando um efeito positivo na abundância e/ou biomassa para algumas espécies e negativo para outras. Pesquisas realizadas em áreas rochosas localizadas em diferentes regiões também verificaram que muitas espécies estiveram associadas a um determinado tipo de substrato (Davidson et al., 2004; Le Hir & Hily, 2005). Ricciardi & Bourget (1999) mostraram que a biomassa de macroinvertebrados tende a ser elevada quanto maior a rocha e diminui em áreas de cascalho, mas torna a aumentar progressivamente com grãos finos compactados de areia e lama. Considerando as espécies mais relacionadas com os fatores na CCA, os nossos resultados coincidem com essas predições

globais de biomassa, onde as espécies de maior tamanho estiveram fortemente correlacionadas com matacão ou calhau e as de menor tamanho estiveram relacionadas com seixo ou areia.

## **5 CONCLUSÕES**

Esta pesquisa se constitui no primeiro trabalho sobre os padrões de diversidade das assembléias de macroinvertebrados realizado em faixa rochosa na zona costeira amazônica brasileira. Nossos dados mostram a importância de mensurar a riqueza e a diversidade com diferentes descritores ecológicos para melhor compreender os padrões de diversidade do habitat, que são essenciais em estudos pioneiros. A similaridade dos padrões nas análises univariadas e multivariadas com diferentes conjuntos de dados (abundância e biomassa) são uma evidência de que os fatores analisados são importantes para a estruturação das assembléias no local. Um resultado importante observado neste trabalho foi que não existe dominância de um único taxa nas diferentes zonas e/ou períodos de amostragem, com diferentes taxas contribuindo significativamente para os padrões observados. A pluviosidade e o tipo de substrato não explicaram toda a variabilidade dos dados, mas sugerem que a descrição da organização estrutural das assembléias está associada a uma complexa relação de variáveis abióticas. Esta variabilidade está relacionada também à alta diversidade de espécies e as diferentes guildas ocupadas pelos organismos, dificultando a avaliação separadamente. Além disso, os resultados indicam que este habitat rochoso tem um importante papel na manutenção da diversidade biológica na zona costeira amazônica, pois mesmo sendo rara nesta região, abriga uma diversificada fauna, destacando a relevância desta área para a conservação.

Este trabalho foi o passo inicial para compreensão dos processos costeiros na Amazônia que envolvem a dinâmica dos organismos bentônicos em substrato rochoso. Os dados indicam semelhanças no padrão espacial de distribuição dos organismos com outras áreas rochosas entremareais, mas apresentam mudanças temporais claramente distintas. Uma importante questão que precisa ser testada é a influência pluviométrica na distribuição dos organismos no entremarés do local de estudo. Sugere-se a realização de experimentos mais complexos realizados em diferentes escalas espaciais e temporais que possam complementar as informações

obtidas. Nestes devem ser incluídos a avaliação de outros fatores bióticos e abióticos que poderão influenciar na estruturação das assembléias e que não foram mensuradas, como o fluxo da corrente de água, temperatura das rochas, relações de competição e predação, entre outros. Estas informações, bem como a análise de populações das espécies que mais contribuíram para as diferenças, deverão auxiliar em pesquisas futuras com o intuito de elucidar as principais causas dos padrões observados, que são fundamentais para o manejo da Resex.

### **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (Projeto número: 137/2008 – Universal) e recebeu a licença para coleta de material biológico do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente - IBAMA (n° 16346-3 e 16346-5). Recebeu também suporte financeiro do CNPq com bolsa de mestrado concedida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da UFPA para G. C. Morais. Os autores agradecem aos pesquisadores que auxiliaram na identificação das espécies: Dr. Marcos Tavares, Dr. Gustavo Melo e Dr. Luis Simone do Museu de Zoologia da USP; Dr. José Souto Rosa Filho, M. Sc. Daiane E. Aviz, M. Sc. Roseanne F. da Silva e M. Sc. Allan Jameson de Jesus da UFPA; e Dr. Jesser F. Souza Filho do Museu Nacional da UFRJ.

### **REFERÊNCIAS**

- ANDERSON, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* **26**, 32-46.
- BANKS, S. A. & SKILLETER, G. A. (2007). The importance of incorporating fine-scale habitat data into the design of an, intertidal marine reserve system. *Biological Conservation* **138**, 13-29.
- BECK, M. W. (2000). Separating the elements of habitat structure: independent effects of habitat complexity and structural components on rocky intertidal gastropods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **249**, 29-49.
- BEDULINA, D. S., ZIMMER, M. & TIMOFEYEV, M. A. (2010). Sub-littoral and supra-littoral amphipods respond differently to acute thermal stress. *Comparative Biochemistry and Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology* **155**, 413-418.
- BERTOCCI, I., MAGGI, E., VASELLI, S. & BENEDETTI-CECCHI, L. (2010). Resistance of rocky shore assemblages of algae and invertebrates to changes in intensity and temporal variability of aerial exposure. *Marine Ecology-Progress Series* **400**, 75-86.
- CHAPMAN, M. G. (2002a). Early colonization of shallow subtidal boulders in two habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **275**, 95-116.

- CHAPMAN, M. G. (2002b). Patterns of spatial and temporal variation of macrofauna under boulders in a sheltered boulder field. *Austral Ecology* **27**, 211-228.
- CLARKE, K. R. & WARWICK, R. M. (1994). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK.
- COLWELL, R. K. & CODDINGTON, J. A. (1994). Estimating Terrestrial Biodiversity through Extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **345**, 101-118.
- COUTINHO, R. (1995). Avaliação crítica das causas da zonação dos organismos bentônicos em costões rochosos. *Oecologia Brasiliensis* **1**, 259-271.
- CRUZ-MOTTA, J. J. (2005). Diel and tidal variations of benthic assemblages in sediments associated with boulder fields. *Marine Ecology-Progress Series* **290**, 97-107.
- CUSSON, M. & BOURGET, E. (1997). Influence of topographic heterogeneity and spatial scales on the structure of the neighbouring intertidal endobenthic macrofaunal community. *Marine Ecology-Progress Series* **150**, 181-193.
- DAVIDSON, I. C. (2005). Structural gradients in an intertidal hard-bottom community: examining vertical, horizontal, and taxonomic clines in zoobenthic biodiversity. *Marine Biology* **146**, 827-839.
- DAVIDSON, I. C., CROOK, A. C. & BARNES, D. K. A. (2004). Macrobenthic migration and its influence on the intertidal diversity dynamics of a meso-tidal system. *Marine Biology* **145**, 833-842.
- FORD, R. B., ANDERSON, M. J. & KELLY, S. (2007). Subtle and negligible effects of rainfall on estuarine infauna: evidence from three years of event-driven sampling. *Marine Ecology-Progress Series* **340**, 17-27.
- FROST, N. J., BURROWS, M. T., JOHNSON, M. P., HANLEY, M. E. & HAWKINS, S. J. (2005). Measuring surface complexity in ecological studies. *Limnology and Oceanography-Methods* **3**, 203-210.
- GIARRIZZO, T. & KRUMME, U. (2007). Spatial differences and seasonal cyclicity in the intertidal fish fauna from four mangrove creeks in a salinity zone of the Curuca Estuary, North Brazil. *Bulletin of Marine Science* **80**, 739-754.
- GUICHARD, F. & BOURGET, E. (1998). Topographic heterogeneity, hydrodynamics, and benthic community structure: a scale-dependent cascade. *Marine Ecology-Progress Series* **171**, 59-70.
- HAMMER, O., HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. (2009). *PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis*. . Palaeontologia Electronica, v. 4, n. 1.
- HENDERSON, P. A. & MAGURRAN, A. E. (2010). Linking species abundance distributions in numerical abundance and biomass through simple assumptions about



community structure. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **277**, 1561-1570.

KENNEY, A. J. & KREBS, C. J. (2000). *Programs for Ecological Methodology*. 2ª ed, Versão 5.2.

KREBS, C. J. (1999). *Ecological Methodology*, 2nd edition. Addison-Welsey Educational Publishers.

KUKLINSKI, P. & BARNES, D. K. A. (2008). Structure of intertidal and subtidal assemblages in Arctic vs temperate boulder shores. *Polish Polar Research* **29**, 203-218.

KUKLINSKI, P., BARNES, D. K. A. & TAYLOR, P. D. (2006). Latitudinal patterns of diversity and abundance in North Atlantic intertidal boulder-fields. *Marine Biology* **149**, 1577-1583.

LACERDA, L. D., CONDE, J. E., KJERFVE, B., ALVAREZ-LEÓN, R., ALCARÓN, C. & POLANÍA, J. (2002). American Mangroves. In *Mangrove Ecosystems, Function and Management* (ed. L. D. Lacerda), pp. 1-62. Springer-Verlag, Berlin, Springer-Verlag. Disponível em: <http://geotest.tamu.edu/userfiles/167/189.pdf> . Acesso em: 10 de março de 2011

LAMB, E. G., BAYNE, E., HOLLOWAY, G., SCHIECK, J., BOUTIN, S., HERBERS, J. & HAUGHLAND, D. L. (2009). Indices for monitoring biodiversity change: Are some more effective than others? *Ecological Indicators* **9**, 432-444.

LE HIR, M. & HILY, C. (2005). Macrofaunal diversity and habitat structure in intertidal boulder fields. *Biodiversity and Conservation* **14**, 233-250.

LEWIS, J. R. (1964). *The Ecology of Rocky Shores*. The English Universities Press LTD, London.

LONDONO-CRUZ, E. & TOKESHI, M. (2007). Testing scale variance in species-area and abundance-area relationships in a local assemblage: an example from a subtropical boulder shore. *Population Ecology* **49**, 275-285.

LÓPEZ, M. S. & COUTINHO, R. (2008). Benthic-Pelagic Coupling: the role of larval supply on benthic community structure of rocky shores. *Oecologia Brasiliensis* **12**, 575-601.

LUCKHURST, B. E. & LUCKHURST, K. (1978). Analysis of Influence of Substrate Variables on Coral-Reef Fish Communities. *Marine Biology* **49**, 317-323.

MAGALHÃES, A., LEITE, N. R., SILVA, J. G. S., PEREIRA, L. C. C. & COSTA, R. M. (2009). Seasonal variation in the copepod community structure from a tropical Amazon estuary, Northern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **81**, 187-197.

MAGURRAN, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science.

- MAGURRAN, A. E. & DORNELAS, M. (2010). Biological diversity in a changing world Introduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* **365**, 3593-3597.
- MAGURRAN, A. E. & HENDERSON, P. A. (2010). Temporal turnover and the maintenance of diversity in ecological assemblages. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* **365**, 3611-3620.
- MAGURRAN, A. E. & QUEIROZ, H. (2010). Evaluating Tropical Biodiversity: Do We Need a More Refined Approach? *Biotropica* **42**, 537-539.
- MCARTHUR, M. A., BROOKE, B. P., PRZESLAWSKI, R., RYAN, D. A., LUCIEER, V. L., NICHOL, S., MCCALLUM, A. W., MELLIN, C., CRESSWELL, I. D. & RADKE, L. C. (2010). On the use of abiotic surrogates to describe marine benthic biodiversity. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **88**, 21-32.
- MEIRE, P. M. & DEREU, J. (1990). Use of the Abundance Biomass Comparison Method for Detecting Environmental-Stress - Some Considerations Based on Intertidal Macrozoobenthos and Bird Communities. *Journal of Applied Ecology* **27**, 210-223.
- MORAES, B. C. D., COSTA, J. M. N. D., COSTA, A. C. L. D. & COSTA, M. H. (2005). Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica* **35**, 207-214.
- MOTTA, J. J. C., UNDERWOOD, A. J., CHAPMAN, M. G. & ROSSI, F. (2003). Benthic assemblages in sediments associated with intertidal boulder-fields. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **285**, 383-401.
- OLIVEIRA, G. M. B., A. C., EVANGELISTA, J. E. V., SANTOS, A. R. B., HAIMOVICI, M. & FISCHER, L. G. (2007). Prospecções na Região Norte. In *A prospecção pesqueira e a abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: Levantamento de dados e a avaliação crítica* (ed. M. Haimovici), pp. 125-151, Brasília.
- PAGOLA-CARTE, S. (2004). ABC method and Biomass Size Spectra: what about macrozoobenthic biomass on hard substrata? *Hydrobiologia* **527**, 163-176.
- REICHERTI, K., BUCHHOLZ, F., BARTSCH, I., KERSTEN, T. & GIMENEZ, L. (2008). Scale-dependent patterns of variability in species assemblages of the rocky intertidal at Helgoland (German Bight, North Sea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **88**, 1319-1329.
- RICCIARDI, A. & BOURGET, E. (1999). Global patterns of macroinvertebrate biomass in marine intertidal communities. *Marine Ecology-Progress Series* **185**, 21-35.
- RIOS, C. & MUTSCHKE, E. (1999). Community structure of intertidal boulder-cobble fields in the Straits of Magellan, Chile. *Scientia Marina* **63**, 193-201.
- SCHIEL, D. R. (2004). The structure and replenishment of rocky shore intertidal communities and biogeographic comparisons. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **300**, 309-342.

- SCROSATI, R. & HEAVEN, C. (2007). Spatial trends in community richness, diversity, and evenness across rocky intertidal environmental stress gradients in eastern Canada. *Marine Ecology-Progress Series* **342**, 1-14.
- SOMERO, G. N. (2002). Thermal physiology and vertical zonation of intertidal animals: Optima, limits, and costs of living. *Integrative and Comparative Biology* **42**, 780-789.
- SOUZA FILHO, P. W. M. (2005). Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica* **23**, 427-435.
- STEPHENSON, T. A. & STEPHENSON, A. (1972). *Life between tidemarks on rocky shores*. W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- STILLMAN, J. H. (2002). Causes and consequences of thermal tolerance limits in rocky intertidal porcelain crabs, genus *Petrolisthes*. *Integrative and Comparative Biology* **42**, 790-796.
- TER BRAAK, C. J. F. & SMILAUER, P. (2002). *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination*. Version 4.5. Microcomputer Power Ithaca, NY, USA
- TOMANEK, L. & HELMUTH, B. (2002). Physiological ecology of rocky intertidal organisms: A synergy of concepts. *Integrative and Comparative Biology* **42**, 771-775.
- UNDERWOOD, A. J. (1981). Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* **19**, 513-605.
- UNDERWOOD, A. J. (1997). *Experiments in ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, Cambridge.
- UNDERWOOD, A. J. (2000). Experimental ecology of rocky intertidal habitats: what are we learning? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **250**, 51-76.
- UNDERWOOD, A. J., CHAPMAN, M. G., COLE, V. J. & PALOMO, M. G. (2008). Numbers and density of species as measures of biodiversity on rocky shores along the coast of New South Wales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **366**, 175-183.
- UNDERWOOD, A. J., CHAPMAN, M. G. & CONNELL, S. D. (2000). Observations in ecology: you can't make progress on processes without understanding the patterns. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **250**, 97-115.
- WARWICK, R. M. (1986). A New Method for Detecting Pollution Effects on Marine Macrobenthic Communities. *Marine Biology* **92**, 557-562.
- WINGMAV5. (1997). Analysis of variance with up to five factors. Designed and coded by A.J. Underwood and M.G. Chapman. Windows implementation by S.A. Richards and M.B. Sage. Institute of Marine Ecology, University of Sydney. Licensed to Arraial do Cabo.

## CAPÍTULO 2

**DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE *Petrolisthes armatus* (Gibbes, 1850)  
(DECAPODA: ANOMURA) EM FRAGMENTOS ROCHOSOS NO ENTREMARÉS  
DA ILHA DE AREUÁ, ZONA COSTEIRA AMAZÔNICA DO BRASIL**

**CAPÍTULO 2 – Distribuição vertical de *Petrolisthes armatus* (Gibbes, 1850) (Decapoda: Anomura) em fragmentos rochosos no entremarés da Ilha de Areuá, Zona Costeira Amazônica do Brasil**

Gisele Cavalcante MORAIS  
James Tony LEE

Universidade Federal do Pará – Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo de Recursos Aquáticos – Av. Perimetral, n. 2651. Terra Firme. Belém, PA. CEP 66077-830. Brasil. E-mail: [gisellymorais05@yahoo.com.br](mailto:gisellymorais05@yahoo.com.br)

**Resumo**

Os padrões de zonação vertical dos organismos no entremarés de litorais rochosos são comuns em diversas regiões do mundo. Entretanto, nada se conhece a respeito destes aspectos para os organismos que habitam as áreas de fragmentos rochosos naturais que formam ilhas de habitats na Zona Costeira Amazônica Brasileira. O presente estudo avaliou os aspectos da abundância e distribuição do caranguejo porcelanídeo *Petrolisthes armatus* na área de fragmentos rochosos no entremarés da Ilha de Areuá, nordeste do Pará, localizada no litoral amazônico. Foi testada a hipótese de que a densidade e a distribuição de *P. armatus* apresentam modificações em relação ao gradiente vertical do entremarés e a sazonalidade da região, que pode ainda sofrer influência da composição do substrato. As coletas ocorreram nos meses de Agosto e Novembro de 2009 (período seco) e em Março e Maio de 2010 (período chuvoso), nas zonas inferior e superior do mesolitoral. Em cada zona e período de coleta foram amostrados o interior de 8 quadrados (25 cm X 25 cm) colocados aleatoriamente ao longo de transectos paralelos à linha d'água, obtendo-se um total de 64 réplicas. Os resultados mostraram que esta espécie ocupa regiões mais superiores do entremarés mesmo em menor densidade e não apresenta variação sazonal. A cobertura de seixo e areia apresentou uma tendência negativa para a densidade de *P. armatus* no local de estudo. O substrato calhau foi positivamente correlacionado com a densidade desta espécie na zona superior durante o período de menor pluviosidade, sugerindo refúgio durante a emersão. Este trabalho mostrou que o gradiente vertical e a composição do substrato são fatores importantes para a distribuição de *P. armatus* na área de fragmentos rochosos do entremarés.

**Palavras-chave:** zonação, habitat rochoso, caranguejo porcelanídeo, litoral amazônico.

**Abstract**

The vertical zonation patterns of organisms on intertidal rocky shores are common in several regions of the world. However, nothing is known about these aspects in natural rocky fragments habitats at Coastal Zone Brazilian Amazon. The aim of the

present study was to assess the distribution and abundance aspects of porcelain crabs *Petrolisthes armatus* in the intertidal rocky fragments sites of Areuá Island, Pará northeast, located in Amazonian coast. The hypothesis tested was that distribution and density of *P. armatus* show alteration to the intertidal vertical gradient and seasonality of the region and that also be influenced by substrate composition. The samples were collected in August and November 2009 (dry season), March and May 2010 (rainy season) in the upper and lower intertidal zones. In each area and period were sampled 8 quadrats (25 cm X 25 cm) randomly placed along transects parallel to the waterline, a total of 64 replicas. The results showed that *P. armatus* occupies the upper intertidal regions even in smaller density and does not have a seasonal variation. The sand and pebble coverage showed a negative trend for the *P. armatus* density in the study site. The cobble substrate was positively correlated with density of this species in the upper zone in low rainfall, suggesting refuge during emersion. This paper demonstrates that vertical gradient and substrate composition are important factors to *P. armatus* distribution in intertidal rocky fragments.

**Keywords:** zonation, rocky habitat, porcelain crab, amazonian coast.

## 1 INTRODUÇÃO

A zona do entremarés é um importante ambiente de transição entre o meio terrestre e marinho, colonizado por espécies que estão constantemente expostas a alternância nas condições ambientais provocados pelo ciclo de marés (Bertness, 1999; Menge & Branch, 2001). A distribuição vertical e a abundância dos organismos neste ambiente são influenciadas por diversos fatores espaciais e temporais (Underwood, Chapman & Connell, 2000), que por várias décadas tem sido objeto de estudo dos pesquisadores em diferentes regiões costeiras rochosas (Underwood, 2000). Estes estudos constituem um importante instrumento para o desenvolvimento e testes de teorias sobre a ecologia dos organismos no ambiente.

As regiões entremareais rochosas são ambientes muito dinâmicos, tanto em termos hidrológicos como ecológicos, apresentando um grande número de espécies que tem papel fundamental na estruturação da comunidade (e.g., Guichard & Bourget, 1998; Motta et al., 2003). Nestas áreas é comum encontrar espécies de Porcellanidae, conhecidos como caranguejos porcelanídeos, vivendo em densas agregações sob as rochas e coexistindo com outras espécies presentes no habitat (e.g., Masunari & Dubiaski-Silva, 1998; Emparanza, 2007; Hollebhone & Hay, 2007a). Os porcelanídeos são organismos de vida livre, sendo alguns comensais, que apresentam sucesso de colonização em diferentes habitats devido, principalmente,

ao seu potencial ecológico e de dispersão (Werding, Hiller & Lemaitre, 2003; Ferreira, 2010).

*Petrolisthes* é o mais diversificado entre os gêneros de Porcellanidae, com mais de 100 espécies, destacando-se *Petrolisthes armatus* (Gibbes, 1850) como a mais difundida no Atlântico Ocidental, sendo também encontrada no Pacífico oriental (Werding et al., 2003; Rodriguez, Hernandez & Felder, 2005). Esta espécie é abundante em áreas costeiras tropicais e temperadas, se desenvolve facilmente em áreas de fragmentos rochosos e consegue se adaptar às diferentes condições do ambiente (Hollebone & Hay, 2007a; 2007b; 2008). Por isso, *P. armatus* é foco de pesquisas que visam compreender os fatores que regulam as causas e conseqüências dos padrões de distribuição dos organismos no ambiente, além de adaptações fisiológicas relacionadas à distribuição vertical no entremarés (e.g., Somero, 2002; Hollebone & Hay, 2007b; 2008). *P. armatus* tem um corpo achatado como adaptação para viver em fendas de rochas, atinge um tamanho de 15 mm, apresenta alimentação suspensívora e pode ser predada por caranguejos ou peixes (Hollebone & Hay, 2008; Ferreira, 2010).

Organismos de diversos habitats apresentam padrões de abundância muito variáveis e interativos, com variabilidade em pequena escala espacial e temporal (Chapman, 2002), que se modifica entre diferentes regiões e influenciam a dinâmica de estruturação das comunidades. Por este motivo, muitos pesquisadores tem se preocupado com a interação destas variáveis nos padrões e processos que influenciam a distribuição e abundância dos organismos no entremarés rochoso (Underwood, 2000; Underwood et al., 2000). Estudos realizados com diferentes espécies de porcelanídeos no entremarés mostraram que fatores bióticos (e.g., competição e predação) e abióticos (e.g., tolerância à dessecação e complexidade do substrato) exercem forte influencia nos padrões espaciais e temporais destes organismos (e.g., Jensen & Armstrong, 1991; Emparanza, 2007; Hollebone & Hay, 2008).

Para *P. armatus* já existem alguns trabalhos sobre a abundância e dinâmica populacional no Brasil (e.g., Oliveira & Masunari, 1995; Miranda & Mantelatto, 2009) e em outras regiões do Atlântico Ocidental (e.g., Diaz-Ferguson & Vargas-Zamora, 2001; Hollebone & Hay, 2007a), além de interações bióticas (Hollebone & Hay, 2007b; 2008). Apesar dos intensos esforços com pesquisas realizadas nos últimos anos pelo Grupo de Pesquisa em Ecologia de Crustáceos da Amazônia (GPECA),

ainda não existem informações publicadas na literatura para esta espécie na região norte do Brasil. *P. armatus* pode ter um papel fundamental nos padrões de diversidade das assembléias bentônicas na Zona Costeira Amazônica Brasileira, principalmente na Ilha de Areuá, onde esta espécie representou a maior dominância e representatividade, como mostrou o capítulo 1.

Neste contexto, a proposta deste estudo foi avaliar a variabilidade natural na distribuição e abundância de *Petrolisthes armatus* no entremarés de fragmentos rochosos na Ilha de Areuá, localizada na zona costeira amazônica, focalizando a atenção para: (1) os padrões de zonação vertical em relação à variação sazonal da região e (2) a influência do tamanho das rochas nos padrões de distribuição e abundância da espécie. Como hipótese nós assumimos que as variações na abundância de *Petrolisthes armatus* no entremarés em afloramento rochoso ocorrem em relação a sua distribuição vertical no substrato, com modificações relacionadas aos períodos climáticos da região de estudo e aos diferentes tamanhos de rocha.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

O estudo foi realizado na Ilha de Areuá (00°35'10.73''S e 47°50'48.72''W), localizada no estuário inferior do Rio Curuçá que é formado pela confluência do Rio Curuçá e Canal Muriá, no domínio territorial da Reserva Extrativista Mãe Grande do município de Curuçá, nordeste do estado do Pará (Figura 2.1). É considerado um dos estuários mais Ocidentais da segunda maior área de manguezais do mundo (Lacerda et al., 2002). Este estuário, com perímetro, comprimento e área de 133 km, 21 km e 200 km<sup>2</sup>, respectivamente, apresenta uma planície de maré coberta por aproximadamente 116 km<sup>2</sup> de bosque de mangue dominados por *Rhizophora mangle* e *Avicennia germinans* (Giarrizzo & Krumme, 2007).

O clima da região é do tipo equatorial super-úmido, com temperatura média de 27°C (informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE), com duas estações bem definidas: época chuvosa de janeiro a junho, e seca, entre julho e dezembro. No período chuvoso, esta região apresenta chuvas com forte intensidade, média anual de 1.657 mm, enquanto que no período menos chuvoso, são freqüentes as estiagens de duração variável e a pluviosidade média anual é de 487 mm (Moraes et al., 2005). A Corrente Norte do Brasil se faz sentir com maior



intensidade na época seca, quando a salinidade aumenta bastante nas águas costeiras (Oliveira et al., 2007).

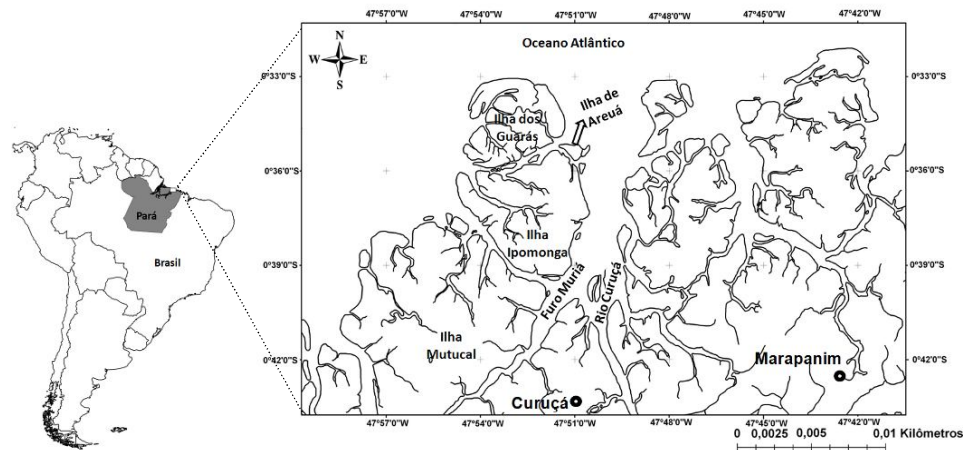


Figura 2.1 – Mapa da área de estudo na Ilha de Areuá, município de Curuçá, estado do Pará.

A ilha de Areuá, localizada na zona costeira amazônica do Brasil, possui uma área de 1,34 km<sup>2</sup> com uma variedade de habitats costeiros dominados por bosques de mangue (principalmente *Rhizophora mangle* e *Avicennia germinans*), praias arenosas e lamosas, planícies de maré, além de algumas manchas de marismas e fragmentos rochosos. A ilha apresenta influência marinha e estuarina, com macro marés semi-diurnas e amplitudes superiores a 4 m. A praia recebe contribuições de lama provinda do estuário e manguezais. No nordeste da Ilha encontra-se uma faixa rochosa no entremarés com uma área de aproximadamente 0,25 km<sup>2</sup> que dista aproximadamente 0,17 km do nível mínimo de baixa-mar, ficando totalmente emersa nas marés de sizígia. A região central das zonas inferior e superior na área rochosa, respectivamente, fica distante a aproximadamente 0,21 km e 0,27 km do nível mínimo de baixa-mar.

A área de fragmentos rochosos é formada por substrato misto de rochas fixas, semi-fixas e desprendidas (seixos, calhaus e matacões, de composição laterítica), sobrepondo um substrato inconsolidado formado por grânulos, areia e lama. Nesta região rochosa são encontrados organismos da flora e da fauna, incluindo espécies sésseis (e.g., macroalgas, cracas, anêmonas), sedentárias (e.g., polychaetas, bivalves) e móveis (e.g., caranguejos, amphipodas, isopodas, gastropodas). A superfície das rochas apresenta espaços nus (ausência de colonização da biota,

principalmente na zona superior do entremarés) e/ou estão cobertas por algas, fina camada de biofilme ou detritos.

## 2.2 Desenho amostral

A faixa rochosa do entremarés foi dividida em duas zonas: inferior e superior, de acordo com a variação do nível de preamar e baixa-mar da maré de sizígia. O delineamento experimental para a caracterização da distribuição e abundância de *P. armatus* na faixa rochosa seguiu um modelo misto da Análise de Variância, conforme a Figura 2.2, onde temos os seguintes fatores: zona (fixo, 2 níveis), estação (fixo, 2 níveis) e mês (aleatório, 2 níveis, aninhado em estação), seguindo as sugestões de Underwood (1997).

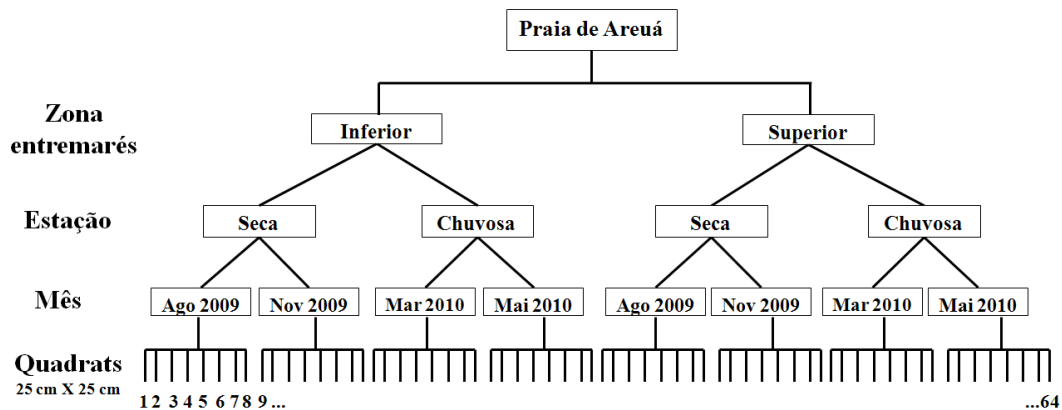


Figura 2.2 – Delineamento amostral de modelo misto com a indicação dos fatores para caracterização dos padrões de distribuição e abundância de *P. armatus* na região rochosa do entremarés na Ilha de Areuá.

As coletas ocorreram entre os meses de agosto de 2009 e maio de 2010. Em cada estação do ano foram escolhidos aleatoriamente 2 meses para amostragem. Para cada mês, foram distribuídos 4 transectos paralelos à linha d'água (20 m de comprimento), de forma aleatória nas zonas inferior e superior da faixa rochosa do entremarés, distanciados entre si na escala de dezenas de metros. Ao longo dos transectos foram amostrados o interior de 2 quadrados (25 cm X 25 cm) colocados aleatoriamente, totalizando 64 réplicas. Os transectos foram usados apenas para melhor distribuir as amostras entre as zonas, e portanto, não foram considerados tratamentos nas análises.

### 2.3 Coleta de dados

A área delimitada pelo quadrado de cada réplica foi fotografada usando uma câmara digital SAMSUNG S730 com 7,2 megapixels. Posteriormente, indivíduos de *P. armatus* (Figura 2.3) foram coletados manualmente na área delimitada pelo quadrado nos três microhabitats: na parte superior e inferior das rochas e no sedimento abaixo das rochas escavado até 10 cm de profundidade quando possível. Para evitar a fuga dos indivíduos foi colocado um tecido de “filó” ao redor de cada quadrado e na separação do material biológico foi utilizado peneira com malha de 0,5 mm. Todas as amostras foram fixadas em formaldeído 10% e levadas para triagem em laboratório, sendo posteriormente transferidas para solução de álcool a 70%.

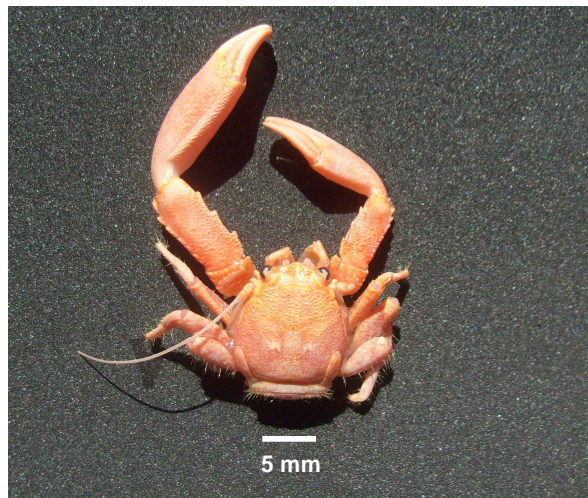


Figura 2.3 – Exemplar de *Petrolisthes armatus* (Gibbes, 1850) da área de fragmentos rochosos no entremarés da Ilha de Areuá, Curuçá, Pará.

Os dados diários de precipitação total (mm) para a região de estudo durante o período de coleta foram obtidos junto a Agência Nacional de Águas (ANA) vinculada ao Ministério do Meio Ambiente do Brasil ([www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)), provenientes da estação meteorológica do município de Curuçá. Estes dados foram usados para confirmação das estações do ano e comparação com os padrões de distribuição e abundância da população de *P. armatus* na faixa rochosa do entremarés da Ilha de Areuá. Os dados diários de amplitude das marés previstas para os períodos de coleta foram obtidos junto ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>).

## 2.4 Análise de dados

Calculou-se para cada amostra, a densidade (indivíduos/m<sup>2</sup>) de *P. armatus*, que foi comparada utilizando Análise de Variância (ANOVA) com três fatores: nível do entremarés (inferior e superior), estações do ano (seca e chuvosa) e meses dentro de cada estação (agosto e novembro, março e maio), com auxílio do programa WinGMAV5 (1997) para Windows. Com este mesmo programa o conjunto de dados foi transformado em  $\ln(x+1)$  para atender as premissas de homogeneidade das variâncias, checado pelo teste de Cochran. Quando a fonte de variação foi significativa para os fatores analisados utilizou-se o teste Student-Newman-Keuls (SNK) para especificar as diferenças. O nível de significância estabelecido para estas análises foi de 5%.

A descrição da pluviosidade foi realizada pelos valores médios diários (média  $\pm$  erro padrão) e precipitação total (mm) dos meses de coleta. Na análise da porcentagem de cobertura das rochas foram analisadas as fotografias de cada quadrado (réplica) utilizando-se o software JEHP, University of Western Australia (v 1.0.0.1, © James Wise, UWA/CoastalCRC), usando um método de pontos interceptados. Com auxílio do programa foram selecionados aleatoriamente vinte pontos, restritos à área do quadrado, que foram associados com as diferentes categorias de tamanho das rochas, seguindo a Escala de Wentworth como descrito na Tabela 2.1. Os dados foram convertidos a % de cobertura do espaço primário ocupado pelos componentes categóricos. A análise de regressão foi utilizada para verificar a relação de associação destes descritores do substrato com a densidade de *P. armatus* de acordo com a zona do entremarés (inferior e superior) e o período de coleta (estação seca e chuvosa). Esta análise foi realizada utilizando Microsoft Excel, considerando o nível de significância  $\alpha=0,05$ . A categoria “matacão” não foi considerada, pois apresentou baixa frequência de ocorrência entre as réplicas (17%).

## 3 RESULTADOS

Foi observado um padrão sazonal de pluviosidade no local de estudo, com duas estações bem definidas durante o período de coletas: chuvoso e seco (Figura 2.4). O total de chuva acumulada para as coletas realizadas em agosto (16 mm) e novembro (2,4 mm) de 2009, com médias diárias de  $0,51 \pm 0,25$  mm e  $0,08 \pm 0,05$  mm,

respectivamente, foram inferiores aos meses de março (264,9 mm) e maio (272,9 mm) em 2010. A amplitude de marés variou de 0,1 m a 4,8 m em agosto e 0,3 m a 4,5 m em novembro de 2009, de -0,1 m a 4,9 m em março e 0,3 m a 4,4 m em maio de 2010.

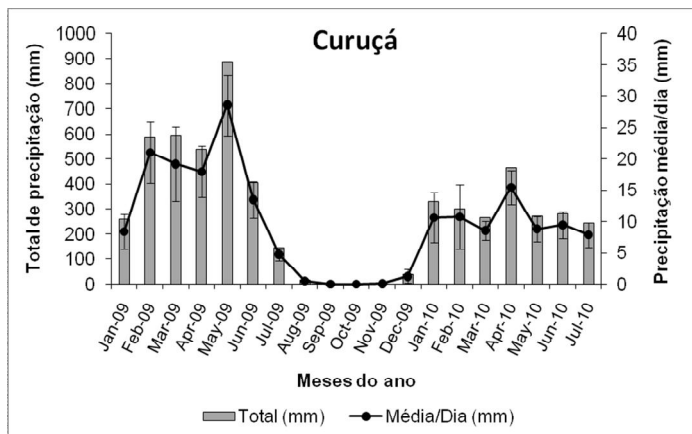


Figura 2.4 – Precipitação total (chuva acumulada) e precipitação média/dia com barras de erro padrão no período de janeiro de 2009 a julho de 2010. Dados disponíveis na ANA.

Na análise da porcentagem de cobertura, a área amostrada durante o período de coleta foi dominada por calhau (51,5%), seguido de seixo (32,5%), matacão (10%) e areia (6%). Entretanto, estas categorias do substrato apresentaram diferentes percentuais de contribuição entre as zonas (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Percentual de contribuição das categorias do substrato nas diferentes zonas do entremarés na faixa rochosa da Ilha de Areuá.

<b>Categorias do substrato</b>	<b>Tamanho <math>\Phi</math></b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
Areia (areia e grânulo)	< 4 mm	8,5%	4%
Seixo	4 – 64 mm	23%	42%
Bloco ou calhau	64 – 256 mm	60,5%	42,5%
Matacão	> 256 mm	8%	11,5%

A densidade de *Petrolisthes armatus* variou de 16 ind./m<sup>2</sup> (zona superior em agosto e inferior em novembro) a 1600 ind./m<sup>2</sup> (zona inferior em março), com média de 245±42,5 ind./m<sup>2</sup>. Esta espécie esteve presente em todos os períodos de amostragem na zona inferior e superior da faixa rochosa no entremarés, mas não houve interação significativa entre os fatores, apresentando diferenças significativas na densidade média apenas entre as zonas (Tabela 2.2; Figura 2.5). A densidade média de *P. armatus* na zona inferior (386,5±70,5 ind./m<sup>2</sup>) foi significativamente maior que na zona superior (104±33,9 ind./m<sup>2</sup>), com o valor de p marginal (p=0,0505).

Durante picos de abundância em alguns períodos do ano, esta espécie deve formar manchas, como indicado pela alta variabilidade entre as réplicas principalmente nos meses de agosto e março na zona inferior, que apresentaram densidade média de  $454 \pm 115,5$  ind./m<sup>2</sup> e  $654 \pm 205,8$  ind./m<sup>2</sup>, respectivamente.

Tabela 2.2 – Análise dos efeitos da Zona (Zo, inferior vs. superior), Estação (Es, seca vs. chuvosa) e Mês (Mê, fator aleatório com dois níveis aninhado em Estação) na densidade de *Petrolisthes armatus* na faixa rochosa do entremarés na Praia de Areuá. \*  $p \leq 0,05$ ; NS = Não significativo.

Fonte de variação	df	MS	F	p
Zo	1	112,3716	18,31	*
Es	1	0,4363	0,04	NS
Mê(Es)	2	9,9402	2,41	NS
ZoXEs	1	0,7973	0,13	NS
ZoXMê(Es)	2	6,1373	1,49	NS
Residual	56	4,1185		

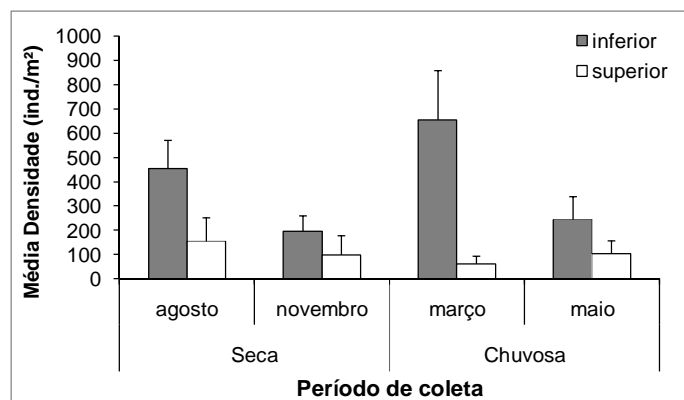


Figura 2.5 – Densidade média ( $\pm$  erro padrão) de *Petrolisthes armatus* por período de coleta nas diferentes zonas do entremarés na Ilha de Areuá.

A % de cobertura de calhau foi a característica do substrato mais fortemente correlacionada com a densidade de *P. armatus* (Figuras 2.6 – 2.8). Além disso, as relações entre % cobertura de calhau e densidade de *P. armatus* exibiram tendências opostas entre as zonas dentro da estação e nas zonas em diferentes estações (Figura 2.6). Isto sugere que existem diferentes fatores interagindo com o substrato calhau influenciando a abundância desta espécie nas diferentes zonas e períodos do ano. As categorias do substrato com menor tamanho (seixo e areia) não mostraram relação significativa com a densidade de *P. armatus* (Figuras 2.7 e 2.8). Observou-se que o aumento da cobertura de seixo e areia apresenta uma tendência negativa para a densidade de *P. armatus* em todas as zonas e períodos do ano.

Estes resultados indicam que a redução no tamanho da categoria do substrato limita drasticamente a ocupação desta espécie no habitat durante o período de emersão no entremarés.

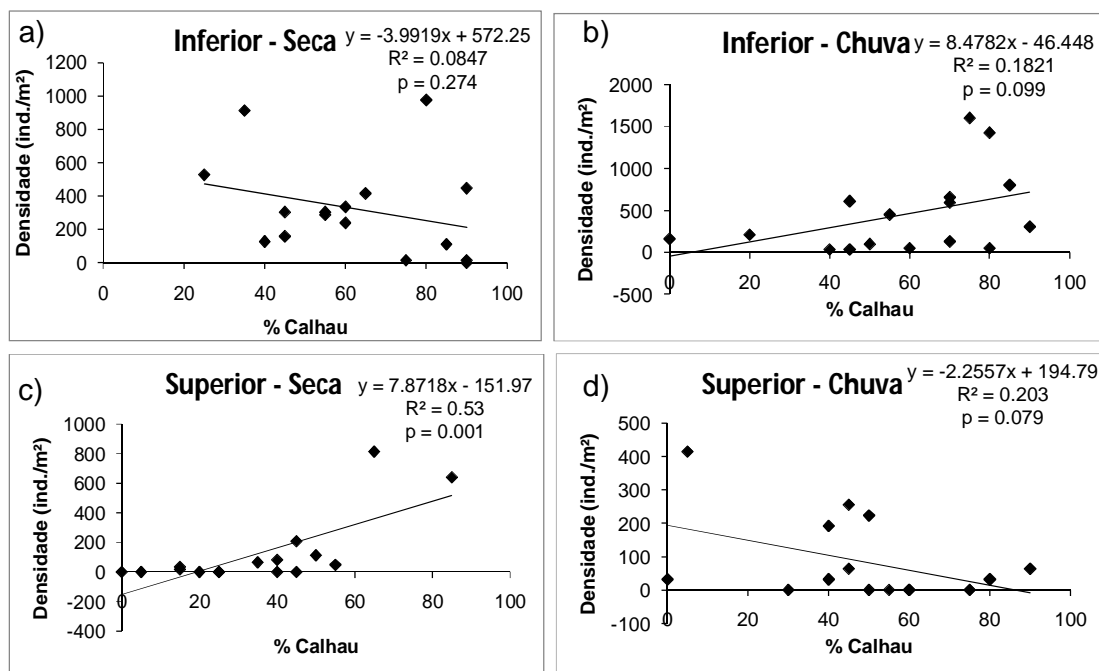


Figura 2.6 – Relação entre a densidade de *P. armatus* e a porcentagem de calhau na faixa rochosa da Ilha de Areuá: (a) zona inferior na estação seca, (b) zona inferior na estação chuvosa, (c) zona superior na estação seca e (d) zona superior na estação chuvosa.

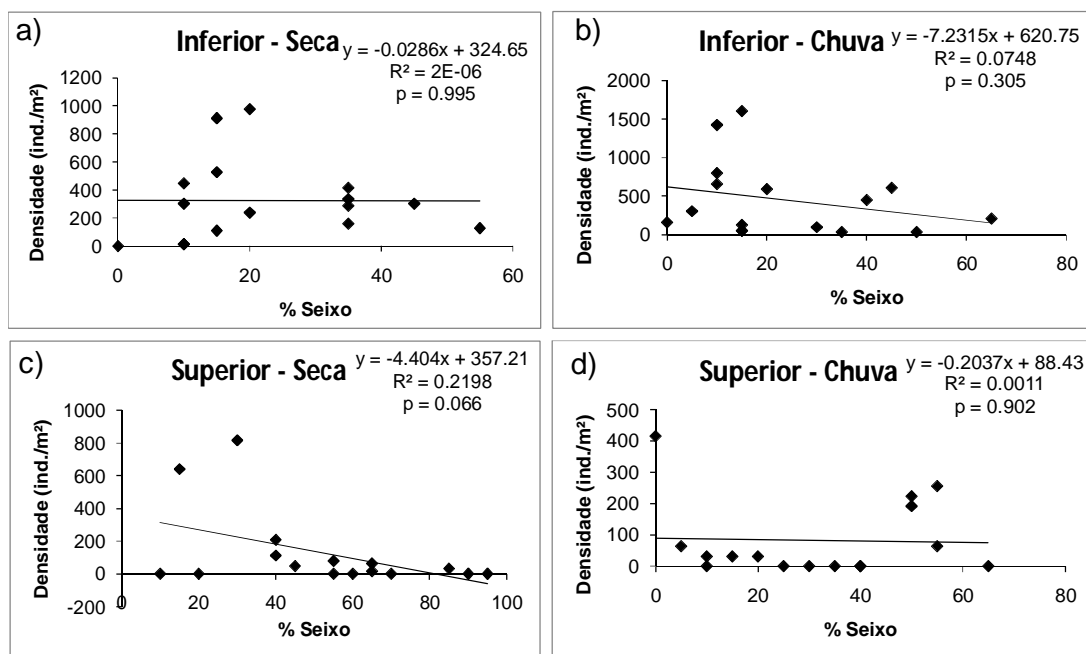


Figura 2.7 – Relação entre a densidade de *P. armatus* e a percentagem de seixo na faixa rochosa da Ilha de Areuá: (a) zona inferior na estação seca, (b) zona inferior na estação chuvosa, (c) zona superior na estação seca e (d) zona superior na estação chuvosa.

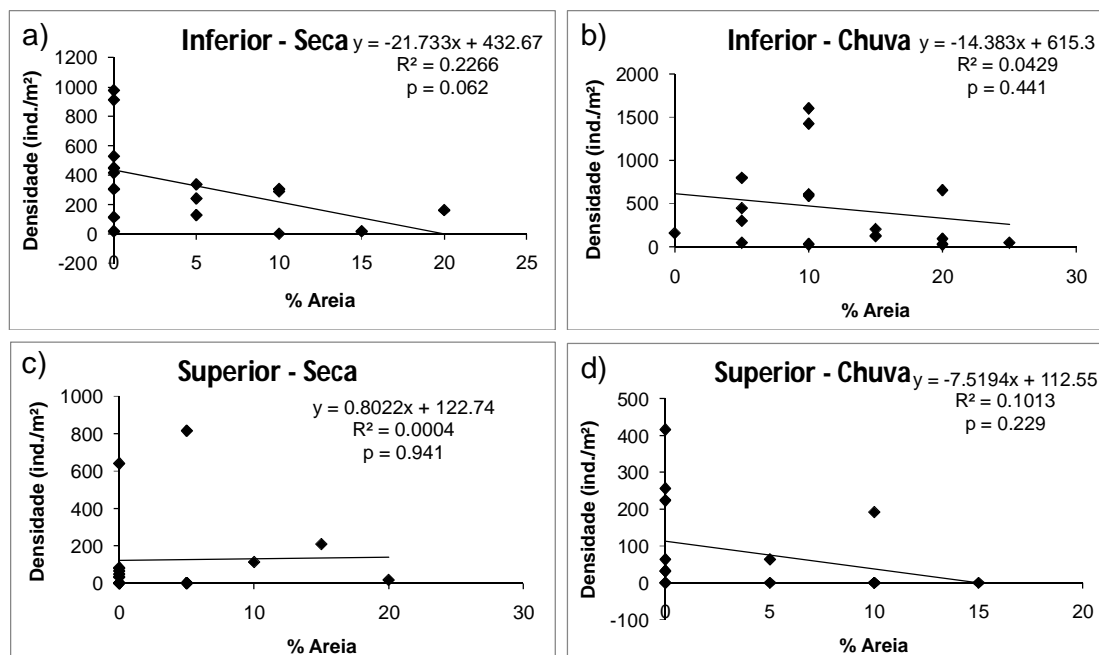


Figura 2.8 – Relação entre a densidade de *P. armatus* e a percentagem de areia na faixa rochosa da Ilha de Areuá: (a) zona inferior na estação seca, (b) zona inferior na estação chuvosa, (c) zona superior na estação seca e (d) zona superior na estação chuvosa.



## 4 DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que *Petrolithes armatus* está distribuída em toda a faixa rochosa do entremarés na Ilha de Areuá, ocorrendo com elevada densidade ao longo de todo o ano, principalmente na zona inferior. A densidade de *P. armatus* apresentou variações espaciais (zona do entremarés), mas não mostrou variações temporais (meses/estação do ano) mesmo com flutuações na densidade entre os períodos de coleta. A tendência negativa da densidade com o aumento da cobertura de substrato formado por seixo e areia, sugere que as rochas de maior tamanho (e.g. calhau) são mais favoráveis ao desenvolvimento desta espécie e podem auxiliar na redução do estresse térmico durante a emersão na zona superior no período de menor pluviosidade da região.

*P. armatus* foi encontrada em grande densidade no local de estudo, sendo superior à densidade encontrada por Oliveira & Masunari (1995) em praia rochosa no Paraná, litoral do Brasil, que mostraram variação de 15 a 305 ind./m<sup>2</sup> e também por Diaz-Ferguson & Vargas-Zamora (2001) no litoral da Costa Rica que encontraram densidade máxima de 100 ind./m<sup>2</sup>. Entretanto, ela foi muito inferior ao trabalho realizado por Hollebhone & Hay (2007a) que registraram densidade de até 11200 ind./m<sup>2</sup> em recifes de ostras no litoral da Geórgia, EUA, onde esta espécie é considerada invasora. Na área de fragmentos rochosos no estuário do Rio Marapanim, região adjacente ao local da presente pesquisa, aproximadamente 24 km, foram registrados densidade de 15008 ind./m<sup>2</sup>, muito superior aos nossos resultados, com pico de densidade ocorrendo no período chuvoso (Dados não publicados fornecidos por Silva, D. C. e Martinelli, J. M. do GPECA).

As espécies móveis apresentam distribuição mais dinâmica através das zonas entremareais que os táxons sésseis, podendo explorar diferentes microhabitats em pequena escala espacial e temporal, e por isso, algumas delas não são consideradas boas indicadoras de zonação por estarem presentes em todas as zonas (Davidson, Crook & Barnes, 2004a). Entretanto, existem espécies móveis que podem seguir o padrão característico de litorais rochosos, com limites de distribuição no entremarés e/ou redução do número de indivíduos em direção ao nível superior, principalmente durante a emersão (Lewis, 1964; Stephenson & Stephenson, 1972; Davidson, Crook & Barnes, 2004b). A forte dominância de *P. armatus* na faixa rochosa pode levar a uma possível repartição do espaço entre os indivíduos,

fazendo com que esta espécie se distribua verticalmente em relação à variação do ciclo de marés (Oliveira, Masunari & Sicuro, 1995). No entremarés rochoso da Ilha de Areuá a espécie *P. armatus* esteve presente em todos os níveis do entremarés, mas mostrou variações em relação ao gradiente vertical. A densidade foi reduzida em direção ao nível superior, indicando que o período de emersão provocado pelo ciclo de marés exerce influência sobre a distribuição vertical desta espécie no local de estudo.

Existe uma tendência para picos de abundância nas duas estações, com maior e menor intensidade, respectivamente, em março no período chuvoso e em agosto no período seco. Os maiores picos de densidade em março foram registrados na zona inferior. Similar a este resultado, Hollebhone & Hay (2007a) também registraram as maiores densidades de *P. armatus* no inferior do entremarés, no entanto, estas ocorreram durante os meses mais quentes do ano. Estes autores destacaram que as causas para este padrão de distribuição estava associado à dessecação e ao estresse na zona superior provocado pelo calor, fazendo com que os indivíduos se deslocassem para a zona inferior. Este poderia ser um dos fatores que explicaria os resultados encontrados para a Ilha de Areuá, já que ela pertence à região tropical, apresentando um regime de marés semi-diurno chegando a amplitudes de 4 m, ficando a zona superior sujeita a maior período de exposição ao ar e dessecação. Entretanto, a densidade na zona inferior não diferiu significativamente da zona superior dentro de cada período de coleta, sugerindo que esta espécie se distribui na área de fragmentos rochosos formando manchas de habitat que promovem alta variabilidade na densidade.

No presente trabalho, foram observados picos de densidade e uma tendência de variação temporal, entretanto, não houve diferenças significativas na densidade de *P. armatus* entre os períodos de coleta. Desta forma, os resultados indicam que esta espécie é abundante o ano todo no local, mas não se pode inferir sobre ausência de padrão sazonal já que não foram avaliados neste trabalho picos de recrutamento. Este padrão também foi observado para o litoral da Costa Rica, onde esta espécie não mostrou diferenças significativas na densidade de juvenis ou adultos entre as estações, mas apresentou picos de abundância com diferentes intensidades nas duas estações (Diaz-Ferguson & Vargas-Zamora, 2001). Entretanto, no sudeste do Brasil, Miranda & Mantelatto (2009) registraram um aumento no número de indivíduos de *P. armatus* no período chuvoso, mas a

distribuição dos indivíduos acompanhou a sazonalidade da região. A variação sazonal na densidade também foi apresentada por Micheletti-Flores & Negreiros-Franozo (1999), com todas as espécies de porcelanídeos, incluindo *P. armatus*, registrando as maiores densidades no inverno. Já no sul do Brasil, Oliveira & Masunari (1995) mostraram que os picos de abundância de *P. armatus* ocorrem duas vezes durante o ano, tendência similar ao presente trabalho, mas diferiu quanto ao pico de abundância que ocorreu no mês de janeiro, período seco na região.

As similaridades e os contrastes da presente pesquisa com os estudos realizados em diferentes regiões indicam que o padrão de distribuição de *P. armatus* depende da característica do ambiente e das estratégias de adaptação e desenvolvimento para sobreviver às condições locais. Estas estratégias contribuem para sua contínua abundância durante o ano e sua distribuição por toda a faixa do entremarés no local, mesmo apresentando alguns picos. Os trabalhos de dinâmica populacional realizados com *P. armatus* em diferentes regiões relatam que picos de abundância devem estar relacionados ao recrutamento e assentamento das larvas (Oliveira & Masunari, 1995; Diaz-Ferguson & Vargas-Zamora, 2001; Hollebhone & Hay, 2007a; Miranda & Mantelatto, 2009). As larvas assim como os adultos desta espécie parecem suportar grandes variações de temperatura que favorece a ocorrência dos picos de abundância geralmente em diferentes estações climáticas e a ocupação de nichos ao longo do gradiente vertical do entremarés.

O desenvolvimento de características adaptativas em relação à variação de temperatura do ambiente já foi descrito por diversos trabalhos que avaliaram os limites de tolerância térmica de algumas espécies de porcelanídeos, incluindo *P. armatus*. O gênero *Petrolisthes* apresenta forte correlação entre aumento da altura no entremarés e alta temperatura que é estabelecida e mantida por um amplo conjunto de características morfológicas (e.g. tamanho da garra, distribuição de cerdas, textura do exoesqueleto) e adaptações fisiológicas que envolvem as estruturas celulares, o processo respiratório e a frequência cardíaca (mais detalhes em Stillman & Somero, 1996; 2000; Somero, 2002; Stillman, 2002).

A alta variabilidade na densidade de *P. armatus* em relação à cobertura do substrato indica que a complexidade do habitat também influencia nos padrões de distribuição desta espécie na área de fragmentos rochosos. Embora a relação não tenha sido significativa para todas as análises, observou-se que esta espécie está

mais associada com a cobertura de rochas com maior tamanho, apresentando uma tendência negativa com o aumento da cobertura de seixo e areia. Diferentes trabalhos mostram que espécies de caranguejos entremareais em litorais rochosos estão geralmente associadas com rochas maiores, como foi observado nesta pesquisa.

Como exemplo nós temos as espécies *Petrolisthes cinctipes* e *Petrolisthes eriomerus* que também foram encontradas no habitat associadas com rochas maiores (Jensen & Armstrong, 1991; Stillman & Somero, 1996). Masunari & Dubiaski-Silva (1998) relataram que algumas espécies de decapodas (*P. armatus*, *Panopeus occidentalis*, *Panopeus americanus*, *Pachygrapsus transversus* e *Menippe nodifrons*) foram encontradas no ambiente ocupando espaços entre as rochas ou abaixo delas, possivelmente para se proteger contra a insolação direta ou desidratação durante a emersão. Lohrer *et al.* (2000) observaram que a densidade das espécies *Hemigrapsus sanguineus* e *Leptodius exaratus* foi positivamente correlacionada com a porcentagem de cobertura das rochas de maior tamanho, coincidindo com o presente trabalho.

Os resultados da presente pesquisa sugerem que as rochas maiores são importantes habitats para a sobrevivência de *P. armatus* no local de estudo e devem servir como local de refúgio para reduzir o estresse térmico provocado pela emersão, principalmente na zona superior do entremarés durante a estação seca. Os animais móveis (e.g., caranguejos), normalmente reagem às mudanças de estresse ambiental a curto-prazo e pode usar áreas sombreadas formadas por camadas de rochas que reduz a intensidade de luz e a temperatura, promovendo refúgio temporário para as espécies durante a emersão (Takada, 1999).

Como várias espécies de caranguejos mostram o padrão descrito acima é possível que as rochas maiores estejam sendo disputadas pelas espécies que são encontradas no local, além de *P. armatus*. As relações de competição por espaço juntamente com as flutuações na densidade de *P. armatus* e das demais espécies devem ser os fatores mais relacionados com as variações observadas entre as zonas e as estações do ano. Além disso, quantidade e/ou tamanho de buracos e fendas nas rochas maiores (matação e calhau) deve ser importante para elevação da densidade de *P. armatus*, contribuindo para as manchas de habitat (observação em campo), já que esta espécie apresenta corpo adaptado para viver nestes microhabitats.

Em resumo, o presente estudo demonstrou a importância do gradiente vertical e da composição do substrato na distribuição da espécie *P. armatus* no entremarés da área de fragmentos rochosos na Ilha de Areuá. Apesar de ser uma espécie com adaptações relacionadas à tolerância térmica, o período de dessecação durante a emersão tem forte influência na sua abundância em zonas mais superiores do entremarés. Entretanto, rochas de tamanhos maiores como o calhau, podem auxiliar na redução do estresse térmico e promover microhabitats favoráveis a sua sobrevivência no habitat em momentos de temperaturas mais elevadas. Futuros estudos que envolvam os padrões de distribuição dos diferentes estágios de desenvolvimento, dinâmica populacional e as interações bióticas desta espécie no local estudado serão necessários para se compreender os padrões observados.

#### **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (Projeto número: 137/2008 – Universal) e recebeu a licença para coleta de material biológico do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente - IBAMA (n° 16346-3 e 16346-5). Recebeu também suporte financeiro do CNPq com bolsa de Mestrado concedida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da UFPA para G. C. Morais.

#### **REFERÊNCIAS**

- BERTNESS, M. D. (1999). *The Ecology of Atlantic Shorelines*. Sinauer Associates Inc., U.S.A.
- CHAPMAN, M. G. (2002). Patterns of spatial and temporal variation of macrofauna under boulders in a sheltered boulder field. *Austral Ecology* **27**, 211-228.
- DAVIDSON, I. C., CROOK, A. C. & BARNES, D. K. A. (2004a). Macrobenthic migration and its influence on the intertidal diversity dynamics of a meso-tidal system. *Marine Biology* **145**, 833-842.
- DAVIDSON, I. C., CROOK, A. C. & BARNES, D. K. A. (2004b). Quantifying spatial patterns of intertidal biodiversity: Is movement important? *Marine Ecology-Pubblicazioni Della Stazione Zoologica Di Napoli I* **25**, 15-34.
- DIAZ-FERGUSON, E. & VARGAS-ZAMORA, J. A. (2001). Abundance of *Petrolisthes armatus* (Crustacea : Porcellanidae) on a tropical estuarine intertidal rocky beach, Gulf of Nicoya estuary, Costa Rica. *Revista De Biologia Tropical* **49**, 97-101.

- EMPARANZA, E. J. M. (2007). Patterns of distribution of dominant porcelain crabs (Decapoda : Porcellanidae) under boulders in the intertidal of northern Chile. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **87**, 523-531.
- FERREIRA, L. A. A. (2010). Taxonomia e distribuição da família Porcellanidae Haworth (Crustacea: Decapoda: Anomura) no litoral brasileiro. 232 pp., Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas (Zoologia). Rio Claro, SP: Universidade Estadual Paulista.
- GIARRIZZO, T. & KRUMME, U. (2007). Spatial differences and seasonal cyclicity in the intertidal fish fauna from four mangrove creeks in a salinity zone of the Curuca Estuary, North Brazil. *Bulletin of Marine Science* **80**, 739-754.
- GUICHARD, F. & BOURGET, E. (1998). Topographic heterogeneity, hydrodynamics, and benthic community structure: a scale-dependent cascade. *Marine Ecology-Progress Series* **171**, 59-70.
- HOLLEBONE, A. L. & HAY, M. E. (2007a). Population dynamics of the non-native crab *Petrolisthes armatus* invading the South Atlantic Bight at densities of thousands m<sup>-2</sup>. *Marine Ecology-Progress Series* **336**, 211-223.
- HOLLEBONE, A. L. & HAY, M. E. (2007b). Propagule pressure of an invasive crab overwhelms native biotic resistance. *Marine Ecology-Progress Series* **342**, 191-196.
- HOLLEBONE, A. L. & HAY, M. E. (2008). An invasive crab alters interaction webs in a marine community. *Biological Invasions* **10**, 347-358.
- JENSEN, G. C. & ARMSTRONG, D. A. (1991). Intertidal Zonation among Congeners - Factors Regulating Distribution of Porcelain Crabs *Petrolisthes*-Spp (Anomura, Porcellanidae). *Marine Ecology-Progress Series* **73**, 47-60.
- LACERDA, L. D., CONDE, J. E., KJERFVE, B., ALVAREZ-LEÓN, R., ALCARÓN, C. & POLANÍA, J. (2002). American Mangroves. In *Mangrove Ecosystems, Function and Management* (ed. L. D. Lacerda), pp. 1-62. Springer-Verlag, Berlin, Springer-Verlag. Disponível em: <http://geotest.tamu.edu/userfiles/167/189.pdf> . Acesso em: 10 de março de 2011
- LEWIS, J. R. (1964). *The Ecology of Rocky Shores*. The English Universities Press LTD, London.
- LOHRER, A. M., FUKUI, Y., WADA, K. & WHITLATCH, R. B. (2000). Structural complexity and vertical zonation of intertidal crabs, with focus on habitat requirements of the invasive Asian shore crab, *Hemigrapsus sanguineus* (de Haan). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **244**, 203-217.
- MASUNARI, S. & DUBIASKI-SILVA. (1998). Crustacea Decapoda da praia rochosa da Ilha do Farol, Matinhos, Paraná. II. Distribuição Espacial de Densidade das Populações. *Revista Brasileira de Zoologia* **15**, 643-664.
- MENGE, B. A. & BRANCH, G. M. (2001). Rocky Intertidal Communities. In *Marine Community Ecology* (ed. M. D. Bertness, S. D. Gaines and M. E. Hay), pp. 221-251. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts.

MICHELETTI-FLORES, C. V. & NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. (1999). Porcellanid crabs (Crustacea, Decapoda) inhabiting sand reefs built by *Phragmatopoma lapidosa* (Polychaeta Sabellariidae) at Paranapuã beach, São Vicente, SP, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* **59**, 63-73.

MIRANDA, I. & MANTELATTO, F. L. (2009). Estimating population features of the anomuran crab *Petrolisthes armatus* (Porcellanidae) in a remaining and impacted mangrove area of the western Atlantic. *Journal of Natural History* **43**, 2027-2039.

MORAES, B. C. D., COSTA, J. M. N. D., COSTA, A. C. L. D. & COSTA, M. H. (2005). Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica* **35**, 207-214.

MOTTA, J. J. C., UNDERWOOD, A. J., CHAPMAN, M. G. & ROSSI, F. (2003). Benthic assemblages in sediments associated with intertidal boulder-fields. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **285**, 383-401.

OLIVEIRA, E. & MASUNARI, S. (1995). Estrutura Populacional de *Petrolisthes armatus* (GIBBES) (DECAPODA, ANOMURA, PORCELLANIDAE) da Ilha do Farol, Matinhos, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **12**, 355-371.

OLIVEIRA, E., MASUNARI, S. & SICURO, A. H. G. (1995). Uma armadilha para captura de Porcellanidae (Crustácea, Decapoda) do Mediolitoral de Praias Rochosas. *Revista Brasileira de Zoologia* **12**, 343-353.

OLIVEIRA, G. M. B., A. C., EVANGELISTA, J. E. V., SANTOS, A. R. B., HAIMOVICI, M. & FISCHER, L. G. (2007). Prospecções na Região Norte. In *A prospecção pesqueira e a abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: Levantamento de dados e a avaliação crítica* (ed. M. Haimovici), pp. 125-151, Brasília.

RODRIGUEZ, I. T., HERNANDEZ, G. & FELDER, D. L. (2005). Review of the western Atlantic porcellanidae (Crustacea : Decapoda : Anomura) with new records, systematic observations, and comments on biogeography. *Caribbean Journal of Science* **41**, 544-582.

SOMERO, G. N. (2002). Thermal physiology and vertical zonation of intertidal animals: Optima, limits, and costs of living. *Integrative and Comparative Biology* **42**, 780-789.

STEPHENSON, T. A. & STEPHENSON, A. (1972). *Life between tidemarks on rocky shores*. W. H. Freeman and Company, San Francisco.

STILLMAN, J. H. (2002). Causes and consequences of thermal tolerance limits in rocky intertidal porcelain crabs, genus *Petrolisthes*. *Integrative and Comparative Biology* **42**, 790-796.

STILLMAN, J. H. & SOMERO, G. N. (1996). Adaptation to temperature stress and aerial exposure in congeneric species of intertidal porcelain crabs (genus *Petrolisthes*): Correlation of physiology, biochemistry and morphology with vertical distribution. *Journal of Experimental Biology* **199**, 1845-1855.

STILLMAN, J. H. & SOMERO, G. N. (2000). A comparative analysis of the upper thermal tolerance limits of eastern Pacific porcelain crabs, genus *Petrolisthes*: Influences of latitude, vertical zonation, acclimation, and phylogeny. *Physiological and Biochemical Zoology* **73**, 200-208.

TAKADA, Y. (1999). Influence of shade and number of boulder layers on mobile organisms on a warm temperate boulder shore. *Marine Ecology-Progress Series* **189**, 171-179.

UNDERWOOD, A. J. (1997). *Experiments in ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, Cambridge.

UNDERWOOD, A. J. (2000). Experimental ecology of rocky intertidal habitats: what are we learning? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **250**, 51-76.

UNDERWOOD, A. J., CHAPMAN, M. G. & CONNELL, S. D. (2000). Observations in ecology: you can't make progress on processes without understanding the patterns. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **250**, 97-115.

WERDING, B., HILLER, A. & LEMAITRE, R. (2003). Geographic and depth distributional patterns of western Atlantic Porcellanidae (Crustacea: Decapoda: Anomura), with an updated list of species. *Memoirs of Museum Victoria* **60**, 79-85.

WINGMAV5. (1997). Analysis of variance with up to five factors. Designed and coded by A.J. Underwood and M.G. Chapman. Windows implementation by S.A. Richards and M.B. Sage. Institute of Marine Ecology, University of Sydney. Licensed to Arraial do Cabo.



## CONCLUSÕES GERAIS E PERSPECTIVAS

Este é o primeiro estudo que descreve os padrões de estruturação das assembléias bentônicas em substrato rochoso no litoral amazônico. A área de fragmentos rochosos da Ilha de Areuá é um habitat raro na Zona Costeira Amazônica, mas os resultados deste trabalho destacam a importância deste local para a manutenção da biodiversidade na região. Nesta pesquisa foi possível verificar que os fatores relacionados com a altura de maré, o período de amostragem e a composição do substrato influenciam a riqueza, diversidade, densidade e biomassa dos organismos neste habitat.

Em geral, estas variáveis bióticas seguiram o padrão característico do gradiente vertical no entremarés em habitats rochosos, com redução da riqueza, diversidade, densidade e biomassa em direção ao nível superior durante a emersão. A zona superior apresentou a dominância de algumas espécies de crustáceos que possuem características morfofisiológicas mais tolerantes ao período de dessecação neste local. Os padrões observados para as variáveis bióticas apresentaram também modificações em relação ao período do ano, principalmente na zona inferior, que apresenta um elevado número de espécies, estando mais suscetível às variações temporais.

A pluviosidade apresentou uma forte correlação com a abundância e biomassa de poucas espécies, mas mostrou evidências favoráveis à redução do estresse ambiental na zona superior, possivelmente promovendo o estabelecimento de espécies menos tolerante ao período de dessecação. A ausência de uma marcada variação sazonal dos padrões de diversidade da região deve estar relacionada às características biológicas das diferentes espécies/grupos taxonômicos que compõem as assembléias de macroinvertebrados. A composição do substrato formado pela mistura de fragmentos de rochas com diversos tamanhos e formatos, associado ao substrato inconsolidado, promove a formação de diferentes nichos no local de estudo que são ocupados por uma diversificada fauna de invertebrados. Várias espécies mostraram forte correlação com um determinado tipo de substrato que influenciou na abundância e biomassa dos organismos. Geralmente o tamanho do substrato foi diretamente proporcional ao tamanho das espécies, como previsto na literatura.

Desta forma, as modificações que ocorreram nos padrões de diversidade sugerem que a dinâmica da estruturação das assembléias neste local é muito complexa e está relacionada com a interação de processos bióticos e abióticos, associado à alternância das condições ambientais que ocorrem ao longo do ano. As relações entre as variáveis são muito complexas, e por isso, apenas os padrões de distribuição e abundância de uma das espécies dominante no local, *Petrolisthes armatus*, não conseguiram refletir a estruturação das assembléias e explicar os padrões gerais de diversidade observados neste trabalho. Isso é um reflexo dos resultados de equitabilidade que indicaram uma distribuição uniforme da abundância entre as espécies, possivelmente as mais representativas, não sendo possível assim compreender os padrões de estruturação das assembléias apenas com uma espécie.

A complexidade dos padrões de estruturação das assembléias no local poderá ser futuramente elucidada, testando-se hipóteses relacionadas com: os processos de suprimento larval, recrutamento e assentamento; relação entre espécie-substrato como microhabitat específico durante a emersão e imersão; temperatura das rochas influenciando na distribuição e abundância dos organismos; frequência da pluviosidade reduzindo o estresse durante a emersão, principalmente na zona superior; além de relações interespecíficas de predação e competição. Um fator importante que também poderá ser analisado é a conectividade destas assembléias com outras de níveis tróficos superiores como, por exemplo, dos organismos nectônicos, que poderão auxiliar na compreensão dos processos que regem a dinâmica deste habitat.

Devido à importância das áreas de substrato rochoso para a diversidade e a ausência de informações para este tipo de habitat na região amazônica é necessário também que mais estudos sobre os padrões de diversidade das assembléias sejam realizados para as demais áreas distribuídas ao longo da Zona Costeira Amazônica. Estas lacunas limitam a compreensão da dinâmica dos padrões de diversidade e dificultam as estratégias de monitoramento e planos de manejo para este importante ecossistema costeiro. A área de fragmentos rochosos na Ilha de Areuá precisa de uma atenção especial nos próximos anos, pois está inserida nos domínios da Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá no Pará. Esta Resex foi criada desde 2002, mas ainda não tem plano de manejo que é uma ferramenta indispensável para gerenciar o uso sustentável e a conservação dos recursos naturais.

Apêndice 1 – Relação das espécies de macroinvertebrados bentônicos encontradas na faixa rochosa da praia de Areuá, considerando a presença (x) / ausência (-) nas zonas (inferior-I e superior-S) e nas estações do ano (seca-SE e chuvosa-CH). (♦) indica as espécies que foram encontradas em apenas uma única amostra. As letras indicam morfoespécies dentro de gênero ou outro nível taxonômico mais alto.

GRUPO TAXONOMICO/ESPÉCIE	Código	I	S	SE	CH	GRUPO TAXONOMICO/ESPÉCIE	Código	I	S	SE	CH
<b>Nemertea</b>	Nemer	X	X	X	X	<i>Neanthes succinea</i>	N.succ	X	X	X	X
<b>Oligochaeta</b>						<i>Nereis oligohalina</i>	N.oligo	X	X	X	X
Enchytraeidae♦	Enchy	-	X	-	X	<i>Nereis</i> sp.	Nereis	X	-	-	X
Tubificidae sp.A	TubA	X	X	-	X	<i>Perinereis</i> sp.	Perine	X	X	-	X
Tubificidae sp.B	TubB	-	X	-	X	<i>Pettiboneia</i> sp.	Petti	X	-	-	X
<b>Polychaeta</b>						<i>Phyllodoce</i> sp.	Phyll	X	-	-	X
<i>Arabella</i> sp.♦	Arab	X	-	X	-	Phylodocidae sp.A	PhylA	X	-	X	-
<i>Bocardiella</i> sp.	Bocar	X	-	X	X	<i>Sabellaria wilsoni</i>	S.wil	X	X	X	X
<i>Bonuania</i> sp.	Bonu	X	-	-	X	<i>Scoloplos (Leodamas)</i> sp.	Scolo	X	-	-	X
<i>Capitella capitata</i>	C.cap	X	X	X	X	<i>Sigambra</i> sp.♦	Sigam	X	-	X	-
<i>Capitella ovincola</i>	C.ovi	X	X	X	X	Spionidae sp.A♦	Spion	X	-	-	X
<i>Ceratonereis excisa</i>	C.exc	X	X	X	X	Syllidae sp.A♦	SyllA	X	-	-	X
<i>Chaetacanthus</i> sp.	Chae	X	-	-	X	<i>Syllis</i> sp.	Syll	X	X	X	X
<i>Eulalia</i> sp.	Eula	X	-	-	X	Subfamilia Polynoinae sp.A♦	Polyn	X	-	-	X
<i>Hemipodus</i> sp.	Hemi	X	X	X	X	<i>Trochochaeta</i> sp.♦	Trocho	X	-	-	X
<i>Hydroides</i> sp.	Hydr	X	-	-	X	<b>Bivalvia</b>					
<i>Isolda pulchella</i>	I.pulc	X	X	X	X	<i>Corbula</i> sp.♦	Corb	X	-	-	X
<i>Laeonereis culveri</i>	L.culv	X	X	X	X	<i>Diplodonta</i> sp.	Diplo	X	-	-	X
<i>Loimia</i> sp.	Loim	X	-	-	X	<i>Macoma pseudomera</i>	M.pseu	X	-	X	X
<i>Lumbrineris</i> sp.	Lumb	X	X	X	X	<i>Mytella charruana</i>	Myte	X	X	X	X
<i>Magelona</i> sp.	Mage	X	X	X	X	<i>Petricola stellae</i>	P.stell	X	-	-	X
<i>Marphysa</i> sp.	Marp	X	-	-	X	<i>Protothaca (Leukoma) pectorina</i>	P.pect	X	X	X	X
<i>Mediomastus</i> sp.	Medio	X	X	X	X	<i>Sphenia antillensis</i>	S.ant	X	X	X	X

continuação...

GRUPO TAXONOMICO/ESPÉCIE	Código	I	S	SE	CH	GRUPO TAXONOMICO/ESPÉCIE	Código	I	S	SE	CH
<b>Gastropoda</b>						<i>Panopeus americanus</i>	P.ame	X	X	X	X
<i>Anachis obesa</i>	A.obe	X	X	X	X	<i>Panopeus occidentalis</i>	P.occ	X	X	X	X
<i>Anachis</i> sp.	Anach	X	X	X	X	Portunidae sp.A <sup>♦</sup>	PortA	X	-	X	-
<i>Epitonium</i> sp.	Epito	X	X	-	X	<b>Gebiidea</b>					
<i>Leucozonia</i> sp.	Leuco	X	-	X	X	<i>Upogebia</i> sp.	Upog	X	X	X	X
<i>Littorina</i> sp.	Litto	X	X	-	X	<b>Amphipoda</b>					
<i>Nassarius polygonatus</i> <sup>♦</sup>	N.poly	-	X	X	-	<i>Apohyale media</i>	A.med	X	X	X	X
<i>Nerita fulgurans</i>	N.fulg	X	X	X	X	<i>Elasmopus</i> sp.	Elasm	X	X	X	X
<i>Neritina virginia</i>	N.virg	X	X	X	X	<i>Grandidierella</i> sp.	Grand	X	X	X	X
<i>Pugilina morio</i> <sup>♦</sup>	P.mor	X	-	X	-	<i>Melita</i> sp.	Melita	X	-	-	X
Pyramidellidae sp.A	PyraA	X	-	-	X	<i>Parhyale</i> sp.	Parhy	X	X	X	X
<i>Seguenzia</i> sp.	Segu	X	X	X	X	<b>Isopoda</b>					
<i>Stramonita haemastoma</i>	T.hae	X	X	X	X	Anthuridae sp.A <sup>♦</sup>	AnthA	-	X	-	X
<i>Thaisella trinitatensis</i>	T.trin	X	X	X	X	Bopyroidea sp.A <sup>♦</sup>	BopyA	X	-	-	X
Turridae sp.A	TurrA	X	-	X	X	<i>Cassidinidea fluminensis</i>	C.flu	X	X	X	X
<b>Caridea</b>						<i>Dynamenella tropica</i>	D.trop	X	X	X	X
<i>Alpheus</i> cf. <i>chacei</i>	A.cha	X	X	X	X	<i>Ligia</i> sp.	Ligia	X	X	X	X
<i>Macrobrachium</i> sp. <sup>♦</sup>	Macro	X	-	-	X	Munnidae sp.A <sup>♦</sup>	Munn	-	X	X	-
<b>Anomura</b>						Oniscidae sp.A	OnisA	X	X	X	X
<i>Clibanarius vittatus</i>	C.vitt	X	X	X	X	<b>Tanaidacea</b>					
<i>Petrolisthes armatus</i>	P.arm	X	X	X	X	Tanaidacea sp.A	Tanai	X	X	X	X
<b>Brachyura</b>						<b>Hexapoda</b>					
<i>Hexapanopeus</i> sp.A	Hexa1	X	X	X	X	<i>Collembola</i> sp.A	Colle	X	-	-	X
<i>Hexapanopeus</i> sp.B	Hexa2	X	-	-	X	Ordem Hymenoptera <sup>♦</sup>	Hyme	-	X	-	X
<i>Menippe nodifrons</i>	M.nod	X	-	X	X	Larva de Lepidoptera <sup>♦</sup>	Lepi	-	X	-	X
<i>Pachygrapsus gracilis</i>	P.grac	X	X	X	X	Subfamilia Orthocladinae	Ortho	X	X	X	X