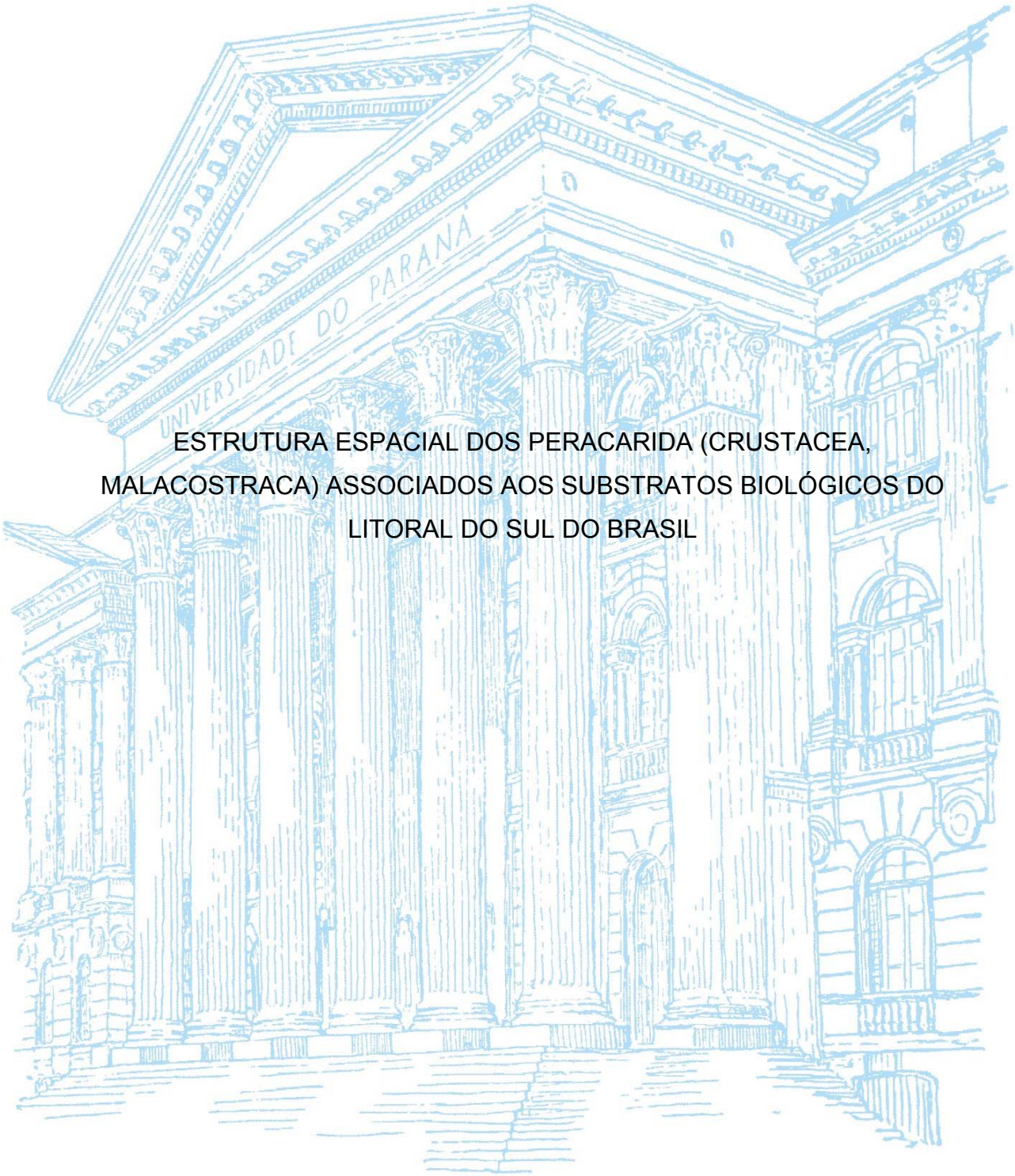
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIANA BAPTISTA LACERDA



ESTRUTURA ESPACIAL DOS PERACARIDA (CRUSTACEA, MALACOSTRACA) ASSOCIADOS AOS SUBSTRATOS BIOLÓGICOS DO LITORAL DO SUL DO BRASIL

CURITIBA
2014

Mariana Baptista Lacerda

ESTRUTURA ESPACIAL DOS PERACARIDA (CRUSTACEA, MALACOSTRACA) ASSOCIADOS AOS SUBSTRATOS BIOLÓGICOS DO LITORAL DO SUL DO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia.

Orientador: Profª. Drª. Setuko Masunari

CURITIBA

2014

Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação Zoologia

TERMO DE APROVAÇÃO

Mariana Baptista Lacerda

"Estrutura espacial dos Peracarida (Crustacea, Malacostraca) associados aos substratos biológicos do litoral rochoso do sul do Brasil"

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Zoologia, do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte Comissão Examinadora:

Setuko Masunari
Orientadora

Dra. Janete Dubiaski da Silva
Membro Externo

Dra. Cristiana Silveira Serejo
Membro Externo

Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra
Membro Externo

Dr. Marco Fabio M. Correa
Membro Interno

Curitiba, 21 de Fevereiro de 2014.

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Zoologia/UFPR
Setor de Ciências Biológicas - Departamento de Zoologia
Caixa Postal 19020 - CEP 81531-980 - Curitiba - Paraná
Telefone/FAX +55 (041) 3361-1641**

AGRADECIMENTOS

Por mais que muitos pensem uma tese de doutorado não se escreve sozinho. Diversas pessoas estiveram envolvidas e espero conseguir retribuir algum dia toda a ajuda recebida.

À Deus por todas as oportunidades diárias de crescimento, por todas as dificuldades e por sempre me fornecer condições de superá-las, fazendo com que hoje eu seja melhor do que fui ontem.

À Profa Dra Setuko Masunari pela orientação nesses seis anos entre o mestrado e o doutorado. Por todo o conhecimento passado, sugestões, críticas, conselhos que possibilitaram meu crescimento científico e aprendizados para a vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Paraná, por toda infraestrutura que possibilitou o desenvolvimento da tese e o meu ingresso na carreira científica.

Aos membros da banca Profa Dra Cristiana Serejo, Profa Dra Edinalva Oliveira, Profa Dra Janete Dubiaski-Silva, Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra e Prof Dr. Marco Fábio Corrêa pelo aceite e disponibilidade para a avaliação da tese e pelas sugestões e críticas que com certeza acrescentarão muito a esse trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio financeiro ao projeto.

Ao Prof Dr. Maurício Osvaldo Moura pelas avaliações nas Semanas do Doutorando, pelas inúmeras sugestões e ajuda com as análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. André Padial pelas dicas com o cálculo do Índice de Complexidade.

Ao IBAMA - SISBIO pela concessão das licenças de coleta.

À minha mãe Mair e ao meu "paidrasto" Ervino por sempre me apoiarem nas minhas decisões e nos meus projetos de vida. Por todo o incentivo e subsídio iniciais que possibilitaram que eu chegasse até aqui. Pelas palavras de carinho nos momentos difíceis, e por frequentemente me darem a certeza que eu sempre vou poder contar com vocês! Obrigada por todo aprendizado não científico!

Ao namorado, noivo e marido Fagner, provavelmente essas palavras não serão suficientes para agradecer todo o companheirismo nesses oito anos juntos (seis de Pós Graduação!). Você fez com que tudo nesses quatro anos de doutorado fosse mais fácil e divertido! Obrigada por toda compreensão, paciência, carinho e amor dedicados! E muito obrigada pela ajuda em quase todas as coletas, com certeza sem você teria sido um caos!

Aos meus irmãos Marcela e Maurício, meus primeiros amigos da vida que me ensinaram muito! Vocês são especiais demais para mim! E desculpa a ausência em muitas reuniões de família e em muitos momentos da vida de vocês! Obrigada por tudo queridos!

Aos amigos do Laboratório de Ecologia de Crustacea, André, Murilo, Salise, Thaís, Sara, Odete, Felipe, Madson e Ísis pela ótima convivência diária, deixando as horas de trabalho mais agradáveis e pela ajuda em muitos momentos do doutorado, em especial: ao Murilo pela ajuda com o capítulo de morfometria, ao Madson e a Isís pela ajuda com as fotografias, e ao Felipe pela ajuda com algumas amostras.

À Salise pela amizade que só cresce a cada dia de trabalho. Muito obrigada pela companhia em todas as horas, por me ouvir sempre! Por todos os conselhos, ideias, ajuda em tudo na minha vida! Vou sentir saudades dessa convivência diária chatinha!

Ao pessoal dos corredores e demais laboratórios do Departamento de Zoologia pela companhia em inúmeros momentos do dia a dia em especial a Flavia que me aguenta desde o mestrado! Aos amigos do laboratório de Fisiologia, Giovanna, Marcos Paulo e Silvia por todas as conversas que acrescentaram muito para mim!

As amigas Andreza (Deka), Hesly, Laura (Laurinha), Maria Dolores (Mah!) e Rafaela Macedo (Rafinha) por todos os momentos de descontração, por serem tão queridas comigo sempre e por saber que vou levar a amizade de pessoas tão especiais para vida toda!

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Zoologia por todos os ensinamentos adquiridos!

Aos funcionários da Universidade Federal do Paraná pelos serviços prestados, em especial aos funcionários tercerizados Maria Aparecida dos Santos e Seu Luis.

"Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes."

Marthin Luter King

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS x

LISTA DE FIGURAS xii

RESUMO xv

ABSTRACT xvi

PREFÁCIO xvii

Capítulo 1. Composição e distribuição espacial dos Peracarida (Crustacea: Malacostraca) associados aos substratos biológicos no litoral do Paraná e de Santa Catarina 18

RESUMO 18

INTRODUÇÃO 19

MATERIAL E MÉTODOS 21

Área de estudo 21

Coleta de material biológico 24

Análise de dados 25

RESULTADOS 26

DISCUSSÃO 40

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 43

Capítulo 2. Peracarida habitantes de macroalgas dos costões rochosos do sul do Brasil: complexidade do habitat, índices de medida e escalas 50

RESUMO 50

INTRODUÇÃO 51

MATERIAL E MÉTODOS 55

Procedimentos amostrais 55

Caracterização das algas 55
Cálculo da complexidade das macroalgas 57
Tamanho corporal dos Peracarida associados 58
Análise dos dados 59
RESULTADOS 59
DISCUSSÃO 70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 74

Capítulo 3. Variação geográfica na forma e no tamanho dos gnatópodos de *Apohyale media* (Dana, 1853) (Crustacea, Amphipoda) 86
RESUMO 86
INTRODUÇÃO 87
MATERIAIS E MÉTODOS 89
Locais de coleta 89
Amostragem de *Apohyale media* 89
Análises morfométricas 90
Análise estatística 91
RESULTADOS 91
DISCUSSÃO 96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 99
CONSIDERAÇÕES FINAIS 86

LISTA TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Locais de Coleta com seus respectivos municípios, coordenadas geográficas, altura em relação à maré e grau de energia da praia.....21

Tabela 2. Lista taxonômica de Peracarida amostrados nos substratos biológicos dos costões rochosos do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.....26

Tabela 3. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Frequência de ocorrência (FO %) e categoria dos táxons registrados nas três faixas do mediolitoral (superior, intermediária, inferior) e na do infralitoral. Muito raro (MR, < 5%), Raro (R, ≥ 5 < 10%), Pouco Freqüentes (F, ≥ 10<20%), Frequentes (F, ≥ 20 < 30%) e Muito freqüentes (MF, ≥ 30%).....29

Tabela 4. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Resultado da Análise de Variância (ANOVA One Way) da densidade entre grupos em cada local de amostragem.....30

Tabela 5. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Densidade média total dos táxons nas faixas, superior, intermediária e inferior do mediolitoral e do infralitoral. Locais de coleta: Ilha: Ilha do Mel, Itap2: Segunda Pedra (Itapoá), Itap3: Terceira Pedra (Itapoá), Paci: Praia da Paciência (Penha), Camb: Praia de Balneário Camboriú, Sep: Praia da Sepultura (Bombinhas), Quat: Praia de Quatro Ilhas (Bombinhas), Maris: Praia do Mariscal (Bombinhas), Farol: Prainha (Farol de Santa Marta) e Torres: Praia de Itapeva (Torres). Substratos biológicos: Ppern: *Perna perna*, Ufasc: *Ulva fasciata*, Craca: Cirripédios, Htenel: *Herposiphonia tenella*, Uflex: *Ulva flexuosa*, Polys: *Polysiphonia* sp., Pcapil: *Pterocladiella capillacea*,Hcerv: *Hypnea cervicornis*, Abeau: *Amphiroa beauvoisii*, Cclavu: *Centroceras clavulatum*, Phrag: *Phragmatopoma* sp., Hmus: *Hypnea musciformis*,Scymo: *Sargassum cymosum*,Cteed: *Chondracanthus teedei*, Btenl: *Bostrychia tenella*, Lobtu: *Laurencia obtusa*.....31

Capítulo 2

Tabela 1. Resultados da ANOVA fatorial aplicada para os valores de Índice de Complexidade e Dimensão Fractal nas diferentes espécies de algas (*A. beauvoissi, H. musciformis, P. capillacea, S. cymosum e U. fasciata*) e escalas (1cm, 3cm, 5cm, 10cm).....59

Tabela 2. Resultados da ANOVA fatorial aplicada para a abundância dos Amphipoda nas macroalgas (*A. beauvoissi, H. musciformis, P. capillacea, S. cymosum* e *U. fasciata*) e nas classes de tamanho (I, II, III, IV).....66

Tabela 3. Peracarida associados as macroalgas. Relação de táxons com os valores de densidade média e desvio padrão em cada espécie de alga.....68

Capítulo 3

Tabela 1. *Apohyale media*. Locais de coleta com seus respectivos municípios, coordenadas geográficas e o substrato biológico.....88

Tabela 2. *Apohyale media*. Distância de Mahalanobis referente à forma do própodo do gnatópodo 2 entre as quatro populações.....91

Tabela 3. *Apohyale media*. Distância de Mahalanobis referente à forma do própodo e dáctilo do gnatópodo 2 entre indivíduos de diferentes substratos biológicos.....93

LISTA DE FIGURAS

Capítulo1

Figura 1. Mapa da área de estudo indicando o município dos locais de coleta. A: Paranaguá, PR (Ilha do Mel), B: Itapoá, SC (Costão Segunda Pedra e Costão Terceira Pedra), C: Penha, SC (Praia da Paciência), D: Balneário Camboriú, SC (Costão Norte), E: Bombinhas, SC (Praia da Sepultura, Praia de Quatro Ilhas e Praia do Mariscal) e F: Farol de Santa Marta (Prainha), G: Torres, RS (Praia de Itapeva).....22

Figura 2. Perfil esquemático de um costão rochoso durante a baixamar de sizígia, indicando as três faixas do mediolitoral (superior, intermediária e inferior) e a do infralitoral amostradas.....24

Figura 3. Substratos biológicos dos costões rochosos do Sul do Brasil. Frequência de ocorrência dos substratos biológicos amostrados em cada faixa (superior, intermediária e inferior do mediolitoral e infralitoral). Ppern: *Perna perna*, Ufasc: *Ulva fasciata*, Craca: Cirripédios, Htenel: *Herposiphonia tenella*, Uflex: *Ulva flexuosa*, Polys: *Polysiphonia* sp., Pcapil: *Pterocladiella capillacea*, Hcerv: *Hypnea cervicornis*, Abeau: *Amphiroa beauvoisii*, Cclavu: *Centroceras clavulatum*, Phrag: *Phragmatopoma* sp., Hmus: *Hypnea musciformis*, Scymo: *Sargassum cymosum*, Cteed: *Chondracanthus teedei*, Btenl: *Bostrychia tenella*, Lobtu: *Laurencia obtusa*.....26

Figura 4. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Densidade média total e desvio padrão nas faixas superior, intermediária e inferior do mediolitoral e na do infralitoral. Grupos homogêneos de valores entre as faixas estão representados pelas letras iguais (teste a posteriori de Tukey). Locais de coleta: A: Ilha do Mel, B: Segunda Pedra (Itapoá), C: Terceira Pedra (Itapoá), D: Praia da Paciência (Penha), E: Praia de Balneário Camboriú, F:, Praia da Sepultura (Bombinhas), G: Praia de Quatro Ilhas (Bombinhas), H: Praia do Mariscal (Bombinhas), I: Prainha (Farol de Santa Marta) e J: Praia de Itapeva (Torres).....33

Figura 5. Anfípodos mais abundantes no litoral rochoso do sul do Brasil. Distribuição da densidade média das espécies nas faixas amostrais dos locais de coleta (legenda como na Figura 4).....35

Figura 6. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Distribuição da Riqueza de Espécies (S) nas faixas, superior, intermediária e inferior do mediolitoral e infralitoral dos locais de amostragem. A: Ilha do Mel, B: Segunda Pedra (Itapoá), C: Terceira Pedra (Itapoá), D: Praia da Paciência (Penha), E: Praia de Balneário Camboriú, F:, Praia da Sepultura (Bombinhas), G: Praia de Quatro Ilhas (Bombinhas), H: Praia do Mariscal (Bombinhas), I: Prainha (Farol de Santa Marta) e J: Praia de Itapeva (Torres). Barra sobre as colunas: linha de tendência.....36

Figura 7. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Distribuição de Diversidade de Shannon Wiener (H´) nas faixas, superior, intermediária e inferior do mediolitoral e infralitoral de cada local de amostragem. A: Ilha do Mel, B: Segunda Pedra (Itapoá), C: Terceira Pedra (Itapoá), D: Praia da Paciência (Penha), E: Praia de Balneário Camboriú, F:, Praia da Sepultura (Bombinhas), G: Praia de Quatro Ilhas (Bombinhas), H: Praia do Mariscal (Bombinhas), I: Prainha (Farol de Santa Marta) e J: Praia de Itapeva (Torres). Barra sobre as colunas: linha de tendência.....37

Figura 8. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Equitatividade de Pielou(J´) nas faixas, superior, intermediária e inferior do mediolitoral e infralitoral de cada local de amostragem. A: Ilha do Mel, B: Segunda Pedra (Itapoá), C: Terceira Pedra (Itapoá), D: Praia da Paciência (Penha), E: Praia de Balneário Camboriú, F:, Praia da Sepultura (Bombinhas), G: Praia de Quatro Ilhas (Bombinhas), H: Praia do Mariscal (Bombinhas), I: Prainha (Farol de Santa Marta) e J: Praia de Itapeva (Torres). Barra sobre as colunas: linha de tendência.....38

Figura 9. Peracáridos de substratos biológicos. Cluster baseado na análise de similaridade de Bray Curtis, com as densidades dos táxons amostrados nas faixas superior, intermediária e inferior do mediolitoral e no infralitoral.....39

Capítulo 2

Figura 1. Aspecto geral das macroalgas estudadas. A: *Amphiroa beauvoisii*, B: *Hypnea musciformis*, C: *Pterocladiella capillacea*, D: *Sargassum cymosum*, E: *Ulva fasciata*. Barra de escala: 3cm.....55

Figura 2. Macroalgas que tiveram a complexidade medida pelos métodos de Índice de complexidade e da Dimensão fractal D nas escalas 1 cm, 3 cm, 5 cm e 10 cm.....57

Figura 3. Índice médio de Complexidade (±Desvio Padrão) mensurado para as cinco espécies de macroalgas nas quatro escalas de resolução. Letras iguais demonstram semelhanças entre os valores de IC entre as macroalgas.....60

Figura 4. Valores médios (±Desvio Padrão) da Dimensão Fractal mensurada para as cinco espécies de macroalgas nas quatro escalas de resolução.....60

Figura 5. Análise de cluster baseado no índice de similaridade de Bray-Curtis dos preditores de complexidade dos diferentes tipos de macroalgas analisadoas. Ufasci: *Ulva fasciata*, Scymos: *Sargassum cymosum*, Hmusci: *Hypnea musciformis*, Abeau: *Amphiroa beauvoissi*, P capil: *Pterocladiella capillacea*.....61

Figura 6. Peracarida associados as macroalgas. A, densidade de indivíduos; B, Riqueza de táxons e C, Diversidade de Shannon.....62

Figura 7. Correlação de Pearson entre o Índice de Complexidade (A) e Dimensão Fractal (B) e a densidade de Peracarida associados as macroalgas**.**.....63

Figura 8. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) baseado na densidade de Peracarida nas amostras de macroalgas.....64

Figura 9. Tamanho médio (linha) e desvio padrão (barras) do comprimento total do corpo dos indivíduos de Peracarida associados as macroalgas. Grupos homogêneos de valores entre as algas estão representados pelas letras iguais (teste de Tukey).....65

Figura 10. Abundância de Amphipoda (A), Isopoda (B) e Tanaidacea (C), nas quatro classes de tamanho. Classe I: 0-3 mm, Classe II: 3-6 mm, Classe III: 6-9 mm e Classe IV: 9-12 mm. Grupos homogêneos de valores entre as algas estão representados pelas letras iguais (teste de Tukey).....67

Capítulo 3

Figura 1. *Apohyale media*. Posição dos marcos anatômicos: (A) própodo do gnatópodo 2 e (B) dáctilo do gnatópodo 2. Escala: 500 µm. (A) 1: Base interna da articulação própodo-dáctilo do gnatópodo; 2: Depressão na porção interna distal da palma; 3: Localização dos dois espinhos na porção mediana da palma; 4: Depressão na porção interna mediana da palma, onde estão localizadas cerdas; 5: Base interna da articulação carpo-própodo do gnatópodo; 6: Base externa da articulação carpo-própodo do gnatópodo; 7, 8 e 9: Borda externa do própodo; 10: Base externa da articulação própodo-dáctilo do gnatópodo. (B) 1: Base interna da articulação própodo-dáctilo do gnatópodo; 2 Depressão na porção interna mediana do dáctilo; 4: Borda externa do dáctilo; 5: Base externa da articulação própodo-dáctilo do gnatópodo.....89

Figura 2. *Apohyale media*. Análise de Variáveis Canônicas (CVA) do formato do própodo do gnatópodo 2 entre as populações, IM: Ilha do Mel, IT, Itapoá, PE: Penha, FS: Farol de Santa Marta. Linhas claras= média da deformação no eixo; Linhas escura= deformação máxima.....92

Figura 3. *Apohyale media*. Análise de Variáveis Canônicas (CVA) do formato do própodo do gnatópodo 2 entre as algas, *Pterocladiella capillacea*, *Sargassum cymosum* e *Ulva fasciata*. Linhas claras= média da deformação no eixo; Linhas escura= deformação máxima.....94

Figura 4. *Apohyale media*. Análise de Variáveis Canônicas (CVA) do formato do dáctilo do gnatópodo 2 entre as algas, *Pterocladiella capillacea*, *Sargassum cymosum* e *Ulva fasciata*. Linhas claras= média da deformação no eixo; Linhas escura= deformação máxima.....95

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os padrões de distribuição das assembléias de Peracarida ao longo de um gradiente vertical nos costões rochosos, em substratos de diferentes arquiteturas e a variação morfológica intraespecífica de *Apohyale media,* foram realizadas coletas em 10 praias nos estados do sul do Brasil. Para a distribuição vertical dos Peracarida amostras dos substratos biológicos dominantes foram coletados em três faixas do mediolitoral (superior, intermediária e inferior) e na faixa do infralitoral. Para a distribuição de acordo com a complexidade de substratos biológicos três réplicas de cinco macroalgas com diferentes graus de complexidade estrutural foram amostrados em quatro costões rochosos. Para a análise da variação morfológica intraespecífica de *A. media*, indivíduos de quatro populações (variação geográfica) e indivíduos de três substratos biológicos de uma mesma localidade (variação morfológica de acordo com o hábitat) das amostragens de distribuição vertical foram utilizadas. Análises univariadas e multivariadas e cálculo de índices de diversidade foram realizados bem como análises de morfometria geométrica para variação de *A. media*. Dos 35 táxons registrados nas diferentes faixas verticais, 11 táxons ocorreram exclusivamente no infralitoral, além disso maiores valores de abundância e diversidade foram observadas para as faixas mais próximas da água. Nas análises de distribuição nos diferentes substratos biológicos, maiores densidades foram observadas em algas com maiores valores de complexidade, assim como amostras foram agrupadas de acordo com as espécies de macroalgas. O anfípodo *Apohyale media* foi o táxon mais abundante em todas as amostras, ocorrendo em todas as faixas amostrais e em todos os substratos biológicos, mesmo aquele com baixos valores de complexidade (ex. *Ulva fasciata*). Variações morfológicas significativas foram observadas tanto para a variação geográfica como para as referentes ao hábitat.

Palavras-Chave: peracáridos, distribuição espacial, complexidade habitat, variação morfológica, morfometria geométrica.

ABSTRACT

In order to assess the patterns of distribution of Peracarida assemblages along a vertical gradient on the rocky shores, on substrates of different architectures and intraspecific morphological variation of *Apohyale media* collections were carried out in 10 beaches from the southern States of Brazil. For the Peracarida vertical distribution samples of dominant biological substrates were collected in three zones from the midlittoral (upper, middle and lower) and in the infralittoral. For distribution according to the complexity of biological substrates three replicates of five macro-algae with varying degrees of structural complexity were sampled in four rocky shores. For the analysis of intraspecific morphological variation of *A. media* individuals from four populations (geographical variation) and individuals from three biological substrates in the same locality (morphological variation according to the habitat), were used sampling of vertical distribution. Univariate and multivariate analyzes and diversity indices were conducted as well as geometric morphometric analyses for the *A. media* variation. Of 35 taxa recorded in the different vertical zones, 11 taxa occurred exclusively in the infralittoral, besides higher values of abundance and diversity were observed for the zones closest to the water. In the analysis of distribution in different biological substrates, higher densities were observed in algae with highest values of complexity, as well as samples were grouped according to the species of algae.The *Apohyale media* amphipod was the most abundant taxon in all samples, occurring in all sample groups and in all biological substrates, even one with low values of complexity (e.g. *Ulva fasciata*). Significant morphological changes were observed for both geographic variation and for those relating to habitat.

Keywords: peracarids, spatial distribution, habitat complexity, morphological variation, geometric morphometric

PREFÁCIO

A presente tese de doutorado aborda temas relacionados a estruturação espacial de Peracarida em costões rochosos, visando responder questões importantes para a distribuição das espécies, como composição e ocorrência ao longo de um gradiente vertical, em substratos biológicos de diferentes graus de complexidade e outros fatores como a influência do hidrodinamismo e variações morfológicas intraespecíficas. A tese está composta de três capítulos independentes e mais dois artigos em anexos prontos para submissão, relacionados a taxonomia do grupo.

O capítulo 1 é a avaliação da distribuição vertical dos Peracarida em diferentes costões rochosos, visando elucidar questões da composição e ocorrência das espécies na zona do mediolitoral e infralitoral. Em contraste do já bem documentado padrão de zonação dos organismos sésseis nos costões rochosos pouco se sabe sobre os peracáridos que ocorrem nessas regiões.

O Capítulo 2 consiste em avaliar usando técnicas novas e inovadoras para avaliação de complexidade estrutural de macroalgas, o Índice de Complexidade e a Dimensão Fractal, e como a fauna de Peracarida responde a diferentes graus de complexidade.

O Capítulo 3 traz uma avaliação da variação morfologia intraespecífica do própodo do gnatópodo 1 e 2 da espécie *Apohyale media*, a espécie mais abundante e comum em todas as faixas e substratos biológicos amostrados nos três estados do sul do Brasil utilizando técnica de morfometria geométrica.

Na seção Apêndice constam dois artigos prontos para submissão correspondentes aos trabalhos de taxonomia realizados em paralelo durante o tempo de doutorado, sendo o primeiro referente a uma compilação dos táxons encontrados nas amostras. O segundo refere se à descrição de uma nova espécie de caprelídeo do gênero *Paracaprella*.

Capítulo 1_____

Composição e distribuição espacial dos Peracarida (Crustacea: Malacostraca) associados aos substratos biológicos no litoral do sul do Brasil

RESUMO

Um estudo sobre a distribuição vertical dos Peracarida associados aos substratos biológicos dos costões rochosos do litoral do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul foi realizado. As amostras do substrato biológico predominante foram obtidas de três faixas do mediolitoral (superior, intermediária e inferior) e de uma do infralitoral. Para cada faixa de amostragem foram calculadas a densidade dos crustáceos peracáridos (n^o ind.ml^{-1}), a freqüência de ocorrência dos táxons, Riqueza de espécies (S), Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H´) e Índice de Equitatividade de Pielou (J´). Análises estatísticas univariadas (ANOVA) foram utilizadas para verificar as diferenças entre as densidades, e análises multivariadas para a composição das espécies (Cluster baseado em análise de similaridade de Bray Curtis). A ordem Amphipoda foi a mais abundante (92%), seguida de Tanaidacea (6%) e de Isopoda (1%). Estes Peracarida mostraram um padrão de distribuição vertical diretamente relacionado com o tempo de imersão do local de ocorrência e a arquitetura de substrato biológico. Com exceção do mais abundante anfípodo *Apohyale media*, que ocorreu em todos os níveis de amostragem, a abundância e a diversidade de táxons dos Peracarida constituem uma função do risco de dessecamento: quanto mais longe da água, estes valores são menores; quanto mais perto, maiores. Dos 35 táxons registrados, 11 caracterizaram a fauna dos Peracarida do infralitoral que são intolerantes à exposição ao ar: *Elasmopus souzafilhoi*, *Podocerus brasiliensis*, *Erichthonius brasiliensis*, *Lembos hypacanthus*, *Caprella danilevskii*, *C. natalensis*, *C. scaura*, *Paracaprella pusilla*, *Leucothoe spinicarpa*, *Quadrimaera quadrimana* e Lyssianassidae. Em contraste, não houve um grupo de táxons que caracterizasse cada faixa do mediolitoral, indicando que a maioria dos Peracarida são capazes de colonizar este biótopo devido ao teor hídrico

conferido pelos substratos biológicos em condições de baixa-mar. Certamente, *Apohyale media* que não discriminou os níveis verticais, o grau de exposição às ondas e tampouco o tipo de substrato biológico, tem alta plasticidade na resistência contra dessecação e consequente superioridade na competição por espaço e alimento nestes biótopos.

Palavras-chave: distribuição vertical**,** mediolitoral, infralitoral.

INTRODUÇÃO

Os costões rochosos podem ser considerados um dos habitats costeiros mais importantes e produtivos, por abrigarem uma alta diversidade de espécies principalmente na região entremarés, com inúmeros graus de importância ecológica e econômica. Esses ambientes fornecem espaço para o estabelecimento e fixação de diversos organismos e, ainda, fornecem refúgio e proteção contra fatores bióticos (como a predação) e abióticos (como a dessecação causada pelas baixas-marés). Além disso, constituem locais de alimentação, crescimento e reprodução para diversos grupos animais como moluscos, crustáceos e peixes que buscam os benefícios da produção primária de microfitobentos e macroalgas (Coutinho 2002).

Diversos padrões são observados nesses biótopos, entre os quais, o mais estudado e importante é a zonação vertical. Os pioneiros nesse estudo foram Stephenson & Stephenson (1949) que definiram um padrão universal de distribuição dos organismos sésseis na região entremarés, baseado nas diferentes características das suas faixas em relação aos níveis de maré. Após este trabalho, outros estudos foram realizados no intuito de verificar a universalidade desta distribuição, quando Lewis (1964) incluiu na análise os efeitos das ondas.

Este bem documentado padrão de zonação dos organismos sésseis consiste na existência de diferenças entre a biodiversidade dos níveis superiores em relação aos níveis inferiores na zona entremarés (v. revisão em Ellis 2003). Dessa forma, os organismos se distribuem com ocupação não aleatória em diferentes faixas, perpendicularmente à superfície do mar (Lewis 1964, Underwood 1981, McQuaid & Branch 1984).

Diversos fatores abióticos e bióticos agem na determinação destas ocupações (Seapy & Litter 1982, Bustamante et al. 1997, Menge et al. 1999) e as habilidades adaptativas dos organismos são os principais recursos para o estabelecimento dos mesmos, através de interações biológicas e diferentes processos de recrutamento de larvas e propágulos (Moore 1975, Menge 1976). Estes padrões de zonação ainda podem ser influenciados pela topografia, tipo de substrato, e pelas condições hidrodinâmicas prevalentes nos locais de ocorrência destas comunidades (Battstrom 1980, Guichard & Bourget 1998).

Os diferentes grupos de organismos sésseis que compõem os substratos consolidados naturais primários, como mexilhões, cracas, animais coloniais e macroalgas formam os substratos biológicos secundários que, por sua vez, abrigam um grande número de espécies de invertebrados vágeis e sésseis (Tararam & Wakabara 1981, Masunari 1983, Edgar 1983, Tsuchiya & Nishhira 1986, Jacobi 1987 a,b, Iwasaki 1995, Seed 1996, Morgado & Tanaka 2001). Dentre a fauna associada a substratos biológicos secundários nos costões rochosos destacam-se os crustáceos Peracarida, devido às suas altas densidade e diversidade de espécies (Edgar & Moore 1986). São portadores de uma ampla variação de formas, tamanhos, comportamentos e hábitos alimentares, abrindo um leque de possibilidade de escolher e ocupar diferentes substratos.

No Brasil, os estudos sobre os crustáceos Peracarida associados a substratos biológicos estão concentrados na região sudeste do país, visando avaliar a fauna de somente um tipo de substrato (Tararam & Wakabara 1981, Masunari 1983, Wakabara et al. 1983, Tsuchiya & Nishihira 1986, Jacobi 1987 a,b, Alburqueque & Guéron 1989, Duarte & Nalesso 1996, Leite et al. 2000; Morgado & Tanaka 2001, Valério-Berardo & Flynn 2002). Além disso, a maioria desses estudos enfatizou os Amphipoda; a zonação das comunidades em ambientes naturais foi investigada somente por Tararam et al. (1986) e Jacobucci & Leite (2002), sendo o último restrito a uma espécie de macroalga-substrato, *Sargassum cymosum*.

Embora o conhecimento dos padrões de zonação dos organismos sésseis esteja consolidado, principalmente para algas marinhas, mexilhões e cracas (Chavanich & Wilson 2000), a zonação dentre os peracáridos da região entremarés de costões rochosos ainda foi pouco investigada (Tararam et al.

1986, Buschmann,1990, Krapp-Schickel 1993, Baldinger & Gable 1995, Guerra-García et al. 2011), provavelmente pela dificuldade de identificação desses organismos.

O objetivo do presente estudo consiste em reconhecer um padrão de zonação vertical dos Peracarida ocorrentes em substratos biológicos de costões rochosos dos estados do Paraná, de Santa Catarina, e Rio Grande do Sul no sentido da distribuição espacial das espécies e respectivas abundâncias em três faixas do mediolitoral (superior, intermediária e inferior) e uma do infralitoral.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O litoral paranaense (25º18'S 48º05'W a 25º58'S 48º35'W) é constituído por poucos afloramentos rochosos, que formam ilhas de complexo cristalino, margeadas de um lado pela planície sedimentar quaternária e do outro pelo mar. Os morros cristalinos afloram principalmente na Ilha do Mel (Paranaguá), Praia de Caiobá (Matinhos), Praia do Farol (Matinhos) e Ilha do Saí-Guaçu (Guaratuba) (Bigarella 1978).

O litoral de Santa Catarina estende-se da Ilha Saí-Guaçú (Itapoá) (25º58'37"S - 48º35'24"W), divisa Nordeste com o Paraná, seguindo até a Foz do Rio Mampituba (Passos de Torres) (29º18'18"S - 49º42'02"W), limite Sudeste com o Rio Grande do Sul (Santa Catarina 1991).

O litoral do Rio Grande do Sul (29º18'S 49º42'W a 33º44'S 53º22'W) possui aproximadamente 620 km de extensão com praias pouco sinuosas, com topografias similares, geralmente compostas de areia muito fina e pouca vegetação (Rambo 1994). Na sua maioria, não são observadas zonas rochosas, tendo como única exceção, a praia de Torres localizada no limite norte do estado.

As coletas nas faixas do mediolitoral dos costões rochosos foram realizadas durante as marés baixas de sizígia, em dez praias (Tab. 1 e Fig. 1). Por outro lado, as do infralitoral foram realizadas somente nos costões rochosos de Paranaguá, PR (Ilha do Mel), Penha, SC (Praia da Paciência) e Bombinhas, SC (Praia da Sepultura) (Fig. 1), em função da acessibilidade

limitada em níveis infralitorais das demais localidades, as quais não apresentavam profundidades suficientes.

Os costões rochosos na Ilha do Mel são encontrados principalmente na face oriental e no lado oeste, com a planície arenosa ocupando a maior parte da ilha. Os costões rochosos da Segunda Pedra e Terceira Pedra (Itapoá, SC) são formações rochosas a beira mar, em forma de paredões lisos e pouco fragmentados, com baixa declividade, distantes alguns metros entre si e sob influência antrópica moderada. A Praia da Paciência (Penha, SC) é relativamente pequena e situada dentro de uma enseada, banhada por águas calmas e cristalinas. O costão rochoso é formado por rochas pequenas a intermediárias, com alto grau de fragmentação e baixa declividade. O costão norte de Balneário Camboriú, SC sofre grande influência da urbanização, com passarelas e decks de madeira em seu entorno, e também possui alta fragmentação das rochas com baixa declividade.

Tabela 1. Locais de Coleta com seus respectivos municípios, coordenadas geográficas, altura em relação à maré e grau de energia da praia.

Praia/Costão	Município	Coordenadas geográficas	Faixas amostradas	Grau de energia da praia
Ilha do Mel	Paranaguá	25º34'28"S 4819'10"W	Mediolitoral Infralitoral	Agitado
Segunda Pedra	Itapoá	26º04'11"S 48º36'20"W	Mediolitoral	Moderado
Terceira Pedra	Itapoá	26º04'02"S 48º36'27"W	Mediolitoral	Moderado
Praia da Paciência	Penha	26º46'28"S 48º36'02"W	Mediolitoral Infralitoral	Calmo
Praia Balneário Camboriú (Costão Norte)	Balneário Camboriú	26º58'18"S 48º37'55"W	Mediolitoral	Calmo
Praia da Sepultura	Bombinhas	27º08'27"S 48º28'42"W	Mediolitoral Infralitoral	Calmo
Quatro Ilhas	Bombinhas	27º09'38"S 48º29'04"W	Mediolitoral	Leve
Praia do Mariscal	Bombinhas	27º10'02"S 48º29'50"W	Mediolitoral	Leve
Prainha	Farol de Santa Marta	28º36'08"S 48º48'54"W	Mediolitoral	Moderado
Praia de Itapeva	Torres	29º23'06"S 49º45'25"W	Mediolitoral	Moderado

A Praia da Sepultura, Quatro Ilhas e Mariscal (Bombinhas, SC) são áreas adjacentes à Reserva Biológica Marinha do Arvoredo. A Praia da Sepultura apresenta uma curta faixa de areia de aproximadamente 100m, e constitui uma área de prática de mergulhos livre e autônomo, por apresentar águas calmas e transparentes e, portanto, mesmo com o acesso restrito, ela é bastante visitada. É formada por muitas rochas pequenas em praticamente toda sua extensão. A praia de Quatro Ilhas é uma área contígua a uma restinga bem preservada, o costão do lado direito é formado por rochas de tamanho pequeno e médio, bastante fragmentado. A praia do Mariscal apresenta cerca de 150 metros de extensão, o costão do lado esquerdo (Pousada do Atalaia) é composto de rochas intermediárias a grandes, formando paredões pouco fragmentados (Gevaerd 2013).

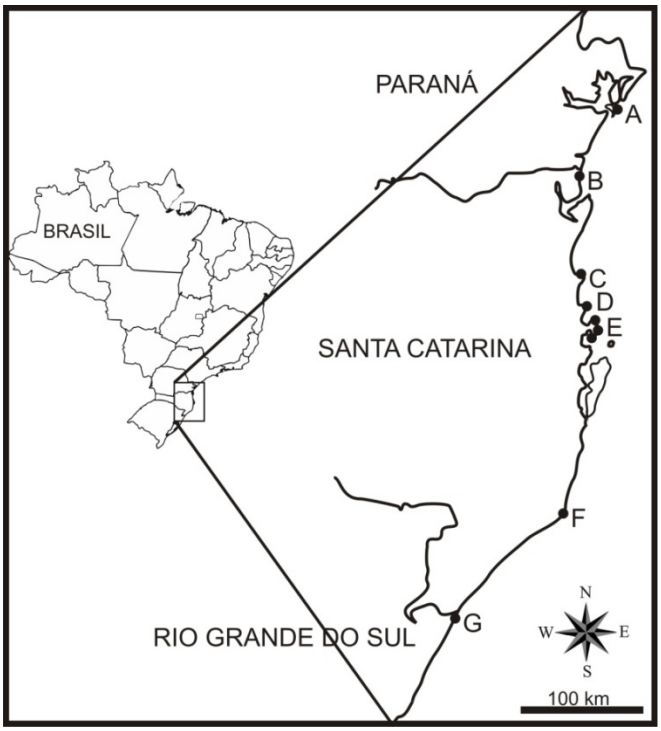


Figura 1. Mapa da área de estudo indicando o município dos locais de coleta. A: Paranaguá, PR (Ilha do Mel), B: Itapoá, SC (Costão Segunda Pedra e Costão Terceira Pedra), C: Penha, SC (Praia da Paciência), D: Balneário Camboriú, SC (Costão Norte), E: Bombinhas, SC (Praia da Sepultura, Praia de Quatro Ilhas e Praia do Mariscal) e F: Farol de Santa Marta (Prainha), G: Torres, RS (Praia de Itapeva).

A Prainha (Farol de Santa Marta) localiza-se do lado direito dos Molhes de Laguna e recebe esse nome devido a pequena extensão da faixa de areia apresentando cerca de 300m, com rochas pequenas a intermediárias apresenta uma fragmentação intermediária. A Praia da Itapeva (Torres, RS),

com 6.000 metros de extensão, está localizada após o Parque da Guarita e é formada por paredões lisos pouco fragmentados e com baixa declividade.

O grau de energia das praias foi determinado categoricamente, através de observações visuais durante o período de amostragem, sendo classificado em: (a) calmo: mar plano ou com pequenas ondulações; (b) leve: com ondulações intermediárias, crista quebrando; (c) moderado: muitas ondulações, com formação de espuma e (d) agitado: ondas grandes entre 2-3 m (Curtis et al. 2004) (Tab. 1).

Coleta de material biológico

As amostragens no mediolitoral foram realizadas nos anos de 2010 e 2011, durante a baixa-mar de sizígia do final do inverno ao início da primavera (julho e setembro), período do ano no qual os Peracarida são mais abundantes (Dubiaski-Silva & Masunari 1995, Dutra 1988, Jacobucci & Leite 2002). Em cada local de coleta, foi estabelecida uma extensão do costão rochoso de 10m perpendicular à linha d´água a qual foi dividida em três faixas horizontais de igual distância (3,3 m), em inferior (próxima ao nível da água), superior (limite superior de ocorrência dos substratos biológicos) e intermediária (faixa entre as duas citadas anteriormente) (Fig. 2). Em cada faixa foram coletadas três amostras quadradas de 10 x 10 cm do substrato biológico dominante. Este foi integralmente raspado da rocha com uma espátula. No total, foram coletadas 90 amostras (10 locais de coletas X 3 faixas X 3 repetições de substrato biológico em cada faixa).

As amostras do infralitoral foram coletadas também no mesmo período do ano acima referido, por meio de mergulho autônomo em Bombinhas (0-3m) e na Ilha do Mel (0-4m) em 2011 e de mergulho livre em Penha (0-3m) em 2012. As amostras dos substratos biológicos foram coletadas da mesma forma daquelas do mediolitoral, porém, com auxílio de um saco de tecido com abertura de malha de 250 µm, para onde o material foi transferido, para evitar que a fauna associada fosse perdida para a coluna d'água.

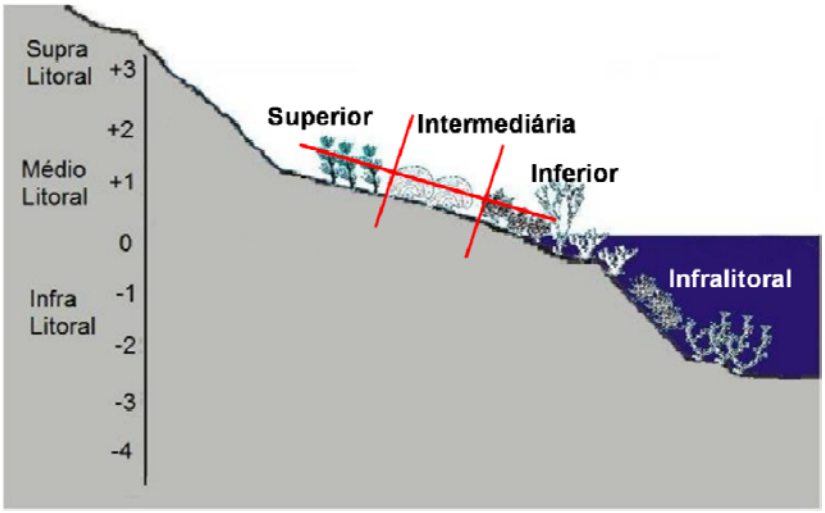


Figura 2. Perfil esquemático de um costão rochoso durante a baixamar de sizígia, indicando as três faixas do mediolitoral (superior, intermediária e inferior) e a do infralitoral amostradas.

Todas as amostras foram fixadas em álcool 70% e triadas e, tanto os substratos biológicos como os crustáceos peracáridos foram identificados ao menor nível taxonômico possível. A prosposta taxonômica utilizada foi de Myers & Lowry (2013).

Análise de dados

As densidades dos crustáceos peracáridos foram expressas em relação ao volume de substratos biológicos (número de indivíduos por ml de substrato biológico). O volume dos substratos biológicos foi medido pelo método de deslocamento de água em proveta graduada, o qual consiste no cálculo da diferença entre o volume final (substrato e água) e o inicial (volume de água conhecido).

Para cada local de coleta foram calculadas as densidades médias (n^o ind.ml^{-1}) por faixa de amostragem do substrato biológico. Foram testadas a homocedasticidade (teste de Levene) e a normalidade (teste de Shapiro-Wilk) dos dados, as quais constituem pré-requisitos das análises estatísticas de variância (Anova One-Way). Quando necessário, os dados foram logaritmizados (log (x+1)) para atender à premissa do teste (Zar 1999). Foi utilizado o teste a posteriori de Tukey ($p<0,05$).

Para cada faixa de amostragem de substrato biológico de cada local de coleta foram calculados a Riqueza de espécies (=táxons registrados S), Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H´, logarítimo na base e) e Índice de

Equitatividade de Pielou (J´), que quantifica a relação entre a representação desigual da comunidade estudada a uma comunidade hipotética onde todas as espécies são representadas igualmente (Krebs 1989). Os índices foram calculados com o software Past.

Para cada faixa amostral, mediolitoral (superior, intermediária e inferior) e infralitoral foi calculado a frequência de ocorrência dos táxons, considerando o número de amostras em que cada um dos táxons ocorreu em relação ao total de amostras, classificada em: Muito raro (MR, ocorrência em < 5% das amostras), Raro (R, ≥ 5 < 10%), Pouco Frequentes (F, ≥ 10 < 20%) Frequentes (F, ≥ 20 < 30%) e Muito Frequentes (MF, ≥ 30%).

As afinidades entre as amostras com base na densidade dos peracáridos foram estabelecidas com base nas matrizes de similaridade, utilizado o coeficiente de Bray-Curtis, e análises de agrupamento Cluster. As análises multivariadas foram realizadas utilizando o programa Primer 6.0 (Clarke & Gorley 2001).

RESULTADOS

Os seguintes substratos biológicos foram amostrados: bancos dos invertebrados, Cirripedia (Crustacea), *Perna perna* (Linnaeus, 1758) (Mollusca Bivalvia) e *Phragmatopoma* sp. (Annelida Polychaeta) e as algas *Amphiroa beauvoisii* J.V.Lamouroux 1816, *Bostrychia tenella* (J. V. Lamouroux) J. Agardh, *Centroceras clavulatum* (C. Agardh) Montagne (1846), *Chondracanthus teedei* (Mertensex Roth) Kützing 1843, *Herposiphonia tenella* (C. Agardh) Ambronn 1880, *Hypnea cervicornis* J. Agardh1851, *Hypnea musciformis* (Wulfen) J. V. Lamouroux 1813, *Laurencia obtusa* (Hudson) J. V. Lamouroux, *Polysiphonia* sp. Greville, 1823, *Pterocladiella capillacea* (S. G. Gmelin) Santelices & Hommersand 1997, *Sargassum cymosum* C. Agardh 1820, *Ulva fasciata* Delile 1813, *Ulva flexuosa* Wulfen 1803 (Fig. 3).

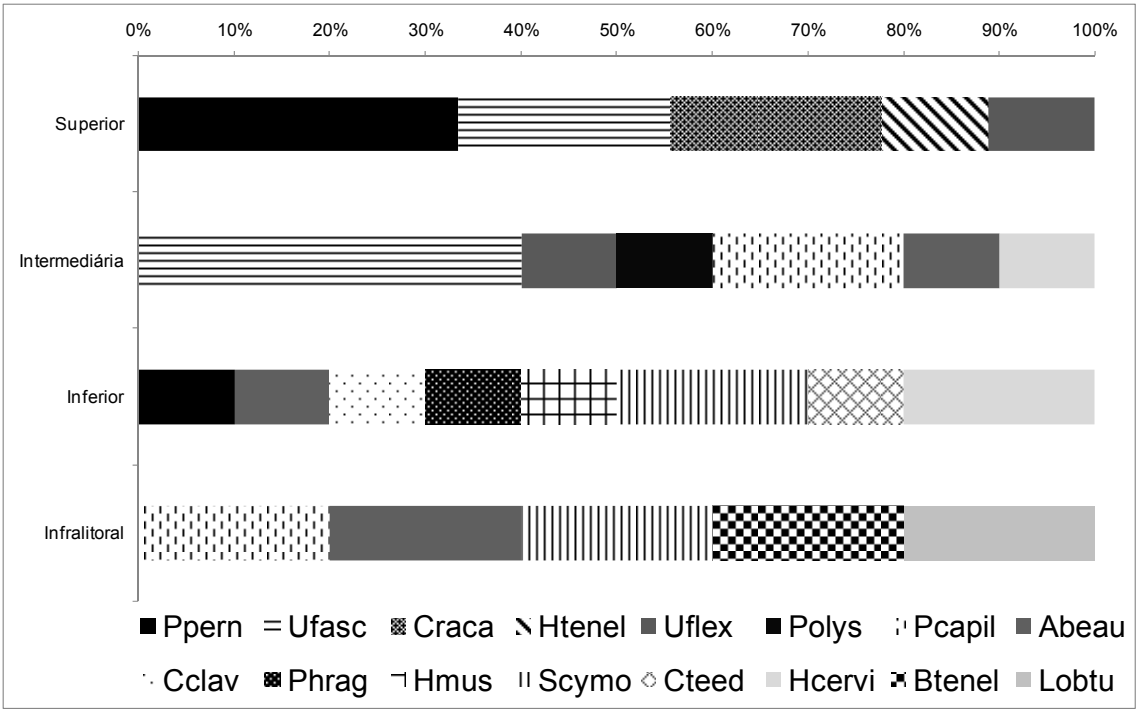


Figura 3. Substratos biológicos dos costões rochosos do Sul do Brasil. Frequência de ocorrência dos substratos biológicos amostrados em cada faixa (superior, intermediária e inferior do mediolitoral e infralitoral). Ppern: *Perna perna*, Ufasc: *Ulva fasciata*, Craca: Cirripédios, Htenel: *Herposiphonia tenella*, Uflex: *Ulva flexuosa*, Polys: *Polysiphonia* sp., Pcapil: *Pterocladiella capillacea*, Hcerv: *Hypnea cervicornis*, Abeau: *Amphiroa beauvoisii*, Cclavu: *Centroceras clavulatum*, Phrag: *Phragmatopoma* sp., Hmus: *Hypnea musciformis*, Scymo: *Sargassum cymosum*, Cteed: *Chondracanthus teedei*, Btenl: *Bostrychia tenella*, Lobtu: *Laurencia obtusa*.

Um total de 8.253 indivíduos foi coletado, pertencentes a 35 táxons dos quais 29 foram Amphipoda, cinco Isopoda e um Tanaidacea (Tab. 2). Amphipoda foi também o mais abundante totalizando 92% dos Peracarida, seguido de Tanaidacea (6%) e de Isopoda (1%).

Tabela 2. Lista taxonômica de Peracarida amostrados nos substratos biológicos dos costões rochosos do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Ordem Amphipoda Latreille, 1816
Subordem Senticaudata Myers & Lowry, 2013
Infraordem Talitrida Rafinesque, 1815 (Serejo 2004)
Parvordem Talitridira Rafinesque, 1815
Superfamília Talitroidea Rafinesque, 1815 (Bulycheva 1957)
Família Hyalidae Bulycheva, 1957
Apohyale media (Dana 1853)
Apohyale wakabarae Serejo, 1999
Protohyale macrodactyla Stebbing 1899
Infraordem Corophiida Leach, 1814
Parvordem Corophiidira Lowry & Myers 2013
Superfamília Aoroidea Stebbing, 1899

Família Aoridae Stebbing, 1899
Lembos hypacanthus K. H. Barnard, 1916
Superfamília Corophioidea Leach, 1814
Família Ampithoidae Stebbing, 1899
Ampithoe ramondi Audouin, 1826
Sunampithoe pelagica Milne-Edwards, 1830
Família Corophiidae Leach, 1814
Subfamily Corophiinae Leach, 1814
Monocorophium acherusicum (Costa, 1857)
Parvordem Caprellidira Leach, 1814
Superfamília Caprelloidea Leach, 1814
Família Caprellidae Leach, 1814
Subfamily Caprellinae Leach, 1814
Caprella danilevskii Czerniavskii, 1868
Caprella dilatata Krøyer, 1843
Caprella natalensis Mayer, 1903
Caprella penantis Leach, 1814
*Caprella scaur*a Templeton, 1836
Paracaprella pusilla Mayer, 1980
Pseudaeginella montoucheti (Quitete, 1971)
Família Podoceridae Leach, 1814
Podecerus brasiliensis (Dana, 1853)
Superfamília Isaeoidea
Família Isaeidae Dana, 1852
Superfamília Photoidea Boeck, 1871
Família Ischyroceridae Stebbing, 1899
Subfamily Ischyrocerinae Stebbing, 1899
Ericthonius brasiliensis (Dana, 1853)
Jassa falcata Montagu, 1808
Família Photidae Boeck, 1871
Photis longicaudata (Bate & Westwood, 1862)
Infraordem Hadziida S. Karaman, 1932
Parvordem Hadziidira S. Karaman, 1943
Superfamília Hadzioidea S. Karaman, 1943 (Bousfield 1983)
Família Maeridae Krapp-Schickel, 2008
Elasmopus aff. pectenicrus (Bate, 1862)
Elasmopus souzafilhoi Senna, 2011
Quadrimaera sp. Krapp-Schickel & Ruffo, 2000
Família Melitidae Bousfield, 1973
Melita sp.Leach, 1814
Subordem Gammaridea Latreille, 1802
Família Amphilochidae Boeck, 1871
Amphilocus neapolitanus Del la Valle, 1893
Família Lysianassidae Dana, 1849

Lysianassidade sp.
Família Stenothoidae Boeck, 1971
Stenothoe valida Dana, 1853
Família Leucothoidae Dana, 1852
Leucothoe spinicarpa (Abildgaard, 1789)
Ordem Isopoda Latreille, 1817
Subordem Sphaeromatidea Latreille, 1825
Superfamília Sphaeromatoidea Latreille, 1825
Família Sphaeromatidae Latreille, 1825
Dynamenella dianae (Menzies, 1962)
Dynamenella tropica Loyola & Silva, 1960
Paradynoides brasiliensis Loyola & Silva 1960
Subordem Valvifera Sars, 1882
Família Idoteidae Samouelle, 1819
Idotea balthica (Pallas, 1772)
Subordem Asellota Latreille, 1802
Família Janiridae Sars, 1897
Janiridae sp.
Ordem Tanaidacea Dana, 1849
Família Leptocheliidae Lang, 1973
Leptocheliidae sp.

De maneira geral, houve uma tendência ao aumento da riqueza e da diversidade de táxons nas faixas do costão rochoso com a proximidade da água, com exceção das praias do Mariscal, Prainha (Farol Santa Marta) e Itapeva (Torres) (Fig. 6 e 7). Nove táxons foram encontrados na faixa superior, 18 na intermediária, 21 na inferior e 26 no infralitoral. Os anfípodos *Apohyale media*, *Ampithoe ramondi*, *Stenothoe valida*, *Pseudaeginella montoucheti* e os tanaidáceos da família Leptochelidae foram os táxons de ocorrência constante em todas as faixas amostradas, desde a superior até o infralitoral, em todas as localidades. No entanto, *A. media* foi o único com porcentagens de ocorrência acima de 30 % (= muito frequente) em todas as faixas. Foi ainda a única espécie com esse grau de ocorrência na faixa superior do mediolitoral.

Com exceção de *Apohyale media, A. wakabarae* e *Idotea balthica* que foram muito frenquente, frequente e pouco frequente (20,7% e 17,2%, respectivamente), as espécies encontradas na faixa superior do mediolitoral apresentaram valores de ocorrência inferiores a 7% (=raros e muito raros) (Tab. 3).

Tabela 3. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Frequência de ocorrência (FO %) e categoria dos táxons registrados nas três faixas do mediolitoral (superior, intermediária, inferior) e na do infralitoral. Muito raro (MR, < 5%), Raro (R, ≥ 5 < 10%), Pouco Freqüentes (F, ≥ 10<20%), Frequentes (F, ≥ 20 < 30%) e Muito freqüentes (MF, ≥ 30%).

	MEDIOLITORAL						INFRALITORAL	
	Superior		Intermediária		Inferior			
Táxons	FO (%)	Categoria	FO (%)	Categoria	FO (%)	Categoria	FO (%)	Categoria
Apohyale media	72,4	MF	86,2	MF	93,103	MF	55,6	MF
Ampithoe ramondi	6,9	R	10,3	PF	13,793	PF	77,8	MF
Stenothoe valida	3,4	MR	17,2	PF	31,0	MF	94,4	MF
Pseudaeginella montoucheti	3,4	MR	6,9	R	6,9	R	38,9	MF
Leptochelidae	3,4	MR	13,8	PF	10,3	PF	44,4	MF
Idotea balthica	17,2	PF	10,3	PF	6,9	R	–	
Paradynoides brasiliensis	6,9	R	6,9	R	10,3	PF	–	
Apohyale wakabarae	20,7	F	6,9	R	–		–	
Dynamenella tropica	3,4	MR	3,4	R	–		–	
Protohyale macrodactyla	–		6,9	R	3,4	MR	–	
Elasmopus aff. Pectenicrus	–		17,2	PF	6,9	R	–	
Janiridae	–		3,4	R	10,3	PF	–	
Sunampithoe pelagica	–		–		20,7	F	–	
Monocorophium acherusicum	–		3,4	MR	3,4	MR	77,8	MF
Ischyroceridae	–		10,3	PF	10,3	PF	5,6	R
Jassa falcata	–		13,8	PF	10,3	PF	22,2	MF
Caprella penantis	–		6,9	R	34,5	MF	16,7	PF
Dynamenella dianae	–		6,9	R	3,4	MR	5,6	R
Caprella dilatata	–		17,2	PF	–		38,9	MF
Amphilocus neapolitanus	–		–		10,3	PF	22,2	F
Melita sp.	–		–		3,4	MR	–	
Gammaropsis sp.	–		–		6,9	R	33,3	MF
Photis longicaudata	–		–		6,9	R	33,3	MF
Paracaprella sp. nov.	–		–		3,4	MR	27,8	MF
Lembos hypacanthus	–		–		–		44,4	MF
Ericthonius brasiliensis	–		–		–		44,4	MF
Leucothoe spinicarpa	–		–		–		11,1	PF
Lyssianassidae	–		–		–		16,7	PF
Elasmopus souzafilhoi	–		–		–		55,6	MF
Quadrimaera sp.	–		–		–		5,6	R
Podocerus brasiliensis	–		–		–		16,7	PF
Caprella danilevskii	–		–		–		16,7	PF
Caprella natalensis	–		–		–		16,7	PF
Caprella scaura	–		–		–		50,0	MF
Paracaprella pusilla	–		–		–		5,6	R

Alguns táxons ocorreram exclusivamente nas faixas mais próximas da água como *Melita* sp. e *Sunampithoe pelagica* na faixa inferior do mediolitoral. Outros tiveram ocorrência exclusiva no infralitoral: *Caprella danilevskii*, *C. natalensis*, *C. scaura*, *Elasmopus souzafilhoi*, *Ericthonius brasiliensis*, *Lembos hypacanthus*, *Leucothoe spinicarpa*, Lyssianassidae, *Quadrimaera quadrimana*, *Podocerus brasiliensis* e *Paracaprella pusilla*. Além disso, nesta faixa pode ser observado um maior número de táxons com maior frequência de ocorrência (frequentes e muito frequentes). Os muito frequentes foram *A. media*, *A. ramondi*, *Caprella dilatata*, *C. scaura*, *E. brasiliensis*, *Elasmopus souzafilhoi*, *Gammaropsis* sp., *Jassa falcata*, *L. hypacanthus*, *Monocorophium*

acherusicum., *Paracaprella* **sp. nov.**, *Photis longicaudata*, *Pseudaeginella montoucheti*, *S. valida* e os tanaidáceos da família Leptochelidae.

Apesar da ocorrência na maioria das faixas de amostragens, os isópodos apresentaram baixos valores de ocorrência. Com exceção de *Idotea balthica* que foi pouco frequente na faixa superior e intermediária do mediolitoral (17,2 e 10,3%, respectivamente), os demais foram raros ou muito raros. Da mesma forma, Tanaidacea foi pouco frequente ou muito raro nas amostras do mediolitoral; entretanto, a ordem foi muito frequente no infralitoral (Tab. 3).

No mediolitoral, a densidade média total dos Peracarida nas praias variou de 0,05 ± 0,09 ind.ml-1 (Balneário Camboriú) a 85,36 ± 22,11 ind.ml-1 (Ilha do Mel), enquanto no infralitoral, variou de 4,18 ± 0,34 ind.ml-1 (Praia da Paciência) a 16, 4 ± 3,7 ind.ml-1 (Ilha do Mel).

As densidades médias nas faixas do mediolitoral e do infralitoral mostraram diferenças estatísticas significativas somente nos costões rochosos da Ilha do Mel, Itapoá Segunda Pedra e Praia da Paciência nos quais os maiores valores foram observados na faixa intermediária (Fig. 4).

Tabela 4. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Resultado da Análise de Variância (ANOVA One Way) da densidade entre grupos em cada local de amostragem.

	SQ	gl	MQ	F	*P*
Ilha do Mel	12,402	3	4,134	57,4	0,001*
Segunda Pedra	64,94	2	32,47	7,718	0,0219*
Terceira Pedra	73,911	2	36,955	2,818	0,1371*
Praia Paciência	0,7647	3	0,2549	5,762	0,0213
Balneário Camboriú	00.0 e00	2	00.0 e00	-15.000	0,7038
Praia da Sepultura	544,19	3	181,4	3,569	0,0667
Quatro Ilhas	0.517	2	0.258	33.096	0,1073
Praia do Mariscal	73,643	2	36,822	3,713	0,0893
Prainha	0,3657	2	0,1829	0,3356	0,7275
Praia de Itapeva	13,926	2	6,9631	2,158	0,1967

*p>0,05

Densidades superiores a 10 ind.ml^{-1} (indivíduos por volume de substrato) só foram observadas para *A. media*, *C. dilatata* e *E. brasiliensis* (Tab. 5). *Apohyale media* foi o anfípodo com as maiores densidades, alcançando 47,13 ind.ml^{-1} (faixa inferior) e 84,10 ind.ml^{-1} (intermediária) da Ilha do Mel.

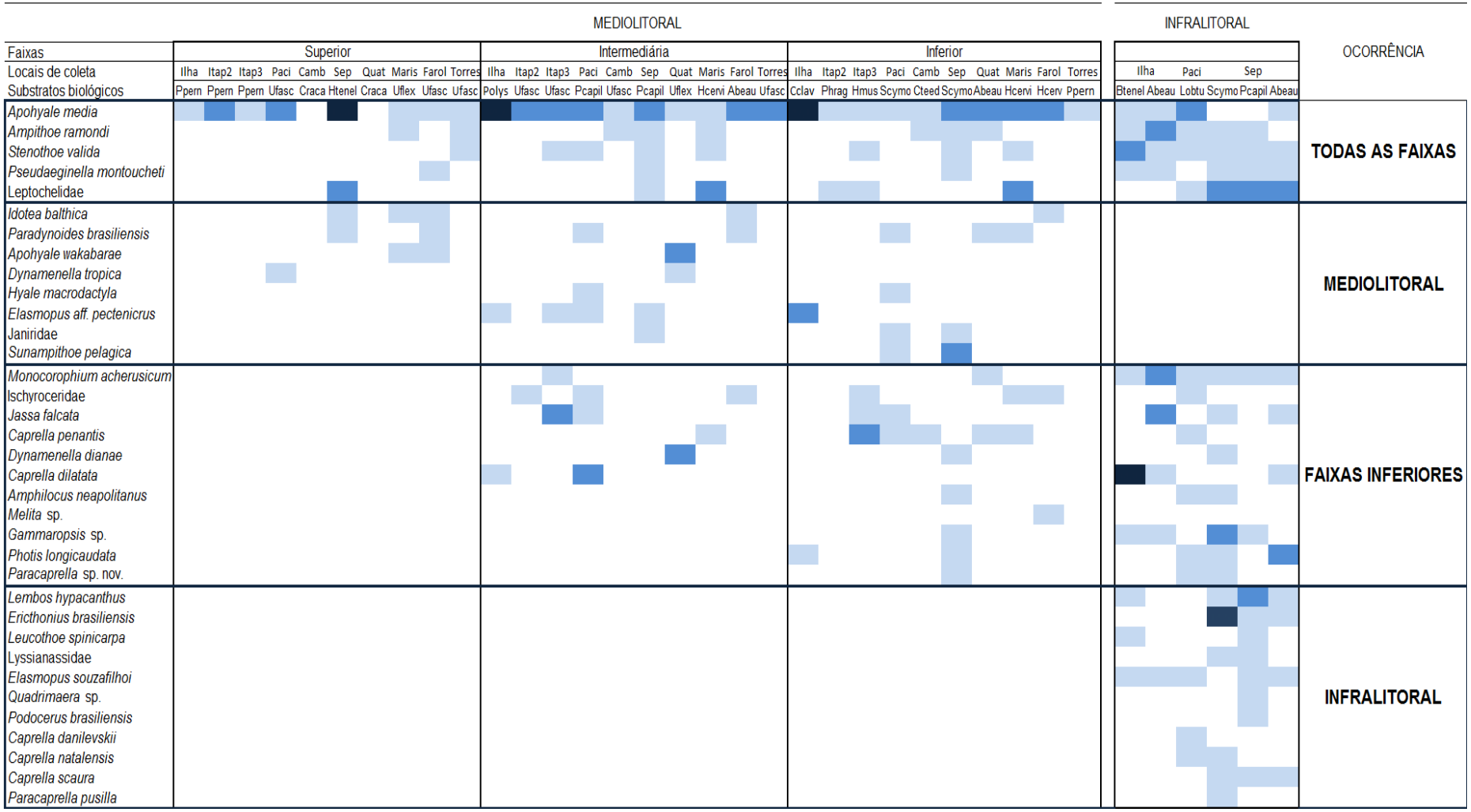
Ambas as espécies de *Elasmopus* ocorreram com densidades inferiores a 1,53 ind.ml^{-1}, no entanto de forma diferenciada nas faixas. *Elasmopus pectenicrus* foi coletado somente nas intermediária e inferior, enquanto *E. souzafilhoi*, somente no infralitoral.

Os anfípodos caprelídeos foram coletados exclusivamente nas faixas intermediárias e inferiores do mediolitoral e infralitoral, com exceção de *Pseudaeginella montoucheti* que ocorreu também em uma amostra do mediolitoral superior. A maioria ocorreu em baixas densidades; somente *Caprella dilatata* atingiu valores superiores a 10 ind.ml^{-1}.

Os tanaidáceos e os isópodos, também, ocorreram em todas as faixas de amostragem, porém, os primeiros com densidades superiores a 2 ind.ml^{-1} e os últimos sempre inferiores a 1,5 ind.ml^{-1}.

Para as espécies mais abundantes/frequentes, foi possível verificar um aumento na densidade com a proximidade da água (Fig. 5). *Apohyale media* foi exceção, pois a espécie apresentou maiores densidades nas faixas inferiores somente nas amostragens de Balneário Camboriú, Quatro Ilhas e Mariscal, tendo mostrado nas demais localidades as maiores densidades nas faixas intermediárias. *Ampithoe ramondi* apresentou as maiores densidades na faixa do infralitoral da Ilha do Mel, da Praia da Paciência e da Praia da Sepultura e na faixa inferior em Quatro Ilhas.

Tabela 5. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Densidade média total dos táxons nas faixas, superior, intermediária e inferior do mediolitoral e do infralitoral. Locais de coleta: Ilha: Ilha do Mel, Itap2: Segunda Pedra (Itapoá), Itap3: Terceira Pedra (Itapoá), Paci: Praia da Paciência (Penha), Camb: Praia de Balneário Camboriú, Sep: Praia da Sepultura (Bombinhas), Quat: Praia de Quatro Ilhas (Bombinhas), Maris: Praia do Mariscal (Bombinhas), Farol: Prainha (Farol de Santa Marta) e Torres: Praia de Itapeva (Torres). Substratos biológicos: Ppern: *Perna perna*, Ufasc: *Ulva fasciata*, Craca: Cirripédios, Htenel: *Herposiphonia tenella*, Uflex: *Ulva flexuosa*, Polys: *Polysiphonia* sp., Pcapil: *Pterocladiella capillacea*,Hcerv: *Hypnea cervicornis*, Abeau: *Amphiroa beauvoisii*, Cclavu: *Centroceras clavulatum*, Phrag: *Phragmatopoma* sp., Hmus: *Hypnea musciformis*,Scymo: *Sargassum cymosum*,Cteed: *Chondracanthus teedei*, Btenl: *Bostrychia tenella*, Lobtu: *Laurencia obtusa*.
Densidades: Ausente, 0,01-1 ind/ml; 1-10 ind/ml; >10 ind/ml.


MEDIOLITORAL
INFRALITORAL
Faixas
Superior
Intermediária
Inferior
OCORRÊNCIA
Locais de coleta
Ilha Itap2 Itap3 Paci Camb Sep Quat Maris Farol Torres
Ilha Itap2 Itap3 Paci Camb Sep Quat Maris Farol Torres
Ilha Itap2 Itap3 Paci Camb Sep Quat Maris Farol Torres
Ilha Paci Sep
Substratos biológicos
Ppern Ppern Ppern Ufasc Craca Htenel Craca Uflex Ufasc Ufasc
Polys Ufasc Ufasc Pcapil Ufasc Pcapil Uflex Hcervi Abeau Ufasc
Cclav Phrag Hmus Scymo Cteed Scymo Abeau Hcervi Hcerv Ppern
Btenel Abeau Lobtu Scymo Pcapil Abeau
Apohyale media
Ampithoe ramondi
Stenothoe valida
Pseudaeginella montoucheti
Leptochelidae
TODAS AS FAIXAS
Idotea balthica
Paradynoides brasiliensis
Apohyale wakabarae
Dynamenella tropica
Hyale macrodactyla
Elasmopus aff. pectenicrus
Janiridae
Sunampithoe pelagica
MEDIOLITORAL
Monocorophium acherusicum
Ischyroceridae
Jassa falcata
Caprella penantis
Dynamenella dianae
Caprella dilatata
Amphilocus neapolitanus
Melita sp.
Gammaropsis sp.
Photis longicaudata
Paracaprella sp. nov.
FAIXAS INFERIORES
Lembos hypacanthus
Ericthonius brasiliensis
Leucothoe spinicarpa
Lyssianassidae
Elasmopus souzafilhoi
Quadrimaera sp.
Podocerus brasiliensis
Caprella danilevskii
Caprella natalensis
Caprella scaura
Paracaprella pusilla
INFRALITORAL

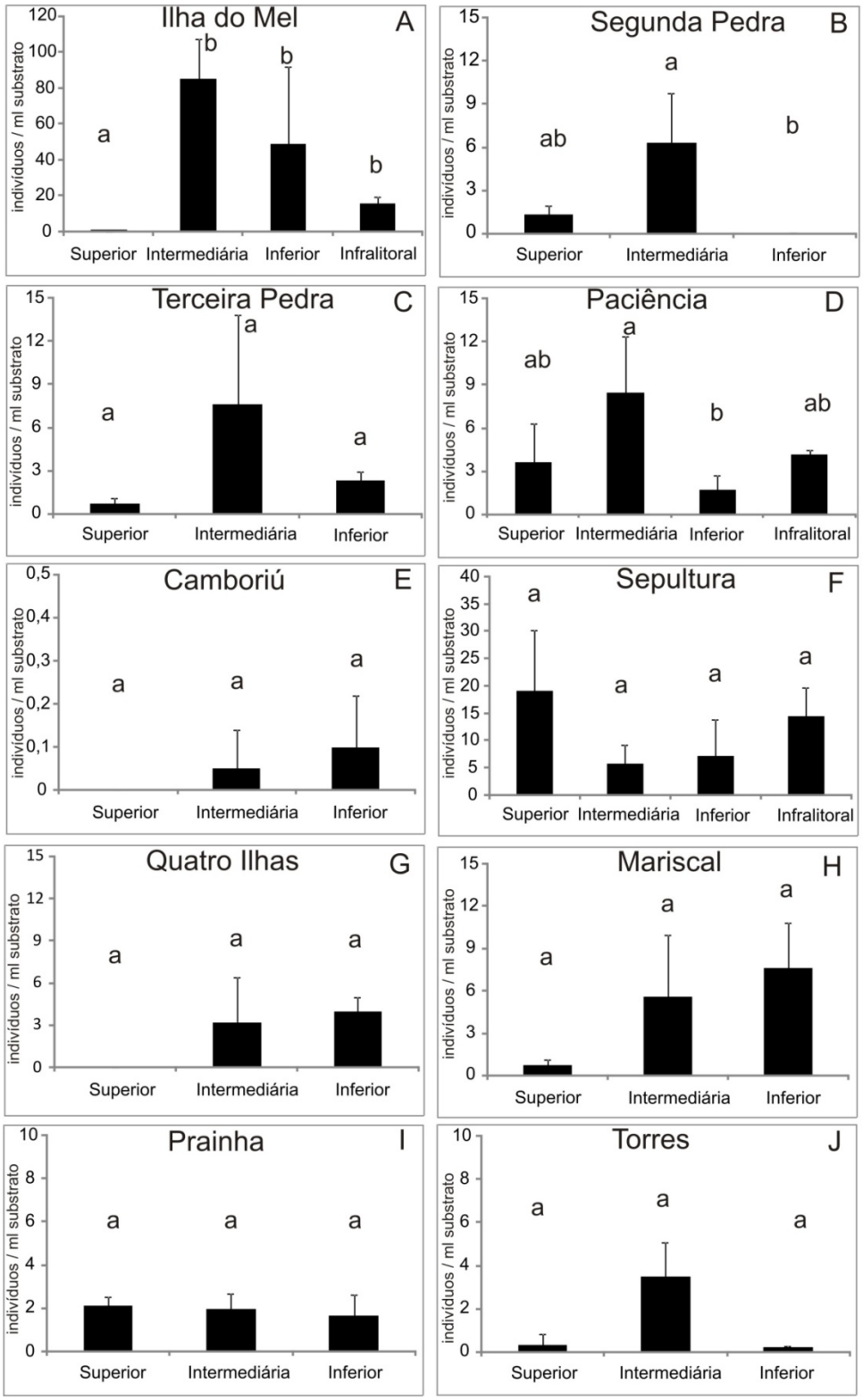


Figura 4. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Densidade média total e desvio padrão nas faixas superior, intermediária e inferior do mediolitoral e na do infralitoral. Grupos homogêneos de valores entre as faixas estão representados pelas letras iguais (teste a posteriori de Tukey). Locais de coleta: A: Ilha do Mel, B: Segunda Pedra (Itapoá), C: Terceira Pedra (Itapoá), D: Praia da Paciência (Penha), E: Praia de Balneário Camboriú, F:, Praia da Sepultura (Bombinhas), G: Praia de Quatro Ilhas (Bombinhas), H: Praia do Mariscal (Bombinhas), I: Prainha (Farol de Santa Marta) e J: Praia de Itapeva (Torres).

Stenothoe valida, com exceção da Praia do Mariscal onde foi mais abundante na faixa intermediária, também ocorreu em maiores densidades nas faixas mais próximas da água (inferior e infralitoral). Da mesma forma *P. montoucheti*, com exceção da Prainha no Farol de Santa Marta onde apresentou os maiores valores de densidade na faixa superior, ocorreu em maiores densidades na faixa inferior (Praia da Sepultura) e infralitoral (Ilha do Mel) (Fig. 5). Maiores densidades no infralitoral também foram observadas para *C. dilatata* a qual ocorreu em maior número também na faixa intermediária.

A riqueza de espécies no mediolitoral variou de 1 (na faixa superior da Ilha do Mel, Itapoá Segunda Pedra, Itapoá Terceira Pedra e nas faixas intermediária e inferior de Torres) a 24 táxons (no infralitoral da Praia da Sepultura, Bombinhas) (Fig. 6). A diversidade variou de 0,03 nats.ind^{-1} (na faixa intermediária de Itapoá Segunda Pedra) a 2,03 nats.ind^{-1} no infralitoral da Praia da Paciência, Penha (Fig. 7).

De maneira geral, as faixas intermediárias e inferiores do mediolitoral dos locais de coleta sem amostragens no infralitoral apresentaram riqueza de espécies e diversidade maiores que as faixas superiores. No entanto, nas Praias do Mariscal, na Prainha em Farol de Santa Marta, e na Praia de Itapeva em Torres essas diferenças não foram observadas (Fig. 6 e 7), onde estes índices apresentaram valores maiores ou muito próximos na faixa superior do mediolitoral. Nos locais onde o infralitoral foi amostrado (Ilha do Mel, Praia da Paciência e Praia da Sepultura), estes valores foram maiores nessa zona em comparação com os das faixas do mediolitoral (Fig. 6 e 7).

A equitatividade variou de 0,05 na faixa intermediária de Itapoá Segunda Pedra a 0,97 na faixa superior da Praia de Itapeva. Valores superiores a 0,5 que expressam maior homogeneidade na distribuição dos indivíduos entre as espécies, foram observadas principalmente para as faixas inferiores (Itapoá Segunda Pedra, Itapoá Terceira Pedra, Praia da Paciência em Penha, Balneário Camboriú e nas Praias da Sepultura e Mariscal em Bombinhas) (Fig. 8), onde a riqueza e a diversidade, também, foram mais altas.

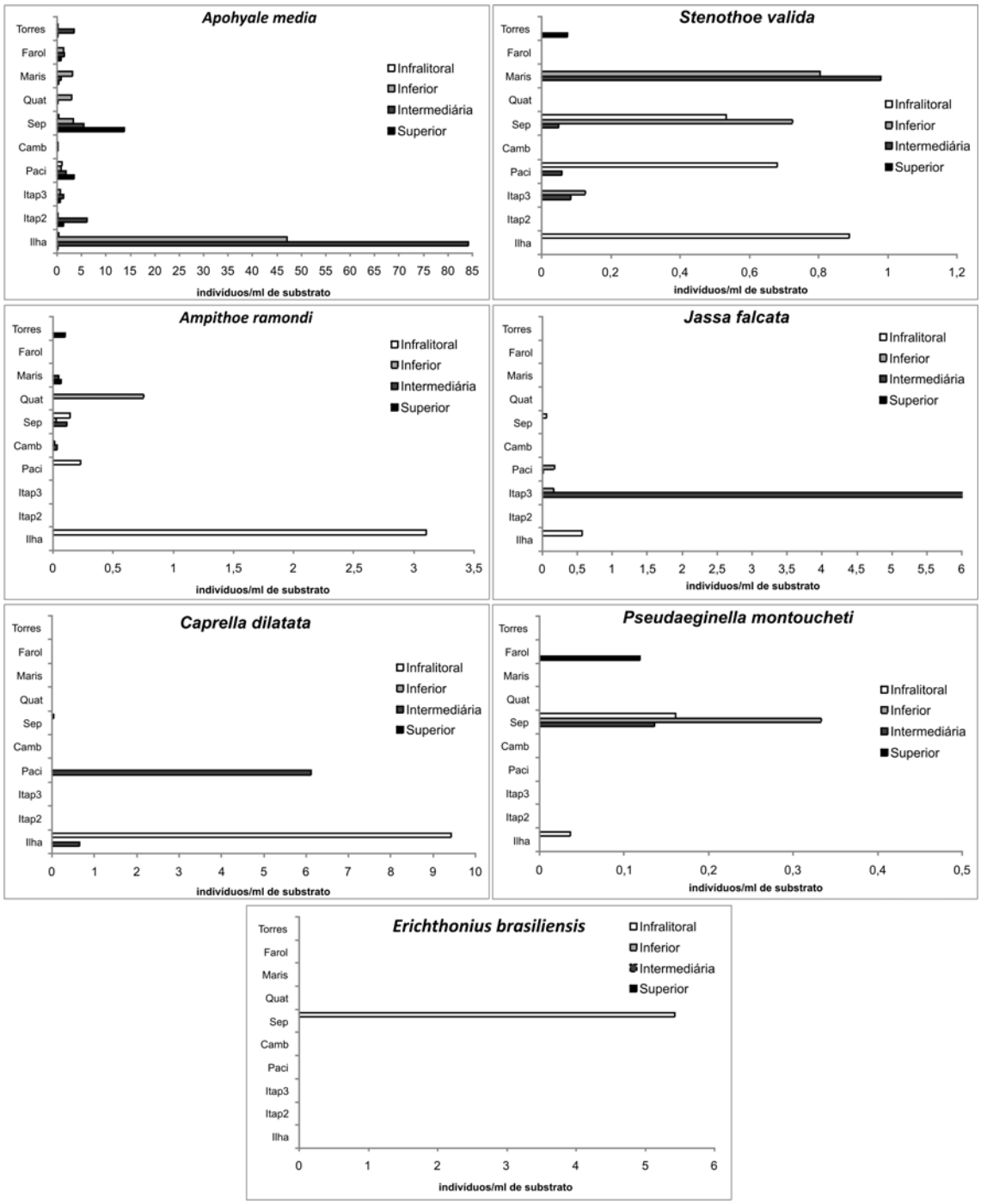


Figura 5. Anfípodos mais abundantes no litoral rochoso do sul do Brasil. Distribuição da densidade média das espécies nas faixas amostrais dos locais de coleta (legenda como na Figura 4)

As amostras das faixas intermediárias de Balneário Camboriú, Praia de Quatro Ilhas e Mariscal e das faixas superiores de Mariscal, na Prainha no Farol de Santa Marta e na Praia de Itapeva, assim como na zona do infralitoral da Ilha do Mel, Praia da Paciência e Praia da Sepultura também apresentam alta homegeneidade (Fig. 8).

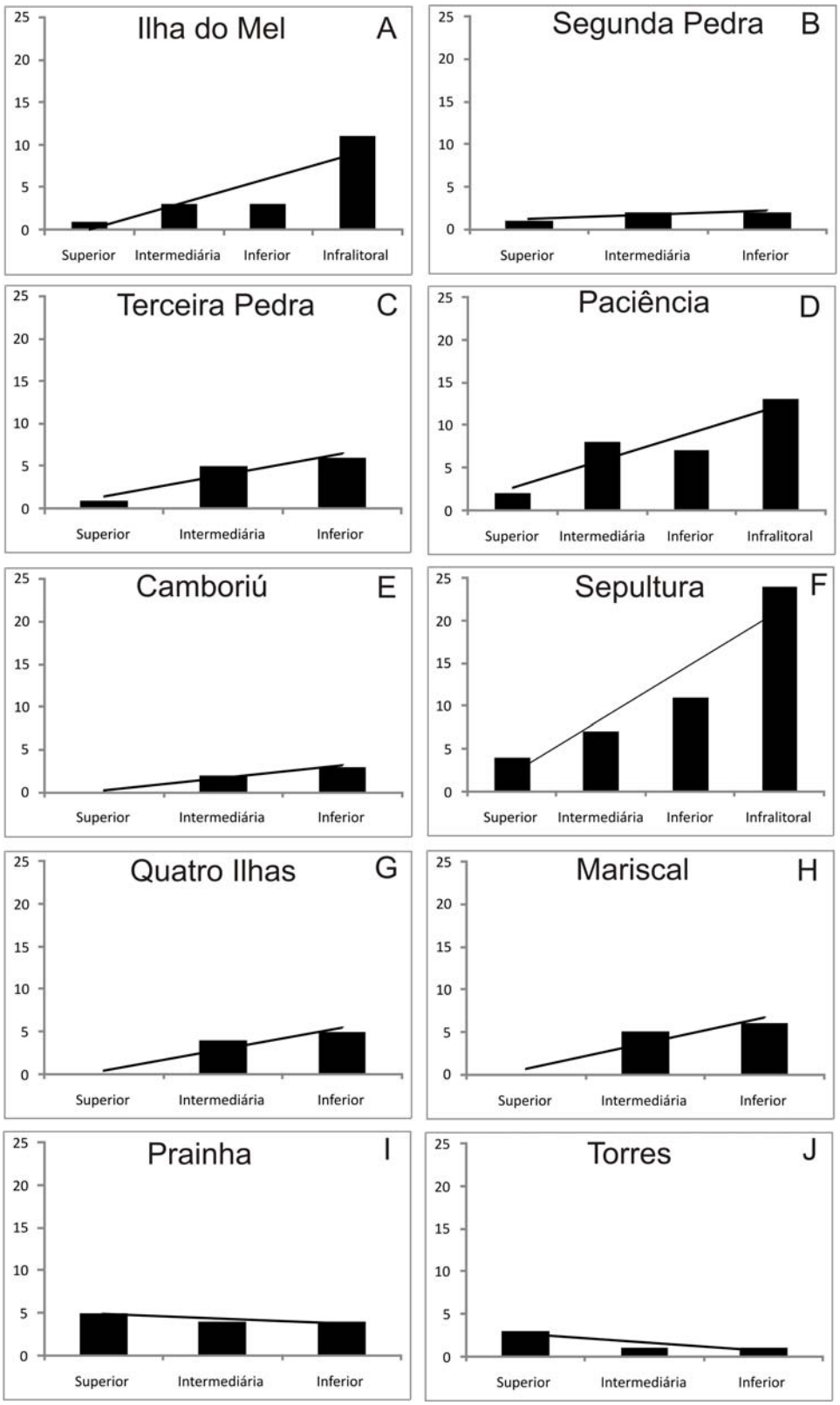


Figura 6. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Distribuição da Riqueza de Espécies (S) nas faixas, superior, intermediária e inferior do mediolitoral e infralitoral dos locais de amostragem. A: Ilha do Mel, B: Segunda Pedra (Itapoá), C: Terceira Pedra (Itapoá), D: Praia da Paciência (Penha), E: Praia de Balneário Camboriú, F:, Praia da Sepultura (Bombinhas), G: Praia de Quatro Ilhas (Bombinhas), H: Praia do Mariscal (Bombinhas), I: Prainha (Farol de Santa Marta) e J: Praia de Itapeva (Torres). Barra sobre as colunas: linha de tendência.

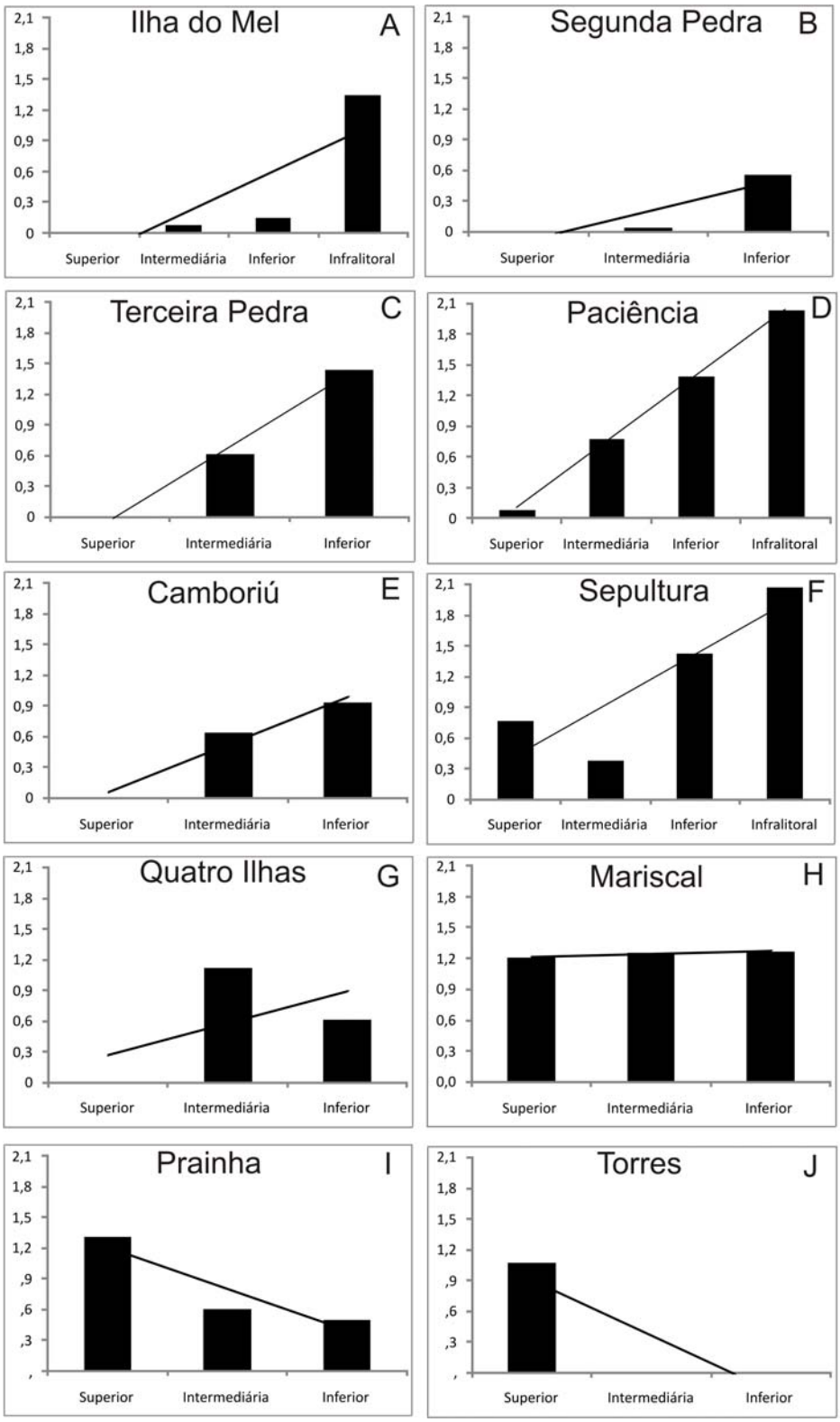


Figura 7. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Distribuição de Diversidade de Shannon Wiener (H´) nas faixas, superior, intermediária e inferior do mediolitoral e infralitoral de cada local de amostragem. A: Ilha do Mel, B: Segunda Pedra (Itapoá), C: Terceira Pedra (Itapoá), D: Praia da Paciência (Penha), E: Praia de Balneário Camboriú, F:, Praia da Sepultura (Bombinhas), G: Praia de Quatro Ilhas (Bombinhas), H: Praia do Mariscal (Bombinhas), I: Prainha (Farol de Santa Marta) e J: Praia de Itapeva (Torres). Barra sobre as colunas: linha de tendência.

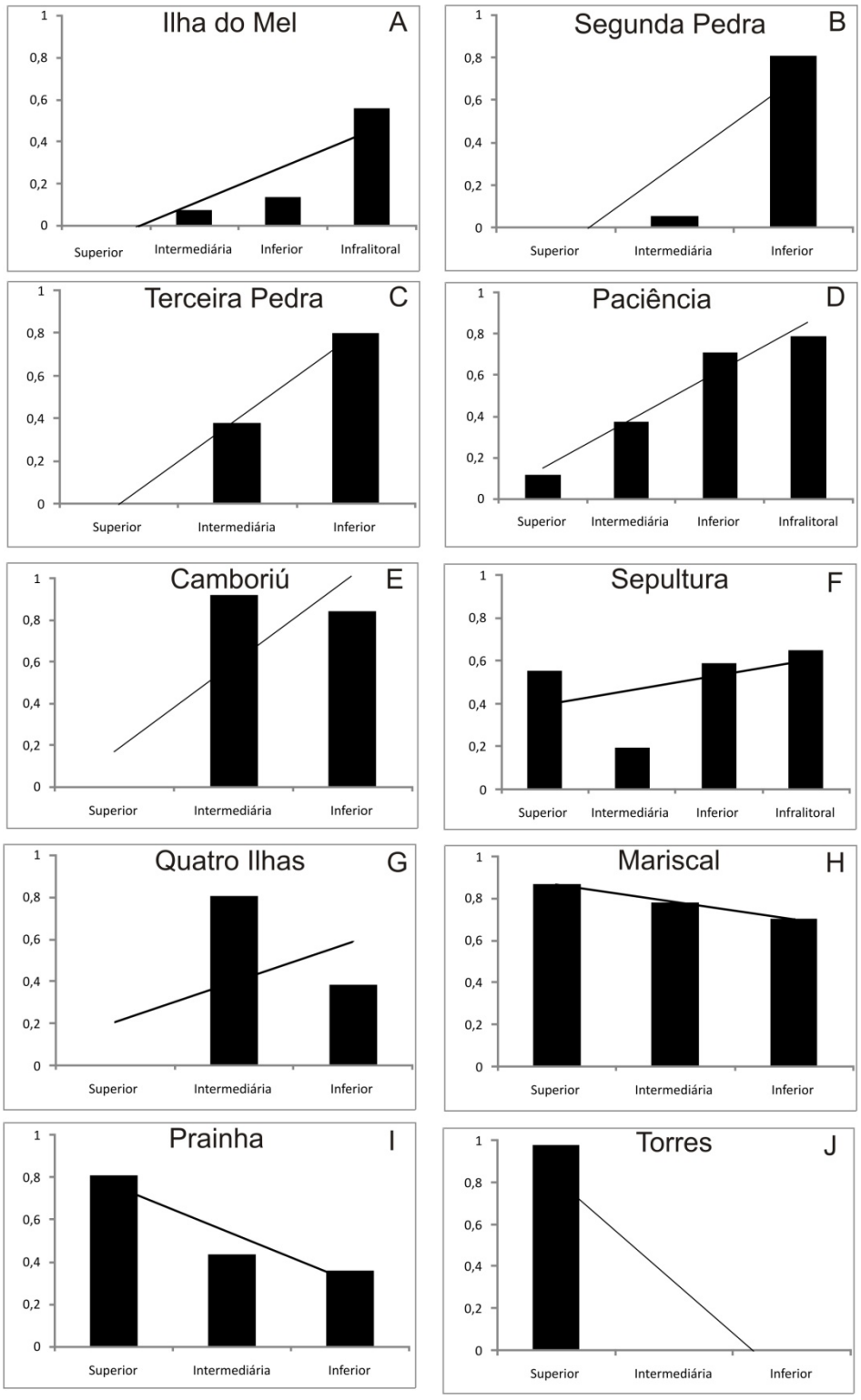


Figura 8. Peracarida do litoral rochoso do sul do Brasil. Equitatividade de Pielou(J´) nas faixas, superior, intermediária e inferior do mediolitoral e infralitoral de cada local de amostragem. A: Ilha do Mel, B: Segunda Pedra (Itapoá), C: Terceira Pedra (Itapoá), D: Praia da Paciência (Penha), E: Praia de Balneário Camboriú, F:, Praia da Sepultura (Bombinhas), G: Praia de Quatro Ilhas (Bombinhas), H: Praia do Mariscal (Bombinhas), I: Prainha (Farol de Santa Marta) e J: Praia de Itapeva (Torres). Barra sobre as colunas: linha de tendência.

Na análise de agrupamento, baseada na análise de similaridade de Bray Curtis, as médias das densidades dos táxons nas faixas do mediolitoral (superior, intermediária e inferior) e do infralitoral mostram uma clara separação da zona infralitoral das demais faixas, indicando uma composição e estruturação dos peracáridos diferenciada nessa zona do costão rochoso (similaridade inferior a 25% com as demais faixas) (Fig. 9). Houve similaridades superiores a 65% entre as amostras das faixas inferior e intermediária do mediolitoral, indicando que a composição das espécies é muito parecida nesses locais.

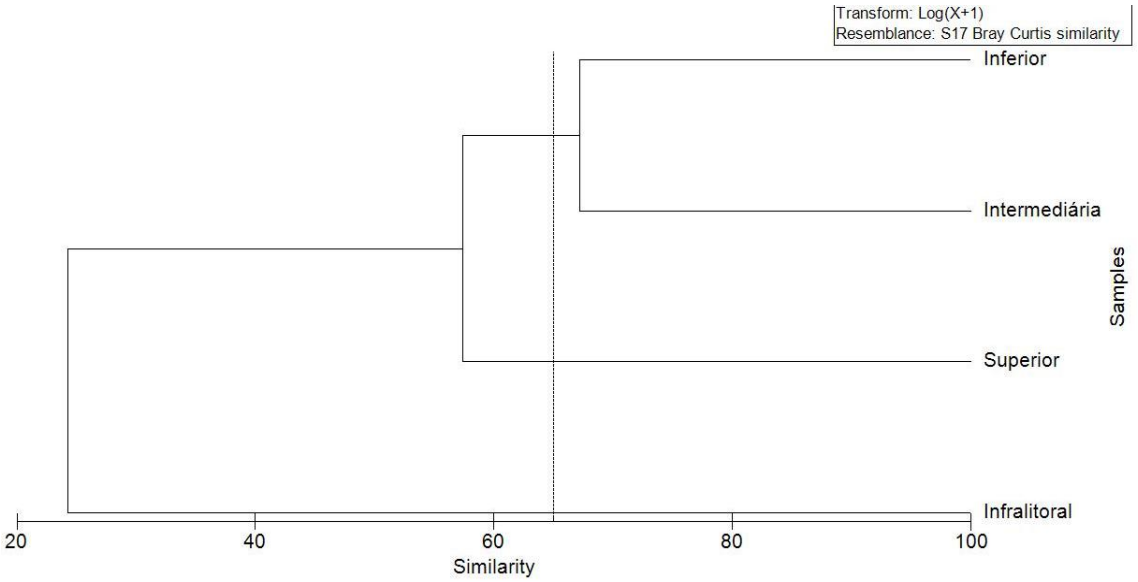


Figura 9. Peracáridos de substratos biológicos. Cluster baseado na análise de similaridade de Bray Curtis, com as densidades dos táxons amostrados nas faixas superior, intermediária e inferior do mediolitoral e no infralitoral.

DISCUSSÃO

Diversos fatores podem interferir na distribuição vertical dos organismos, desde diferentes condições hidrodinâmicas da faixa mais alta em direção àquela mais profunda (Krapp-Schickel 1993, Jacobucci & Leite 2002) como a composição do substrato ao qual eles estão associados (Krapp-Schickel 1993).

Os dados demonstram como a maioria dos Peracarida estão intimamente relacionados com o teor hídrico do hábitat, como observado pela dominância numérica e maior riqueza de táxons em níveis inferiores dos costões rochosos: quanto mais exposta ao ar atmosférico, mais estressante se torna a faixa de ocupação para estes crustáceos. A proximidade do valor da riqueza de espécie e densidades entre a faixa intermediária e a inferior

observada evidenciam o estabelecimento das comunidades de Peracarida nas regiões entremarés indicando que, possivelmente, enquanto mais estável é o teor hídrico do biótopo, mais espécies são capazes de colonizar e formar populações estáveis.

Adicionalmente ao fator hídrico do biótopo conferido pela dinâmica das marés, a existência de um substrato biológico parece ter sido outro fator essencial na estabilidade das populações dos Peracarida nos costões rochosos, tanto impedindo que as ondas carreguem estes frágeis animais nos níveis infralitorais como assegurando um teor hídrico suficiente para as funções vitais durante os períodos de baixa-mar no mediolitoral. Dessa forma, dificilmente peracáridos conseguem se fixar diretamente sobre uma superfície lisa e desprovida de algas ou colônias animais.

Dentre os anfípodos registrados, *Apohyale media* foi o que demonstrou um padrão de distribuição menos exigente quanto ao teor hídrico, ocorrendo em todas as faixas estudadas e na maioria dos substratos. Com exceção de bancos de cracas (Tab. 4), estes anfípodos são capazes de colonizar substratos de variadas arquiteturas e de conservação do teor hídrico, mostrando uma alta plasticidade no que concerne à fisiologia respiratória.

Altas abundâncias e ampla distribuição de espécies da família Hyalidae já foram reportadas em outros estudos, incluindo os do sudeste e sul do Brasil (Tararam et al. 1985, Tararam et al. 1986, Dubiaski-Silva & Masunari 1995, Jacobi 1987). Chavanich & Wilson (2000) afirmam ainda que, em especial espécies dessa família, apresentam grande capacidade de tolerância à dessecação, habilidade esta que permite evitar competições, principalmente por espaços nas regiões inferiores dos costões rochosos. Esta afirmação explica, em parte, a ocorrência de Hyalidae, como *A. media,* na maioria dos substratos das faixas superiores, incluindo o dos mexilhões *Perna perna*.

Padrões de distribuição bem definidos de intolerância à dessecação foram observados para espécies de ocorrência exclusiva na zona do infralitoral. Estas foram os corofídeos *Elasmopus souzafilhoi*, *Podocerus brasiliensis*, *Ericthonius brasiliensis* e *Lembos hypacanthus*, os caprelídeos *Caprella danilevskii*, *C. natalensis*, *C. scaura*, *Paracaprella pusilla* e os gamarídeos *Leucothoe spinicarpa*, Lyssianassidae e *Quadrimaera quadrimana*. Além disso, *Amphilochus neapolitanus* ocorreu também somente nas faixas inferiores

estudadas (inferior do mediolitoral e infralitoral). Segundo Ruffo (1998) esta é uma espécie reófoba, que prefere águas mais calmas com baixo hidrodinamismo. Este comportamento foi confirmado no presente estudo, no qual a espécie ocorreu somente em Bombinhas e Penha, localidades conhecidas de baixo hidrodinamismo e águas calmas.

Outra espécie considerada reófoba é *Stenothoe valida* (Krapp-Schickel 1993, Vader & Krapp-Schickel 1996, Ruffo 1998), mas ela se mostrou menos exigente que os seus congêneres, pois ocorreu de modo muito freqüente na zona do infralitoral e na faixa inferior do mediolitoral, freqüente na faixa intermediária, mas ocorreu também na faixa superior (pouco freqüente). Mostrou preferência por locais com baixo hidrodinamismo como Penha e Bombinhas, mas, ocorreu também no costão da Terceira Pedra de Itapoá e de Mariscal (expostos).

O anfípodo *Sunampithoe pelagica* ocorreu exclusivamente na faixa inferior e somente no substrato *Sargassum cymosum*. Essa íntima associação entre esta macroalga e anfípodos do mesmo gênero já foi relatada por Wakabara et al. (1983) e Schreider et al. (2003). Estes últimos autores consideram a referida alga como importante substrato para as espécies de *Sunampithoe* em geral, devido ao hábito tubícola das mesmas. Segundo os autores, os anfípodos desse gênero constroem seus ninhos utilizando os tecidos dos talos foliáceos de *Sargassum*. Somado a isso, o posicionamento da alga no costão rochoso (infralitoral) também é importante para o gênero (Schreider et al. 2003).

Segundo alguns autores, as espécies do gênero *Jassa* são características de regiões expostas com uma intensa ação de ondas (Nair & Anger 1979, Jacobucci & Leite 2002), devido seu hábito supensívoro. *Jassa falcata* foi a única espécie do gênero e foi registrada em costões rochosos com uma maior ação de ondas (Itapoá Segunda Pedra, Terceira Pedra e Prainha no Farol de Santa Marta). No entanto, ocorreu também na Praia da Paciência, Penha e Praia da Sepultura, Bombinhas (categorizados como calmo no grau de energia das ondas), corroborando Karez & Ludynia (2003) que registraram a espécie também em águas calmas. Portanto não há um padrão de preferências estabelecido.

Com relação aos índices de diversidade, na maioria dos locais, os maiores valores, tanto de riqueza, como de diversidade de Shannon e Equitatividade foram encontrados nas faixas mais próximas à água (faixas intermediárias e inferiores do mediolitoral e infralitoral), independentemente da natureza do substrato secundário. No entanto, exceções foram observadas na Prainha no Farol de Santa Marta e na Praia de Itapeva em Torres. Fato esse que pode ser explicado pela ampliação da distribuição vertical dos organismos em costões rochosos mais batidos (Silva & Coutinho 2007). Segundo os autores, costões rochosos expostos possuem maior riqueza e amplitude de faixas. No presente estudo, não foi possível comparar as praias (pois os substratos foram diferentes), mas podemos concluir que o maior grau de exposição às ondas nos costões de Farol de Santa Marta e Torres favoreceu a ocorrência de maior riqueza e diversidade de espécies de Peracarida também, nas regiões superiores. Nessas duas praias o substrato da faixa superior foi *U. fasciata*.

As diferenças na composição das espécies entre as zonas do mediolitoral e infralitoral demonstram o limite suportado pelas espécies de Peracarida na adaptação às condições adversas na região dos costões rochosos. Os resultados do presente estudo demonstram a preferência de algumas espécies por determinadas faixas, como por exemplo, os 11 táxons que só ocorreram na zona do infralitoral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alburqueque, E.F. & Guéron, C.O.C. 1989. Variação sazonal da fauna vágil de Sargassum stenophyllum (Martens) em duas estações com diferentes graus de exposição às ondas, em Ibicuí, Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Memórias Institudo Oswaldo Cruz, 84(4):9-17.

Baldinger, A.J. & Gable, M.F. 1995. The occurrence of amphipods and other peracarid crustaceans in the rocky littoral zone of Bermuda. Polish archives of hydrobiology 42: 431–439.

Battstrom, H. 1980. Rocky shore zonation in the Santa Marta Area, Colômbia. Sarsia, 65: 163-226.

Bigarella, J.J. 1978. A Serra do Mar e a porção oriental do estado do Paraná: um problema de segurança ambiental e nacional. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento, 248 p.

Buschmann, A.H. 1990. Intertidal macroalgae as refuge and food for Amphipoda in Central Chile. Aquatic Botany 36: 237–245.

Bustamante, R.H.; Branch, G.M. & Eekhout, S. 1997. The influences of physical factors on the distribution and zonation patterns of South African rocky-shore communities. South African Journal of Marine Science, 18: 119-136.

Chavanich, S. & Wilson, K.A. 2000. Rocky intertidal zonation of gammaridean amphipods in Long Island Sound, Connecticut. Crustaceana 73: 835–846.

Clarke, K.R. & Gorley, R.N. 2001. Software primer v5. Plymouth, primer-e. Uk.

Coutinho, R. 2002. Bentos de Costões Rochosos. In: Pereira, R. C.; Soares-Gomes, A. Biologia Marinha. Rio de janeiro: Interciência, p. 147-157.

Curtis, J.; Moreau, M. A.; Marsden, D.; Bell, E.; Martin-Smith, K.; Samoilys, M. & Vincent, A. 2004. Underwater visual census for seahorse population assessments. Project Seahorse Technical Report, 8, 1-28.

Duarte, L.F.L. & Nalesso, R.C. 1996. The sponge *Zygomycale parishii* (Bowerbank) and its endobiotic fauna. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 42: 139-151.

Dubiaski-Silva, J. & Masunari, S. 1995. Ecologia populacional dos Amphipoda (Crustacea) dos fitais de Caiobá, Paraná. Revista Brasileira de Zoologia, 12(2): 373-396.

Dutra, R.R.C. 1988. A fauna vágil do fital *Pterocladia capillacea* (Rhodophyta, Gelidiaceae) da Ilha do Mel, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Biologia, 48 (3): 589-605.

Edgar, G.J. 1983. The ecology of south-east Tasmania phytal animal communities. III. Paterns of species diversity. Journal of Experimental Marine biology and Ecology, 70: 181-203.

Edgar, G.J. & Moore, P.G. 1986. Macro-algae as habitats for motile macrofauna. Monografias Biológicas, 4: 255-277.

Ellis, D.V. 2003. Rocky shore intertidal zonation as a means of monitoring and assessing shoreline diversity recovery. Marine Pollution Bulletin. 46: 305-307.

Gevaerd, I. 2013. Disponível em:
http://www.bombinhas.com.br/pages/praias.html

Guerra-García, J.M., et al. 2011. Vertical distribution and seasonality of peracarid crustaceans associated with intertidal macroalgae, Journal of Sea Research 65 (2): 256–264.

Guichard, F. & Bourget, E. 1998. Topografic heterogeneity, hydrodynamics, and benthic community structure: A scale-dependent cascade. Marine Ecology Progress Series, 171: 59-70.

Iwasaki, K. 1995. Comparison of mussel bed community of two intertidal mytilids Septifier virgatus and Hormomya mutabilis. Marine Biology, 123:109-119.

Jacobi, C.M. 1987a. The invertebrate fauna associated with intertidal beds of the brown mussel *Perna perna* (L.) from Santos, Brazil. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 2 (2): 73-91.

Jacobi, C.M. 1987b. Spatial and temporal distribution of Amphipoda associated with mussel beds from the Bay of Santos (Brazil). Marine Ecology Progress Series, 35: 51-58.

Jacobucci, G.B. & Leite, F.P.P. 2002. Distribuição vertical e flutuação sazonal da macrofauna vágil associada a *Sargassum cymosum* C. Agardh, na praia do Lázaro, Ubatuba, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 19(1): 87 – 100.

Karez, R. & Ludynia, K. 2003. Niche differentiation in habitat and current preference corroborates taxonomic distinction of *Jassa falcata* and *Jassa marmorata* (Amphipoda, Crustacea). Estuarine, Coastal and Shelf Science 58: 279–292,

Krapp-Schickel, G. 1993. Do algal-dwelling amphipods react to the 'critical zones' of a coastal slope? Journal of Natural History 27: 883-900

Krebs, C.J. 1989. Ecological metodology. New York, Harper & Hall, 654p.

Leite, F.P.P.; Güth, A.Z. & Jacobucci, G.B. 2000. Temporal comparison of gammaridean amphipods of *Sargassum cymosum* on two rocky shores in southeastern Brazil. Nauplius, 8 (2): 227-236.

Lewis, J. R. 1964. The Ecology of Rocky Shores. London: The English Universities Press. 323 p.

Masunari, S. 1983. The phytal of the alga *Amphiroa beauvoisii*. Studies of Neotropical Fauna and Environments, 18 (3): 151-162.

McQuaid, C.D. & Branch, G.D.1984. Influence of sea temperature, substratum and wave exposure an rocky intertidal communities: an analysis of faunal and floral biomass. Marine Ecology Progress Series, 19 (1-2): 145-151.

Menge, B.A. 1976. Organization of the New England rocky intertidal community: role of predation, competition and environmental heterogeneity. Ecological Monographs, 46: 355-393.

Menge, B.A.; Daley, B.A.; Lubchenco, J.; Sandford, E.; Dahlhoff, E.; Halpin, P.M.; Hudson, G. & Burnaford, J.L. 1999. Top-down and botton-up regulation of New Zeland rocky intertidal communities. Ecological Monographs, 69: 297-330.

Moore, P.G. 1975. The role of habitat selection in determining the local distribution of animals in the sea. Marine Behavior and Physiology, 3: 97-100.

Morgado, E.H. & Tanaka, M.O. 2001. The macrofauna associated with the briozoan *Schizoporella errata* (Walters) in southeastern Brazil. Scientia Marina, 65 (3): 173-181.

Nair, K.K. & Anger, K. 1979. Experimental studies on the life cicle of *Jassa falcata* (Crustacea, Amphipoda). Helgoländer Wissenchaft Meeresunterssuchen, 32: 442-452.

Rambo, S.J. 1994. A Fisionomia do Rio grande do Sul. Unisinos, São Leopoldo, RS.

Ruffo, S. 1998. The amphipoda of the maditerranean, Part 4. Memories de L' Institut Oceanographique, Foundation Albert Ier, Prince de Monaco.

Santa Catarina. 1991. Atlas escolar de Santa Catarina, Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento, Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. Rio de Janeiro, Ed. Aerofoto Cruzeiro, 96p.

Schreider, M.J., Glasby, T.M. & Underwood, A.J. 2003. Effects of heith on the shore and complexity of habitat on abundance of amphipods on rocky shores in New South Wales, Australia. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 293: 57-71.

Seapy, R.R. & Litter, M.M. 1982. Population and species diversity fluctuations in a rocky intertidal community relative to severe aerial exposure and sediment burial. Marine Biology, 71: 87-96.

Seed, R. 1996. Patterns of biodiversity in the macro-invertebrate fauna associated with mussel pathes on rocky shores. Journal of Marine Biology Association of U.K., 76: 203-210

Silva, Úrsula Russo Duarte da Silva; Coutinho, Ricardo. 2007. Comparação do padrão de zonação dos organismos bentônicos de um costão batido e outro protegido localizados nas regiões da Ilha Grande e Arraial do Cabo, Rio de Janeiro. Revista Novo Enfoque, 5 (5): 1:13

Stephenson, T.A. & Stephenson, A. 1949. The universal features of zonation between tidemarks on rocky coasts. Journal of Ecology, 37 : 289-305.

Tararam, A.S. & Wakabara, Y. 1981. The Mobile Fauna – Especially Gammaridea – of Sargassum cymosum. Marine Ecology Progress Series, 5 : 157-163.

Tararam, A.S., Wakabara, Y. & Mesquita, H.S.L. 1985. Feeding habits of *Hyale media* (Dana, 1853) (Crustacea-Amphipoda). Boletim Instituto Oceanográfico 33 (2): 193-199

Tararam, A.S., Wakabara, Y., Leite, F.P.P., 1986. Vertical distribution of amphipods living on algae of a Brazilian intertidal rocky shore. Crustaceana 51, 183–187.

Tsuchiya, M. & Nishihira, M. 1986. Islands of Mytilus edulis as a habitat for small intertidal animals: effect of *Mytilus* age structure on the species composition of the associated fauna and community organization. Marine Ecology Progress Series, 31: 171-178.

Underwood, A.J., 1981. Structure of a rocky intertidal community in New South Wales: patterns of vertical distribution and seasonal changes. Journal Experimental Marine Biology and Ecology 51, 57–85.

Vader, W. & Krapp-Schickel, G.1996. Redescription and biology of *Stenothoe brevicornis* Sars (Amphipoda: Crustacea), an obligate associate of the sea anemone Actinostola callosa (Verrill). Journal of Natural History, 30 (1): 51-66.

Valério-Berardo,M.T. & Flynn, M.N. 2002. Composition and seasonality of na amphipod community associated to the algae *Bryocladia trysigera*. Brazilian Journal of Biology, 62 (4a): 735-742.

Zar, J. 1999. Biostatistical Analysis. Fourth Edition. Prentice Hall. USA. 663p

Wakabara,Y.; Tararam, A.S. & Takeda A.M. 1983. Comparative study of the amphipod fauna living on *Sargassum* of two Itanhaém shores, Brazil. Journal of Crustacean Biology, 3 (4): 602-607.

Capítulo 2_____

Peracarida habitantes de macroalgas dos costões rochosos do sul do Brasil: complexidade do habitat, índices de medida e escalas

RESUMO

Crustáceos Peracarida nos costões rochosos podem viver diretamente sobre as rochas, ou no sedimento acumulado entre elas. No entanto, ocorrem principalmente associados a substratos biológicos, principalmente em macroalgas. Estas por sua vez, apresentam diferentes morfologias e consequentemente diferentes arranjos estruturais, fornecendo graus de complexidade variados. O objetivo do presente estudo foi avaliar as variações da comunidade de Peracarida em cinco espécies de macroalgas, avaliando a complexidade do hábitat em dois métodos de mensuração e em diferentes escalas. As macroalgas *Amphiroa beauvoissii*, *Hypnea musciformis*, *Pterocladiella capillacea*, *Sargassum cymosum* e *Ulva fasciata* foram coletadas no mediolitoral de costões rochosos do Paraná e Santa Catarina de agosto a setembro de 2013. Para analisar a complexidade das macroalgas foram calculados Índice de Complexidade e Dimensão Fractal nas escalas 1cm, 3cm, 5cm e 10cm. Os dados de complexidade (Índice de Complexidade e Dimensão Fractal) foram testados com ANOVA fatorial para averiguar os efeitos das interações dos fatores (espécie de macroalga, escala e a interação entre elas). Valores de densidade de Peracarida foram correlacionados com os dados de complexidade usando correlação de Pearson (r). Gráfico de ordenamento nMDS foi realizado para verificar semelhanças na comunidade de Peracarida. Além disso, os organismos foram medidos e sua distribuição avaliada em classes de tamanho. Foi observado efeito altamente significativo do Índice de Complexidade entre as espécies de macroalgas, entre as escalas de resolução e na interação entre as escalas e as espécies de macroalgas. Maiores valores desse índice foram observados para a macroalga *P. capillacea*. Para o método Dimensão Fractal foram observadas diferenças entre as espécies de

macroalgas. No entanto, não houve diferenças entre as escalas. Densidades de Peracarida foram correlacionadas positivamente e significativamente com o Índice de Complexidade. O gráfico de ordenamento nMDS demonstrou agrupamentos tendendo a maior similaridade na associação da fauna das algas com maiores valores de complexidade, *P. capillacea*, *H, musciformis* e *A. beauvoissi*. Os maiores indivíduos foram encontrados na alga foliácea *U. fasciata*. Os padrões de distribuição dos organismos ocorrem em diferentes níveis nos habitats, por isso a importância de se quantificar a complexidade em diferentes escalas para um maior entendimento das relações com a fauna associada. Assim como para outros invertebrados, a assembléia de Peracarida ocorre mais abundantemente em algas com talos mais finos e com um maior grau de ramificação, em contraste, algas com talos foliáceos apresentam menores densidades e diversidades de espécies.

Palavras-chave: algas, Índice de Complexidade, dimensão fractal.

INTRODUÇÃO

Crustáceos peracáridos são conhecidos pela sua grande diversidade e abundância em comunidades bentônicas (Lourido et al. 2008, Moreira et al. 2008a, b). São importantes para essas comunidades por constituírem a base da cadeia trófica, servindo de alimento para outros animais bentônicos e peixes pelagiais de importância comercial (Caine 1987, McDermott 1987, Woods 2009 Dubiaski-Silva & Masunari 2008). Também, são considerados indicadores de condições ambientais saudáveis (Bellan-Santini & Reish 1977, Bonsdorff 1984; Corbera & Cardell 1995, Conradi et al. 1997, Sánchez-Moyano & García-Gómez 1998, Gómez-Gesteira & Dauvin 2000, Fairey et al. 2001, Guerra-García & García- Gómez 2001, Ohji et al. 2002, Abessa & Sousa 2003, Guerra-García & García-Gómez 2004).

A principal característica da superordem Peracarida é o desenvolvimento direto de seus juvenis que sofrem a embriogênese dentro de uma bolsa incubadora ventral formada por oostegitos. São encontrados em todos os ambientes, marinhos, dulcícolas e estuarinos, até terrestre, apresentando ampla distribuição tanto de profundidade como de latitude (Bousfield 1973,

Barnard & Barnard 1983, Larsen 2004, Serejo 2004). Devido a essas características e somado à grande variação de formas e tamanhos, estes crustáceos são encontrados nos mais diversos tipos de habitats.

Um dos principais ecossistemas onde esses organismos podem ser encontrados são os costões rochosos. Nesses locais, os peracáridos podem viver diretamente sobre o substrato rochoso, em tubos fixos sobre o mesmo ou sobre microsubstratos inconsolidados abrigados em pequenas escavações (Barnard 1969, Thomas 1993). Esses crustáceos também são potencialmente encontrados associados a substratos biológicos como algas macroscópicas e colônias de invertebrados sésseis como moluscos, esponjas, tunicados, corais e briozoários (Tararam & Wakabara 1981, Masunari 1983, Edgar 1983, Tsuchiya & Nishhira 1986, Jacobi 1987a,b, Iwasaki 1995, Seed 1996, Duarte & Nalesso 1996, Morgado & Tanaka 2001). Dessa forma, os costões rochosos constituem os principais substratos primários que são cobertos por diferentes substratos biológicos, promovendo uma ampla diversidade de hábitats na zona do litoral, não só para os Peracarida, como também para uma infinidade de pequenos invertebrados.

Devido a essa grande variedade de substratos biológicos sobre os costões rochosos, uma vasta diversificação de arquitetura de hábitat proporcional a ela pode ser observada, com muitos graus de complexidade arquitetônica dentro de cada tipo de hábitat ou microhábitat. As macroalgas presentes nos costões rochosos são um dos principais representantes desses substratos biológicos e são de grande importância para um grande número de animais vágeis e sésseis (Masunari 1987). O ecossistema fital formado pela associação das macroalgas com a fauna proporciona hábitats de diferentes arquiteturas, disponibilidade diversificada de alimento, de abrigo e outros recursos conforme as características estruturais de cada alga (Parker et al. 2001).

Essas diferenças estruturais apresentam complexidade variada conforme a espécie de alga e, como citado acima, podem influenciar fortemente a densidade e a composição das espécies (Valério-Berardo & Flynn 2002). A morfologia da alga vem sendo apontada como um dos principais fatores na estruturação da comunidade animal associada. O tamanho, forma, textura superficial, e dureza do talo (Gee & Warwick 1994a) são as principais

características determinantes da complexidade destes ambientes. Acredita-se que algas mais simples, pequenas e pouco ramificadas oferecem proteção insuficiente, deixando os organismos suscetíveis a predadores, dessecação e correnteza (Coull et al. 1983, Gibbons 1998). Ou seja, em geral, algas com maiores complexidades são mais estruturadas e oferecem maior riqueza de habitats ou nichos (MacArthur & MacArthur 1961, Bell et al. 1991, Kelaher, 2003).

Para se avaliar a complexidade estrutural das algas, diversos parâmetros podem ser utilizados: biomassa, volume, superfície relativa ou o grau de ramificação das mesmas (Barreto 1999). Além desses, outros fatores foram avaliados, como os padrões de ramificação (Parker et al. 2001), a altura e a largura da planta (Rocha et al. 2006), o número, o tamanho, a forma e o arranjo dos espaços habitáveis (Hacker & Steneck 1990), a largura do talo, o número de ramos (Chemello & Milazzo 2002) e o volume de sedimento retido nas algas (Dubiaski-Silva & Masunari 1995).

A abordagem qualitativa da complexidade é facilmente executada e, em uma visão superficial ela não é questionada; no entanto, observa-se mesmo depois de alguns estudos, uma dificuldade de quantificar esse fator com uma medida comum e universal (Tokeshi & Arakaki 2012). Dibble et al. (2006a) afirmam ainda que a atual escassez de estudos abordando a complexidade de estruturas vegetais, provavelmente, se deve em parte à dificuldade de padronização dos métodos para a mensuração.

Diversos métodos podem ser citados para mensuração de complexidade em ambientes aquáticos, desde densidades dos caules e folhas (Theel et al. 2008), índices de complexidade (Dibble et al. 1996, 2006a, Kovalenko et al. 2009), dimensão fractal (Jeffries 1993, Thomaz et al. 2008) ou ainda uma combinação de diferentes medidas (Warfe et al. 2008). O uso desses métodos discrepantes produz resultados que são difíceis de serem comparados, porque os métodos podem empregar medidas subjetivas dificultando que sejam replicados.

Em uma revisão recente sobre a complexidade de macrófitas de água doce, Thomaz & Cunha (2010) sugerem alguns métodos promissores para a mensuração da complexidade estrutural em estruturas vegetais.

Um desses métodos é o Índice de complexidade proposto por Dibble et al. (1996), que é baseado na frequência (*f*) e tamanho (*l*) dos espaços intersticiais horizontais e verticais (espaços entre os eixos da estrutura vegetal). Valores mais altos de complexidade (I_{hv}) representam maiores frequências de interstícios menores.

A geometria fractal é outro método sugerido por Thomaz & Cunha (2010) e que já vem sendo utilizado na tentativa de quantificar a complexidade em diversos estudos de hábitats terrestres e aquáticos (Halley et al. 2004, Marsden et al. 2002, Alados et al. 2005, Jeffries 1993, Dannowski & Block 2005; Kostylev et al. 2005, Thomaz et al. 2008). Ela descreve a complexidade de uma determinada forma independente da escala, refletindo a magnitude na qual os comprimentos mudam quando as escalas de mensuração mudam (Sugihara & May 1990). A aplicação desse método para estruturas vegetais foi pioneiramente proposto por Jeffries (1993) em plantas artificiais. Posteriormente, outros autores aplicaram esse método em seus estudos com sucesso, inclusive em diferentes escalas: desde plantas individuais (Davenport et al 1996, Thomaz et al 2008) até manchas de plantas em zonas litorâneas (McAbendroth et al. 2005).

Tanto o índice de complexidade como a geometria fractal são métodos que podem ser aplicados facilmente em diferentes escalas, e podem ainda ser comparados entre diferentes hábitats e sistemas, pois permitem uma maior e melhor estimativa da complexidade em estruturas vegetais (Downes et al. 1998, Beck 2000, Warfe et al 2008).

Embora a escala tenha recebido maior atenção nas últimas décadas em estudos ecológicos, poucos destes definiram a complexidade em hábitats vegetados naturais e em diferentes escalas de resolução, sendo a complexidade testada na maioria dos estudos, experimentalmente com plantas artificiais e/ou mensurada em somente uma escala de resolução (Dibble et al. 2006b).

A despeito desse interesse, o conhecimento de crustáceos peracáridos associados a macroalgas ao longo da costa sul do Brasil ainda é escasso. No Brasil, pesquisas sobre essa associação foram desenvolvidas principalmente na região sudeste do país (Tararam & Wakabara 1981, Masunari 1983; Wakabara et al. 1983, Alburqueque & Guéron 1989, Leite et al. 2000, Valério-

Berardo & Flynn 2002). No entanto, trabalhos com o objetivo de avaliar como a fauna local responde a diferentes complexidades das macroalgas, mensuradas em diferentes escalas de resolução ainda são desconhecidos para o Brasil, particularmente para o litoral sul do país. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi verificar a composição da assembléia de Peracarida de acordo com a complexidade do habitat em macroalgas, avaliando a complexidade do habitat em dois métodos de mensuração: Índice de Complexidade proposto por Dibble et al. (1996) e Dimensão Fractal, em diferentes escalas.

MATERIAL E MÉTODOS

Procedimentos amostrais

Cinco espécies de macroalgas foram coletadas na região do mediolitoral inferior em quatro costões rochosos, dois com características de alto grau de exposição: Matinhos (**Praia de Caiobá,** 25º50'59"S-48º32'09"W) e Itapoá (**Terceira Pedra**, 26º04'02"S-48º36'27"W), e dois com baixo grau de hidrodinamismo (protegidos): Bombinhas (**Praia da Sepultura,** 27º08'27"S-48º28'42"W) e Penha (**Praia da Paciência**, 26º46'28"S 48º36'02"W).

As amostragens foram realizadas durante a baixa-mar nos meses de agosto a setembro de 2013. Três réplicas de cada macroalga em cada local de amostragem foram coletadas com auxílio de um quadrado de 10 x 10 cm e raspadas da rocha com uma espátula.

Caracterização das algas

As cinco espécies de algas analisadas foram, *Amphiroa beauvoisii* (Fig.1A), *Hypnea musciformis* (Fig.1B), *Pterocladiella capillacea* (Fig.1C), *Sargassum cymosum* (Fig.1D) e *Ulva fasciata* Delile 1813 (Fig.1E) escolhidas por ocorrerem nos quatro costões rochosos estudados e por possuírem formas contrastantes umas das outras.

Amphiroa beauvoissi cresce comumente em densas manchas de cor rósea-cinza, com altura variando de 2 a 4 cm, apresentando ramos eretos densamente entrelaçados. Plantas de *H. musciformis* podem crescer em pequenas manchas, mas geralmente são encontradas formando densos emaranhados presos à rochas com altura variando entre 4 a 6 cm. A

ramificação apresenta características irregulares com eixos cilíndricos com diâmetro de 1,5 a 1,8 mm. Plantas de *P. capillacea* são eretas e gregárias, com coloração vermelha e altura entre 15 e 21 cm. Os eixos principais são pinadamente ramificados, com 0,5 a 1,2 mm de largura, os quais se tornam mais curtos em direção ao ápice, o que confere a aparência triangular da fronde. Esse padrão de ramificação pode se repetir nos ramos de primeira ordem inferiores e também em ramos de segunda ordem, de maneira que a planta pode apresentar-se bi ou tri-partidas (Joly 1965).

A alga parda *Sargassum cymosum* pode atingir até 60 cm de altura e se fixa na rocha por um apressório disciforme grande, apresentando muitas ramificações nas frondes eretas. Apresenta ainda eixos secundários longos, lanceolados e flutuadores esféricos formados principalmente nas extremidades de plantas adultas.

Espécimes da alga *U. fasciata* apresentam talo foliáceo, com lobos irregulares expandidos em forma de fita frequentemente de 1 a 1,5 cm de largura (Joly 1965).

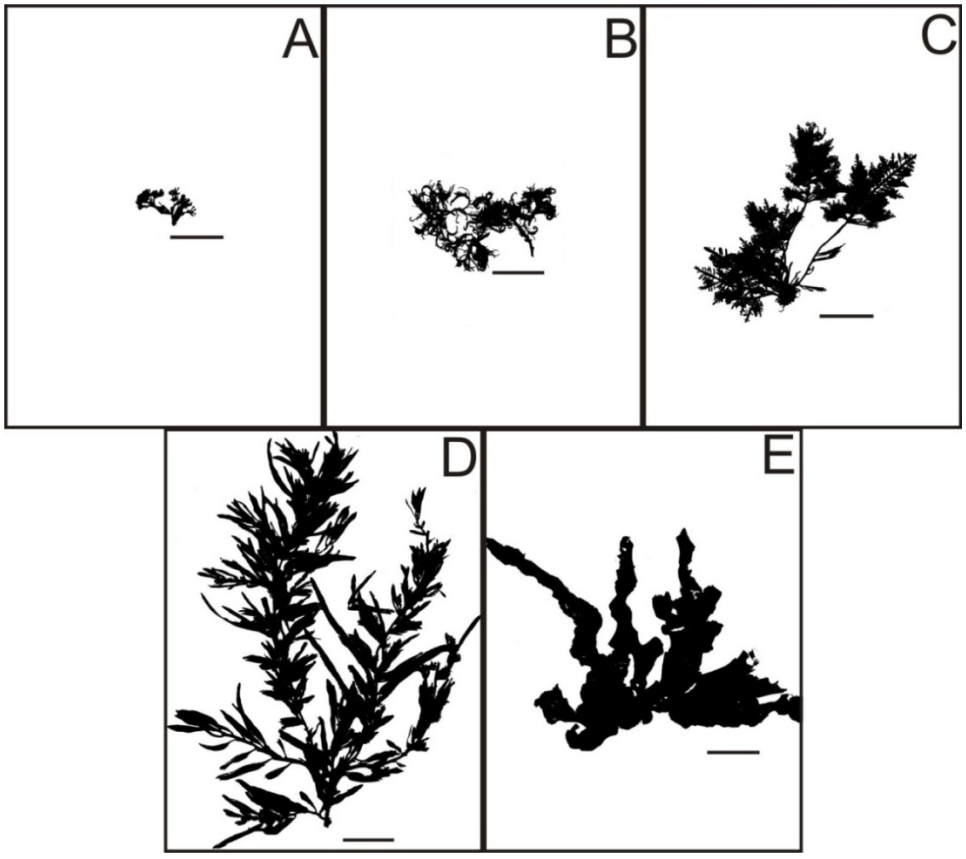


Figura 1. Aspecto geral das macroalgas estudadas. A: *Amphiroa beauvoisii*, B: *Hypnea musciformis*, C: *Pterocladiella capillacea*, D: *Sargassum cymosum*, E: *Ulva fasciata*. Barra de escala: 3cm.

Cálculo da complexidade das macroalgas

Dois métodos de mensuração de complexidade de habitat foram escolhidos e aplicados nas macroalgas. O primeiro é o Índice de complexidade de Dibble et al. (1996), adimensional, calculado a partir do número e do tamanho médio dos interstícios (espaços vazios entre estruturas das macroalgas) a partir de fotografia digital da mesma. A fórmula para calcular esse índice é :

Índice de complexidade = $\frac{f_h}{l_h} + \frac{f_v}{l_v}$, onde:

f_h = frequência de interstícios na horizontal;

l_h = média do tamanho dos interstícios na horizontal,

f_v = frequência de interstícios na horizontal;

l_v = média do tamanho dos interstícios na vertical.

As macroalgas foram colocadas em um aquário com água, com os eixos principais e secundários posicionados para simular uma condição natural, submersa em um plano bidimensional. Fotografias digitais foram feitas, as quais foram analisadas utilizando transecções nos eixos verticais e horizontais sobrepostos aleatoriamente na imagem da planta.

Para o cálculo do índice foram realizadas três medições aleatórias de cada réplica de cada local de amostragem, para chegar às médias de frequências e tamanhos médios de interstício tanto para as medições verticais quanto para as horizontais. Foram realizadas em quatro diferentes escalas: 1cm, 3cm, 5cm e 10cm (Fig. 2).

O segundo método foi a dimensão fractal D. Três talos das macroalgas de cada local foram corados com violeta genciana e escaneadas em padrão preto e branco. Após este procedimento, as imagens foram processadas e o tamanho foi padronizado para a mesma quantidade de pixels. As imagens foram tratadas no programa ImageJ e transformadas em imagens binárias (fundo branco com contorno e preenchimento em preto). No software Fractop (Jelinek et al. 2003), calculou-se a dimensão fractal de cada amostra de alga utilizando-se o método da Contagem de Caixas, aplicável ao espaço 2D e 3D. Esse método é usado para objetos auto-similares: cobre-se uma imagem por

caixas de tamanho “r” e a dimensão é calculada determinando-se quantas caixas de um tamanho “r” particular são necessárias para cobrir a imagem (Backes & Bruno 2005). A dimensão fractal foi medida em quatro diferentes escalas: 1cm, 3cm, 5cm e 10cm (Fig. 2).

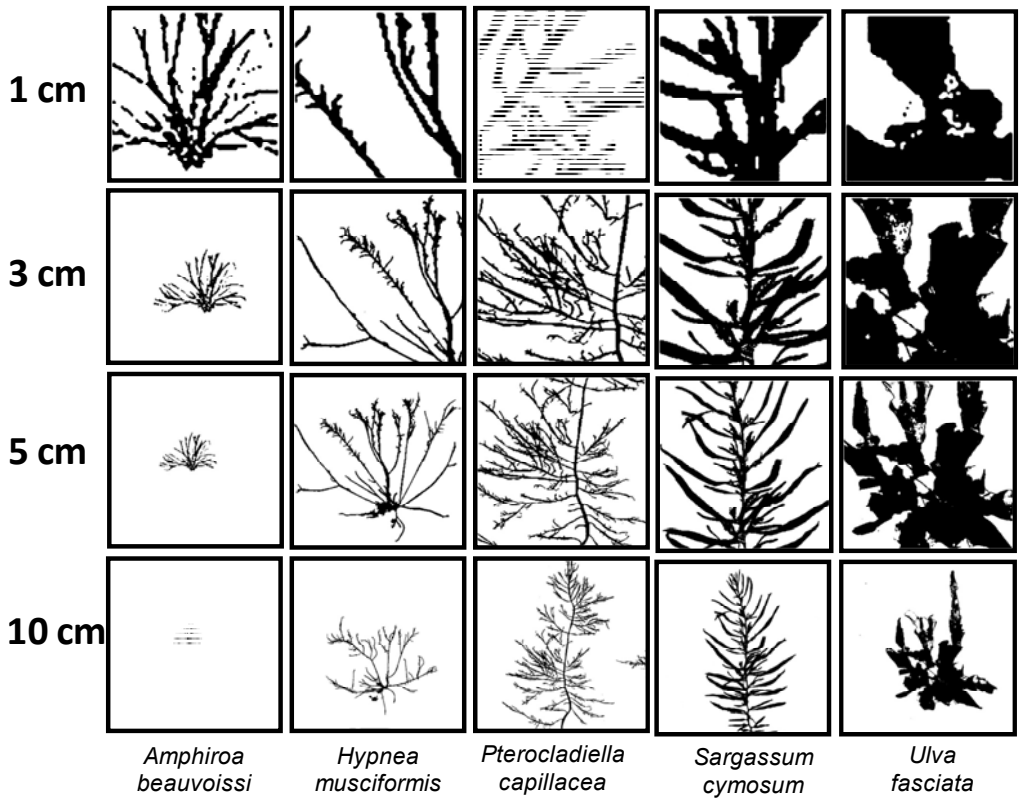


Figura 2. Macroalgas que tiveram a complexidade medida pelos métodos de Índice de complexidade e da Dimensão fractal D nas escalas 1 cm, 3 cm, 5 cm e 10 cm.

Tamanho corporal dos Peracarida associados

Através de imagens capturadas com microscópio digital portátil Dino-Lite e analisadas com o programa Dino Capture, medidas do comprimento total do corpo dos Peracarida associados às macroalgas foram tomadas. Para os gamarídeos foram realizadas da base das antenas até o ínicio do télson, para os caprelídeos da base das antenas até o final do pereonito 7, para os isópodos do ínicio da cabeça até o final do pleotélson e para os tanaidáceos da base da antena até o télson. Os animais foram distribuídos em classes de tamanho determinadas pelo intervalo entre o menor indivíduo e o maior, classe I: 0-3mm, classe II: 3-6mm, classe III: 6-9mm e classe IV: 9-12mm.

Análise dos dados

A complexidade do hábitat foi analisada através das diferenças nos efeitos das interações dos fatores (espécie de macroalga, escala e a interação entre elas) pela aplicação de ANOVA fatorial para os resultados do Índice de Complexidade e de Dimensão Fractal, com resultados considerados significativos quando $p<0,005$. As análises foram realizadas no programa BioEstat 5.0.

Valores do Índice de Complexidade e da Dimensão Fractal foram correlacionados com as densidades dos Peracarida, transformadas em log, usando correlação de Pearson (r). As análises de correlação foram realizadas no programa BioEstat 5.0.

Com os dados de densidade dos Peracarida foram construídas matrizes de similaridade, utilizando-se o índice de Bray-Curtis e as amostras ordenadas através de análises de escalonamento multidimensional não métrico (n-MDS), (Clarke & Green, 1988). A representação das associações nas macroalgas pela análise de proximidade foi seguida pela discriminação das amostras, através da análise não paramétrica ANOSIM (Análise de Similaridade, Clarke & Green, 1988). As análises foram realizadas no programa Primer 6.0.

Diferenças no tamanho corporal dos Peracarida foram analisadas com Análise de variância (Anova *One-Way*) e teste a posteriori de Tukey ($p<0,05$). Diferenças entre as classes de tamanho foram avaliadas com ANOVA fatorial.

RESULTADOS

Os valores do Índice de Complexidade variaram entre as espécies de macroalgas e as escalas (de 0,53 ± 0,20 para *U. fasciata* na escala 3 cm a 36,65 ± 11,37 para *P. capillacea* na escala 10 cm). Foi observado efeito altamente significativo do Índice de Complexidade entre as espécies de macroalgas, entre as escalas de resolução e na interação entre as escalas e as espécies de macroalgas (Tabela 1).

A maior complexidade, avaliada pelo Índice de Complexidade, foram observados para a alga *P. capillacea*, seguida de *A. beauvoissi* e *H. musciformis*, as quais apresentaram valores significativamente diferentes dos

observados para as algas com menor complexidade, *U. fasciata* e *S. cymosum* (F= 247,292, gl= 4, p <0,0001) (Fig. 3).

Os valores do Índice de Complexidade aumentaram gradativamente com o aumento da escala observada para todas as algas. De maneira geral, os maiores valores de complexidade foram encontrados na escala 10 cm, corroborando com os resultados significativos para a interação entre escala e macroalgas, concluindo que a complexidade varia entre as escalas para as cinco macroalgas analisadas (Fig. 3).

Tabela 1. Resultados da ANOVA fatorial aplicada para os valores de Índice de Complexidade e Dimensão Fractal nas diferentes espécies de algas (*A. beauvoissi, H. musciformis, P. capillacea, S. cymosum e U. fasciata*) e escalas (1cm, 3cm, 5cm, 10cm).

Efeito	gl	SQ	QM	F	P
		Índice de complexidade			
Algas	4	6292	1573	12,81	< 0,0001
Escala	3	1645	548,4	10,86	< 0,0001
Espécies x Escala	12	1786	148,9	7,91	< 0,0001
Resíduo	60	0,200	0,003		
Total	79	11000			
		Dimensão Fractal			
Algas	4	1,807	0,451	135,3	< 0,01
Escala	3	0,014	0,0047	1,429	0,243
Espécies x Escala	12	0,096	0,008	2,42	< 0,01
Resíduo	79	2,119	0,003		
Total	60	0,2004			

A dimensão fractal analisada para as espécies de macroalgas variou de 1,05 ± 0,09 (*U. fasciata* na escala 10cm) a 1,54 ± 0,019 (*P. capillacea* na escala 10cm) (Fig. 4). A maior complexidade indicada por esse método foi observada para a alga *P. capillacea*, seguida de *H. musciformis* e *A. beauvoissi*. O efeito das espécies de alga foi significativo para os valores de Dimensão Fractal (Tab. 1), sendo a alga talosa *U. fasciata* a menos complexa estruturalmente das demais analisadas.

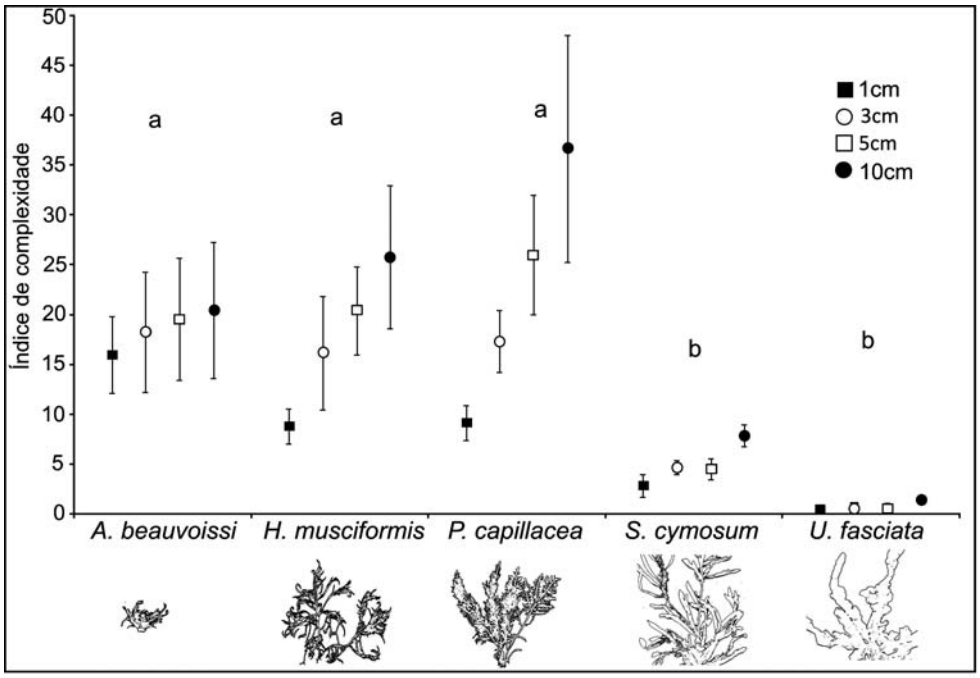


Figura 3. Índice médio de Complexidade (±Desvio Padrão) mensurado para as cinco espécies de macroalgas nas quatro escalas de resolução. Letras iguais demonstram semelhanças entre os valores de IC entre as macroalgas.

Os valores de Dimensão fractal não variaram entre as escalas analisadas nas diferentes macroalgas (Tab. 1), no entanto, a diferença na interação entre as algas e as escalas foi significativa.

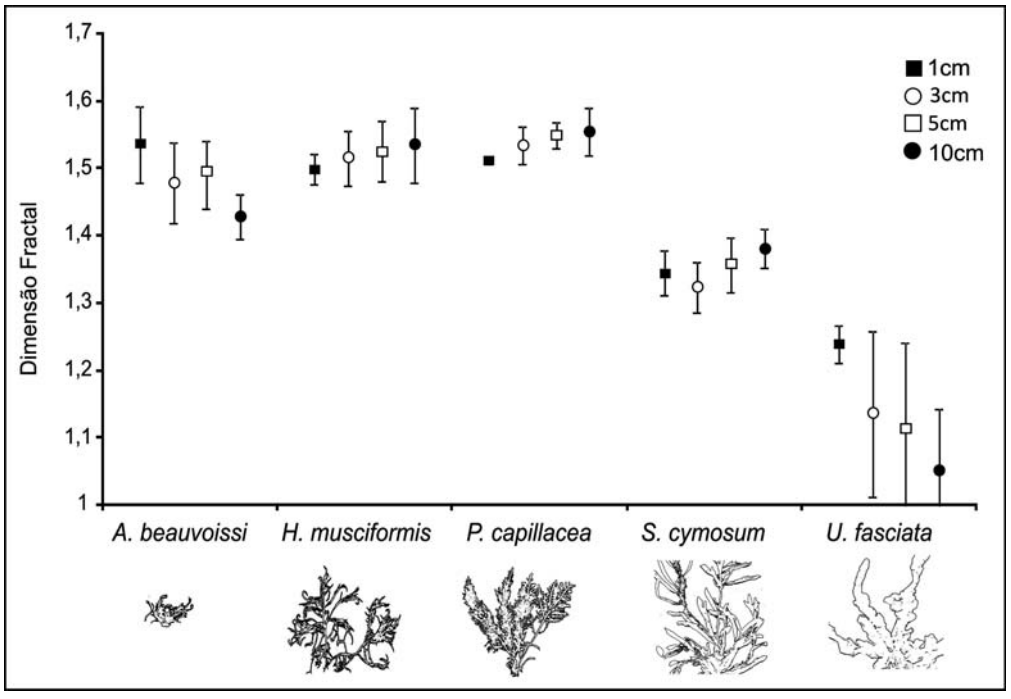


Figura 4. Valores médios (±Desvio Padrão) da Dimensão Fractal mensurada para as cinco espécies de macroalgas nas quatro escalas de resolução.

A análise de agrupamento baseada no índice de similaridade de Bray-Curtis aplicados aos dados dos preditores de complexidade definiu dois grupos principais (Fig. 5) das macroalgas: (1) aquelas com valores baixos de complexidade (*U. fasciata* e *S. cymosum*) e (2) algas com as maiores complexidades (*H. musciformis*, *A. beauvoissi* e *P. capillacea*).

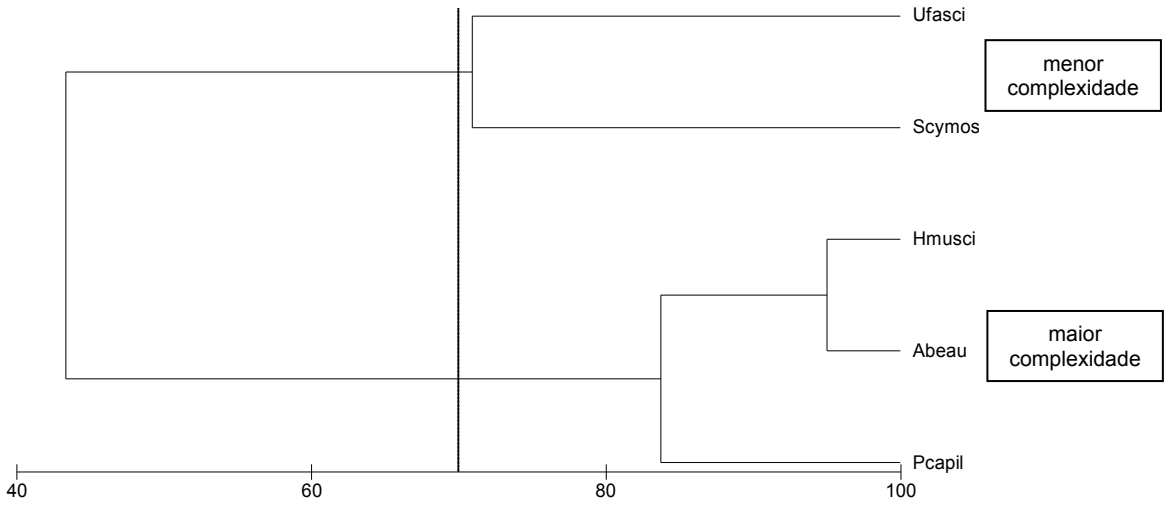


Figura 5. Análise de cluster baseado no índice de similaridade de Bray-Curtis dos preditores de complexidade dos diferentes tipos de macroalgas analisadas. Ufasci: *Ulva fasciata*, Scymos: *Sargassum cymosum*, Hmusci: *Hypnea musciformis*, Abeau: *Amphiroa beauvoissi*, P capil: *Pterocladiella capillacea*.

Um total de 1810 indivíduos da ordem Peracarida foram encontrados associados às amostras de macroalgas, pertencentes a 18 táxons. Amphipoda foi o grupo mais abundante (96%), seguido de Tanaidacea (3%) e Isopoda (1%).

Os valores de densidade de peracáridos associados variaram de uma alga para outra, sendo os maiores valores observados para a alga *P. capillacea*, seguido de *A. beauvoissi* (F= 12,81, df= 4, p > 0,001) (Fig. 6A). A riqueza de táxons foi maior para alga *H. musciformis* (5,75 ± 3,86) (Fig. 6B), seguida de *P. capillacea* e *A. beauvoissi* (5,25 e 4,75, respectivamente). Os menores valores de densidade e de riqueza foram observados para a alga com menor complexidade *U. fasciata* (1,26 ± 0,91 ind/ ml de substrato e 2,50 ± 1,29 táxons) (Fig. 6A e B).

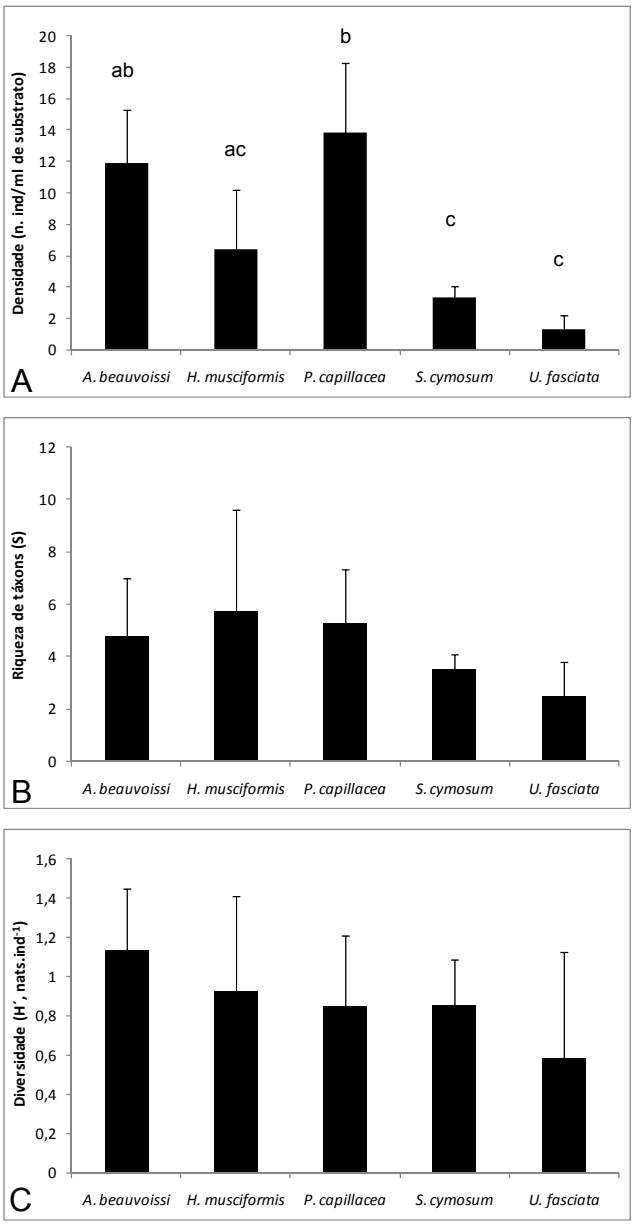


Figura 6. Peracarida associados as macroalgas. A, densidade de indivíduos; B, Riqueza de táxons e C, Diversidade de Shannon.

A diversidade de Shannon, de maneira geral, resultou em valores baixos para todas as algas, variando de 0,59 nats.ind^{-1} em *U. fasciata* a 1,13 nats.ind^{-1} em *A. beauvoissi*. No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre as macroalgas para os índices de Riqueza e Diversidade de Shannon (Fig. 6B e C.).

As densidades de Peracarida foram positivamente correlacionadas com a complexidade das espécies de algas analisadas (Fig. 7). Correlações significativas foram observadas para os dados de Índice de Complexidade ($r = 0,916$, $p<0,0001$) (Fig. 7A), mas não para a Dimensão Fractal ($r= 0,2862$; $P =$

0,2212) (Fig. 7B). Para os índices Riqueza e Diversidade de Shannon não foram observadas correlações significativas com os preditores de complexidade, nem para o Índice de Complexidade (r=0,2372, p=0,3138 e r=0,019, p=0,939, respectivamente), tampouco para a Dimensão Fractal (r=0,2859, p= 0,2217 e r=0,1502, p=0,5274, respectivamente).

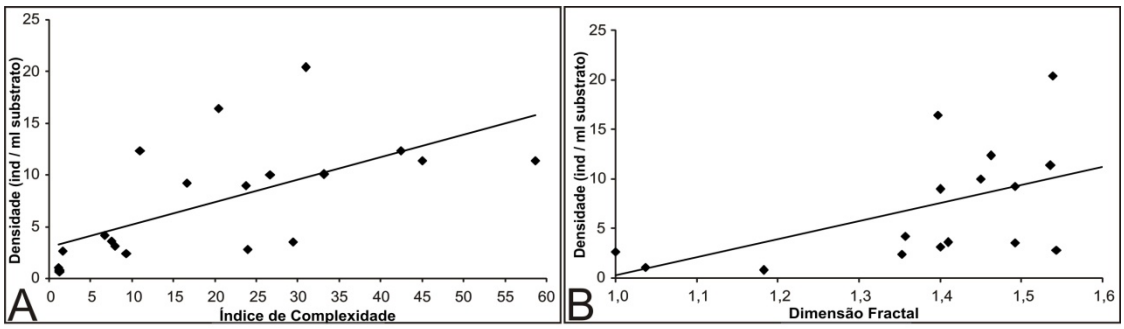


Figura 7. Correlação de Pearson entre o Índice de Complexidade (A) e Dimensão Fractal (B) e a densidade de Peracarida associados as macroalgas.

O gráfico de ordenação nMDS define alguns grupos da assembléia dos Peracarida associados com as diferentes espécies de algas. Houve uma tendência de agrupamento da fauna de peracáridos associada as algas com maiores valores de complexidade, *P. capillacea*, *H, musciformis* e *A. beauvoissi*, com níveis de entre 40 e 60% de similaridade (Fig. 8).

As algas *S. cymosum* e *U. fasciata* não mostraram um padrão de agrupamento, no entanto, a maioria das amostras foram separadas das demais, demonstrando diferenças nas densidades de Peracarida nessas duas algas com valores de IC e D menores que as demais.

O tamanho médio dos Peracarida variou significativamente nas macroalgas analisadas (F= 65,52, gl= 4, p= 0,003). Os menores indivíduos foram encontrados na alga *A. beauvoisii* (2,59 ± 0,53 mm), enquanto os com maior tamanho médio do corpo foram observados na alga *U. fasciata* (6,57 ± 2,23 mm). Os indivíduos das algas com complexidade intermediária *H. musciformis*, *P. capillacea* e *S. cymosum* tiveram valores de tamanho médio muito próximos, em torno de quatro milímetros de comprimento corporal total (Fig. 9).

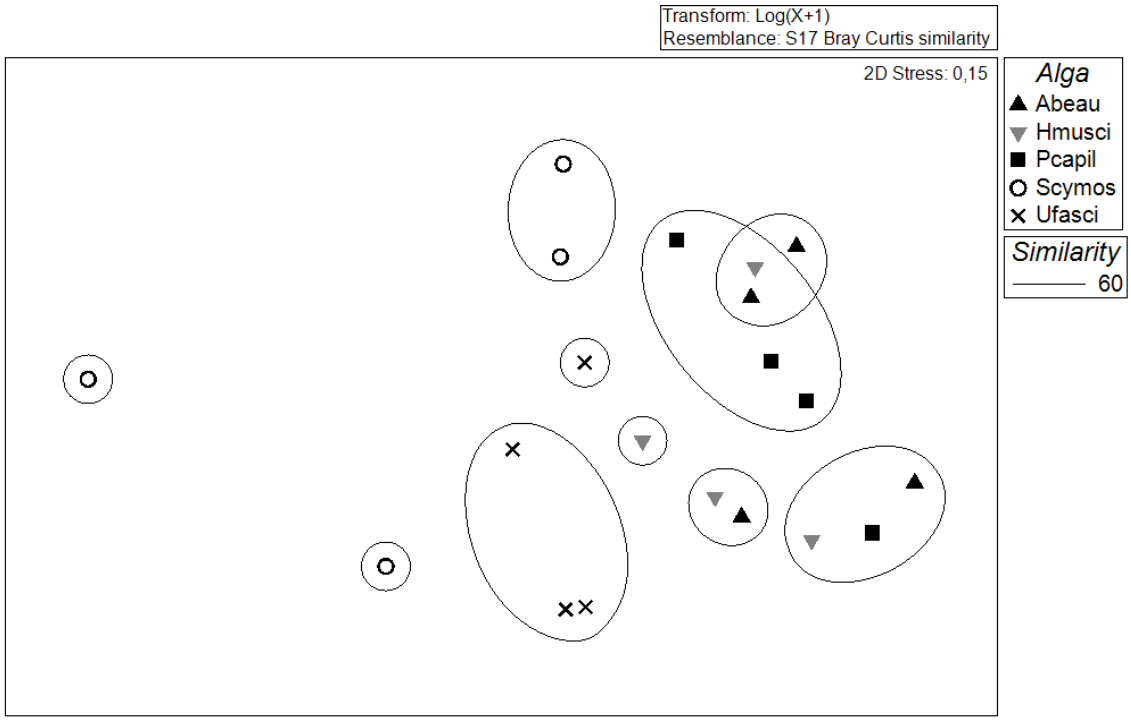


Figura 8. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) baseado na densidade de Peracarida nas amostras de macroalgas.

Analisando a fauna separadamente com relação ao tamanho corporal dos indivíduos, as ordens de Peracarida (Amphipoda, Isopoda e Tanaidacea) mostraram diferenças nesses valores. Os anfípodos apresentaram um padrão de maiores tamanhos dos indivíduos na alga com menor complexidade *U. fasciata*, no entanto, para Isopoda e Tanaidacea isso não foi observado. A distribuição dos indivíduos em classes de tamanho confirma essa afirmação.

Todas as classes de tamanho foram observadas para os anfípodos, que atingiram até 12 mm de comprimento total do corpo (Fig. 10A). No entanto, isópodos e tanaidáceos só atingiram as classes I e II com comprimento total do corpo inferior a 3,5 mm (Fig. 10B e 10C). Isopoda não ocorreu na alga foliácea *U. fasciata*, tampouco na alga parda *S. cymosum*, também com baixos valores de IC e D. Tanaidacea só não ocorreu em *U. fasciata*.

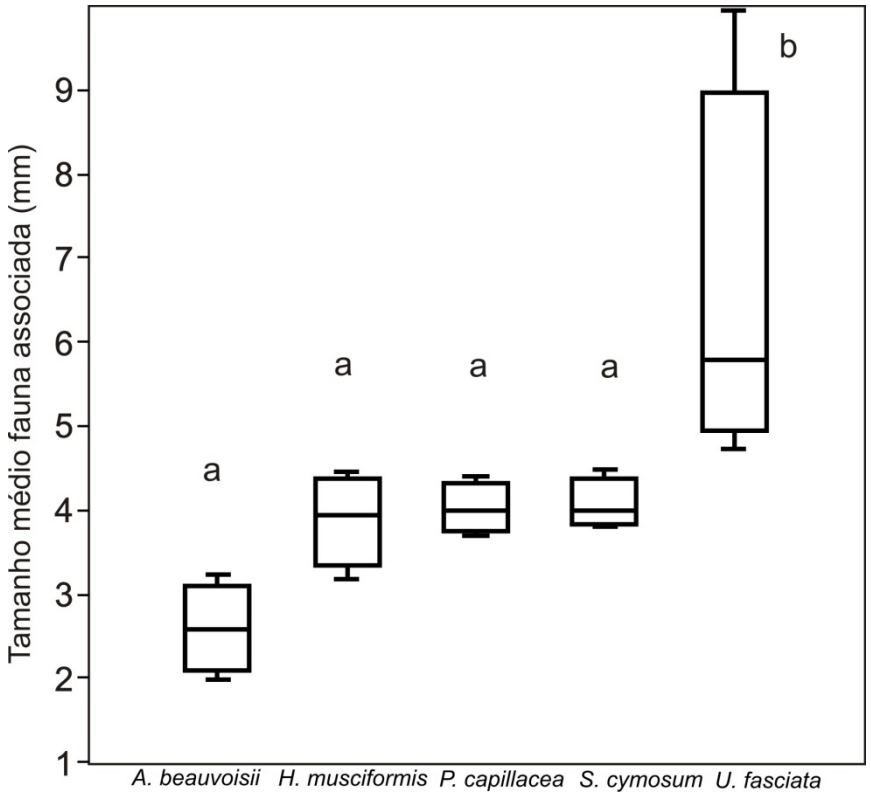


Figura 9. Tamanho médio (linha) e desvio padrão (barras) do comprimento total do corpo dos indivíduos de Peracarida associados as macroalgas. Grupos homogêneos de valores entre as algas estão representados pelas letras iguais (teste de Tukey).

A análise de variância fatorial (ANOVA fatorial) para a abundância de Amphipoda nas classes de tamanho indicou diferenças significativas no fator alga e no fator classe de tamanho, no entanto, não foram observadas diferenças significativas entre a interação entre esses dois fatores (Tab. 2). Isto indica que houve variação na abundância entre as espécies de algas, entre as classes de tamanho em cada alga, mas a mesma classe de tamanho não variou entre as espécies de macroalgas. No entanto, apesar da não significância estatística, podemos observar um aumento da abundância na classe IV na alga foliácea *U. fasciata*, que abrigou os maiores anfípodos.

A alga *A. beauvoisii* foi a única que não abrigou anfípodos com dimensões corporais superiores a 9 mm, sendo os viventes nessa alga pertencentes a classe I, II e III (0-3mm, 3-6mm e 6-9mm, respectivamente). Ainda assim, as maiores abundância foram observadas principalmente na classe I, apresentando diferenças significativas com a classe III (poucos indivíduos entre 6-9 mm) ($p < 0,005$) (Fig. 10A).

Tabela 2. Resultados da ANOVA fatorial aplicada para a anundância dos Amphipoda nas macroalgas (*A. beauvoissi, H. musciformis, P. capillacea, S. cymosum e U. fasciata*) e nas classes de tamanho (I, II, III, IV).

Efeito	gl	SQ	QM	F	P
Alga	4	5640,45	1410,11	2,728	0,037
Classe de Tamanho	3	8961,94	2987,31	5,780	0,001
Alga x Classe de Tamanho	12	6800,25	566,69	1,096	0,379

Diferenças significativas entre as classes de tamanho também foram observadas para a alga *S. cymosum*. Esta macroalga abrigou todas as classes de tamanho, entretanto, a classe IV apresentou uma baixa abundância quando comparada com as demais. Nas demais espécies de algas, *H. musciformis*, *P. capillacea* e *U. fasciata* a distribuição dos organismos nas classes de tamanho foi homogênea, ocorrendo anfípodos de todos os tamanhos avaliados. As algas *H. musciformis* e *P capillacea*, apesar do teste estatístico não ter demonstrado variação significativa, apresentaram também baixa abundância de organismos com tamanho superior a 9 mm (1,5 ± 1,9 e 2,3 ± 4,0 indivíduos, respectivamente), enquanto que as classe I e II tiveram abundância média superior 20 indivíduos para ambas as algas.

As maiores densidades foram observadas para o anfípodo *Apohyale media* e, ainda, foi juntamente com *Jassa falcata*, as únicas espécies que ocorreram em todas as cinco algas (Tab. 3). Nas algas com maiores valores de complexidade (maior quantidade de espaços menores entre os eixos), como *A. beauvoissi*, *H. musciformis* e *P. capillacea* espécies menores e mais delicadas de Peracarida como, *Monocorophium acherusicum, Caprella penantis*, *Paracaprella pusilla*, *Jassa falcata*, e o tanaidáceo tiveram maiores abundâncias quando comparadas com aquelas encontradas nas algas com valores mais baixos de complexidade (*S. cymosum* e *U. fasciata*).

Mesmo espécies que podem alcançar tamanho relativamente grande quando comparados com as demais, como *Apohyale media* que pode atingir valores superiores a 12 mm, nas algas mais complexas houve um predomínio das classes de tamanho I e II, indicando um maior número de juvenis. O mesmo foi observado para *Caprella danilevskii* e *C. dilatata*.

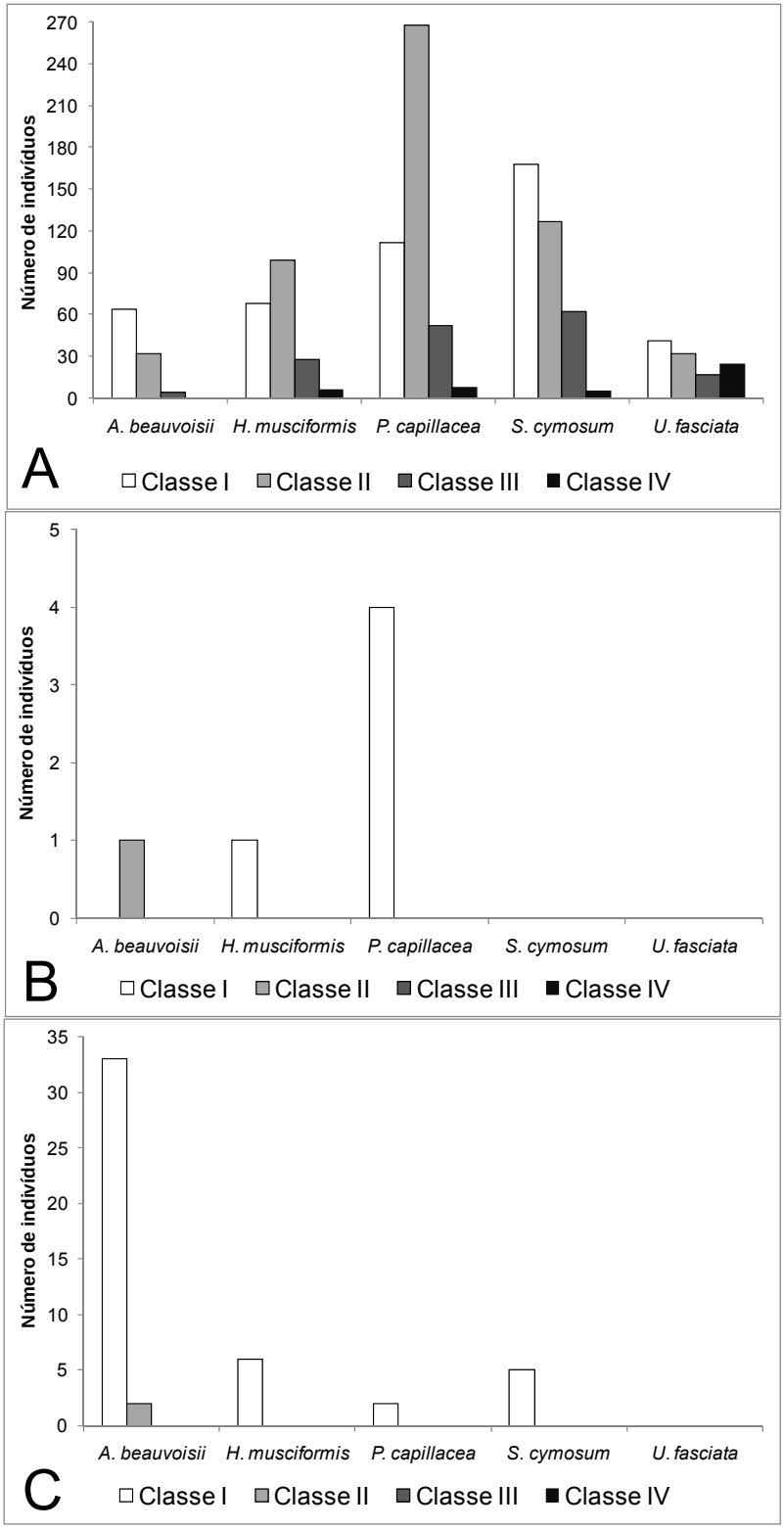


Figura 10. Abundância de Amphipoda (A), Isopoda (B) e Tanaidacea (C), nas quatro classes de tamanho. Classe I: 0-3 mm, Classe II: 3-6 mm, Classe III: 6-9 mm e Classe IV: 9-12 mm. Grupos homogêneos de valores entre as algas estão representados pelas letras iguais (teste de Tukey).

Na alga *S. cymosum* valores intermediários de classes de tamanho foram observados: os indivíduos de *C. dilatata* perteceram a classe superior a II, o mesmo foi observado para *A. media* e *Hyale macrodactyla*. No entanto, para *J. falcata* e *Sunampithoe pelagica* foi observado indivíduos com tamanhos inferiores a 3 mm (classe I).

A alga *U. fasciata* abrigou cinco espécies de peracáridos, apesar de organimos pequenos terem sido observados para essa alga com baixo valores de complexidade, como o anfípodo *J. falcata* (classe I e II), a maioria dos peracáridos presentes apresentou tamanho corporal superior a 6 mm. Somente indivíduos maiores, considerados adultos de *Apohyale media* foram observados nessa alga (classe III e IV).

Tabela 3. Peracarida associados as macroalgas. Relação de táxons com os valores de densidade média e desvio padrão em cada espécie de alga.

	Amphiroa beauvoisii	*Hypnea musciformis*	*Pterocladiella capillacea*	*Sargassum cymosum*	*Ulva fasciata*
AMPHIPODA					
Amphilocus neapolitanus	-	-	0,02 ± 0,04	-	-
Ampithoe ramondi	1,43 ± 2,7	0,05 ± 0,1	0,05 ± 0,04	-	0,01 ± 0,03
Sunampithoe pelagica	-	0,05 ± 0,1	-	0,93 ± 1,2	-
Monocorophium acherusicum	0,43 ± 0,5	0,09 ± 0,12	-	-	0,01 ± 0,02
Apohyale media	4,17 ± 1,2	3,75 ± 2,7	4,87 ± 2,40	0,32 ± 0,2	0,7 ± 0,1
Protohyale macrodactyla	-	-	-	0,25 ± 0,5	-
Erichthonius brasiliensis	-	0,02 ± 0,04	-	-	-
Jassa falcata	2,42 ± 3,0	0,77 ± 1,5	1,1 ± 1,3	0,99 ±1,1	0,36 ± 0,5
Elasmopus souzafilhoi	0,17 ± 0,3	0,08 ± 0,1	0,02 ± 0,04	-	-
Gammaropsis sp.	-	0,01 ± 0,03	0,01 ± 0,02	-	-
Podocerus brasiliensis	-	0,02 ± 0,2	-	-	-
Stenothoe valida	-	0,13 ± 0,2	-	0,02 ± 0,04	-
Caprella danilevskii	0,13 ± 0,2	0,45 ± 0,8	1,92 ± 2,4	0,02 ± 0,03	-
Caprella dilatata	-	0,28 ± 0,5	5,81 ± 6,7	0,74 ± 0,9	-
Caprella penantis	1,75 ± 2,0	0,61 ± 0,9	-	-	0,18 ± 0,2
Paracaprella sp	0,08 ± 0,1	0,02 ± 0,04	-	-	-
ISOPODA					
Paradynoides brasiliensis	-	0,02 ± 0,04	-	-	-
Dynamenella tropica	0,37 ± 0,5	-	-	-	-
Janiridae	-	-	0,03 ± 0,08	-	-
TANAIDACEA					
Leptocheliidae sp.	0,99 ± 1,6	0,05 ± 0,1	0,03 ± 0,1	0,04 ± 0,1	-

DISCUSSÃO

Diferenças na abundância/densidade, riqueza, diversidade das comunidades locais associada a diferentes substratos biológicos indicam quais características espaciais dos mesmos estruturam essa fauna. Dessa forma, nesse estudo demonstramos as diferenças nas características das macroalgas, relacionadas a complexidade de acordo com as formas de mensurações, em diferentes escalas e as possíveis implicações na comunidade dos Peracarida associados às macroalgas.

Relações entre a complexidade do hábitat e organismos vêm sendo estudadas por diversos autores e com diferentes abordagens (Downing, 1991; Warfe & Barmuta, 2004; Lassau & Hochuli 2004, 2005; Gols et al., 2005; Pelicice & Agostinho, 2005, 2006; Warfe et al. 2008). No entanto, poucos estudos têm avaliado a complexidade espacial de hábitats naturais em diferentes escalas espaciais. Esse tipo de análise permite quantificar a interferência dessa complexidade em diferentes organismos, uma vez que estes podem perceber a complexidade fornecida de forma distinta de acordo com a resolução que habitam.

No presente estudo, só foram encontradas diferenças na complexidade entre as escalas no método de Índice de Complexidade, no qual os maiores valores foram observados na escala 10 cm para todas as macroalgas analisadas. O fator escala foi dependente das espécies de algas, variando diferentemente entre as analisadas. No método de Dimensão Fractal não foram observadas diferenças nos valores de complexidade nas diferentes escalas analisadas (1cm, 3cm, 5cm e 10cm), o que já era esperado para formas fractais, apesar de não para objetos naturais (como as macroalgas) (Dibble & Thomaz 2009). Estes resultados corroboram com os encontrados por Dibble & Thomaz (2009), que não observaram diferenças nos valores de D para macrófitas aquáticas testadas nas escalas 25, 100 e 600 cm^2.

No entanto, outros estudos encontraram variações nos valores de Dimensão Fractal em plantas aquáticas analisadas em dois níveis de ampliação, indicando assim que as plantas apresentam estruturas fractais distintas (Morse et al. 1985, Lawton 1986, Gee & Warwick 1994b, McAbendroth et al. 2005). Além das macroalgas, o mesmo foi encontrado para um recife de

coral estudado por Bradbury et al. (1984) que encontraram valores diferentes de D em escalas de centímetros, metros e centenas de metros.

No entanto, essas diferenças nos resultados do presente estudo com os anteriores podem estar relacionadas com o método utilizado para mensurar a dimensão fractal. A padronização das técnicas de determinação de D se torna necessária para que os dados possam ser comparáveis (Frost et al. 2005, Kostylev et al. 2005). Variações na metodologia podem ter influenciado nos resultados, e podem sim limitar as comparações. Os procedimentos realizados para quantificação de D no nosso estudo seguiram condições semelhantes de amostragem e quantificação utilizadas por Dibble & Thomaz (2009).

Quantificar o nível que os organismos interagem com o ambiente é o primeiro passo para entender os padrões de distribuição e os espaços usados dentro dos habitats, por isso a importância das medidas serem realizadas em diferentes escalas, para o entendimento real das interações entre os habitats vegetados e as comunidades associadas (Dibble et al., 2006b).

As cinco espécies de macroalgas amostradas nos costões rochosos do Paraná e Santa Catarina são bem comuns e facilmente encontradas. Os dois métodos utilizados para mensurar a complexidade do hábitat demonstraram resultados muito próximos para as cinco espécies de macroalgas analisadas. Os maiores valores de complexidade indicados pelos dois métodos foram encontrados na alga *P. capillacea*, seguido das algas *A. beauvoissi* e *H. musciformis*. Em contraste a alga foliácea *Ulva fasciata* foi a espécie menos complexa, seguida de *Sargassum cymosum* (complexidade intermediária).

Quanto maior for o valor do Índice de Complexidade, maior é a frequência de interstícios (espaços) menores entre as estruturas vegetais. Este índice aplicado primariamente para macrófitas aquáticas (Dibble et al. 1996) tem demonstrado ser um método relativamente simples de determinar diferenças e semelhanças na arquitetura estrutural de plantas aquáticas (Dibble & Thomaz, 2006a), e também para as macroalgas.

Com maior frequência de espaços espera-se que algas mais complexas tenham uma densidade de organismos maior que algas mais simples (com menos espaços disponíveis). Este fato foi evidenciado no presente estudo pela correlação positiva e significativa da densidade da fauna de Peracarida associada as diferentes macroalgas analisadas e os seus respectivos

preditores de complexidades, concluindo que em algas mais complexas maior é o número de peracáridos associados.

Apesar de não terem sido encontradas correlações significativas entre valores de dimensão fractal e densidade de peracáridos nas macroalgas, as maiores densidades foram encontradas nas algas com maiores valores de Dimensão Fractal e vice e versa. Além disso, correlações positivas entre a dimensão fractal de macrófitas artificiais e naturais e densidades de invertebrados (Jeffreis, 1993; McAbendroth et al., 2005, Dibble & Thomaz 2009) e entre macroalgas e macrofauna e meiofauna (Gee & Warnick, 1994b) foram já reportadas. Corroborando com os autores, no presente estudo os maiores valores de D foram registrados para algas com maior grau de ramificação, alto número de eixos finos e bem distribuídos quando comparado com algas de talos mais foliáceos (ex. *U. fasciata*).

O uso da dimensão Fractal tem sido mais amplamente utilizada nos últimos anos como alternativa para a mensuração da complexidade de diferentes habitats, e tem se demonstrado um bom preditor (Dibble & Thomaz 2009). No entanto, mesmo demonstrando facilidade na utilização, consistência nos resultados e independência da escala, esse método ainda é pouco utilizado para mensurar a complexidade em macroalgas marinhas.

Ulva fasciata, a alga com menor complexidade, apresentou também os menores valores dos índices de diversidade e também de densidade. Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre as espécies de algas para a Riqueza de táxons e Diversidade de Shannon, podemos observar um decréscimo no valor dessas variáveis para as algas menos complexas. As análises multivariadas (cluster e nMDS) confirmam essa afirmação, nas quais *U. fasciata* foi separada das demais, assim como *S. cymosum* que apresentou uma complexidade intermediária. A relação entre a fauna de Peracarida e as macroalgas analisadas parece seguir o padrão observado para outros grupos de invertebrados, no qual algas mais foliáceas, com menor grau de ramificação apresentam uma fauna associada menos abundante e diversificada (Gunnill 1982; Edgar 1983, Gibbons 1988, Gee & Warnick 1994a).

Consideravelmente essas diferenças na complexidade estrutural das algas resultam em variações na disponibilidade de alimento (Dibble et al. 1996b), taxas de predação (Burks et al. 2001, Rennie & Jackson, 2005),

proteção contra dessecação e arrasto nos costões rochosos ocasionados por diferentes graus de hidrodinamismos (Dean & Connell 1978, Chemello & Millazzo 2002). Apesar de não terem sido testados no presente estudo, esses fatores podem influenciar também a densidade e os índices de diversidade e não devem ser totalmente ignorados. Dessa forma, a escolha do habitat segue diversos processos, e a arquitetura do habitat pode ser um dos principais fatores, pois determinará o sucesso do organismo na permanência no habitat superando os desafios citados acima.

O habitat tem ainda uma forte relação com o tamanho dos organismos associados a ele, e a complexidade estrutural pode determinar a escolha desses habitats por indivíduos de diferentes tamanhos, como foi observado por Hacker & Steneck (1990) para os anfípodos. Eliminando os fatores citados acima (predação, hidrodinamismo, competição), em experimentos laboratoriais, os autores observaram um padrão entre o tamanho dos anfípodos e os substratos avaliados (algas e objetos imitando algas) demonstrando que a relação do tamanho parece estar ligada ao tamanho dos espaços intersticiais e largura dos ramos. Concluindo que indivíduos menores parecem ser mais dependentes da largura dos ramos, enquanto que para os indivíduos maiores o espaço intersticial seja o fator mais limitante definindo sua permanência no substrato.

O mesmo foi observado no presente estudo, no qual as mensurações do comprimento total dos Amphipoda associados as cinco espécies de macroalgas variaram significativamente, sendo os maiores indivíduos encontrados na alga foliácea *U. fasciata*. Essa macroalga apresentou valores significativamente menores para o IC, indicando baixa frequência e maior tamanho dos espaços intersticiais. Edgar (1983) estudando a fauna associada a diferentes macroalgas, observaram que aquelas com talo mais largo e foliáceo tiveram proporcionalmente um maior número de indivíduos grandes, quando comparados com algas mais finamente ramificadas que apresentaram os menores indivíduos. Apesar desse autor ter usado uma técnica diferente para estimar o tamanho dos indivíduos associados as macroalgas (malhas de diferentes espessuras para separar a fauna em classes de tamanho) e ainda diferentes métodos para mensurar a complexidade das algas (medidas dos eixos, largura, peso seco e úmido) os resultados foram muito próximos do

presente estudo, inclusive para as algas com valores intermediários, como *Sargassum* spp., que apresentaram tamanhos variados da fauna associada. Dubiaski-Silva & Masunari (1998), observaram o mesmo padrão para o anfípodo *Apohyale media*, algas mais finamente ramificadas abrigaram indivíduos das menores classes de tamanho.

Nenhum padrão foi observado para Isopoda e Tanaidacea, uma vez que somente indivíduos das classes I e II (menores) foram encontrados. Edgar (1983) também não encontrou diferenças para Isopoda e nenhuma relação com as algas estudas.

A distribuição das classes de tamanho de Amphipoda no presente estudo seguiu um padrão de maiores abundâncias das classes de menor tamanho (I e II) nas algas com os maiores valores do Indíce de Complexidade e de Dimensão Fractal, corroborando com os autores acima. Evidenciando assim a importância do substrato biológico e da sua complexidade estrutural para a permanência dos juvenis e desenvolvimento dos mesmos. Os anfípodos dependem da complexidade estrutural dos substratos em todas as suas fases de vida e a diversidade da comunidade local dos substratos nos costões rochosos assume grande importância para a permanência das populações de Amphipoda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abessa, D.M.S. & Sousa, E.C.P.M. 2003. Sensitivity of the amphipod *Tiburonella viscana* (Platyischnopidae) to K2CR2O7. Brazilian Archives of Biology and Technology*,* 46: 53-55.

Alados C.L., Pueyo Y., Navas D., Cabezudo B., Gonzalez A. & Freeman D.C. 2005. Fractal analysis of plant spatial patterns: a monitoring tool for vegetation transition shifts. Biodiversity and Conservation, 14: 1453-1468.

Albuquerque, E.F & Guerón, C.O.C. 1989. Variação sazonal da fauna vágil de Sargassum stenophyllum (Martens) em duas estações com diferentes graus de exposição a ondas em Ibicuí, Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Memórias Instituto Oswaldo Cruz.. Supl. IV 84: 9-17

Backes, A.; Bruno, O.M. 2005. Técnicas de Estimativa da Dimensão Fractal: Um Estudo Comparativo, INFOCOMP Journal of Computer Science, 4 (3): 50-58.

Barnard, J.L. 1969. Gammaridean Amphipoda of the Rocky Intertidal of Califórnia: Monterey Bay to La Jolla. United States National Museum Bulletin 258: 1-230.

Barnard, J.L. & Barnard, C.M. 1983. Freshwater Amphipoda of the World. Vol. I. Evolutionary Patterns. Vol. II. Handbook and Bibliography. Mount Vernon, Virginia: Hayfield Associates.

Barreto, C.C. 1999. Heterogeneidade especial do habitat e diversidade específica: implicações ecológicas e métodos de mensuração. pp. 121-153. *In* Silva, S. H. G. & H. P. Lavrado, Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro. *Série* Oecologia Brasiliensis, VII. PPGE-UFRJ.

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.

Bell S.S., McCoy E.D. & Mushinsky H.R. 1991. Habitat structure: the Physical Arrangement of Objects in streams. Chapman e Hall, London.

Bellan-Santini, D. & Reish, D.J. 1977. Utilisation de crustaces peracarides marins (Isopodes et Amphipodes) dans les etudes de toxicologie. Revue Internationale Oceanographique Mediterranee, 48, 103-105.

Bonsdorff, E. 1984. Effects of experimental oil spills in intertidal rock pools. Ecology Bulletin 36, 159–164.

Bousfield, E.L. 1973. Shallow-water Gammaridean Amphipoda of New England. Ithaca and London: Cornell University Press.

Bradbury R.H, Relchelt R.E, Green D.G. 1984. Fractals in ecology methods and Interpretation. Marine Ecology Progress Series, 14: 295-296.

Burks R.L., Jeppesen E. & Lodge D.M. 2001 Pelagic prey and benthic predators: the impact of odonates on Daphnia. Journal of the North American Benthological Society, 20: 615–628

Caine, E.A. 1987. Potential effect of floating dock communities on a South Carolina estuary. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 108: 83-91.

Chemello, R. & M. Milazzo. 2002. Effect of algal architecture on associated fauna: some evidence from phytal molluscs. Marine Biology 140: 981-990.

Clarke K.R. & Green R.H. 1988. Statistical design and analysis for a 'biological effects' study. Marine Ecology Progress Series 46: 213–226

Conradi, M., López-González, P.J. & García-Gómez, J.C. 1997. The amphipod community as a bioindicador in Algeciras Bay (Southern Iberian Peninsula) based on a spatio temporal distribution. P. S. Z. N. Marine Ecology 18: 97–111.

Coull, B.C., Creed, E.L., Eskin, R.A., Montagna, P.A., Palmer, M.A. &. Wells, J.B.J. 1983. Phytal meiofauna from the rocky interdital at Murretts Inlet, South Carolina. Transactions of the American *Microscopical Society* 102: 380-389.

Corbera, J., Cardell, M.J., 1995. Cumaceans as indicators of eutrophication on soft bottoms. Scientia Marine 59: 63–69.

Dannowski M. & Block A. 2005 Fractal geometry and root system structures of heterogeneous plant communities. Plant and Soil, 272: 61-76.

Davenport, J., Pugh, P.J.A. & McKechnie, J. 1996. Mixed fractals and anisotropy in subantarctic marine macroalgae from South Georgia: implications

for epifaunal biomass and abundance. Marine Ecology Progress Series 136: 245–255.

Dibble, E.D., Killgore, K.J. & Dick, G.O. 1996. Measurement of plant architecture in seven aquatic plants. Journal of Freshwater Ecology, 11: 311-318.

Dibble E.D. & Thomaz S.M. 2006a. A Simple Method to Estimate Spatial Complexity in Aquatic Plants. Brazilian Archives of Biology and Technology, 49 (3): 421-428.

Dibble E.D., Thomaz S.M. & Padial A.A. 2006b. Spatial Complexity Measured at a Multi-Scale in Three Aquatic Plant Species. Journal of Freshwater Ecology, 21: 239-247.

Dibble, E.D. & S.M. Thomaz. 2009. Use of fractal dimension to assess habitat complexity and its influence on dominant invertebrates inhabiting tropical and temperate macrophytes. Journal of Freshwater Ecology 24: 93-102.

Downes, B.J., Lake, P.S., Schreiber, E.S.G. & Glaister, A. 1998. Habitat structure and regulation of local species diversity in a stony upland stream. Ecological Monographs 68: 237–257.

Downing, J.A. 1991. The effect of habitat structure on the spatial distribution of freshwater invertebrate populations. Pages 87-106 in S. S. Bell, E. D. McCoy, e H. R. Mushinsky, editores. Habitat Structure: The Physical Arrangement of Objects in Space. Chapman and Hall, New York, USA

Duarte, L.F.L. & Nalesso, R.C. 1996. The sponge *Zygomycale parishii* (Bowerbank) and its endobiotic fauna. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 42: 139-151

Dubiaski-Silva, J. & Masunari, S. 1995. Ecologia populacional dos Amphipoda (Crustacea) dos fitais de Caiobá, Paraná. Revista Brasileira de Zoologia 12 (2): 373-396.

Dubiaski-Silva, J. & Masunari, S. 2008. Natural diet of fish and crabs associated with the phytal community of *Sargassum cymosum* C. Agardh, 1820 (Phaeophyta, Fucales) at Ponta das Garoupas, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil. Journal of Natural History 42 (27–28): 1907–1922.

Edgar, G.J. 1983. The ecology of south-east Tasmania phytal animal communities. III. Paterns of species diversity. Journal of Experimental Marine biology and Ecology, 70: 181-203.

Fairey, R., Long, E.R., Roberts, C.A., Anderson, B.S., Phillips, B.M., Hunt, J. W., et al. 2001. An evaluation of methods for calculating mean sediment quality guideline quotients as indicators of contamination and acute toxicity to amphipods by chemical mixtures. Environmental Toxicology and Chemistry, 20, 2276-2286.

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

Gee, J.M. & Warwick R.M. 1994a. Metazoan community structure in relation to the fractal dimensions of marine macroalgae. Marine Ecology Progress Series 103: 141–150.

Gee, J.M., Warwick R.M., 1994b. Body–size distribution in a marine metazoan community and the fractal dimensions of macroalgae. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 178: 247–259.

Gibbons, M.J. 1998. The impact of wave exposure on the meiofauna of *Gelidium pristoides* (Turner) Kuetzing (Gelidiales: Rhodophyta). E*stuarine*, Coastal and *Shelf Science* 27: 581-593.

Gols, R., Bukovinszky, T., Hemerik L., Harvey J.A., Van Lenteren J.C. & Vet L. E.M.. 2005. Reduced foraging efficiency of a parasitoid under habitat complexity: implications for population stability and species coexistence. Journal of Animal Ecology 74: 1059-1068.

Gómez-Gesteira, J.L. & Dauvin, J.C., 2000. Amphipods are good bioindicators of the impact of oil spills on soft-bottom macrobenthic communities. Marine Pollution Bulletin 40: 1017–1027.

Guerra-García, J.M. & García-Gómez, J.C. 2001. Spatial distribution of Caprellidea (Crustacea: Amphipoda): a stress bioindicator in Ceuta (North Africa, Gibraltar area). P. S. Z. N. Marine Ecology 22, 357–367.

Guerra-García, J.M. & García-Gómez, J.C., 2004. Crustacean assemblages and sediment pollution in an excepcional case study: a harbour with two opposing entrances. Crustaceana 77: 353–370.

Gunnill, F.C. 1982. Effects of plant size and distribution on the numbers of invertebrate species and individuals inhabhting the brown alga *Pelvetla fastigiata*. Marine Biology 69: 263-280

Hacker, S.D. & Steneck, R.S. 1990. Habitat architecture and the abundance and body-size-dependent habitat selection of a phytal amphipod. Ecology 71(6): 2269-2285.

Halley J.M., Hartley S., Kallimanis A.S., Kunin W.E., Lennon J.J. & Sgardelis S.P. 2004. Uses and abuses of fractal methodology in ecology. Ecology Letters, 7: 254-271.

Iwasaki, K.1995. Comparison of mussel bed community of two intertidal mytilids Septifier virgatus and Hormomya mutabilis. Marine Biology, 123: 109-119.

Jacobi, C.M. 1987a. The invertebrate fauna associated with intertidal beds of the brown mussel Perna perna (L.) from Santos, Brazil. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 2 (2): 73-91.

Jacobi, C.M. 1987b. Spatial and temporal distribution of Amphipoda associated with mussel beds from the Bay of Santos (Brazil). Marine Ecology Progress Series, 35: 51-58.

Jacobucci, G.B. & Leite, F.P.P. 2002. Distribuição vertical e flutuação sazonal da macrofauna vágil associada a *Sargassum cymosum* C. Agardh, na praia do Lázaro, Ubatuba, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 19 (1): 87 – 100.

Jeffries, M. 1993. Invertebrate colonization of artificial pondweeds of differing fractal dimension. Oikos, 67 (1): 142-148.

Jelinek H. Cornforth D. & Weymouth L. 2003. FracTop v.0.3b. www.csu.edu.au/faculty/sciagr/eis/fractop

Joly, AB. 1965. Flora marinha do litoral norte do Estado de São Paulo e regiões circunvizinhas. Boletim da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências, Universidade São Paulo, 294, Botânica, 21:1-393.

Kelaher, B.P. 2003. Changes in habitat complexity negatively affect diverse gastropod assemblages in coralline algal turf. Oecologia, 135: 431-441.

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.

Kovalenko, K., Dibble, E.D. & Fugi, R. 2009. Fish feeding in changing habitats: effects of invasive macrophyte control and habitat complexity. Ecology of Freshwater Fish, 18 (2): 305-313.

Larsen, K. 2004. Deep-sea Tanaidacea (Peracarida) from the Gulf of Mexico. Crustacea Monographs. Leiden, Boston: Brill.

Lassau, S.A. & Hochuli, D.F. 2004. Effects of habitat complexity on ant assemblages. Ecography 27: 157-164.

Lassau, S.A. & Hochuli, D.F. 2005. Wasp community responses to habitat complexity in Sydney sandstone forests. Austral Ecology 30: 179-187.

Lawton, J.H. 1986. Surface availability and insect community structure: the effects of architecture and fractal dimension of plants. In: Juniper, B.E., Southwood, T.R.E. Eds., Insects and the Plant Surface. Edward Arnold, London, pp. 317–331.

Leite, F.P.P.; Guth, A.Z. & Jacobucci, G.B.. 2000. Temporal comparison of gammaridean amphipods of *Sargassum cymosum* on two rocky shores in southeastern Brazil. Nauplius, Botucatu, 8 (2): 227-236.

Lourido, A., Moreira, J. & Troncoso, J.S. 2008. Assemblages of peracarid crustaceans in subtidal sediments from the Ría de Aldán (Galicia, NW Spain). Helgoland Marine Research. 62, 289–301.

MacArthur R.H. & MacArthur J.W. 1961. On Bird Species Diversity. Ecology, 42(3), 594- 598.

Marsden, S.J., Fielding, A.H., Claire, M. & Hussin, M.Z. 2002. A technique for measuring the density and complexity of understorey vegetation in tropical forests. Forest Ecology and Management, 165: 117-123.

Masunari, S. 1983. The phytal of the alga *Amphiroa beauvoisii*. Studies of Neotropical Fauna and Environments, 18 (3): 151-162.

Masunari, S. 1987. Ecologia das comunidades fitais. Anais do I Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, 54 (1): 195-253.

McAbendroth, L., Ramsay, P.M., Foggo, A., Rundle, S. D. & Bilton, D.T. 2005. Does macrophytes fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions? Oikos 111: 279–290

McDermott, J.J. 1987. The distribution and food habits of *Nephtys bucera* Ehlers, 1868 (Polychaeta; Nephtyidae) in the surf zone of a sandy beach. Proccedings Bioliology Society of Washington 100: 21–27

Moreira, J., Gestoso, L., Troncoso, J.S. 2008a. Diversity and temporal variation of peracarid fauna (Crustacea: Peracarida) in the shallow subtidal of a sandy beach: Playa America (Galicia, NW Spain). Marine Ecology 81: 1069–1089.

Moreira, J., Lourido, A., Troncoso, J.S. 2008b. Diversity and distribution of peracarid crustaceans in shallow subtidal soft bottoms at the Ensenada de Baiona (Galicia, NW Spain). Crustaceana 81: 1069–1089.

Morgado, E.H. & Tanaka, M.O. 2001. The macrofauna associated with the briozoan Schizoporella errata (Walters) in southeastern Brazil. Scientia Marina, 65 (3): 173-181

Morse, D.R., Lawton, J.H., Dodson M.M. & Williamson, M.H. 1985: Fractal dimension of vegetation and the distribution of arthropod body lengths. Nature, 314, 731–733.

Ohji, M., Takeuchi, I., Takahashi, S., Tanabe, S., Miyazaki, N. 2002. Differences in the acute toxicities of tributyltin between the Caprellidea and the Gammaridea (Crustacea: Amphipoda). Marine Pollution Bulletin 44: 16–24.

Parker J.D., Duffy, E. & Orth, R.J. 2001. Plant species diversity and composition: experimental effects on marine epifaunal assemblages. Marine Ecology Progress Series 224: 55-67.

Pelicice, F.M., Agostinho, A.A. & Thomaz S.M. 2005. Fish assemblages with Egeria in a tropical reservoir: investigating the effects of plant biomass and diel period. Acta Oecologica 27: 9-16.

Pelicice, F. M. & Agostinho, A.A. 2006. Feeding ecology of fishes associated with Egeria spp patches in a tropical reservoir, Brazil. Ecology of Freshwater Fish 15: 10-19.

Rennie M.D., Jackson L.J., 2005. The influence of habitat complexity on littoral invertebrate distributions: patterns differ in shallow prairie lakes with and without fish. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 62: 2088–2099.

Rocha, C.M.C., Venekey, V., Bezerra, T.N.C. & Souza, J.R.B. 2006. Phytal marine nematode assemblages and their relation with the macrophytes structural complexity in a Brazilian tropical rocky beach. Hydrobiologia 553: 219-230.

Sánchez-Moyano, J.E., García-Gómez, J.C., 1998. The arthropod community, especially Crustacea, as a bioindicador in Algeciras Bay (Southern Spain) based on a spatial distribution. Jouranl of Coastal Research 14: 1119–1133.

Seed, R. 1996. Patterns of biodiversity in the macro-invertebrate fauna associated with mussel pathes on rocky shores. Journal of Marine Biology Association of U.K., 76: 203-210

Serejo, C. S. 2004. Talitridae (Amphipoda, Gammaridea) from the Brazilian coastline. Zootaxa, 646: 1-29.

Sugihara, G. & May, R.M. 1990. Applications of fractals in ecology. Trends in Ecology and Evolution 5: 79-86.

Tararam, A.S. & Wakabara, Y. 1981. The Mobile Fauna – Especially Gammaridea – of Sargassum cymosum. Marine Ecology Progress Series, 5 : 157-163.

Theel, H.J., Dibble, E.D. & Madsen, J.D. 2008. Differential influence of a monotypic and diverse native aquatic plant bed on a macroinvertebrate assemblage; an experimental implication of exotic plant induced habitat. Hydrobiologia, 600: 77-87.

Thomas, J.D. 1993. Biological monitoring and tropical biodiversity in marine environments: a critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators. Journal of Natural History. 27:795-806.

Thomaz, S.M., Dibble, E.D., Evangelista, L.R., Higuti, J. & Bini, L.M. 2008. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. Freshwater Biology, 53: 358-367.

Thomaz S.M. & Cunha E.R. 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages composition and biodiversity. Acta Limnologica Brasiliensia, 22, (2): 218-23

Tokeshi, M. & Arakaki S. 2012. Habitat complexity in aquatic systems: fractals and beyond. Hydrobiologia, 685: 27–47.

Tsuchiya, M. & Nishihira, M. 1986. Islands of *Mytilus edulis* as a habitat for small intertidal animals: effect of *Mytilus* age structure on the species composition of the associated fauna and community organization. Marine Ecology Progress Series, 31: 171-178.

Valério-Berardo, M.T. & Flynn, M.N.. 2002. Composition and seasonality of an amphipod community associated to the algae *Bryocladia thyrsigera*. Brazilian Journal of Biology, São Carlos, 62 (4A): 735-742.

Warfe, D.M. & Barmuta, L.A. 2004. Habitat structural complexity mediates the foraging success of multiple predator species. Oecologia 141:171-178.

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.

Wakabara, Y., Tararam, A.S. & Takeda, A.M. 1983. Comparative study of the amphipod fauna living on Sargassum of two Itanhaém shores of Brazil. Journal Crustacean Biology, 3 (4): 602-607.

Woods, C.M.C., 2009. Caprellid amphipods: an overlooked marine finfish aquaculture resource? Aquaculture 289, 199–211.

Capítulo 3_____

Variação morfológica no gnatópodo de *Apohyale media* (Dana, 1853) (Crustacea, Amphipoda): influência geográfica e do habitat

RESUMO

Com o objetivo de avaliar diferenças morfológicas intraespecíficas com relação à localização geográfica de *Apohyale media*, e com relação ao substrato biológico ao qual os indivíduos estão associados, a técnica de morfometria geométrica foi utilizada para comparar a morfologia do gnatópodo 2 (G2) de machos adultos. Para a primeira análise quatro populações foram amostradas e para a segunda, indivíduos de três substratos biológicos com diferentes graus de complexidade estrutural. Dez marcos anatômicos foram estabelecidos na face externa dos própodos. Para a análise do habitat foram também avaliados os dáctilos, nos quais foram realizados cinco marcos anatômicos. Uma Análise Generalizada de Procrustes (GPA) foi utilizada para a remoção dos componentes de tamanho e forma da configuração de marcos anatômicos. Para realizar uma ordenação dos grupos foi utilizada uma Análise de Variáveis Canônicas (CVA) e a diferença na forma das estruturas anatômicas entre as populações foi avaliada através de uma MANOVA. A forma do própodo do gnatópodo 2, diferiu significativamente entre as populações de *A. media* (Pillai's trace = 1,54, P < 0,001), sendo a diferença morfológica significativa entre todas as populações. A população do Farol de Santa Marta apresentou própodo mais robusto e as populações da Ilha do Mel, Itapoá e Penha um própodo mais delgado. Variações na forma do G2 também foram significativas nos indivíduos provenientes de diferentes substratos biológicos, enquanto para o dáctilo somente entre as algas *P. capillacea* e *S. cymosum.* Espécimes da alga *U. fasciata* apresentaram um própodo mais robusto quando comparado com as demais. A técnica de morfometria geométrica se mostrou eficaz para detectar diferenças morfológicas em anfípodos e provavelmente a análise de outras estruturas corporais podem

trazer respostas mais robustas sobre quais fatores estão influenciado a variação morfológica no grupo.

INTRODUÇÃO

A abundância e a diversidade de espécies da ordem Amphipoda são as mais altas dentre os Eucarida e Peracarida e, portanto, seus representantes são comuns em ambientes aquáticos. Inúmeros fatores físicos e biológicos podem influenciar a composição de anfípodos e sua distribuição e, segundo Edgar & Moore (1986), a turbidez e o hidrodinamismo parecem ser os fatores abióticos mais importantes. Esses fatores podem variar de acordo com o grau de exposição das ondas que cada área é submetida, ou ainda variarem em um mesmo local conforme o gradiente de profundidade (Jacobucci & Leite 2002).

Hyalidae é uma das famílias de anfípodos mais importantes e abundantes em diversos ecossistemas marinhos e compreende cerca de 110 espécies (Serejo 1998). Pertencente a essa família, *Apohyale media* (Dana 1853) apresenta uma ampla distribuição geográfica e, diversas populações dessa espécie são encontradas ao longo da costa do Brasil. Pode ser considerado o anfípodo mais abundante e comumente encontrado em amostras de macroalgas nas regiões sudeste (Tararam et al. 1985) e sul (Dubiaski-Silva & Masunari 1995) do país. Essa espécie merece destaque ainda pela vasta ocorrência em habitats de diferentes tipos: ampla distribuição vertical em costões rochosos (Tararam & Wakabara 1981, Wakabara et al. 1983, Tararam et al. 1986), ocorrência em diferentes substratos biológicos (Jacobi 1987, Dubiaski-Silva & Masunari 1995), ou diferentes locais com graus de hidrodinamismo variados (Tararam et al. 1986).

Informações sobre a estrutura das populações e a extensão do fluxo gênico entre elas são fundamentais para compreender a distribuição das espécies e os processos de especiação (France 1993), no entanto, poucos estudos avaliaram variações em nível de população. Uma determinada espécie pode apresentar variações nas características genotípicas e fenotípicas entre as suas populações, devido a diferentes ambientes de ocorrência e pressões seletivas ao longo de sua distribuição geográfica (Hoffman & Shirriffs 2002).

Análises morfológicas são úteis para demonstrar estas diferenças adaptativas, uma vez que essas variações geográficas podem agir sobre a morfologia, padrões reprodutivos, taxas de crescimento e mortalidade e não necessariamente condizerem com a variação genética (Orensanz et al. 1991, Cadrin 2000, Lezcano et al. 2012).

A compreensão das variações morfológicas tem se tornado uma importante ferramenta para elucidar questões fundamentais em biologia evolutiva (Hopkins & Thurman 2010, Lezcano et al. 2012). Novas técnicas têm surgido para avaliação dessas variações e, dentre as quais, a morfometria geométrica tem se destacado, pois permite comparações populacionais mais precisas que a morfometria clássica (Cavalcanti et al. 1999, Clabaut 2007, Silva & Paula 2008). Através de marcos anatômicos em determinadas estruturas dos animais, pode-se avaliar as alterações na forma e tamanho, podendo ser aplicado em diferentes espécies, populações e sexos (Rohlf & Marcus 1993, Adam et al. 2004, Hepp et al. 2012).

Apesar de variações intraespecíficas geográficas serem comumente estudadas em crustáceos, como em Stomatopoda (Reaka 1979), Copepoda (McLaren et al. 1969, Lonsdale & Levinton 1985), Mysida (Lasenby & Langford 1972) e Decapoda (Annala et al. 1980; Morizur et al. 1981, Bertness 1981; Wenner et al. 1987), estes estudos avaliaram principalmente diferentes taxas de crescimento, tamanho do início da maturidade, tamanho da massa de ovos e taxa de fecundidade, e poucos estudos ainda se concentram na variação morfológica entre diferentes populações especialmente com anfípodos.

Além disso, diferentes características físicas dos ambientes onde os organismos vivem como, a complexidade do habitat, tipo de substrato e características ecológicas como, interações competitivas, pressão de predação e comportamento alimentar (Futuyma 2005, Miner et al 2005, Zhao et al 2010, Sánchez et al, 2011) podem influenciar e proporcionar diferentes variações na morfologia dos indivíduos. Dessa forma, outro fator que pode ser determinante na variação morfológica é o habitat ao qual o organismo está associado.

Buscando entender como ocorrem as variações morfológicas em anfípodos, os objetivos do presente trabalho consistem em (1) avaliar a estruturação geográfica da variação morfológica do gnatópodo 2 (própodo) de quatro populações de *A. media*, provenientes do litoral dos estados do Paraná

e de Santa Catarina, amostradas na alga *Ulva fasciata* e (2) avaliar diferenças morfológicas do gnatópodo 2 (propódo e dáctilo) de indivíduos provenientes de diferentes substratos biológicos com diferentes graus de complexidade (ver Cap. 2), *Pterocladiella capillacea*, *Sargassum cymosum* e *U. fasciata*, de uma mesma localidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Locais de coleta

Diferenças morfológicas em relação à variação geográfica foi avaliada em indivíduos de *Apohyale media* de quatro populações provenientes do litoral do Paraná e de Santa Catarina amostrados na alga *Ulva fasciata* (Tab. 1).

Tabela 1. *Apohyale media*. Locais de coleta com seus respectivos municípios, coordenadas geográficas e o substrato biológico.

Praia/Costão	População	Município	Coordenadas geográficas	Substrato biológico
Ilha do Mel	IM	Paranaguá, PR	25º34'28"S 4819'10"W	*Ulva fasciata*
Segunda Pedra	IT	Itapoá, SC	26º04'11"S 48º36'20"W	*Ulva fasciata*
Praia da Paciência	PE	Penha, SC	26º46'28"S 48º36'02"W	*Ulva fasciata*
Prainha	FS	Farol de Santa Marta, SC	28º36'08"S 48º48'54"W	*Ulva fasciata*

A variação morfológica entre indivíduos amostrados em diferentes substratos *Pterocladiella capillacea*, *Sargassum cymosum* e *U. fasciata*, foi avaliada com espécimes de *A. media* da Praia da Sepultura, Bombinhas e Santa Catarina (27º08'27"S 48º28'42"W).

Amostragem de *Apohyale media*

Os substratos biológicos foram amostrados em costões rochosos, no mediolitoral em 2010 e 2011, durante a baixa-mar de sizígia do final do inverno ao início da primavera (julho e setembro), período no qual os peracáridos são mais abundantes (Dutra 1988, Dubiaski-Silva & Masunari 1995, Jacobucci & Leit, 2002). Eles foram triados sob microscópio esteroscópico e a fauna associada separada, da qual foram retirados os machos de *A. media*. Os gnatópodos 2 de no mínimo 20 machos de cada população foram isolados e

lâminas foram confeccionadas para padronização das fotografias, mantendo todos na mesma posição (face externa do gnatópodo voltada para cima). Os indivíduos apresentaram tamanho corporal que variou de 6,9 mm a 12,5 mm.

Análises morfométricas

Imagens sobrepostas verticalmente do própodo dos gnatópodos 2 em vista externa foram obtidas em lupa Leica MZ16 com câmera Leica DFC 500, com o auxílio do Software Auto-Montage Pro (Syncroscopy) do "Projeto Taxon line Rede Paranaense de Coleções Biológicas" do Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná.

Foram estabelecidos dez marcos anatômicos bidimensionais na face externa do própodo do gnatópodo 2 (G2) (Fig. 1A), e cinco marcos anatômicos na face externa do dáctilo do gnatópodo 2 (G2) (Fig. 1B), utilizando o programa TPS Dig 2, versão 2.16 (Rohlf 2010).

Para avaliar a variação geográfica da morfologia do G2, foi utilizado somente o própodo e para a variação morfológica entre os substratos o própodo e o dáctilo.

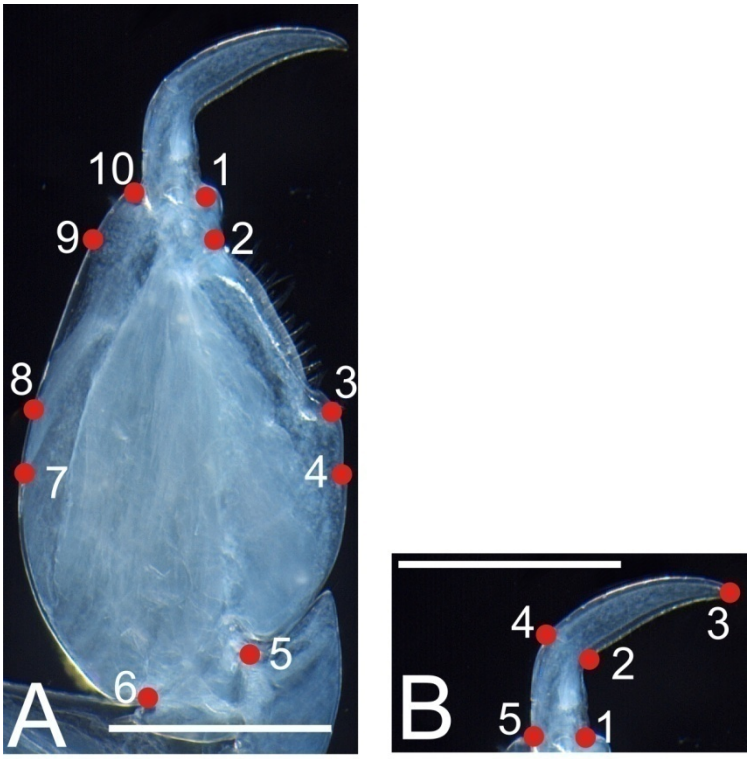


Figura 1. *Apohyale media*. Posição dos marcos anatômicos: (A) própodo do gnatópodo 2 e (B) dáctilo do gnatópodo 2. Escala: 500 µm. (A) 1: Base interna da articulação própodo-dáctilo do gnatópodo; 2: Depressão na porção interna distal da palma; 3: Localização dos dois espinhos na porção mediana da palma; 4: Depressão

na porção interna mediana da palma, onde estão localizadas cerdas; 5: Base interna da articulação carpo-própodo do gnatópodo; 6: Base externa da articulação carpo-própodo do gnatópodo; 7, 8 e 9: Borda externa do própodo; 10: Base externa da articulação própodo-dáctilo do gnatópodo. (B) 1: Base interna da articulação própodo-dáctilo do gnatópodo; 2 Depressão na porção interna mediana do dáctilo; 4: Borda externa do dáctilo; 5: Base externa da articulação própodo-dáctilo do gnatópodo.

A partir das coordenadas iniciais dos marcos anatômicos foi realizada uma Análise Generalizada de Procrustes (GPA), que consiste em sobrepor as coordenadas pelo centróide, escalonar o tamanho do centróide e rotacionar as configurações para que os marcos anatômicos correspondentes se ajustem pela menor distância quadrada possível (Monteiro & Reis 1999). A GPA retira o efeito de posição, sentido e tamanho, reduzindo a informação gerada quanto à forma das estruturas (Adams et al. 2004). O tamanho de cada estrutura foi estimado através do tamanho do centróide, que é a raiz quadrada da soma das distâncias quadradas de um grupo de pontos até o seu centróide (Monteiro & Reis 1999).

As análises morfométricas foram realizadas utilizando o programa MorphoJ 1.05c (Klingenberg 2011).

Análise estatística

Para a variação na forma das estruturas analisadas entre as diferentes populações de *A. media* foi realizada uma Análise de Variância Multivariada (MANOVA) a partir das configurações alinhadas pelo GPA. A ordenação dos grupos foi visualizada através de uma Análise de Variáveis Canônicas (CVA) e as distâncias de Mahalanobis entre as populações foram testadas por permutação. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa MorphoJ (Klingenberg 2011) e o ambiente R (R Development Core Team 2011).

RESULTADOS

Variação geográfica

A forma do própodo do gnatópodo 2, diferiu significativamente entre as populações de *A. media* (Pillai's trace = 1,54, $P < 0,001$), com diferença morfológica significativa entre todas as populações, apesar de algumas sobreposições (Tab. 2).

Tabela 2. *Apohyale media*. Distância de Mahalanobis referente à forma do própodo do gnatópodo 2 entre as quatro populações.

Estrutura		Populações		
		FS	IM	IT
Gnatópodo2	IM	3,13*		
	IT	5,01*	3,19*	
	PE	3,71*	2,44*	2,51*

* $p < 0,05$

O primeiro eixo canônico explicou 71,96% da variação dos dados e está relacionado principalmente com os marcos 1, 2 (bases internas distais do própodo) e 4 (depressão mediana da palma) (Fig. 2). Assim, a população de Itapoá (IT) que possue escores positivos para o primeiro eixo canônico, exibe a porção distal do própodo mais pronunciada para frente e porção mediana mais retraída, dando para o G2 uma forma mais alongada e delgada. As populações de Farol de Santa Marta (FS) e Ilha do Mel (IM) que possuem escores negativos para esse eixo, apresentaram a porção distal mais retraída e a porção mediana mais robusta. A população de Penha (PE) apresentou valores intermediários entre as duas formas (Fig. 2).

O segundo eixo canônico explica 16,14% da variação dos dados e está relacionado principalmente com os marcos 1, 2 e 10 (porção distal do própodo), 5 e 6 (porção proximal do própodo) e 7 (borda externa mediana) (Fig. 2), mostrando variação tanto na porção distal, como proximal e mediana do própodo. A população IM, que apresenta escores positivos para este eixo, possui a porção mediana e distal do própodo mais delgada e a proximal mais alongada. As populações FS e PE que apresentam escores negativos para este eixo, possui porção mediana e distal do própodo mais rosbusta e porção proximal mais curta. A população IT possue posições intermediárias entre escores positivos e negativos, apresenta formas intermediárias entre própodos longos/delgados e curtos/robustos.

Dessa maneira geral a população do Farol de Santa Marta apresentou própodo mais robusto e as populações da Ilha do Mel, Itapoá e Penha um própodo mais delgado.

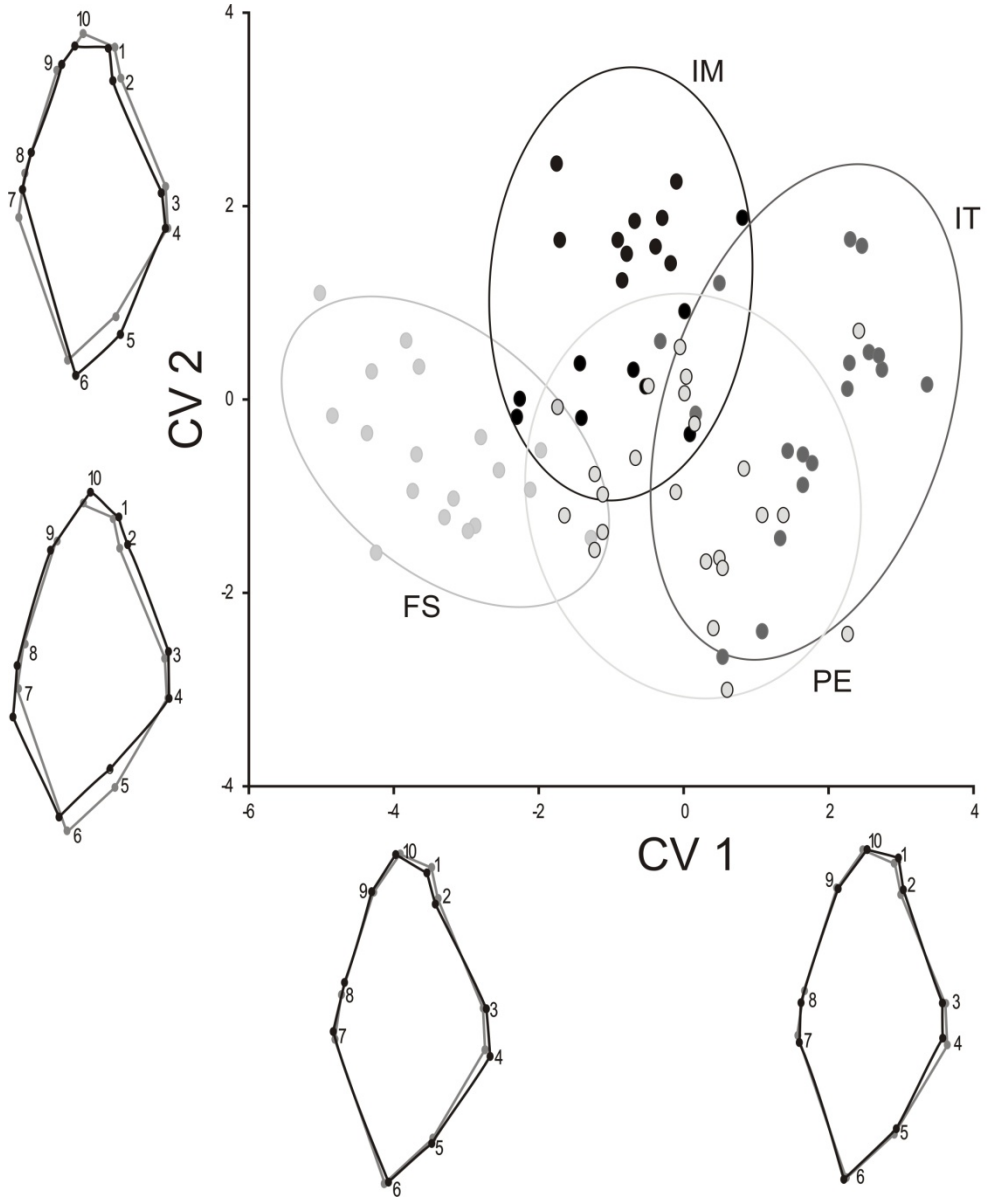


Figura 2. *Apohyale media*. Análise de Variáveis Canônicas (CVA) do formato do própodo do gnatópodo 2 entre as populações, IM: Ilha do Mel, IT, Itapoá, PE: Penha e FS: Farol de Santa Marta. Linhas claras= média da deformação no eixo; Linhas escura= deformação máxima.

Variação nos substratos

A forma do G2, também diferiu significativamente entre indivíduos de *A. media* provenientes de diferentes substratos biológicos (Tab. 3). Diferenças significativas foram observadas para a forma do própodo (Pillai's trace = 1,44, P < 0,001) para as três algas, enquanto para o dáctilo (Pillai's trace = 0,32, P = 0,22) somente entre as algas *P. capillacea* e *S. cymosum* (Tab. 3).

Tabela 3. *Apohyale media*. Distância de Mahalanobis referente à forma do própodo e dáctilo do gnatópodo 2 entre indivíduos de diferentes substratos biológicos.

Estrutura		Substratos	
		P. capillacea	*S. cymosum*
Própodo G2	*S. cymosum*	2,68*	
	U. fasciata	2,54*	3,15*
Dáctilo G2	*S. cymosum*	1,17*	
	U. fasciata	0,79	0,77

* $p < 0,05$

O primeiro eixo canônico explicou 64,27% da variação dos dados do própodo do G2 e está relacionado principalmente com os marcos 1, 3 e 4 (porção distal e a porção mediana do própodo) (Fig. 3). Indivíduos de *S. cymosum* (escores positivos), apresentam a porção distal mais pronunciada e a mediana mais retraída, dando uma forma mais alongada e delgada para o própodo, enquanto indivíduos de *U. fasciata* (escores negativos), possuem a porção distal mais recolhida e mediana mais pronunciada, apresentando uma forma mais robusta ao própodo. Já os hialídeos amostrados na alga *P. capillacea* apresentaram variação intermediária entre essas formas.

Ainda para o própodo, o segundo eixo canônico explica 35,72% da variação dos dados e é observada principalmente no marco 5 (base interna da articulação carpo-própodo) (Fig. 3). No entanto, essa variação parece ser muito sutil, não alterando visualmente a forma do própodo entre os indivíduos amostrados em *P. capillacea*, *S. cymosum* e *U. fasciata*.

Indivíduos amostrados no substrato *U. fasciata* apresentaram, de acordo com as análises, um própodo mais robusto quando comparado com aqueles amostrados nas algas *P. capillacea* e *S. cymosum*.

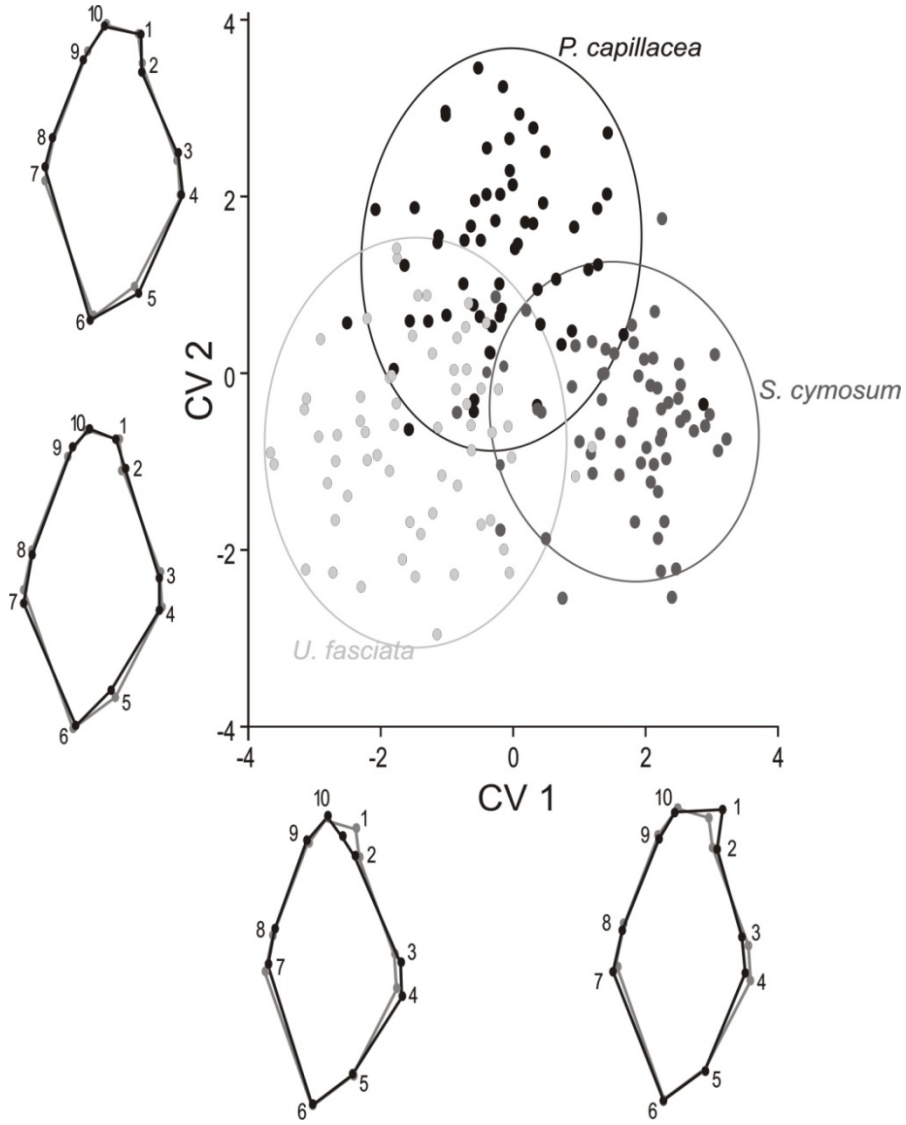


Figura 3. *Apohyale media*. Análise de Variáveis Canônicas (CVA) do formato do própodo do gnatópodo 2 entre as algas, *Pterocladiella capillacea*, *Sargassum cymosum* e *Ulva fasciata*. Linhas claras= média da deformação no eixo; Linhas escura= deformação máxima.

A análise dos dáctilos dos indivíduos de *A. media* provenientes de diferentes algas não resultou em diferenças significativas para todos os substratos, com exceção de variação entre indivíduos amostrados em *S. cymosum* e *U. fasciata*. Consequentemente, não foram observadas separações claras ente os espaços dos eixos canônicos para essa estrutura (Fig. 4). Na CVA do dáctilo do G2 o primeiro eixo canônico explicou 87,30% da variação dos dados, a qual está relacionada principalmente com os marcos 1, 3 e 4 (porção proximal, distal (ponta) e margem externa do dáctilo) (Fig. 4). Indivíduos de *S. cymosum* (escores negativos), apresentam a porção distal mais pronunciada e a mediana mais retraída, conferindo ao dáctilo uma forma

mais alongada e delgada, enquanto indivíduos de *U. fasciata* (escores positivos), possuem a porção distal mais recolhida e mediana mais pronunciada, apresentando uma forma mais robusta ao dáctilo. Já os hialídeos amostrados na alga *P. capillacea* apresentaram variação intermediária entre essas formas.

Ainda para o dáctilo, o segundo eixo canônico explicou 12,69% da variação dos dados e é observada principalmente no marco 5 (base interna da articulação carpo-própodo) (Fig. 4). No entanto, essa variação parece ser muito sutil, não alterando visualmente a forma do própodo entre os indivíduos amostrados em *P. capillacea*, *S. cymosum* e *U. fasciata*.

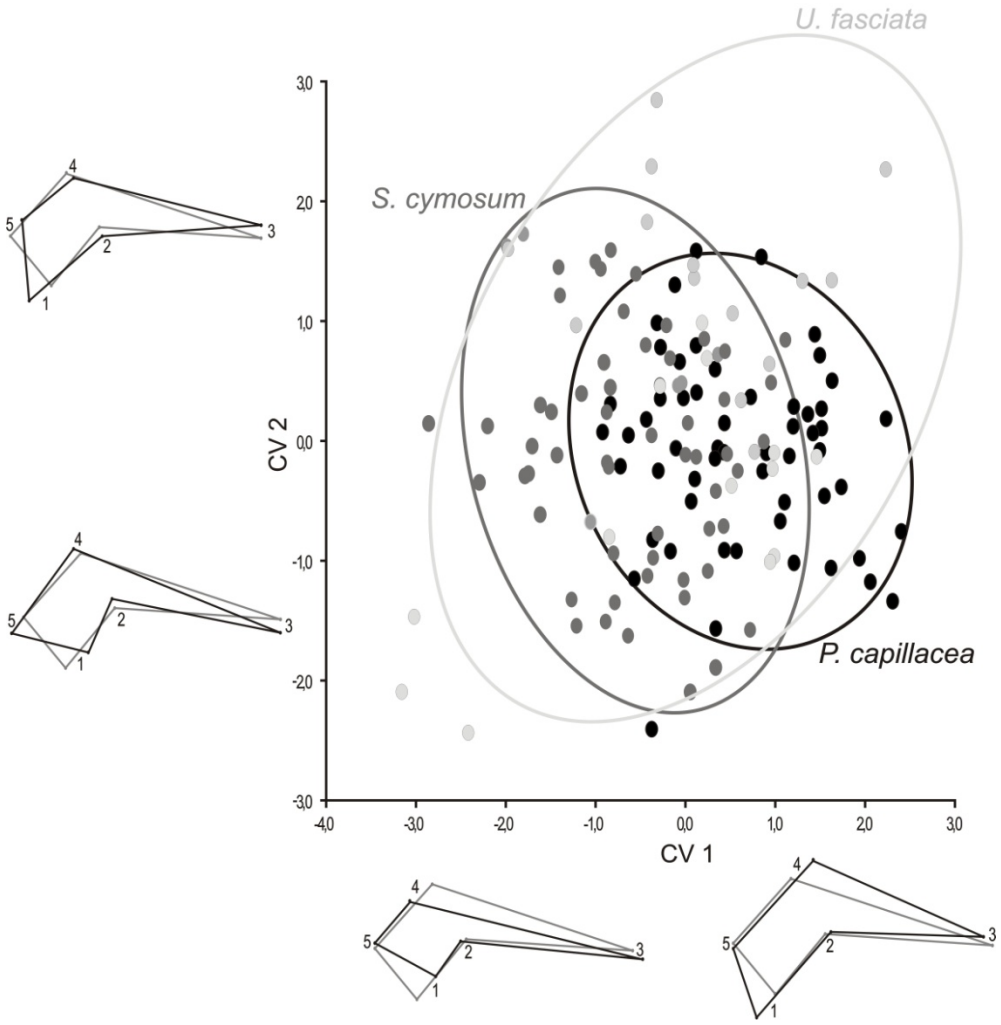


Figura 4. *Apohyale media*. Análise de Variáveis Canônicas (CVA) do formato do dáctilo do gnatópodo 2 entre as algas, *Pterocladiella capillacea*, *Sargassum cymosum* e *Ulva fasciata*. Linhas claras= média da deformação no eixo; Linhas escura= deformação máxima.

DISCUSSÃO

Variações morfológicas na forma do propódos do G2 de *A. media* foram encontradas nas populações de localidades geográficas diferentes. Apesar dessas diferenças significativas nenhum padrão, por exemplo latitudinal, pode ser observado com exceção que os indivíduos amostrados no Farol de Santa Marta, região mais ao sul da amostragem, apresentaram um própodo mais robusto quando comparado com as demais localidades mais ao norte. E ainda observamos uma sobreposição da forma entre as populações de Penha e Itapoá, mais próximas geograficamente entre si. Estudos têm revelado que, além da variação latitudinal, outros fatores ambientais como hidrodinamismo, temperatura, salinidade e concentrações de clorofila interferem na variação do tamanho do corpo em outras espécies de crustáceos (Caine 1989, Dugan et al 1994, Contreras & Jaramillo 2003).

Essas diferentes condições ambientais podem atuar nas variações morfológicas entre as populações de crustáceos e ocorrem tanto em níveis locais ou até mesmo na estrutura genética das populações (De Grave & Díaz 2001), ficando impreciso determinar quais fatores estão agindo como causadores dessas variações. Dessa forma, a variação morfológica geográfica pode ocorrer nas espécies que apresentam uma variação genética muito baixa, ou ainda a variação fenotípica pode ser não significativa mesmo quando a variabilidade genética é alta (Daniels et al. 2003, Reuschel & Schubart 2007). No entanto, esses fatores não foram analisados no presente estudo.

Variações morfológicas ao longo da distribuição geográfica já foram exploradas para algumas espécies de crustáceos como: indivíduos de *Carcinus maenas* coletados em extremos norte e sul, sendo os encontrados mais ao sul maiores e mais fortes (Smith 2004); o anfípodo *Hirondellea gigas* que diferiu morfologicamente entre diferentes populações (France 1993); o caprelídeo *Caprella mutica* que apresentou variações morfológicas em populações localizadas em diferentes graus latitudinais (Riedlecker et al. 2009); para a espécie *Pontophilus norvegicus* que apresentou diferenças significativas na sua morfologia entre populações do Atlântico e do Mediterrâneo (De Grave & Dias 2001), e para os camarões de água doce *Atyaephyra desmarestii* (Anastasiadou & Leonardos 2008) e *Palaemonetes varians* (De Grave 1999).

Os gnatópodos dos anfípodos têm diversas funções e principalmente o segundo é utilizado em diversas atividades que vão desde ao suporte no substrato, locomoção, alimentação até interações agonísticas. Assim diferenças no ambiente e no comportamento local poderiam influenciar e determinar as variações encontradas ao longo de diferentes populações (Riedlecker et al. 2009). *Apohyale media* apresenta hábitos alimentares onívoros se alimentando por predação, raspagem, captura de partículas, podendo ter ainda variações na forma e tamanho dos seus gnatópodos de acordo com diferenças na disponibilidade de alimento em cada local (Caine 1974, 1977).

Analisando indivíduos de *A. media* provenientes de substratos biológicos com graus de complexidadade que variaram de menos complexo (*U. fasciata*), intermediário (*S. cymosum*) a mais complexo (*P. capillacea*) (para mais detalhes ver cap. 2), diferenças significativas foram encontradas tanto para o própodo quando para o dáctilo. De maneira geral, indivíduos da alga foliácea *U. fasciata* caracterizaram-se por apresentarem um própodo mais robusto quando comparados com aqueles associados aos demais substratos analisados. Essas diferenças estruturais nos substratos biológicos podem conferir alterações em outras condições físicas como o grau de impacto das ondas para os organismos associados ou ainda a retenção de água e alimento disponíveis. Condições essas que podem influenciar na variação morfológica dos organismos, como de fato foi observado.

Idaskin et al. (2013) afirmam que um dos principais fatores ambientais que determinam a variação morfológica dos indivíduos é o substrato ao qual os organismos estão associados, uma vez que ele define a possibilidade de refúgio para os organismos, mesmo essa variação sendo determinada muitas vezes por um conjunto de variáveis ambientais. Dessa forma, no presente estudo os organismos associados a alga *U. fasciata* provavelmente apresentaram um própodo mais robusto e diferenciado de acordo com os espaços disponíveis nesse tipo de substrato (frondes maiores, mais espaço disponível), enquanto os hialídeos associados a *S. cymosum* e *P. capillacea*, que apresentam um maior grau de ramificação, e espaços disponíveis menores (ver cap. 2), apresentaram um própodo mais delgado e alongado para possibilitar o agarramento de ramos mais finos e delicados.

O papel do dáctilo nessas diferenças morfológicas entre os substratos não pode ser confirmado, uma vez que as diferenças foram muito sutis e inconstantes. Talvez uma análise com uma maior gama de substratos biológicos ou um melhor estudo de determinação dos marcos anatômicos possa trazer resultados mais significativos.

Diferenças morfológicas em organismos viventes em diferentes substratos foram reportadas para outros crustáceos como: o caranguejo *Cyrtograpsus angulatus* que exibiu variações na carapaça em grupos de costão rochoso, quando comparados com indivíduos de marismas (Idaszkin et al. 2013) e em *Aegla* que variações morfológicas foram encontradas em espécimes de rios, quando comparadas com de lagos (Giri & Loy 2008). Em outros estudos com crustáceos, a morfometria geométrica tem sido aplicada principalmente em decápodos, comparando populações isoladas geograficamente (De Grave & Diaz 2001; Tzeng 2004;. Tzeng et al 2001) e variações intra-específicas (De Grave 1999; Kapiris & Thessalou-Legaki 2001).

A morfometria geométrica tem se mostrado uma técnica eficaz na análise das variações entre diferentes populações e pode ser aplicada também para os anfípodos. Provavelmente, a inclusão de outros apêndices ou pereonitos nas análises podem trazer respostas mais robustas em torno da variação morfológica de *A. media,* assim como a inclusão de novas populações, com um maior grau de distribuição geográfica, e indivíduos provenientes de diferentes substratos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, D.C., Rohlf, F.J. & Slice, D. 2004. Geometric morphometrics: tem years of progress following the ‘revolution’. Italian Journal of Zoology. 71: 5-16.

Anastasiadou, C.h., Leonardos, I.D., 2008. Morphological variation among populations of *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) (Decapoda, Caridea, Atyidae) from freshwater habitats of north-western Greece. Journal of Crustacean Biology 28 (2), 240–247.

Annala, J.H.; Mckoy, J.L.; Booth, J.D. & Pike, R.B.B. 1980. Size at the onset of sexual maturity in female *Jasus edwardsii* (Decapoda: Palinuridae) in the New Zeland. Journal of Marine and Freshwater Research. 14 (13): 217-221.

Bertness, M.D. 1981b. Pattern and plasticity in tropical hermit crab growth and reproduction. American Naturalist. 117: 754-773.

Cadrin S. 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 10: 91-112.

Caine E.A. 1974. A comparative functional morphology of feeding in three species of caprellids (Crustacea, Amphipioda) from the northwestern Florida Gulf coast. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 15, 81–96.

Caine E.A. 1977. Feeding mechanisms and possible resource partitioning of the Caprellidae (Crustacea: Amphipoda) from Puget Sound, USA. Marine Biology 42, 331–336.

Caine E.A. 1989. Relationship between wave activity and robustness of caprellid amphipods. Journal of *Crustacean Biology* 9(3): 425-431.

Cavalcanti, M. J.; Monteiro, R. L. & Lopes, P. R. D. 1999. Landmark-based morphometric analysis in selected species of serranid fishes (Perciformes: Teleostei). Zoological Studies. 38: 287-294.

Clabaut, C., Bunje, P., Salzburger, W. & Meyer, A. 2007. Geometric morphometric analyses provide evidence for the adaptive character of the Tanganyikan cichlid radiations. Evolution. 61: 560-578.

Contreras H. & Jaramillo E. 2003. Geographical variation in natural history of the sandy beach isopod Excirolana hirsuticauda Menzies (Cirolanidae) on the Chilean coast. Estuarine, Coastal and Marine Science 58S, 117–126.

Daniels, S. R., Gouws, G., Stewart, B. A. & Coke, M. 2003. Molecular and morphometric data demonstrate the presence of cryptic lineages among freshwater crabs (Decapoda: Potamonautidae: Potamonautes) from the Drakensberg Mountains, South Africa. Biological Journal of the Linnean Society. 78: 129-147.

De Grave, S. 1999. Variation in rostral dentition and telson setation in a saltmarsh population of Palaemonetes varians (Leach) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). Hydrobiologia 397, 101–108.

De Grave, S. & Diaz, D. 2001. Morphometric comparison between Mediterranean and Atlantic populations of *Pontophilus norvegicus* (Decapoda, Crangonidae). Hydrobiologia. 449: 179-186.

Dubiaski-Silva, J. & Masunari, S .1995. Ecologia populacional dos Amphipoda (Crustacea) dos fitais de Caiobá, Paraná. Revista Brasileira de Zoologia 12 (2): 373-396.

Dugan, J.E., Hubbard, D.M. & Wenner, A.M. 1994. Geographic variation in life history of the sand crab Emerita analoga (Stimpson) on the California coast: relationships to environmental variables. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 181, 255–278.

Dutra, R.R.C. 1988. A fauna vágil do fital *Pterocladia capillacea* (Rhodophyta, Gelidiaceae) da Ilha do Mel, Paraná, Brasil. Revista Brasileira Biologia 48 (3): 589-605.

Edgar, G.J. & Moore, P.G. 1986. Macro-algae as habitats for motile macrofauna. Monografias biológicas 4: 255-277.

France, S.C. 1993. Geographic variation among three isolated population of the hadal amphipod *Hirondellea gigas* (crustacea: amphipoda: lysianassoidea). Marine Ecology Progress Series. 92: 277-287.

Giri, F. & Loy, A. 2008. Size and shape variation of two freshwater crabs in Argentinean Patagonia: the influence of sexual dimorphism, habitat, and species interactions. The Journal of Crustacean Biology 28, 37–45.

Hepp, L.U.; Fornel, R.; Restello, R.M.; Trevisan, A. & Santos, S. 2012. Intraspecific morphological variation in a freshwater crustacean *Aegla plana* (Anomura) in southern Brazil: effects of geographical segregation on carapace shape. Journal of Crustacean Biology. 32 (4): 511-518.

Hoffmann, A.A. & J. *Shirriffs*. *2002*. Geographic variation for wing shape in Drosophila serrata. Evolution 56:1068–1073.

Hopkins, M.J. & Thurman, C.J. 2010. The geographic structure of morphological variation in eight species of fiddler crabs (Ocypodidae: genus *Uca*) from the eastern United States and Mexico. Biological Journal of the Linnean Society. 100: 248-270.

Idaszkin, Y. L., Márquez, F. & Nocera A. C. 2013. Habitat-specific shape variation in the carapace of the crab *Cyrtograpsus angulatus*. Journal of Zoology 290: 117–126

Jacobi, C.M. 1987. The invertebrate fauna associated with intertidal beds of the brown mussel *Perna perna* (L.) from Santos, Brazil. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 2 (2): 73-91.

Jacobucci, G. B. & Leite, F.P.P.. 2002. Distribuição vertical e flutuação sazonal da macrofauna vágil associada a *Sargassum cymosum* S. Agardh, na praia do Lázaro, Ubatuba, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 19 (1): 87 – 100.

Kapiris, K. & Thessalou-Legaki, M. 2001. Sex related variability of rostrum morphometry of Aristeus antennatus (Decapoda: Aristeidae) from the Ionian sea (Eastern Mediterranean, Greece). Hydrobiologia 449, 123–130.

Klingenberg, C.P. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. Molecular Ecology Resources. 11: 353-357.

Lasenby, D.C. & R.R. Langford. 1972. Growth, life history, and respiration of Mysis relicta in an arctic and temperate lake. J. Fish. Res. Board Can. 29:1701-1708

Lezcano. A.H.; González-Jose, R.; Spivak, E.D. & Dellatorre, F.G. 2012. Geographic differences in the carapace shape of the crab *Cyrtograpsus affinis* (Decapoda: Varunidae) and its taxonomic implications. Scientia Marina. 76 (2): 329-337.

Lonsdale, D.J. & Levinton, J.S. 1985. Latitudinal differentiation in copepod growth: An adaptation to temperature. Ecology. 66: 1397-1407.

Maynou, F., Sarda, F., 1997. *Nephrops norvegicus* population and morphometrical characteristics in relation to substrate heterogeneity. Fish. Res. 30, 139–149.

McLaren, C., Corkitt, J. & Zillioux, E.J. 1969. Temperature adaptations of copepod eggs from the arctic to the tropics. The Biological Bulletin. 137: 486-493.

Miner, B.G., Sultan, S.E., Morgan, S.G., Padilla, D.K. & Relyea, R.A. 2005. Ecological consequences of phenotypic plasticity. Trends in Ecology & Evolution 20, 685–692.

Monteiro, L.R. & Reis, S.F. 1999. Princípios de Morfometria Geométrica. Ribeirão Preto, Holos Editora Ltda, X+188p.

Morizur, Y., Cona, G., Guenole, A. & Omnés, M.H. 1981. Fécondité de *Nephrops norvegicus* dans le golf de Gascogne. Marine Biology. 63: 319-324.

Orensanz J.; Parma A. & Iribarne, O. 1991. Population dynamics and management of natural stocks. *In*: Shumway S. E. (ed.). Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. Elsevier: p. 625-714.

R Development Core Team . 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3- 900051-07-0, URL http://www.R-project.org/.

Reaka, K.L. 1979. The evolutionary ecology of life history patterns in stomatopod Crustacea. *In*: Stancyk, E. Reproductive ecology of marine invertebrates. Columbia: University of South Carolina Press. p. 235-260.

Reuschel, S. & Schubart, C.D. 2007. Contrasting genetic diversity with phenotypic diversity in coloration and size in *Xantho poressa* (Brachyura: Xanthidae), with new results on its ecology. Marine Ecology. 28: 296–305.

Riedlecker E.I., Ashton G.V., Ruiz G.M. 2009. Geometric morphometric analysis discriminates native and non-native species of Caprellidae in western North America. Journal Marine Biological Association of United Kingdom 89, 535-542.

Rohlf, F.J. 2010. tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.16. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.

Rohlf F.J. & Marcus L.F. 1993. A revolution in morphometrics. Trends in Ecology and Evolution. 8: 129-132.

Sánchez, R., Sepúlveda, R.D., Brante, A. & Cárdenas, L. 2011. Spatial pattern of genetic and morphological diversity in the direct developer Acanthina monodon (Gastropoda: Mollusca). Marine Ecology Progress Series. 434, 121–131.

Serejo, C.S. 1998. Taxonomy and distribution of the family hyalidae (Amphipoda, Talitroida) on the brazilian coast. *Proccedings of the Fourth International Crustacean Congress*, 1: 591-616.

Silva, I.C. & Paula, J. 2008. Is there a better chela to use for geometric morphometric differentiation in brachyuran crabs? A case study using *Pachygrapsus marmoratus* and *Carcinus maenas*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 88 (5): 941-953.

Smith, D. 2004. Biogeographic differences in claw size and performance in an introduced crab predator *Carcinus maenas*. Marine Ecology Progress Series 276: 209–222.

Tararam, A.S. & Wakabara, Y. 1981. The mobile fauna especially gammaridea of *Sargassum cymosum*. *Marine Ecology Progress Series*, 5: 157–163.

Tararam, A. S.; Wakabara, Y. & Mesquita, H. S. L.. 1985. Feeding habits of *Hyale* media (Dana 1853) (Crustacea-Amphipoda). Boletim do Instituto Oceanográfico, 33(2): 193-199.

Tararam, A.S.; Wakabara, Y. & Leite, F.P.P. 1986. Vertical distribution of amphipods living on algae of a Brazilian intertidal rockyshore. Crustaceana 51, 183–187.

Tzeng, T. D., Chiu, C. S., & Yeh. S. Y. 2001. Morphometric variation in red-spot prawn (Metapenaeopsis barbata) in different geographic waters off Taiwan. Fisheries Research, 53: 211-217.

Tzeng, T.D., 2004. Stock identification of sword prawn Parapenaeopsis hardwickii in the east China sea and Taiwan Strait inferred by morphometric variation. Fish. Sci. 70, 758–764.

Zhao, Y., Qing, H., Zhao, C., Zhou, C., Zhang, W., Xiao, Y. & An, S. 2010. Phenotypic plasticity of *Spartina alterniflora* and *Phragmites australis* in

response to nitrogen addition and intraspecific competition. Hydrobiologia 637, 143– 155.

Wakabara, Y., Tararam, A. S. and Takeda, A. M. 1983. Comparative study of the amphipod fauna living on Sargassum of two Itanhaém shores of Brazil. Journal of Crustacean Biology, 3 : (4), 602-607.

Wenner, S. M., Hubbard, J., Dugan, J., Shoffner & Jellison, K. 1987. Egg production by sand crabs *(Emerita analoga)* as a function of size and year class (Decapoda, Hippidae). The Biological Bulletin. 172: 225-235.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Peracarida associados aos substratos secundários de costões rochosos do entre-marés do litoral do Paraná e de Santa Catarina, mostram um padrão de distribuição vertical nos quais as espécies ocorreram de forma diferenciada em cada faixa amostrada. Neste contexto, os substratos secundários desempenham papel primordial na manutenção do teor hídrico mínimo para sobrevivência destes animais, especialmente no mediolitoral durante as marés vazantes. Com exceção do mais abundante anfípodo *Apohyale media*, que ocorreu em todos os níveis de amostragem, a abundância e a diversidade de táxons dos Peracarida constituem uma função do risco de dessecamento: quanto mais longe da água, estes valores são menores; quanto mais perto, maiores. Dos 35 táxons registrados, onze caracterizaram a fauna dos Peracarida do infralitoral. Em contraste, não houve um grupo de táxons que caracterizasse cada faixa do mediolitoral. Entretanto, os índices ecológicos foram exclusivos para as referidas faixas de ocorrência.

Certamente, *Apohyale media* que não discriminou os níveis verticais, o grau de exposição às ondas e tampouco o tipo de substrato biológico, tem alta plasticidade na resistência contra dessecação e consequente superioridade na competição por espaço e alimento nestes biótopos.

Os nossos resultados confirmam que os métodos, Índice de Complexidade e Dimensão Fractal, são potenciais preditores de complexidade de macroalgas, pelo menos em escalas pequenas. E se utilizados de forma padronizada podem ser amplamente empregados em diversos habitats distintos.

Correlações positivas entre os valores dos índices de complexidade e a fauna de Peracarida e as diferenças nos valores de densidade, sugerem que os peracáridos associados respondem as diferentes complexidades estruturais que as espécies de macroalgas apresentam. Assim, como para outros invertebrados, a assembléia de Peracarida ocorre mais abundantemente em algas com talos mais finos e com um maior grau de ramificação, em contraste,

algas com talos foliáceos apresentam menores densidades e diversidade de espécies.

O mesmo padrão foi observado para o tamanho corporal dos anfípodos. Indivíduos maiores foram observados nas algas foliáceas com menor valor de complexidade estrutural, assim como classes de tamanho menores foram mais abundantes em algas com maior grau de complexidade estrutural.

O anfípodo *Apohyale media* parece ser uma das espécies de maior importância nas assembléias de Peracarida do sul do Brasil. Foi a espécie mais abundante e frequente em todas as amostras analisadas, tanto para as de distribuição vertical quanto para as análises de complexidade de habitat. Ocorreu em todos os substratos biológicos (cap. 1 e 2), com exceção dos cirripédios.

Variações morfológicas nos própodos e dáctilo do gnatópodo 2, foram encontradas para *A. media*, tanto geograficamente quanto para o substrato amostrado. No entanto, um maior número de populações de diferentes localidades geográficas e substratos biológicos poderão trazer informações mais precisas sobre as variações, além disso, a inclusão de outros apêndices ou partes corporais se faz necessária.

A tese traz ainda informações importantes no que concerne a taxonomia do grupo para o litoral rochoso do sul do Brasil, que carece de dados sobre as espécies, descrições, distribuição e ocorrência, dificultando os trabalhos nas demais áreas com Peracarida.

APÊNDICES

Peracarida (Crustacea, Malacostraca) do litoral rochoso do sul do Brasil

Lacerda, M.B.[1] & Masunari, S.[1]

[1] Departmento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná. Centro Politécnico, Jardim das Américas, Caixa Postal 19020. CEP 81531-980 Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: lacerdamariana@yahoo.com.br

RESUMO

A superodem Peracarida compreende nove ordens, Amphipoda, Cumacea, Isopoda, Lophogastrida, Mictacea, Mysida, Spelaeogriphacea, Tanaidacea e Thermosbaenacea. Os organismos representantes dessas ordens são de uma ampla variação de formas e tamanhos corporais e ocupam os mais variados ambientes marinhos, tendo alguns uma distribuição geográfica muito ampla. Uma das principais características que permitem essa vasta distribuição, é a associação desses organismos a substratos, tanto biológicos como artificiais. Peracáridos das ordens Amphipoda, Isopoda e Tanaidacea são principalmente conhecidos pela sua alta abundância e diversidade em comunidades associadas a substratos biológicos em costões rochosos. Apesar da significativa importância dessas ordens em comunidades rochosas, pouco se conhece ainda a respeito de quais espécies delas ocorrem nos ambientes marinhos do Brasil. O objetivo do presente estudo foi verificar as espécies de Peracarida ocorrentes nos substratos biológicos dos costões rochosos do sul do Brasil, bem como registrar novas ocorrências. Os animais foram coletados em costões rochosos nos estados do Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), em diferentes substratos biológicos raspados dos costões rochosos. Dentre esses substratos, diversas comunidades de invertebrados sésseis, como cracas, mexilhões, poliquetas e diferentes espécies de macroalgas. Foram identificados 35 táxons da fauna de Peracarida, os quais foram identificados em 16 famílias, 24 gêneros e 31 espécies.

Palavras-chave: peracáridos, características diagnósticas, costões rochosos.

INTRODUÇÃO

Peracarida (Malascostraca, Crustacea) tem como principal característica a modificação dos epipoditos nas fêmeas em uma bolsa incubadora, formada por oostegitos, na qual os ovos permanecem até o final do seu desenvolvimento. Dessa forma, o grupo apresenta desenvolvimento direto, e os juvenis eclodem muito semelhantes aos adultos. Apesar dessa característica poder dificultar os processos de dispersão das espécies (Myers 1997), somado ás altas taxas de endemismos em determinadas regiões geográficas, o que consequentemente aumenta a possibilidade de extinções locais (Pechenik, 1999), algumas espécies possuem uma distribuição muito ampla. Essas características peculiares não impossibilitaram ainda que os Peracarida tivessem sucesso na colonização de diversos habitats em todos os ambientes, desde o marinho, dulcícola e terrestre (Bousfield, 1973; Barnard & Barnard, 1983; Pires, 1987; Valério-Berardo & Miyagi, 2000; Larsen, 2004; Wilson, 2008).

Adaptações presentes nesses animais auxiliam nos processos de dispersão. Peracáridos frequentemente estão associados a animais, plantas, estruturas e objetos, podendo ser transportados por longas distâncias (Highsmith 1985, Caine 1986, Peck 1993). Além disso, pode ocorrer o transporte através de intervenção humana pela água de lastro ou presos as embarcações (Hoese 1972, Ghobashy et al. 1980, Jones 1991, Peart 2004, Haaren & Soors 2009).

Um dos principais ambientes em que esses organismos são abundantemente encontrados são nos substratos biológicos presentes nos ambientes consolidados naturais. Neles as principais ordens são Amphipoda, Isopoda e Tanaidacea, sendo considerados extremamente importantes para essas comunidades, pois atuam como um dos principais produtores secundários e terciários (Marques & Bellan-Santini 1993, Guerra-García 2004), tanto como consumidores como servindo de presas (Dauby et al, 2003). Participam fundamentalmente na dieta de muitos peixes (Caine 1987, 1989, 1991, Dubiaski-Silva & Masunari 2008), de alguns moluscos cefalópodos nos

primeiros estágios de vida (Pinczon Du Sel et al. 2000) e ainda são itens alimentares de braquiúros (Dubiaski-Silva & Masunari 2008). Além disso, auxiliam no monitoramento ambiental, pois são considerados bons indicadores das condições ambientais (Bellan-Santini & Reish, 1977; Bonsdorff, 1984; Conradi et al., 1997; Sánchez-Moyano & García-Gómez, 1998; Fairey et al., 2001; Ohji et al., 2002; Abessa & Sousa, 2003; Guerra-García & García-Gómez, 2001, 2004).

Nos costões rochosos as espécies de peracáridos podem viver diretamente sobre o substrato rochoso, em tubos fixos sobre o mesmo ou sobre substratos inconsolidados abrigados em pequenas escavações (Barnard, 1969; Thomas, 1993). No entanto, nestes ambientes, esses crustáceos são potencialmente encontrados associados a substratos biológicos como algas macroscópicas, gramas marinhas e colônias de invertebrados sésseis como moluscos, esponjas, tunicados, corais e briozoários (Tararam & Wakabara, 1981; Masunari, 1983; Edgar, 1983; Tsuchiya, & Nishhira, 1986; Jacobi, 1987a,b; Iwasaki, 1995; Seed, 1996; Duarte & Nalesso, 1996; Morgado & Tanaka, 2001).

Entre Isopoda, Amphipoda e Tanaidacea o grupo com maior número de espécies descritas é Isopoda (mais de 10300 espécies) (Wilson, 2008). Amphipoda apresenta cerca de 9550 espécies (Harton et al. 2013 onwards) e a ordem Tanaidacea apresenta cerca de 1098 espécies descritas (Larsen, 2004). Apesar dessa alta diversidade de espécies nessas ordens, pouco se conhece ainda a respeito de quais delas ocorrem nos ambientes marinhos rochosos do Brasil.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi verificar as espécies de Amphipoda, Isopoda e Tanaidacea ocorrentes nos substratos biológicos dos costões rochosos do sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu costões rochosos dos três estados do sul do Brasil, Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS). Os indivíduos de Peracarida foram obtidos de amostras de diferentes substratos

biológicos em zonas do mediolitoral e do infralitoral, obtidas nos meses de julho a setembro de 2010, 2011 e 2012. No total foram amostrados dez costões rochosos e 16 substratos biológicos diferentes, entre os quais colônias de invertebrados marinhos e macroalgas.

Os substratos biológicos foram raspados da rocha e acondicionados em sacos plásticos para posterior fixação em álcool 70%. Em laboratório as amostras foram triadas e os organismos separados. Os indivíduos foram examinados em lâminas escavadas com glicerina e lamínula, sob estereomicroscópio e microscópio óptico. Lotes depositados no Museu de História Natural do Capão da Imbuia e no Laboratório de Ecologia de Crustacea, eventualmente foram utilizados para comparação entre as espécies estudadas. A identificação das espécies foi realizada utilizando literatura especializada e chaves de identificação. A proposta taxonômica seguida foi a de Myers & Lowry (2013).

RESULTADOS E DISCUSSÂO

Um total de 35 táxons foram amostrados, pertencentes a três ordens, 16 famílias, 24 gêneros e 31 espécies (Tabela 1). A ordem mais representativa foi Amphipoda, tanto em abundância como em número de espécies (29 táxons). Isopoda foi representada por quatro espécies: *Dynamenella dianae*, *Dynamenella tropica*, *Paradynoides brasiliensis* e *Idotea balthica* e um táxon identificado até família, Janiridae com baixos valores de densidade. Para a ordem Tanaidacea foi identificado somente um morfotipo da família Leptocheliidae, no entanto, esta família provavelmente é composta por complexos de espécies o que gera ainda muita controvérsia na identificação necessitando uma revisão sistemática.

Nas amostras dos costões rochosos da Praia da Paciência, no estado de Santa Catarina, amostramos a espécie *Caprella natalensis*, sendo o primeiro registro desse caprelídeo para a América do Sul. Além disso, para várias espécies foi ampliado o limite de distribuição dentro do país (Tabela 2).

Tabela 1. Lista taxonômica de Peracarida do litoral do sul do Brasil.

Ordem Amphipoda Latreille, 1816

Subordem Senticaudata Myers & Lowry, 2013

Infraordem Talitrida Rafinesque, 1815 (Serejo 2004)
Parvordem Talitridira Rafinesque, 1815
Superfamília Talitroidea Rafinesque, 1815 (Bulycheva 1957)
Família Hyalidae Bulycheva, 1957
Apohyale media (Dana 1853)
Apohyale wakabarae Serejo, 1999
Protohyale macrodactyla Stebbing 1899
Infraordem Corophiida Leach, 1814
Parvordem Corophiidira Lowry & Myers 2013
Superfamília Aoroidea Stebbing, 1899
Família Aoridae Stebbing, 1899
Lembos hypacanthus K. H. Barnard, 1916
Superfamília Corophioidea Leach, 1814
Família Ampithoidae Stebbing, 1899
Ampithoe ramondi Audouin, 1826
Sunampithoe pelagica Milne-Edwards, 1830
Família Corophiidae Leach, 1814
Subfamily Corophiinae Leach, 1814
Monocorophium acherusicum (Costa, 1857)
Parvordem Caprellidira Leach, 1814
Superfamília Caprelloidea Leach, 1814
Família Caprellidae Leach, 1814
Subfamily Caprellinae Leach, 1814
Caprella danilevskii Czerniavskii, 1868
Caprella dilatata Krøyer, 1843
Caprella natalensis Mayer, 1903
Caprella penantis Leach, 1814
Caprella scaura Templeton, 1836
Paracaprella pusilla Mayer, 1980
Pseudaeginella montoucheti (Quitete, 1971)
Família Podoceridae Leach, 1814
Podecerus brasiliensis (Dana, 1853)
Superfamília Isaeoidea
Família Isaeidae Dana, 1852
Superfamília Photoidea Boeck, 1871
Família Ischyroceridae Stebbing, 1899
Subfamily Ischyrocerinae Stebbing, 1899
Ericthonius brasiliensis (Dana, 1853)
Jassa falcata Montagu, 1808
Família Photidae Boeck, 1871
Photis longicaudata (Bate & Westwood, 1862)
Infraordem Hadziida S. Karaman, 1932
Parvordem Hadziidira S. Karaman, 1943
Superfamília Hadzioidea S. Karaman, 1943 (Bousfield 1983)
Família Maeridae Krapp-Schickel, 2008

Elasmopus aff. pectenicrus (Bate, 1862)
Elasmopus souzafilhoi Senna, 2011
Quadrimaera sp. Krapp-Schickel & Ruffo, 2000
Família Melitidae Bousfield, 1973
Melita sp.Leach, 1814
Subordem Gammaridea Latreille, 1802
Família Amphilochidae Boeck, 1871
Amphilocus neapolitanus Del la Valle, 1893
Família Lysianassidae Dana, 1849
Lysianassidade sp.
Família Stenothoidae Boeck, 1971
Stenothoe valida Dana, 1853
Família Leucothoidae Dana, 1852
Leucothoe spinicarpa (Abildgaard, 1789)
Ordem Isopoda Latreille, 1817
Subordem Sphaeromatidea Latreille, 1825
Superfamília Sphaeromatoidea Latreille, 1825
Família Sphaeromatidae Latreille, 1825
Dynamenella dianae (Menzies, 1962)
Dynamenella tropica Loyola & Silva, 1960
Paradynoides brasiliensis Loyola & Silva 1960
Subordem Valvifera Sars, 1882
Família Idoteidae Samouelle, 1819
Idotea balthica (Pallas, 1772)
Subordem Asellota Latreille, 1802
Família Janiridae Sars, 1897
Janiridae sp.
Ordem Tanaidacea Dana, 1849
Família Leptocheliidae Lang, 1973
Leptocheliidae sp.

No estado do Paraná 12 táxons foram registrados, sendo a primeira ocorrência de *A. ramondi*, *E. souzafilhoi*, *L. hypacanthus*, *L. spinicarpa*, e *P. longicaudata* (Tabela 2). Em relação aos estudos realizados no estado com Peracarida associados a substratos nos costões rochosos, podem-se citar principalmente os realizados por Dutra (1988) e Dubisaki-Silva & Masunari (1995), os quais trataram especialmente os Amphipoda.

Tabela 2. Ocorrência dos táxons de Peracarida nos três estados do sul do Brasil, PR: Paraná, SC: Santa Catarina e RS: Rio Grande do Sul. X*: nova ocorrência.

Táxons	PR	SC	RS
Amphilochus neapolitanus		X*	X*
Ampithoe ramondi	X*	X*	X*
Apohyale media	X	X	X*
Apohyale wakabarae		X*	
Caprella danilevskii		X	X*
Caprella dilatata		X	X*
Caprella natalensis		X*	
Caprella penantis		X	X
Caprella scaura		X	
Dynamenella dianae		X*	
Dynamenella tropica		X*	
Elasmopus aff. pectenicrus	X	X*	
Elasmopus souzafilhoi	X*	X*	X*
Ericthonius brasiliensis		X*	
Gammaropsis sp.	X	X	
Hyale macrodactyla		X*	
Idotea balthica		X*	
Jassa falcata	X	X*	X*
Lembos hypacanthus	X*	X*	
Leptochelidae sp1		X	
Leucothoe spinicarpa	X*	X*	
Lysianassidae sp1		X	
Melita sp.		X	
Monocorophium acherusicum	X	X	
Paracaprella dubiaski **sp. nov.**		X	
Paracaprella pusilla		X	
Paradynoides brasiliensis		X*	X*
Photis longicaudata	X*	X*	
Podecerus brasiliensis		X*	
Pseudaeginella montoucheti	X	X	
Quadrimaera sp.		X	
Stenothoe valida	X	X*	X*
Sunampithoe pelagica		X*	

Esse é o primeiro trabalho extensivo no litoral de Santa Catarina, onde diversos costões rochosos foram amostrados, e todas as ordens de Peracarida estudadas. Anteriormente no estado somente os trabalhos de Dubisaki-Silva &

Masunari (2008) e Mittman & Muller (1998) foram publicados a respeito dos peracáridos de costão rochoso, sendo o primeiro diretamente referente aqueles encontrados no conteúdo estomacal de peixes e o segundo a uma única espécie de caprelídeo *C. penantis*. Além destes, recentemente Lacerda & Masunari (2010) publicaram um compilamento dos caprelídeos viventes em algas, colônias de animais e substratos artificiais nos estados do PR e SC.

Assim como em SC, no litoral do Rio Grande do Sul a fauna de Peracarida ainda é pouco conhecida. Podemos destacar o trabalho de Arenzon & Bond-Buckup (1991), que se refere também aos caprelídeos. Por esse motivo nesses dois estados há uma alta incidência de novas ocorrências, uma vez que poucos estudos foram realizados na região.

Dessa forma, o presente estudo vem preencher algumas dessas lacunas no estudo de peracáridos associados a substratos biológicos no sul do Brasil, reforçando a necessidade de estudos taxonômicos e ecológicos, com essa fauna rica e diversa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abessa, D.M.S. & Sousa, E.C.P.M. 2003. Sensitivity of the amphipod *Tiburonella viscana* (Platyischnopidae) to K2CR2O7. Brazilian Archives of Biology and Technology, 46: 53-55.

Arenzon, A. & Bond-Buckup, G. 1991. Os Caprellidae do litoral do Rio Grande do Sul (Crustacea: Amphipoda). Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS, série Zoologia, 4 (1): 3-15.

Barnard, J.L. 1969. Gammaridean Amphipoda of the Rocky Intertidal of Califórnia: Monterey Bay to La Jolla. United States National Museum Bulletin, 258: 1-230.

Barnard, J.L. 1991. Amphipodological agreement with Platinick, Journal of Natural History 25: 1675-1676.

Barnard, J.L. & Barnard, C.M. 1983. Freshwater Amphipoda of the World. vol. I. Evolutionary Patterns. vol. II. Handbook and Bibliography. Mount Vernon, Virginia: Hayfield Associates.

Bellan-Santini, D. & Reish, D.J. 1977. Utilisation de crustaces peracarides marins (Isopodes et Amphipodes) dans les etudes de toxicologie. Revue Internationale Oceanographique Mediterranee, 48: 103-105.

Bonsdorff, E. 1984. Effects of experimental oil spills in intertidal rock pools. Ecological Bulletin, 36: 159–164.

Bousfield, E.L. 1973. Shallow-water Gammaridean Amphipoda of New England. Ithaca and London: Cornell University Press

Bowman, T.E. & Abele, L.G. 1982. Classification of the recent Crustacea. *In:* L.G. Abele (Ed), The Biology of Crustacea. Systematics, the fossil record, and biogeography. Academic Press, New York

Brandt, A. & Poore, G.C.B. 2003. Higher classification of the flabelliferan and related Isopoda based on a reappraisal of relationships. *Invertebrate Systematics, 17:* 893–923.

Caine, E.A. 1986. Carapace epibionts of nesting loggerhead sea turtles: Atlantic coast of U.S.A. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 95: 15-26.

Caine, E.A. 1987. Potential effect of floating dock communities on a South Carolina estuary. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 108:83-91.

Caine, E.A. 1989. Caprellid amphipod behaviour and predatory strikes by fish. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 126:173–180.

Conradi, M.; López-González, P.J. & García-Gómez, J.C. 1997. The amphipod community as a bioindicador in Algeciras Bay (Southern Iberian Peninsula)

based on a spatiotemporal distribution. Marine Ecology-Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli, 18: 97–111.

Dauby, P., Nyssen, F. & De Broyer, C. 2003. Amphipods as food sources for higher trophic levels in the Southern Ocean: a synthesis. In Antarctica in a Global Context (A. Huiskes et al. eds). Backhuys, Leiden. p. 129-134.

Duarte, L.F.L. & Nalesso, R.C. 1996. The sponge *Zygomycale parishii* (Bowerbank) and its endobiotic fauna. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 42: 139-151

Dubiaski-Silva, J. & S. Masunari. 2008. Natural diet of fish and crabs associated with the phytal community of *Sargassum cymosum* C. Agardh, 1820 (Phaeophyta, Fucales) at Ponta das Garoupas, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil. Journal of Natural History, 42 (27–28): 1907–1922

Dutra, R.R.C. 1988. A fauna vágil do fital *Pterocladia capillacea* (Rhodophyta Gelidiaceae) Ilha do Mel, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Biologia, 48 (3): 589-605.

Edgar, G.J. 1983. The ecology of south-east Tasmania phytal animal communities. III. Paterns of species diversity. Journal of Experimental Marine biology and Ecology, 70: 181-203.

Fairey, R.; Long, E. R.; Roberts, C.A.; Anderson, B.S.; Phillips, B.M. & Hunt, J.W. 2001. An evaluation of methods for calculating mean sediment quality guideline quotients as indicators of contamination and acute toxicity to amphipods by chemical mixtures. Environmental Toxicology and Chemistry, 20: 2276-2286.

Ghobashy, A.F.; El-Komi, M.M. & Ramadan, S.H.E. 1980. Fouling in the Suez Canal. Proceedings of the 5th International Congress on Marine Correlated Fouling, 75- 92.

Guerra-García, J.M. & García-Gómez, J.C. 2001. Spatial distribution of Caprellidea (Crustacea: Amphipoda): a stress bioindicator in Ceuta (North Africa, Gibraltar area). Marine Ecology-pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napolii, 22: 357–367.

Guerra-García, J.M.; García-Gómez, J.C. 2004. Crustacean assemblages and sediment pollution in an excepcional case study: a harbour with two opposing entrances. Crustaceana, 77: 353–370.

Haaren, T.V. & Soors, J. 2009. *Sinelobus stanfordi* (Richardson, 1901): A new crustacean invader in Europe. Aquatic Invasions 4: 703-711

Hessler, R.R. 1983. A defense of the caridoid facies; wherein the early evolution of the Eumalacostraca is discussed. Crustacean Issues, 1: 145-164.

Highsmith, R.C. 1985. Floating and algal rafting as potential dispersal mechanisms in brooding invertebrates. Marine Ecology-Progress Series, 25: 169–179.

Hoese, H.D. 1972. Seasonal and spatial settling of fouling organisms in Mobile Bay and eastern Mississippi Sound, Alabama. Alabama Marine Research Bulletin, 8: 3-17.

Horton, T.; Lowry, J. & De Broyer, C. 2013 onwards. World Amphipoda Database:http://www.marinespecies.org/amphipoda/aphia.php?p=taxdetails&id=734454 on 2014-04-09

Iwasaki, K.1995. Comparison of mussel bed community of two intertidal mytilids Septifier virgatus and Hormomya mutabilis. Marine Biology, 123:109-119.

Jacobi, C.M. 1987a. The invertebrate fauna associated with intertidal beds of the brown mussel *Perna perna* (L.) from Santos, Brazil. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 2 (2): 73-91.

Jacobi, C.M. 1987b. Spatial and temporal distribution of Amphipoda associated with mussel beds from the Bay of Santos (Brazil). Marine Ecology Progress Series, 35: 51-58.

Jones, M.M. 1991. Marine organisms transported in ballast water: a review of the Australian scientific position. Bureau of Rural Resources, 11: 1-45.

Larsen, K. 2004. Deep-sea Tanaidacea (Peracarida) from the Gulf of Mexico. Crustacea Monographs. Leiden, Boston: Brill.

Marques, J.D. & Bellan-Santini, D. 1993. Biodiversity in the ecosystem of the Portuguese continental shelf: distributional ecology and the role of benthic amphipods. Marine Biology, 115: 555-564.

Martin, J.W. & Davis, G.E. 2001. An updated classification of the recent Crustacea.(vol. 39): Natural History Museum of Los Angeles County

Masunari, S. 1983. The phytal of the alga *Amphiroa beauvoisii*. Studies of Neotropical Fauna and Environments, 18 (3): 151-162.

Meland, K. & Willassen, E. 2007. The disunity of "Mysidacea" (Crustacea). Molecular Phylogenetics and Evolution, 44: 1083-1104

Mittmann, J. & Müller, Y. M.R. 1998. Contribuição ao conhecimento da biologia de *Caprella penantis* (Leach) (Crustacea, Amphipoda) da Ilha de Anhatomirim, Santa Catarina. Revista Brasileira de Zoologia, 15(1): 95-100.

Morgado, E.H. & Tanaka, M.O. 2001. The macrofauna associated with the briozoan *Schizoporella errata* (Walters) in southeastern Brazil. Scientia Marina, 65 (3): 173-181

Myers, A.A. & Lowry, J.K. 2003. A phylogeny and a new classification of the Corophiidea Leach, 1814 (Amphipoda). Journal of Crustacean Biology, 23: 443-485.

Ohji, M.; Takeuchi, I.; Takahashi, S.; Tanabe, S. & Miyazaki, N. 2002. Differences in the acute toxicities of tributyltin between the Caprellidea and the Gammaridea (Crustacea: Amphipoda). Marine Pollution Bulletin, 44: 16–24.

Peart, R.A. 2004. A revision of the *Cymadusa filosa* complex (Crustacea: Amphipoda: Corophioidea: Ampithoidae). Journal of Natural History, 38: 301-336.

Pechenik, J.A.1999. On the advantages and disadvantages of larval stages in benthic marine invertebrate life cycles. Marine Ecology Progress Series, 177: 269-297.

Peck, S.B. 1993. A synopsis of the invertebrate cave fauna of Jamaica. National Speleological Society Bulletin, 54: 37-60.

Pinczon Du Sel, G., Blanc, A. & Daguzan, J. 2000. The diet of the cuttlefish Sepia officinalis L. (Mollusca: Cephalopoda) during its life cycle in the Northern Bay of Biscay (France). Aquat. Sci. 61:167-178

Pires, A.M.S. 1987. The contribution of isopods in the feeding of *Sympterygia* spp. (Pisces: Rajidae) with a description of *Ancinus gaucho* n. sp. (Isopoda: Sphaeromatidae). Boletim do Instituto Oceanográfico, Sao Paulo, 35: 115–122.

Poore, A.G.B. 2005. Peracarida: monophyly, relationships and evolutionary success. Nauplius, 13: 1-27

Richter, S. & Scholtz, G. 2001. Phylogenetic analysis of the Malacostraca (Crustacea). Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research, 39: 113-136

Seed, R. 1996. Patterns of biodiversity in the macro-invertebrate fauna associated with mussel pathes on rocky shores. Journal of Marine Biology Association of Unites Kingdon, 76: 203-210

Sánchez-Moyano, J.E. & García-Gómez, J.C. 1998. The arthropod community, especially Crustacea, as a bioindicador in Algeciras Bay (Southern Spain) based on a spatial distribution. Journal Of Coastal Research, 14: 1119–1133.

Schram, F.R. 1981. On the classification of Eumalacostraca. Journal of Crustacean Biology, 1: 1-10

Tararam, A.S. & Wakabara, Y. 1981. The Mobile Fauna – Especially Gammaridea – of Sargassum cymosum. Marine Ecology Progress Series, 5: 157-163.

Taramelli, E. 1954. La posizione sistematica dei Termosbenacei quale risulta dallo Studio anatomico de *Monodella argentarii* Stella. Monitore Zoologico Italiano, 62: 9-27.

Thomas, J.D. 1993. Biological monitoring and tropical biodiversity in marine environments: a critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators. Journal of Natural History, 27: 795-806.

Tsuchiya, M. & Nishihira, M. 1986. Islands of Mytilus edulis as a habitat for small intertidal animals: effect of Mytilus age structure on the species composition of the associated fauna and community organization. Marine Ecology Progress Series, 31: 171-178.

Valério-Berardo, M.T. & Miyagi, V.K. 2000. Corophiidae (Crustacea, Amphipoda) da costa brasileira. Revista Brasileira de Zoologia, 17: 481-504.

Wagner, H.P. 1994. A monographic review of the Thermosbaenacea (Crustacea: Peracarida) - a study on their morphology, taxonomy and biogeography. Zoologische Verhandelingen, 291: 1-338.

Watling, L. 1983. Peracaridan disunity and its bearing on eumalacostracan phylogeny with a redefinition of eumalacostracan superorders. Crustacean Issues, 1: 213-228.

Watling, L. 1998. On peracarid unity: who goes, who stays? Proceedings and Abstracts of the 4th International Crustacean Congress, Amsterdam: 71 (abstract 518).

Watling, L. 1999. Toward understanding the relationships of the peracaridan orders: the necessity of determining exact homologies. In Crustaceans and the biodiversity crisis. Proceedings of the 4th International Crustacean Congress, Amsterdam, vol. 1, ed. F. R. Schram and J. C. von Vaupel Klein, 73–89. Leiden: Brill.

Wilson, G.D.F. 2008. Local and regional diversity of benthic Isopoda (Crustacea) in the deep Gulf of Mexico. Deep-Sea Research Part II, Topical Studies in Oceanography, 55: 2634-2649.

A new species of *Paracaprella* Mayer, 1890 (Amphipoda: Caprellida: Caprellidae) from southern Brazil

MARIANA B. LACERDA[1] and SETUKO MASUNARI[1]

[1] Laboratório de Ecologia de Crustacea, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná. Centro Politécnico, Jardim das Américas, Caixa Postal 19020. CEP 81531-980 Curitiba, PR, Brasil. E-mail: lacerdamariana@yahoo.com.br

ABSTRACT

A new species of the genus *Paracaprella* is described based on the specimens associated with the algae *Sargassum cymosum* and *Laurencia obtusa* that were collected from infralittoral depths (0.5 to 3.0 m) at Sepultura Beach, Bombinhas and Paciência Beach, Penha, Santa Catarina State, Brazil. This new species differs from the others of the genus by the unique morphology of the males' gnathopod 2: its propodus has a grasping margin provided with a deep groove. An identification key for *Paracaprella* species is also presented.

Keywords: taxonomy, amphipods, caprellids, identification key.

INTRODUCTION

Despite the abundance and the high frequency of caprellids the coastal epibionts communities (Thiel et al. 2003) and, therefore, despite their ecological importance as secondary and tertiary producers in marine benthic communities (Guerra-Garcia 2002), the taxonomy of these animals are poorly studied in Brazil.

The genus *Paracaprella* Mayer, 1890 comprises eight species, *Paracaprella alata* Mayer, 1903; *P. barnardi* McCain, 1967; *P. crassa* Mayer, 1903; *P. digitimanus* Quitete, 1971; *P. guerragarciai* Winfield and Ortiz, 2013; *P. insolita* Arimoto, 1980; *P. pusilla* Mayer, 1980 and *P. tenuis* Mayer, 1903. These species are distributed in temperate, subtropical and tropical seas, mostly from 40°N to 20°S (for details of the species distribution see Winfield and Ortiz

2013). There are only three species of *Paracaprella* recorded from Brazilian waters: *P. digitimanus* (Quitete 1971)*, P. pusilla* (Serejo 1998, Leite et al. 2007, Dubiaski-Silva and Masunari 2008) and *P. tenuis* (Cunha et al. 2008, Dubiaski-Silva and Masunari 2008).

The genus *Paracaprella* is characterized by antenna 2 without swimming setae, mandibular palp absent or reduced to one seta or to 2-3 segments, molar present, pereopods 3 and 4 minutes and 2-articulated, male abdomen with a pair of appendages and a pair of lobes and female abdomen with a pair of lobes (McCain 1968).

In this study a new species of *Paracaprella* is described and compared with related species.

MATERIAL AND METHODS

The specimens of caprellids were collected at Sepultura Beach, municipality of Bombinhas (27º08'27''S-48º28'42''W), on October, 16th, 1993 and September, 26th, 2011 and at Paciência Beach, municipality of Penha (26º46'28''S-48º36'02''W) on August, 30th, 2012, both localities in Santa Catarina State, southern Brazil. They were found associated with the phytal of the brown alga *Sargassum cymosum* C. Agardh, 1820 and of the red alga *Laurencia obtusa* (Hudson) J.V.Lamouroux 1813; these algae were attached on rocky surface in infralittoral depths, from 0.5 to 3.0 m.

A total of 54 specimens (31 males and 23 females) of the new species were examined that were preserved in ethyl alcohol 70%. The dissected material was mounted in polyvinyl lactophenol. All figures were drawn with the aid of a *camera lucida*. The specimens were deposited in Museum of Natural History of Capão da Imbuia (MHNCI), Curitiba, Paraná State, Brazil.

The symbols used in the present work followed are: ♂ = male; ♀ = female; A1 = Antenna 1, A2 = Antenna 2; Gn 1 = Gnathopod 1, Gn 2 = Gnathopod 2; LMd = Left mandible; RMd = Right mandible; Mx 1 = Maxilla 1, Mx 2 = Maxilla 2; Mxp = Maxilliped; LL = Lower lip; P3–7 = Pereopods 3–7; Abd = Abdomen. We adopted the classification and nomenclature system of Myers and Lowry (2013).

Paracaprella insolita was excluded from the identification key in the present study, because only female was described for this species.

Taxonomy

Order Amphipoda Latreille, 1816

Suborder Senticaudata Myers & Lowry, 2013

Infraorder Corophiida Leach, 1814

Parvorder Caprellidira Leach, 1814

Superfamily Caprelloidea Leach 1814

Family Caprellidae Leach, 1814

Genus *Paracaprella* Mayer, 1890

Paracaprella dubiaski **sp. nov.**

(Figs. 1-3)

Holotype. Adult male (MHNCI C 3671), 4.3 mm length, in glycerol gel slides, dissected and drawn, Sepultura Beach, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil, M.B. Lacerda col, September, 26th, 2011, associated with the brown alga *Sargassum cymosum*.

Paratypes. (MHNCI C 3672) adult female, 2.9 mm length, in glycerol gel slides, dissected and drawn, Sepultura Beach, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil, M.B. Lacerda col, September, 26th, 2011, associated with the brown alga *Sargassum cymosum*. (MHNCI C 3673) Two males, four female and four juveniles, Paciência Beach, Penha, Santa Catarina State, Brazil, M.B. Lacerda col, August, 30th, 2012, associated the red alga *Laurencia obtusa*. (MHNCI C 3674) Four males, Paciência Beach, Penha, Santa Catarina State, Brazil, M.B. Lacerda col, August, 30th, 2012, associated the red alga *Laurencia obtusa*. (MHNCI C 3675) One male, two females, Paciência Beach, Penha, Santa Catarina State, Brazil, M.B. Lacerda col, August, 30th, 2012, associated the red alga *Laurencia obtusa*. (MHNCI C 3676) Two males, one female and two juveniles, Paciência Beach, Penha, Santa Catarina State, Brazil, M.B. Lacerda col, August, 30th, 2012, associated the red alga *Laurencia obtusa*. (MHNCI C 3677) One male and three females, Paciência Beach, Penha, Santa Catarina State, Brazil, M.B. Lacerda col, August, 30th, 2012, associated with *Sargassum cymosum*. (MHNCI C 3669) Six males and eight females, Sepultura Beach, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil, M.B. Lacerda col, September, 26th,

2011, associated with *Laurencia obtusa.* (MHNCI C 3670) Six males and nine females, Sepultura Beach, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil, M.B. Lacerda col, September, 26th, 2011, associated with *Laurencia obtusa.* (MHNCI C 3667) Eleven males, 10 females and nine juveniles, Sepultura Beach, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil, J. Dubiaski-Silva col, December, 16th, 1993, associated with *Sargassum cymosum.* (MHNCI C 3668) Six males, eight females, Sepultura Beach, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil, J. Dubiaski-Silva col, December, 16th, 1993, associated with *Sargassum cymosum.*

Etymology. This species is dedicated to Dr. Janete Dubiaski da Silva from Pontifical Catholic University of Paraná who firstly collected the individuals of the present species, and for her contribution in the study of amphipods from southern Brazil.

Type locality. Bombinhas Beach (27º08'27''S-48º28'42''W), municipality of Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil.
Other record: Paciência Beach, municipality of Penha (26º46'28''S-48º36'02''W), Santa Catarina State, Brazil.

Diagnosis. Body dorsally smooth. Suture between head and pereonite 1 marked, triangular projection on anteroventral margin of peronite 2; mandible palp absent; males with propodus of gnathopod 2 provided with a deep groove along the grasping margin.

Holotype male, ~ 4.3 mm of total length.
Lateral view (Fig. 1). Head and pereonite 1 fused with suture; eyes large, slightly distinctive. Body smooth on dorsal surface; anteroventral margin of pereonite 2 with triangular projection; pereonites 3 and 4 subequal in length; pereonite 7 the shortest.
Gills (Fig. 1). Present on pereonites 3 and 4, ovates, length about twice width.
Antennae (Fig. 1). Antenna 1 about 0.3 – 0.5 times body length; peduncle setose, usually longer than antenna 2; peduncle article 2 the longest; flagellum 8-articulate and setose. Antenna 2 (Fig. 1) about half antenna 1; without

swimming setae, without dense concentration of long slender setae along posterior margin; peduncle 4-articulate, article 1 bare only provided with a short spiny process distoventrally; flagellum 2- articulate, the distal article the shortest and with setae subterminally and terminally.

Gnathopods (Fig. 1). Propodus of gnathopod 1 subtriangular, with 1 proximal grasping spine, grasping margin of dactylus and propodus serrate. Gnathopod 2 inserted in the anteroventral area of pereonite 2; basis subequal in length to pereonite 2 and shorter than propodus, anterodistal projection absent; propodus large with 1 proximal grasping spine and two distal elevations; grasping margin provided with a deep groove in which borders, rows of numerous setae are supported; dactylus shorter than propodus, grasping margin serrate.

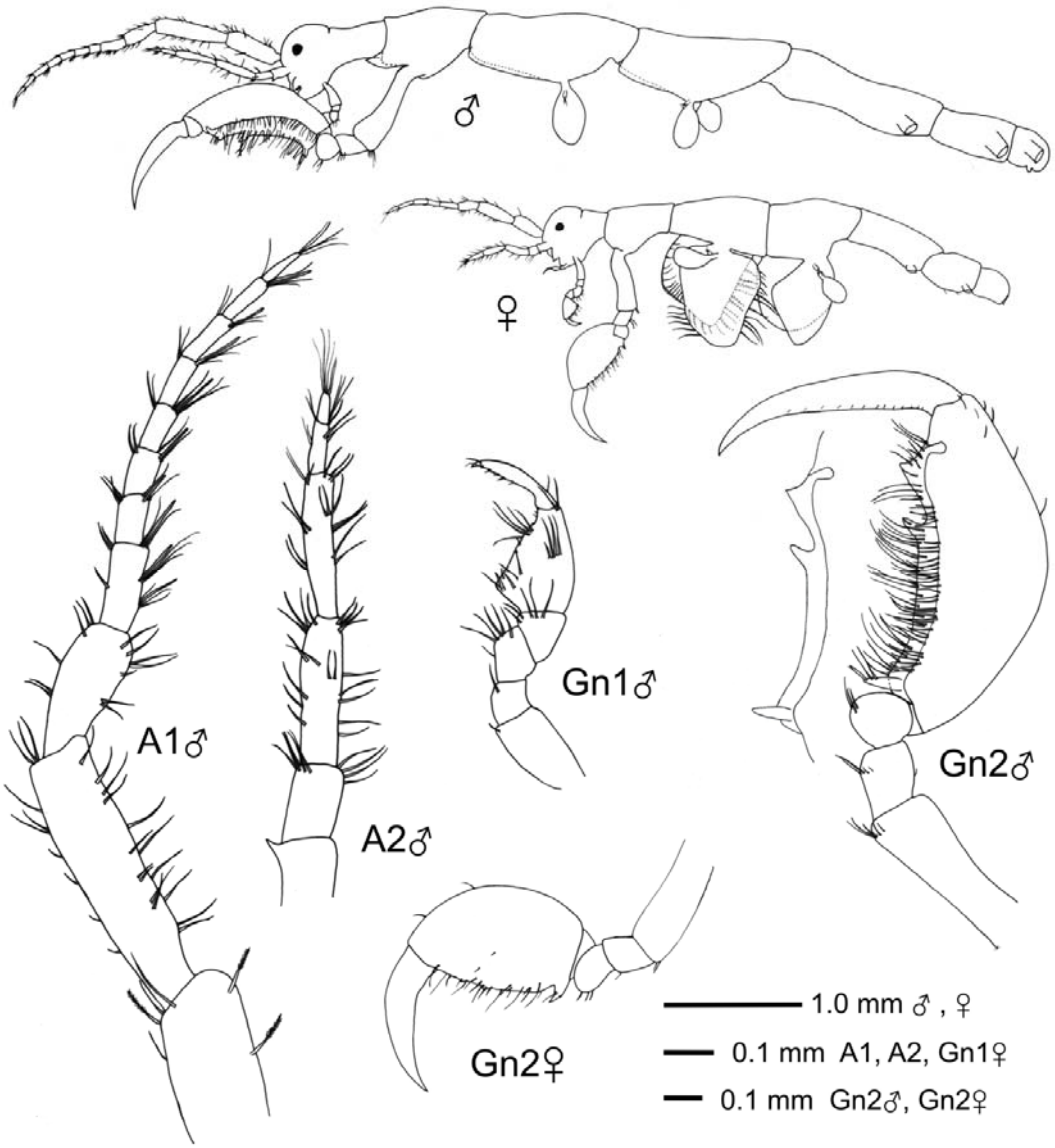


Figure 1. *Paracaprella dubiaski* **sp. nov.** Male holotype and female paratype in scale 1.0 mm; appendages A1♂, A2♂, Gn1♂ in scale 0.1 mm.

Mouthparts (Fig. 2). Mandible palp absent; molar process well developed; left mandible with 5-toothed incisor; right mandible with 4-toothed incisor; both mandibles with a row of three short setae. Maxilla 1 (Fig. 2) article 2 of palp with 3 apical spines and 1 lateral seta; outer lobe with 5 apical serrated spines. Maxilla 2 (Fig. 2) outer lobe with 5 apical setae and inner lobe with 4. Maxilliped (Fig. 2) outer plate elongate, 2.5 times as long as the inner plate and with 6 setae; inner plate with 3 setae apically; palp 4-articulate, dactylus with 3 setae apically. Lower lip (Fig. 2) smooth, inner and outer lobes well marked and round.

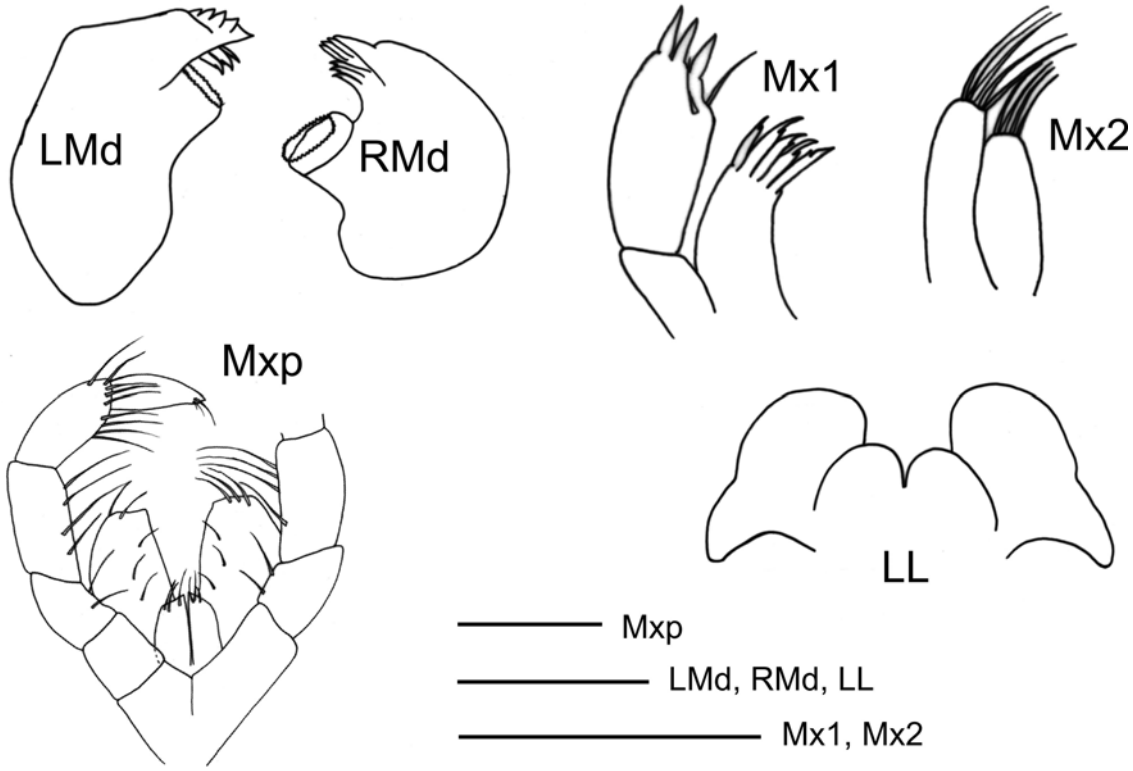


Figure 2. *Paracaprella dubiaski* **sp. nov.** Male holotype. Mouthparts in scale 0.1 mm.

Pereopods (Fig. 3). Pereopods 3 and 4 reduced, 2-articulate, terminal article smallest with 3 setae subapically. Pereopods 5-7 (Fig. 3) 6-articulate, well developed, increasing in size towards posterior end. Pereopods 6 and 7 prehensile; basis shorter than propodus, merus shorter than basis.

Abdomen (Fig. 3). Provided with a pair of penes, a pair of uni-articulate appendages, a pair of lateral lobes and a single smooth dorsal lobe. Appendages with 4 setae and short processes marginally. Lateral lobes with 3 setae proximally and 7 setae distally.

Paratype female (Fig. 1), total length 2.9 mm. Body smooth. Pereonites 3 and 4 provided with a pair of oostegites, setose marginally. Gills subovate. Antennae 1 with flagellum 5-articulated. Gnathopod 2 (Fig. 1) inserted on the anterior half of pereonite 2; basis elongate; propodus with proximal grasping spine and 2 minute processes distally. Abdomen with a pair of lateral smooth lobes longer than wide and a dorsal lobe with three setae (Fig. 3). Other characteristics similar to the male's.

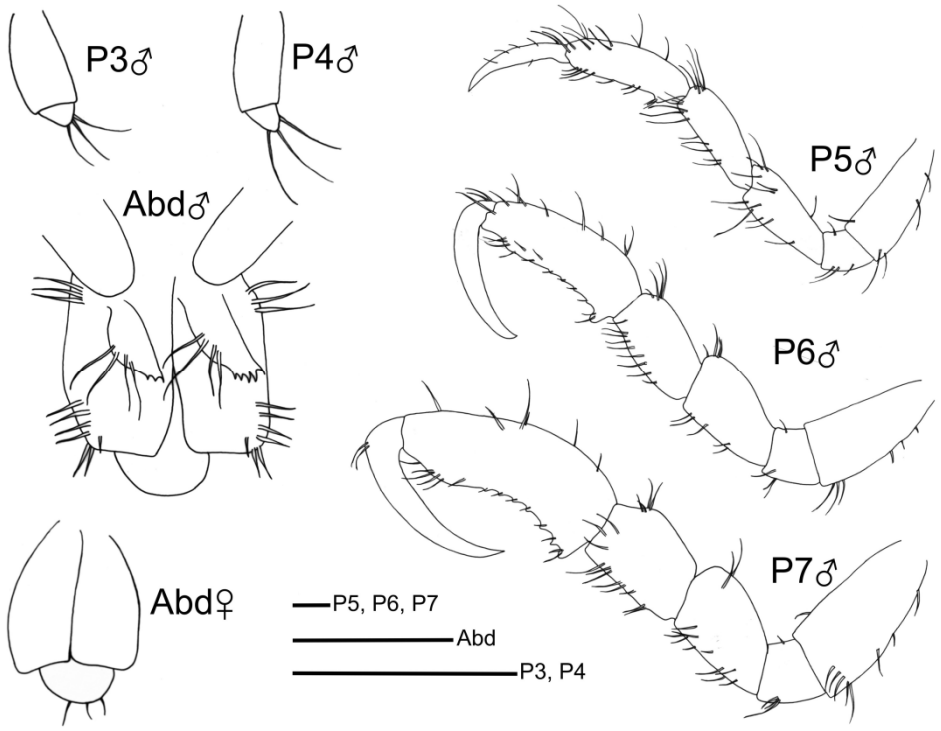


Figure 3. *Paracaprella dubiaski* **sp. nov.** Male holotype. Appendages and abdomen in scale 0.1 mm. Female paratype. Abdomen in scale 0.1 mm.

Intraespecific variation. Most of the morphological characters studied in the present paper were rather constant. All examined specimens had the body smooth dorsally. The anterodorsal tubercle on pereonite 2 was proportional to size, larger males having larger tubercles. The deep groove along the grasping margins of propodus of male gnathopod 2 was also proportional to the specimen size.

Habitat. The specimens of *Paracaprella dubiaski* **sp. nov**. were obtained from samples of the brown alga *Sargassum cymosum* and red alga *Laurencia obtusa*

that were scraped from sheltered rocky shores in infralittoral fringe (0.5-3.0 m depth).

Distribution. *Paracaprella dubiaski* **sp. nov**. is known only from Santa Catarina State, southern Brazil. The individuals were collected at Paciência Beach, and Sepultura Beach in the municipalities of Penha and Bombinhas, respectively. These two localities are about 68km distant from each other.

KEY TO THE SPECIES OF *Paracaprella*

1a. Dorsal projection on pereonite 2…….....…..*P. banardi* (Fig. 4A)

1b. Body without dorsal projections……..……..……...2

2a. Pereonites 3 and 4 with three bluntly pointed teeth on ventrolateral margin ……..……..……..……....*P. crassa* (Fig. 4B)

2b. Pereonites 3 and 4 not as above……..……..……..….3

3a. Gnathopod 2 of male with a big digitiform projection on the middle of propodus palm……..……..*P. digitimanus* (Fig. 4C)

3b. Gnathopod 2 of male not as above…….……..……..4

4a. Pereonites 3 and 4 without pleura…….……..….5

4b.Pereonites 3 and 4 with pleura (expansion of ventrolateral margin)……6

5a. Gnathopod 2 of male with a deep groove in the propodus palm.....*P. dubiaski* **sp. nov.** (Fig. 1)

5b. Gnathopod 2 of male without a deep groove in the propodus palm……..……..….*P. guerragarciai* (Fig. 4D)

6a. Pereonite 2 with a well-developed triangular sharp-pointed anteroventral projection……..……..*P. pusilla* (Fig. 4E)

6b. Pereonite 2 with a small rounded anteroventral projection.....7

7a. Dactylus long almost reaching the proximal end of propodus palm….*P. alata* (Fig. 4F)

7b. Dactylus short reaching halfway propodus palm…….*P. tenuis* (Fig. 4G)

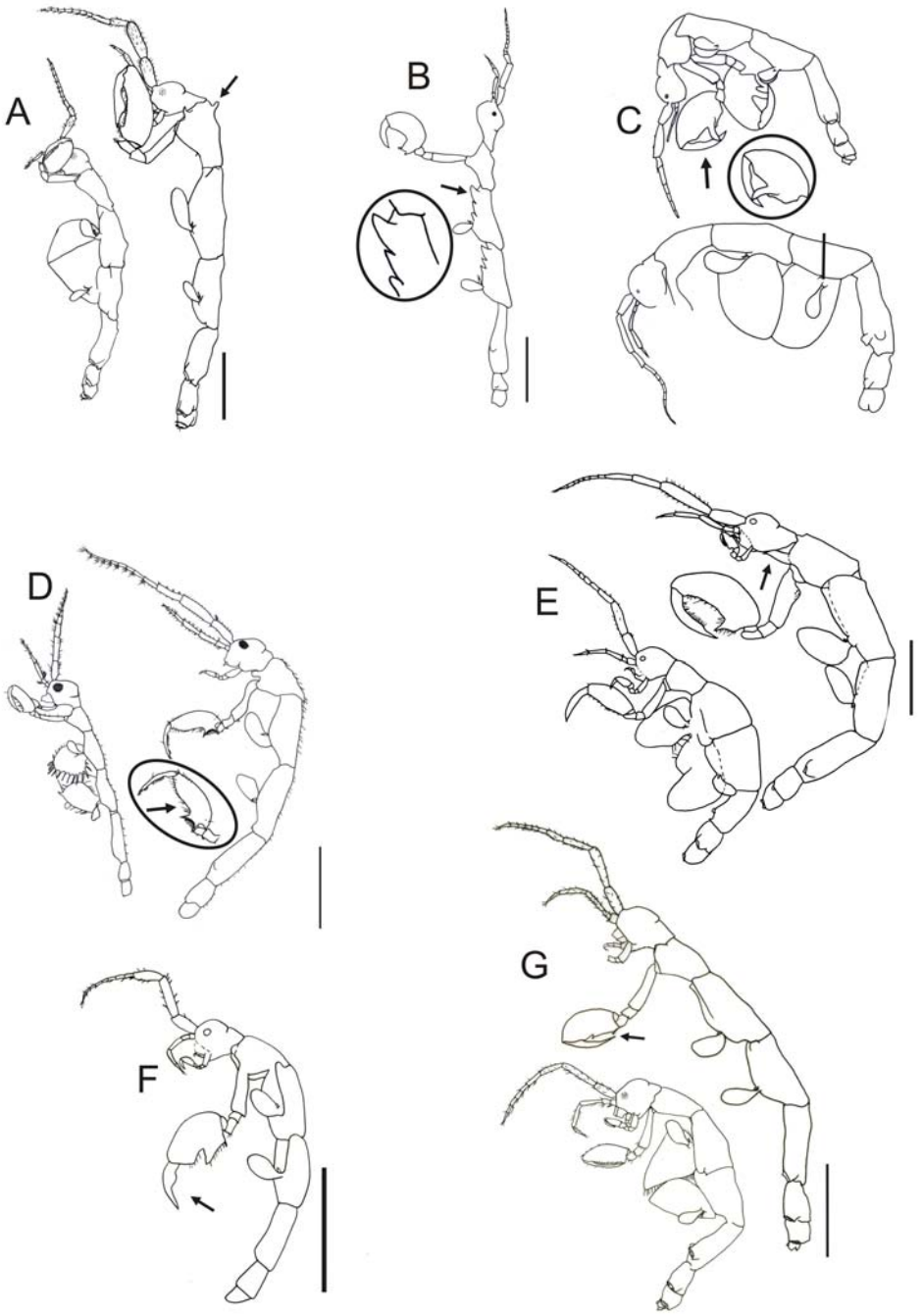


Figure 4. Species of *Paracaprella* of the world. A: *P. banardi*, B: *P. crassa*, C: *P. digitimanus*, D: *P. guerragarciai*, E: *P. pusilla*, F: *P. alata*, G: *P. tenuis*. Scale bar A, B, D, E, F and G: 1 mm; C: 0.5 mm.

DISCUSSION

The species of the genus *Paracaprella* are distributed in temperate, subtropical and tropical seas, from 40°N to 20°S (Winfield and Ortiz 2013).

Among them, *Paracaprella pusilla* is probably the most widely distributed species and it has been sampled in several countries of North and South America, Africa, Asia and Oceania (for the complete information of *Paracaprella* species distribution see Winfield and Ortiz 2013).

Specimens of *Paracaprella dubiaski* **sp. nov**. were firstly collected in 1993 at Sepultura Beach, and they were found again recently in 2011 from the same locality, and in 2012 at Paciência Beach, both localities in Santa Catarina State. Despite several caprellid samplings performed in the coast of other states of southern Brazil (São Paulo and Paraná), no specimens of *Paracaprella dubiaski* **sp. nov**. was found there. These data can indicate an endemism of the species to Santa Catarina State coast, with highly limited geographical distribution. It seems that climatic conditions of this locality are influencing the occurrence of the species more strongly than the biological substrates, as both species of algae are widely distributed in other states of Brazil, mainly *Sargassum cymosum*.

Due to relatively reduced size of *Paracaprella* species, it is guessed that more records will come from Brazilian waters in near future. This supposition is based on the finding of a new species of this genus, *P. digitimanus*, from northern coast of the country (Quitete 1971) and the present new species, emphasizing the need for further taxonomic studies in Brazil.

Paracaprella dubiaski **sp. nov**. is morphologically most similar to *P. pusilla* in having a large and triangular anteroventral projection on pereonite 2. However, the new species differs from these species by the unique propodus of gnathopod 2 provided with a deep groove, and the lack of mandibular palp (represented by a single setae in *P. pusilla*) (Tab. 1).

Species of the genus *Paracaprella* have been recorded from both natural and artificial substrates, mainly associated with animal colonies as bryozoan and hydroids and with alga tufts (McCain 1968, Winfield and Ortiz 2013). However, *Paracaprella dubiaski* **sp. nov.** was only found associate with the algae *Sargassum cymosum* and *Laurencia obtusa*, although many other substrates were sampled in its occurrence site like colonies of bryozoans, hydroids and polychaete and other alga species. This association can indicate a specificity of the present new species for the above biological substrates.

Table 1. Genus of *Paracaprella*. Main characteristics of the species.

	P. alata (male)	*P. barnardi* (male)	*P. crassa* (male)	*P. digitimanus* (male)	*P. guerragarciai* (male)	*P. insolita* (female)	*P. pusilla* (male)	*P. tenuis* (male)	*Paracaprella dubiaski* **sp. nov.** (male)
Body	Pereonites 3-4 with lateral projections	Pereonite 2 with dorsal tubercule and anterolateral projection	Pereonites 3-4 with 3 antero-lateral blunt pointed teeth	Pereonites 2-3 with anterolateral projection	Dorsally setose without tubercles	Smooth except for a projection above eyes on head	Pereonite 2 with sharp-pointed anteroventral projection	Pereonites 2-4 with discrete anterolateral projection	Pereonite 2 with triangular anterolateral projection
Mandibular palp	Unknown	Single seta	Unknown	Absent	Single seta	Absent	Single seta	With 0-3 segments	Absent
Anteroventral Projection on pereonite 2	Unknown	Anterodorsal tubercle and ventrolateral projection on anterior margin	Small and subtriangular anteroventral	Small and subtriangular anteroventral	Large and subrectangular anteroventral	Without	Large and sharp-pointed anteroventral	Small and triangular rounded anteroventral	Triangular projection
Insertion of the basis of Gnathopod 2	Unknown	Anterior half of pereonite 2	Middle of pereonite 2, over a projection	Middle of pereonite 2,	Middle of pereonite 2, with a serrated knob on ventral margin	Fore end of pereonite 2	Anterior half of pereonite 2, with a small proximal knob	Middle of pereonite 2	Anterior half of pereonite 2
Dactylus of Gnathopod 2	Unknown	Setose and grooved inner margin	Convex inner surface minutely setose	With a row of setae	Setose and thickened medially with serrated inner margin	Unknown	Setose on inner margin	Finely setose on inner margin	Inner margin serrate

	P. alata (male)	*P. barnardi* (male)	*P. crassa* (male)	*P. digitimanus* (male)	*P. guerragarciai* (male)	*P. insolita* (female)	*P. pusilla* (male)	*P. tenuis* (male)	*Paracaprella dubiaski* **sp. nov.** (male)
Propodus of Gnathopod 2	Unknown	Deeply notched with a proximal grasping spine	Proximal angle of palm in truncated projection and bearing 3 teeth at its end	Proximal grasping spine and a distal short robust tooth, and a digitiform projection on halfway palm	Quadrate projection proximally, proximal grasping spine and a distal very large robust tooth	Slightly projected palmar angle bearing a spine proximally	Proximal quadrate projection with grasping spine proximally and a distal short robust tooth	Proximal rectangular projection bearing a proximal small grasping spine and a distal short robust tooth	Deep groove in the grasping margin with 1 proximal grasping spine and two distal elevations
Distribution	Australia, United States, India,	Panamá	Japan	Brazil	Mexico	Korea Straits	Brazil, South Africa, Tanzania, Hawaii, China, Gulf of Mexico, Cuba, Venezuela	United States, Africa, Japan	Brazil
Habitat (depth and associated to)	Unknown	Shallow waters on rock surfaces	Depth 50 m, bryozoan *Bugula*	Depth 33 m. hydroids	Depth 16 m, coral rubble	Depth 0-50 m, benthos	Intertidal depths, plant, colonial invertebrates and farming devices	Shallow water on algae and colonial invertebrates,	Depth 0.5-3 m, algae *Sargassum cymosum* and *Laurencia obtusa*

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to Prof. Dr. Danúncia Urban from Federal University of Paraná for the critical reading. All biological sampling of the present study complies with the current laws of Brazilian Federal Government, and was conducted with the permission of the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources – IBAMA– of Santa Catarina State (Numbers: 23180-1, 36126). This is Contribution No. 1893 of Department of Zoology, Federal University of Paraná.

RESUMO

Uma nova espécie do gênero *Paracaprella* foi descrita com base em indivíduos associados à alga parda *Sargassum cymosum* e à vermelha *Laurencia obtusa* do infralitoral (profundidades de 0,5 a 3,0 m) das Praia da Sepultura, Bombinhas e Praia da Paciência, Penha, ambas as localidades no Estado de Santa Catarina, Brasil. Esta nova espécie se diferencia das demais do gênero por possuir um gnatópodo 2 de morfologia ímpar: o seu própodo é provido de um sulco profundo ao longo de sua margem preênsil. Uma chave de identificação para as espécies de *Paracaprella*, também, é apresentada.

Palavras-chave: anfípodos, caprelídeos, chave de identificação, taxonomia.

REFERENCES

ARIMOTO, I. 1976. Taxonomic studies of caprellids (Crustacea, Amphipoda, Caprellidae) found in the Japanese adjacent waters. Publ Seto Mar Biol Lab Spec Publ Ser III. 111.

ARIMOTO I. 1980. Supplements to the japanese caprellid fauna. I. Caprellids from the Korean Straitsmand adjacent waters. Publ Seto Mar Biol Lab 25(1-4): 95-113.

CUNHA FLR, CUNHA AF AND JACOBUCCI GC. 2008. Is the occurrence of caprellid amphipods associated with *Sargassum* (Phaeophyta) influenced by algal and hydrozoan epibiosis? Rev Bras Zoocienc 10(3):259–266.

DUBIASKI-SILVA J AND MASUNARI S. 2008. Natural diet of fish and crabs associated with the phytal community of *Sargassum cymosum* C. Agardh, 1820 (Phaeophyta, Fucales) at Ponta das Garoupas, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil. J Nat Hist 42(27/28): 1907–1922.

DÍAZ YJ, GUERRA-GARCÍA JM AND MARTÍN A. 2005. Caprellids (Crustacea: Amphipoda: Caprellidae) from shallow waters of the Caribbean coast of Venezuela. Org Divers Evol 5(10): 1-25.

GUERRA-GARCÍA JM. 2002. Redescription of *Caprellina longiocollis* (Nicolet, 1849) (Amphipoda Caprellidea, Phtiisicidae) from Chile, with notes on ontogenetic development and clinging behaviour. Crustaceana 74(11): 1291-1303.

GUERRA-GARCÍA JM. 2002b. Redescription of five rare caprellids (Crustacea: Amphipoda) collected from Tanzanian coasts. Helgol Mar Res 55: 221-231.
GUERRA-GARCÍA JM AND TAKEUCHI I. 2004. The Caprellidea (Crustacea: Amphipoda) from Tasmania. J Nat Hist 38: 967–1044

LEITE FPP, TANAKA MO, SUDATTI DB AND GEBARA RS. 2007. Diel density variation of amphipods associated with *Sargassum* beds from two shores of Ubatuba, southeastern, Brazil. Iheringia Ser Zool 97(4):400–405.

MCCAIN JC. 1967. *Paracaprella bamardi*, a new species of caprellid (Crustacea; Amphipoda) from the west coast of Panama. P Biol Soc Wash 80: 219-222

MCCAIN JC. 1968. The Caprellidae (Crustacea: Amphipoda) of the Western North Atlantic. United States. Bull U S Nat Mus 278(I/IV): 1–145,

QUITETE JMPA. 1971. *Paracaprella digitimanus*, nova espécie de Caprellidae da costa brasileira (Crustacea: Amphipoda). Atas Soc Biol Rio de Janeiro 14: 189–192.

SEREJO CS. 1998. Gammaridean and caprellidean fauna (Crustacea) associated with the sponge *Dysidea fragilis* Johnston at Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brazil. Bull Mar Sc 63(2): 63–85.

THIEL M, GUERRA-GARCÍA JM AND LANCELLOTTI DA. 2003. The distribution of littoral caprellids (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) along the Pacific coast of continental Chile. Rev Chil Hist Nat 76(2): 297-312.

WINFIELD I AND ORTIZ M. 2013. The Caprellidea (Crustacea: Peracarida: Amphipoda) from the Gulf of Mexico with a description of a new species of *Paracaprella*. Sci Mar 77(1): 161-168.