



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

LIANA RODRIGUES QUEIROZ

AS PRAIAS ARENOSAS DO ESTADO DO CEARÁ:  
RELAÇÃO ENTRE AMBIENTE FÍSICO E A ESTRUTURA DE COMUNIDADE EM UM  
AMBIENTE TROPICAL

FORTALEZA

2014

LIANA RODRIGUES QUEIROZ

AS PRAIAS ARENOSAS DO ESTADO DO CEARÁ:  
RELAÇÃO ENTRE AMBIENTE FÍSICO E A ESTRUTURA DE COMUNIDADE EM UM  
AMBIENTE TROPICAL

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências Marinhas Tropicais.

Orientadora: Profa. Dra. Cristina de Almeida Rocha Barreira

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Rui Simões de Menezes

---

Q45a Queiroz, Liana Rodrigues.

As praias arenosas do Estado do Ceará: relação entre ambiente físico e a estrutura de comunidade em um ambiente tropical / Liana Rodrigues Queiroz. – 2014.  
152f.: il. color., enc. ; 30 cm.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2014.

Área de Concentração: Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.  
Orientação: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cristina de Almeida Rocha Barreira.

1. Bentos - Ecologia. 2. Morfodinâmica. I. Título.

---

CDD 577.77

LIANA RODRIGUES QUEIROZ

AS PRAIAS ARENOSAS DO ESTADO DO CEARÁ:  
RELAÇÃO ENTRE AMBIENTE FÍSICO E A ESTRUTURA DE COMUNIDADE EM UM  
AMBIENTE TROPICAL

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais,  
da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor  
em Ciências Marinhas Tropicais.

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Cristina de Almeida Rocha Barreira (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará-UFC

---

Prof. Dr. Leonardo Cruz da Rosa  
Universidade Federal de Sergipe-UFS

---

Dra. Marina Gomes Viana  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN

---

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares  
Universidade Federal do Ceará-UFC

---

Dra. Mônica Pimenta de Novaes Castelo Branco  
Universidade Federal do Ceará-UFC

## AGRADECIMENTOS

---

Esta tese nada mais é do que o resultado supremo do trabalho mútuo, da força do coletivo, da contribuição voluntária de um número grande de pessoas, que ajudaram a construir o conhecimento acadêmico e principalmente de relações pessoais. Poder presenciar a ajuda e doação de um número incontável de amigos, alunos, professores e até desconhecidos é o que torna o trabalho em praias arenosas, especialmente este, tão especial.

Agradeço, sobretudo, a minha orientadora Cristina de Almeida Rocha Barreira, pelos ensinamentos que vão muito além dos acadêmicos. Sua força e energia em conduzir a vida são tão inspiradoras, que qualquer dificuldade que nos apresenta se dissipa.

Ao Wilson Franklin Jr. e Aline Ferreira, companheiros cotidiano de conversas intermináveis, filosóficas ou não, que na alegria e na tristeza seguimos juntos nesta agonia, ops, neste doutorado.

À Ismália Dias, companheira de expedições, que muito fielmente peneirou inúmeras amostras que pareciam intermináveis, correu riscos comigo e partilhou de toda responsabilidade que uma coleta desta magnitude requer.

Aos membros da banca Leonardo Rosa, Marina Gomes Viana, Marcelo Soares e Mônica Pimenta pelas contribuições.

Aos meus amigos/ajudantes/parceiros de coletas Magalline (amiga-irmã), Lucas, Fiamma, Allan (meu motorista oficial, apto a fazer off-road), Ítalo, Priscila, Jadson, Jailton, Carlos Alberto (41), Bruno, Aline, Rodrigo, Adriana, Glauber, Cibele, Pedrinho, Pedro Calixto, Gabriel, Marko e numerosos anônimos que muito gentilmente se dispuseram a ajudar na praia.

Aos meus amigos/ajudantes/parceiros de triagem e ou identificação Matheus, Isaac, Lucas, Meire, Rebeca, Magalline, Fiamma, Allan, Ítalo, Priscila, Jadson, Carol Ximenes, Carol Tavares e inúmeros outros estudantes voluntários que passaram pelo Zoobentos. A triagem de uma amostra que seja, já é de enorme ajuda.

Agradeço bastante a Cibele Lemos, por ter processado todas as amostras de granulometria e pelos perfis praias desenvolvidos juntamente com a Glacianne.

Ao Pedro Henrique por ajudar em diversos níveis, desde um simples bolo (não tão simples assim) até elaborados mapas. À Tatiane Garcia pela colaboração e amizade.

À grande parceira Marina Viana pelas conversas estatísticas e em coisas alhures.

Ao amigo Leonardo Peres por fornecer ajuda diversa, desde material de coleta, abrigo e apoio. À Liana Nogueira e família por fornecer abrigo em Peixe Gordo, Icapuí.

Ao Renan Guerra e equipe por fornecer dados abióticos da Praia dos Diários.

Aos animais sacrificados a fim de promover o “conhecimento científico”.

À minha família e amigos, que ajudam a fazer esta vida tão deliciosa de se viver.

A Capes pela bolsa de estudos e pelo financiamento do projeto “Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Estado do Ceará: Ecologia, Genômica e Exploração Biotecnológica de Invertebrados Marinhos e Micro-organismos Associados”, por meio do Edital Ciências do Mar/Capes N° 09/2009, Processo No 532/2010. Ao CNPq pelo financiamento dos projetos do “As Praias Arenosas do Estado do Ceará: Relação Entre Ambiente Físico e a Estrutura de Comunidade em um Ambiente Tropical”, Processo N° Processo 482359/2010-2 e “Vulnerabilidade de zonas costeiras naturais e urbanas a eventos de tempestade: o caso do litoral de Fortaleza”, Processo N° 479255/2009-1 (CNPq).

## RESUMO

---

Objetivou-se estudar a relação da macrofauna bentônica e os parâmetros físicos de 12 praias arenosas cearenses, a fim de reconhecer as características físicas das praias arenosas, os padrões de ocorrência e distribuição dos organismos e, finalmente, os fatores estruturadores da comunidade bentônica nas praias estudadas. Amostragens pontuais foram realizadas nas praias de Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Diários, Pecém, Paracuru, Flecheiras, Preá, Maceió e Bitupitá. A altura e período de ondas, granulometria, extensão da maré foram registrados. Perfis de praia, parâmetro de Dean ( $\Omega$ ), Extensão Relativa da Maré (RTR) e Índice da Praia (BI) foram calculados para caracterizar a morfodinâmica praial. Mais de 1500 amostras de sedimento foram coletadas e a macrofauna bentônica foi posteriormente triada e identificada. A densidade foi expressa em ind/m<sup>2</sup> e descritores da comunidade como riqueza total (S), riqueza de Margalef (d), equitatividade (J) e diversidade (H') foram calculados. Em cada praia, e no agrupamento de todas as praias, foram realizadas análises de ordenação, agrupamento e Linktree. Análises de variância não-paramétricas (KW uma via) foram realizadas a fim de perceber variações dos grupos taxonômicos e tipos de praia entre os setores das praias estudadas. Análises de regressão foram realizadas entre a granulometria e as praias estudadas, entre a riqueza e os níveis de praia amostrados; entre a granulometria e a riqueza de praias tropicais. A distribuição das espécies foi plotada entre os níveis da praia e ao longo do litoral. Análises de BIOENV e LINKTREE foram realizadas a fim de perceber as variáveis ambientais responsáveis pela distribuição da macrofauna bentônica. Equações preditoras e índices extrapolativos Jackknife1 e Chao 1 foram calculados. Foi verificado que as praias analisadas no litoral do Ceará apresentaram características com tendências mais dissipativas, com declividade suave e granulometria fina. Observou-se um gradiente de diminuição do tamanho do grão, de leste a oeste da costa cearense. Foram registradas 58 espécies em 6064 indivíduos nas 12 praias estudadas. As praias de Paracuru e Canto Verde apresentaram maiores riqueza de espécies e diversidade. As espécies que compuseram a macrofauna bentônica apresentaram diferentes formas de zonação, em cada praia, dominando a formação de duas zonas. Os atributos da comunidade apresentaram aumento nas zonas mais próximas ao varrido. Percebeu-se uma distribuição diferenciada de moluscos, crustáceos e poliquetas ao longo da costa cearense, como dominância de crustáceos no setor leste (com maior granulometria) e de poliquetas no setor extremo-oeste (granulometria fina). As praias dissipativas apresentaram maiores semelhanças na distribuição da macrofauna e os fatores físicos estruturadores da macrofauna bentônica mais importantes foram granulometria, declividade, Índice da Praia (BI) e largura da praia. De acordo com as equações e estimadores extrapolativos a riqueza de espécies das praias cearenses está subestimada em mais 50%. Os resultados sugerem que apesar de as praias arenosas apresentam um ambiente favorável para o estabelecimento da macrofauna bentônica, com a presença de praias dissipativas mesomacromareais tropicais, a riqueza de espécies observada foi intermediária, quando comparada a outras praias tropicais.

Palavras-chave: praias tropicais, morfodinâmica, distribuição espacial, macrofauna bentônica, riqueza de espécies.

## ABSTRACT

---

This thesis aimed to study the relationship between benthic macroinvertebrates and physical parameters of 12 sandy beaches of Ceará, in order to recognize physical characteristics, patterns of occurrence and distribution and aspects structuring the benthic community in the studied beaches. Samplings were carried out on the beaches of Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Diários, Pecém, Paracuru, Flecheiras, Preá, Maceió and Bitupitá. Wave height and period, particle size and tide were recorded. Beach profiles, Dean parameter ( $\Omega$ ), Relative Tide Range (RTR) and Beach Index (BI) were calculated to describe morphodynamics. More than 1500 samples of sediments were collected. Benthic macroinvertebrates were later sorted and identified. The density was expressed as ind/m<sup>2</sup> and community descriptors such as total richness (S), Margalef richness (d), evenness (J) and diversity (H') were calculated. At each beach, and at the sum of all beaches, ordination, clustering and Linktree analyzes were performed. Non-parametric variances (KW) were verified in order to understand variations of species between taxonomic groups, beach types and sectors of the studied beaches. Regression analyzes were carried out between the particle size and the studied beaches, between richness and levels; between particle size and richness of tropical beaches. The species distribution was plotted between the levels of the beach and along Ceará coastline. Bioenv and Linktree routines were assessed to recognize the environmental variables in charge of the distribution of benthic macrofauna. Predictive equations and extrapolative indices like Jackknife1 and Chao 1 were calculated. It was found that Ceará beaches tend to be more dissipative, with gentle slopes and fine grain size. There was a gradient of decreasing grain size, from east to west coast of Ceará. A total of 58 species were recorded in 6064 individuals in 12 beaches studied. Paracuru and Canto Verde presented higher species richness and diversity. Macrofauna species showed different patterns of zonation, at each beach studied, prevailing two zones beaches. Community descriptors increased closer to swash zone. It was observed a typical distribution of molluscs, crustaceans and polychaetes along Ceará coastline. Dominance of crustaceans in the eastern sector (with greater particle size) and polychaetes in the extreme-western sector (finer grain size) were observed. Dissipative beaches had higher similarities in the distribution of macrofauna. The most important physical factors structuring benthic macroinvertebrates were grain size, slope, Beach Index ( BI ) and width of the beach. According to the equations and extrapolative estimators of species richness Ceará beaches are underestimated by more than 50 %. Although the results suggest that Ceará sandy beaches have a benign environment for the establishment of benthic macrofauna, where mid-macrotidals tropical dissipative beaches prevails, species richness was at intermediate values when compared with other tropical beaches.

**Keywords:** tropical beaches, morphodynamics, spatial distribution, benthic macroinvertebrates, species richness.

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1: Imagens de diversos tipos morfodinâmicos de praias arenosas dominadas por ondas, com seus valores de $\omega$ e seus respectivos modelos esquemáticos (Fonte: adaptado de Short, A. D. disponível em: <a href="http://www.ozcoasts.gov.au/conceptual_mods/beaches/wdb.jsp">http://www.ozcoasts.gov.au/conceptual_mods/beaches/wdb.jsp</a> ).....	11
Figura 2: Imagens de diversos tipos morfodinâmicos de praias arenosas modificadas e dominadas por marés e seus respectivos modelos esquemáticos (Fonte: adaptado de Short, A. D. disponível em: <a href="http://www.ozcoasts.gov.au/conceptual_mods/beaches/tmb.jsp">http://www.ozcoasts.gov.au/conceptual_mods/beaches/tmb.jsp</a> ). .....	12
Figura 3: Diagrama esquemático mostrando os diversos tipos morfodinâmicos de praias arenosas através da combinação entre os índices de Dean ( $\Omega$ ) e RTR. Fonte: (Masselink e Short, 1993). .....	13
Figura 4: Localização, largura e extensão da zona costeira cearense Fonte: Claudino-Sales (2007) .....	21
Figura 5: Visão geral da Praia de Redonda, município de Icapuí, litoral leste do estado do Ceará, fronteira com Rio Grande do Norte. ....	23
Figura 6: Visão geral da Praia de Majorlândia, município de Aracati, litoral leste do estado do Ceará.....	24
Figura 7 Visão geral da Praia de Canto Verde, município de Beberibe, litoral leste do estado do Ceará.....	25
Figura 8: Visão geral da Praia do Diogo, município de Beberibe, litoral leste do estado do Ceará.....	27
Figura 9: Visão geral da Praia de Iguape, município de Aquiraz, região metropolitana de Fortaleza, litoral leste do estado do Ceará. ....	28
Figura 10: Visão geral da Praia dos Diários, município de Fortaleza, capital do estado do Ceará.....	29
Figura 11: Visão geral da Praia do Pecém, município de São Gonçalo do Amarante, região metropolitana de Fortaleza, litoral oeste do estado do Ceará. ....	30
Figura 12: Visão geral da Praia de Paracuru, município de Paracuru, litoral oeste do estado do Ceará.....	32
Figura 13: Visão geral da Praia de Flecheiras, município de Trairi, litoral oeste do estado do Ceará.....	33

Figura 14: Visão geral da Praia do Preá, município de Cruz, litoral oeste do estado do Ceará.....	34
Figura 15: Visão geral da Praia de Maceió, município de Camocim, litoral oeste do estado do Ceará.....	35
Figura 16: Visão geral da Praia de Bitupitá, município de Barroquinha, litoral oeste do estado do Ceará, fronteira com Piauí.....	36
Figura 17: Mapa da localização geográfica das 12 praias estudadas, ao longo do litoral do Estado do Ceará, Brasil.....	38
Figura 18: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Redonda, litoral leste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Terraço de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993). .....	47
Figura 19: Imagens da área de coleta na Praia de Redonda, litoral leste do estado do Ceará. a) b) c) visão geral da área de coleta; d) visualização da umidade na praia; e) separação visual entre as zonas seca e úmida; f) detalhe da praia durante maré alta.....	48
Figura 20: Gráficos de densidade (ind/m <sup>2</sup> ) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Redonda, litoral leste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96*Erro Padrão. ....	49
Figura 21: Imagens da ocorrência do equinodermo <i>Mellita quinquiesperforata</i> na zona entremarés da praia de Redonda, litoral leste do Ceará. ....	50
Figura 22: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 6) da macrofauna bentônica na Praia de Redonda, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados (P<0,05) pelo SIMPROF. ....	50
Figura 23: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 6) da macrofauna bentônica na Praia de Redonda, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ .....	51
Figura 24: Análise <i>Linkage tree</i> (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Redonda a partir da composição das espécies. Para cada partição binária (A e B) é mostrado os valores de $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.....	52
Figura 25: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Majorlândia, litoral leste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil ultradissipativo sugerido por Masselink e Short (1993). ....	53

Figura 26: Imagens da área de coleta na Praia de Majorlândia, litoral leste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia; c) d) detalhe do mosaico de umidade formado; e) separação visual da zona seca e zona úmida na praia; f) detalhe da praia durante maré alta...	54
Figura 27: Gráficos de densidade (ind/m <sup>2</sup> ) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Majorlândia, litoral leste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96*Erro Padrão. ....	55
Figura 28: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10), agrupados em duas zonas Z1 e Z2, da macrofauna bentônica na Praia de Majorlândia, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{}}$ , em vermelho é indicado grupos de amostras não separados (P<0,05) pelo SIMPROF. ....	56
Figura 29: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Majorlândia, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 40%. ....	56
Figura 30: Análise <i>Linkage tree</i> (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Majorlândia a partir da composição das espécies. Para cada partição binária (A) é mostrado os valores de $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos. ....	57
Figura 31: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Canto Verde, litoral leste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Terraço de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993). ....	58
Figura 32: Imagens da área de coleta na Praia de Canto Verde, litoral leste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia; c) separação visual da zona seca e zona úmida na praia; d) e) detalhe da umidade no sedimento durante a maré baixa; f) detalhe da zona de varrido da praia. ....	59
Figura 33: Gráficos de densidade (ind/m <sup>2</sup> ) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Canto Verde, litoral leste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96*Erro Padrão. ....	60
Figura 34: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Canto Verde, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{}}$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados (P<0,05) pelo SIMPROF. ....	61

Figura 35: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Canto Verde, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{\quad}}$ .....	61
Figura 36: Análise <i>Linkage tree</i> (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Canto Verde a partir da composição das espécies. Para cada partição binária (A e B) é mostrado os valores de $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.....	62
Figura 37: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia do Diogo, litoral leste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Terraço de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993). .....	63
Figura 38: Imagens da área de coleta na Praia do Diogo, litoral leste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia; c) detalhe do berma na parte superior da praia d) detalhe do escoamento da água intersticial em direção ao mar; e) detalhe do córrego à direita da zona de amostragem; f) vista geral do mar. ....	64
Figura 39: Gráficos de densidade (ind/m <sup>2</sup> ) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia do Diogo, litoral leste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⌈) 1.96*Erro Padrão. ....	65
Figura 40: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia do Diogo, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{\quad}}$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados (P<0,05) pelo SIMPROF. ....	66
Figura 41: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia do Diogo, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{\quad}}$ .....	66
Figura 42: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Iguape, litoral leste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Banco/corrente de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993). ....	67
Figura 43: Imagens da área de coleta na Praia de Iguape, litoral leste do estado do Ceará. a) visão geral da praia b) visão geral da zona de varrido; c) d) detalhe dos bancos transversais; e) visão geral da praia; f) detalhe da heterogeneidade da praia, com áreas submersas, úmidas e secas.....	68

<p>Figura 44: Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Iguape, litoral leste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96*Erro Padrão. ....</p>	69
<p>Figura 45: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1-2; 5-10) da macrofauna bentônica na Praia de Iguape, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em <math>\sqrt{\sqrt{\cdot}}</math>; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados (P&lt;0,05) pelo SIMPROF. ....</p>	70
<p>Figura 46: Ordenação dos níveis de coleta (1;5-10) da macrofauna bentônica na Praia de Iguape, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em <math>\sqrt{\sqrt{\cdot}}</math>. ....</p>	70
<p>Figura 47: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia dos Diários em Fortaleza, capital do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Banco/corrente de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993). ....</p>	71
<p>Figura 48: Imagens da área de coleta na Praia dos Diários, Fortaleza, capital do estado do Ceará. a) b) visão geral da porção superior da praia; c) d) visão do costão rochoso a direita da zona de coleta; e) f) visão do espigão a esquerda do local de amostragem. ....</p>	72
<p>Figura 49: Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia dos Diários, em Fortaleza, capital do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96*Erro Padrão. ....</p>	73
<p>Figura 50: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 7) da macrofauna bentônica na Praia dos Diários, em Fortaleza, capital do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em <math>\sqrt{\sqrt{\cdot}}</math>; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados (P&lt;0,05) pelo SIMPROF. ....</p>	74
<p>Figura 51: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 7) da macrofauna bentônica na Praia dos Diários, Fortaleza, capital do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em <math>\sqrt{\sqrt{\cdot}}</math>. ....</p>	74
<p>Figura 52: Análise <i>Linkage tree</i> (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia dos Diários a partir da composição das espécies. Para a partição binária (A) é mostrado os valores de <math>\pi</math>, significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos. ....</p>	75
<p>Figura 53: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Pecém, litoral oeste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Ultradissipativo sugerido por Masselink e Short (1993). ....</p>	76

Figura 54: Imagens da área de coleta na Praia de Pecém, litoral oeste do estado do Ceará. a) b) visão geral da porção superior da praia; c) detalhe das marcas de trânsito de veículos na praia; d) e) visão geral da zona de arrebentação; f) detalhe da praia durante maré alta. ....77

Figura 55: Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia do Pecém, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⌊) 1.96\*Erro Padrão. ....78

Figura 56: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Pecém, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%. ....79

Figura 57: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10), agrupados em três zonas Z1, Z2 e Z3, da macrofauna bentônica na Praia de Pecém, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%. ....79

Figura 58: Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Pecém a partir da composição das espécies. Para a partição binária (A) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos. ....80

Figura 59: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Paracuru, litoral oeste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Banco/corrente de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993). ....81

Figura 60: Imagens da área de coleta na Praia de Paracuru, litoral oeste do estado do Ceará. a) visão geral do berma e da contenção artificial das dunas b) c) visão geral da praia; d) detalhe da cava formada na base do terraço; e) detalhe da deposição de sedimento através do transporte eólico; f) detalhe da praia durante a subida da maré. ....82

Figura 61: Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia do Paracuru, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⌊) 1.96\*Erro Padrão. ....83

Figura 62: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 9) da macrofauna bentônica na Praia de Paracuru, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%. ....84

Figura 63: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 9), agrupados em duas zonas Z1 e Z2, da macrofauna bentônica na Praia de Paracuru, litoral oeste do Ceará.

Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.....	84
Figura 64: Análise <i>Linkage tree</i> (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Paracuru a partir da composição das espécies. Para a partição binária (A) é mostrado os valores de $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos. ....	85
Figura 65: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Flecheiras, litoral oeste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Banco/corrente de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993). ....	86
Figura 66: Imagens da área de coleta na Praia de Flecheiras, litoral oeste do estado do Ceará. a) visão do antigo berma na porção superior da praia b) visão geral da praia; c) detalhe do depósito de sedimento mais grosso; d) e) f) detalhe das cúspides submersas. ....	87
Figura 67: Gráficos de densidade (ind/m <sup>2</sup> ) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Flecheiras, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96*Erro Padrão. ....	88
Figura 68: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Flecheiras, litoral oeste do Ceará. Detalhe do gráfico com maior aumento no canto inferior esquerdo. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.....	89
Figura 69: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10), agrupados em duas zonas Z1 e Z2, da macrofauna bentônica na Praia de Flecheiras, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.....	89
Figura 70: Imagens da área de coleta na Praia de Preá, litoral oeste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia com baixa energia de onda; c) d) visão geral do terraço de baixamar formado; e) f) detalhe da mudança brusca de sedimentos grossos na porção reflectiva e finos na planície.....	91
Figura 71: Gráficos de densidade (ind/m <sup>2</sup> ) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia do Preá, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96*Erro Padrão. ....	92
Figura 72: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 9) da macrofauna bentônica na Praia de Preá, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%. ....	93

Figura 73: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 9), agrupados em duas zonas Z1 e Z2, da macrofauna bentônica na Praia de Preá, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{x}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.....	93
Figura 74: Análise <i>Linkage tree</i> (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Preá a partir da composição das espécies. Para a partição binária (A) é mostrado os valores de $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos. ....	94
Figura 75: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Maceió, litoral oeste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Ultradissipativo sugerido por Masselink e Short (1993).....	95
Figura 76: Imagens da área de coleta na Praia de Maceió, litoral oeste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia, na parte superior observa-se a presença de um riacho; c) detalhe da extensa planície formada na maré baixa; d) detalhe da amostragem e formação de ondulações no sedimento; f) detalhe da porção superior da praia e planície de deflação. ....	96
Figura 77: Gráficos de densidade (ind/m <sup>2</sup> ) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Maceió, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96*Erro Padrão. ....	97
Figura 78: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Maceió, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{x}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%. ....	98
Figura 79: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10), agrupados em três zonas Z1, Z2 e Z3, da macrofauna bentônica na Praia de Maceió, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em $\sqrt{\sqrt{x}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%. ....	98
Figura 80: Análise <i>Linkage tree</i> (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Maceió a partir da composição das espécies. Para a partição binária (A) é mostrado os valores de $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos. ....	99
Figura 81: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Bitupitá, litoral oeste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Planície de maré sugerido por Masselink e Short (1993). .	100
Figura 82: Imagens da área de coleta na Praia de Bitupitá, litoral oeste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia, com extensa planície de maré formada na baixamar; c)	

detalhe da formação de ondulações no sedimento; d) detalhe da realização do perfil topográfico e visualização das dunas e eolianitos; e) detalhe da realização do perfil topográfico e amostragem. .... 101

Figura 83: Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Bitupitá, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96\*Erro Padrão. .... 102

Figura 84: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Bitupitá, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%. .... 103

Figura 85: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10), agrupados em duas zonas Z1 e Z2, da macrofauna bentônica na Praia de Bitupitá, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%. .... 103

Figura 86: Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Bitupitá a partir da composição das espécies. Para cada partição binária (A e B) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos. .... 104

Figura 87: Diagrama de dispersão dos valores do parâmetro de Dean x RTR computados para as praias do litoral do Ceará, plotados segundo o modelo morfodinâmico proposto por Masselink e Short (1993). Em vermelho, praias do setor leste; em verde, praias do setor oeste-central; em roxo, praias do extremo-oeste. .... 107

Figura 88: Gráfico de dispersão mostrando a diminuição no tamanho do grão (micra) de leste a oeste nas 12 praias estudadas ao longo do litoral do Ceará. Em vermelho, praias do setor leste; em verde, praias do setor oeste-central; em roxo, praias do extremo-oeste. No canto superior direito está demonstrado o resultado da análise correlação de Spearman. .... 108

Figura 89: Densidade total de espécies (ind/m<sup>2</sup>) da macrofauna bentônica ao longo dos níveis de coleta nas 12 praias estudadas no litoral do Ceará. Nível 1 é o mais afastado e 10 mais próximo ao mar. Em vermelho está representado a separação das zonas em cada praia encontradas pelo Simprof. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96\*Erro Padrão. .... 110

Figura 90: Riqueza total de espécies (S) da macrofauna ao longo dos níveis de coleta nas 12 praias estudadas no litoral do Ceará. Nível 1 é o mais afastado e 10 mais próximo ao mar. Em vermelho está representado a separação das zonas em cada praia encontradas pelo Simprof. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96\*Erro Padrão. .... 111

Figura 91: Relação entre riqueza total de espécies (S) e os níveis das praias (1 a 10) do litoral cearense. As linhas pontilhadas representam a reta de regressão linear e seu intervalo de confiança. (□) Média; (⊥) intervalo de confiança. ....	112
Figura 92: Zonação de 12 principais espécies da macrofauna bentônica através dos níveis paralelos à praia e ao longo das 12 praias estudadas. O nível 1 é o mais distante e o 10 mais próximo do mar. RE-Redonda, MJ-Majorlândia; CV-Canto Verde; DG-Diogo; IG-Iguape; DI-Diários; PE-Pecém; PA-Paracuru; FL-Flecheiras; PR-Preá; MC-Maceió; BI-Biupitá. Classes de densidades: ● 1-50 ind/m <sup>2</sup> ● 50-100 ind/m <sup>2</sup> ● 100-200 ind/m <sup>2</sup> ● 200-1000 ind/m <sup>2</sup> . ....	114
Figura 93: Mapa geográfico mostrando a distribuição e riqueza total média (S), riqueza média por transecto (MSR), a densidade média da macrofauna total e em cada grupo taxonômico, poliquetas, moluscos e crustáceos ao longo das praias estudadas no litoral cearense. ....	116
Figura 94: Ordenação das praias arenosas cearenses estudadas em entre os setores da costa cearense LESTE, OESTE (oeste-central) e EXT-OESTE (Extremo-oeste). Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em $\sqrt{d}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%. ....	117
Figura 95: Densidade (ind/m <sup>2</sup> ) dos grupos taxonômicos entre os setores da costa cearense: leste, oeste central e extremo oeste. No canto superior esquerdo estão apresentados os resultados da análise de variância de Kruskal-Wallis (KW). (□) Média; ( ) Erro padrão; (⊥) 1.96*Erro Padrão. ....	118
Figura 96: a) Densidade total de espécies (ind./m <sup>2</sup> ) e b) riqueza total de espécies (S) da macrofauna bentônica em cada tipo morfodinâmico das praias arenosas cearenses. DISS- praias dissipativas, ultradissipativas e planície de maré; TERR- praias do tipo terraço de baixamar; BAN- praias do tipo Banco/corrente de baixamar. No canto superior esquerdo estão representados os resultados da análise de variância de Kruskal-Wallis (KW) (□) Média; (■) Erro padrão; (⊥) 1.96*Erro Padrão. ....	120
Figura 97: Ordenação da macrofauna das praias arenosas cearenses estudadas em grupos morfodinâmicos DISS- praias dissipativas, ultradissipativas e planície de maré; TERR- praias do tipo terraço de baixamar; BAN- praias do tipo Banco/corrente de baixamar. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em $\sqrt{d}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%. ....	121

Figura 98: Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento das praias a partir da composição das espécies, controladas pelas diferenças nas características abióticas das praias cearenses estudadas. Para cada partição binária (A, B e C) é mostrado o valor R do ANOSIM (para cada subgrupo) e de B% (medida de diferença entre os grupos). BI=*beach index* – Índice da Praia..... 122

Figura 99: Gráficos de riqueza de espécies por transecto (MSR) observadas (em vermelho) e calculadas através das equações de regressão encontradas por Defeo e McLachlan (2013). Os números das retas correspondem aos números das equações na Tabela 6..... 125

Figura 100: Relação entre a riqueza de espécies por transecto (MSR) e a granulometria das praias tropicais analisadas na revisão sistemática. No canto superior esquerdo estão apresentados os resultados da análise de regressão. A linha contínua representa a reta de regressão e as linhas pontilhadas o intervalo de confiança. .... 129

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1: Localização das praias estudadas no litoral cearense, apresentando seus municípios, coordenadas e setores da costa.....	38
Tabela 2: Lista das espécies da macrofauna bentônicas e suas respectivas abundâncias absolutas e totais nas 12 praias estudadas no litoral do Ceará.....	44
Tabela 3: Resultados das variáveis físicas medidas e os índices de morfodinâmica da praia calculados nas 12 praias estudadas ao longo do litoral do Ceará (RTR - <i>relative tide range</i> : extensão relativa da maré; BI – <i>beach index</i> : índice da praia).....	105
Tabela 4: Resultado da média e desvio padrão da riqueza de espécies por transecto (MSR – <i>marine species richness</i> ), dos descritores da comunidade: número total de indivíduos (N), riqueza total de espécies (S), média do índice de riqueza de Margalef (d), média da equitatividade de Pielou (J'), média da diversidade de Shannon (H') e média e desvio padrão da densidade das espécies em ind/m <sup>2</sup> (DENS) nas 12 praias estudadas no litoral do Ceará. Em negrito os maiores valores encontrados para cada índice.....	109
Tabela 6: Valores de riqueza de espécies por transecto (MSR) observadas e calculadas através das equações de regressão encontradas por Defeo e Mclachlan (2013) e através dos índices preditores Jackknife1 e Chao1, em cada praia cearense estudada. ....	124
Tabela 7: Levantamento das praias arenosas tropicais entre latitudes 23°N e 23°S e as praias do presente estudo, considerando país de localização, coordenadas geográficas, riqueza de espécies por transecto (MSR), tamanho do grão em phi e o artigo de referência. ....	126

## SUMÁRIO

---

AGRADECIMENTOS .....	4
RESUMO.....	6
ABSTRACT .....	7
LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABELAS.....	19
SUMÁRIO.....	20
INTRODUÇÃO .....	9
Variáveis ambientais.....	9
Macrofauna Bentônica: distribuição espacial.....	13
Relação entre ambiente físico e macrofauna .....	14
Estudo de praias arenosas no Ceará.....	16
HIPÓTESES .....	18
OBJETIVOS .....	19
MATERIAL E MÉTODOS .....	20
Área de Estudo: Caracterização Geoambiental .....	20
Considerações Climáticas e Oceanográficas .....	36
Estudo de Campo.....	38
Análise dos Dados .....	40
Revisão Sistemática de Literatura e Meta-análise .....	41
RESULTADOS .....	43
CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS PRAIAS CEARENSES .....	43
REDONDA.....	47
Caracterização da Praia.....	47
Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	48
MAJORLÂNDIA .....	53
Caracterização da Praia.....	53

Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	54
PRAINHA DO CANTO VERDE.....	58
Caracterização da Praia.....	58
Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	59
PRAIA DO DIOGO.....	63
Caracterização da Praia.....	63
Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	65
IGUAPE.....	67
Caracterização da Praia.....	67
Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	68
PRAIA DOS DIÁRIOS .....	71
Caracterização da Praia.....	71
Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	72
PECÉM.....	76
Caracterização da Praia.....	76
Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	77
PARACURU .....	81
Caracterização da Praia.....	81
Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	82
FLECHEIRAS .....	86
Caracterização da Praia.....	86
Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	87
PREÁ.....	90
Caracterização da Praia.....	90
Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	91
MACEIÓ.....	95
Caracterização da Praia.....	95

Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	96
BITUPITÁ .....	100
Caracterização da Praia.....	100
Caracterização da Macrofauna Bentônica .....	101
ANÁLISE COMPARATIVA DAS PRAIAS.....	105
Variáveis ambientais.....	105
Macrofauna Bentônica: distribuição espacial.....	108
Relação entre ambiente físico e a macrofauna .....	119
DISCUSSÃO .....	130
Variáveis Ambientais.....	130
Macrofauna bentônica: distribuição espacial.....	133
Relação entre ambiente físico e a macrofauna .....	136
CONCLUSÃO .....	142
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	143

## INTRODUÇÃO

---

As praias arenosas representam o ambiente dominante de todas as regiões costeiras tropicais e temperadas dos continentes (Mclachlan e Defeo, 2013). As praias arenosas são áreas litorâneas abertas ao mar, que além de oferecer proteção natural contra a ação marinha, podem ser utilizadas para atividades recreativas e exploração comercial, devido à alta taxa de produtividade alcançada em algumas áreas (Mclachlan, 1983).

### Variáveis ambientais

As praias arenosas expostas são influenciadas principalmente pela interação entre ondas, maré e sedimento, que condicionam a morfodinâmica praial. Este termo foi criado para integrar observações morfológicas e dinâmicas numa descrição mais completa e coerente da praia e zona de arrebatção. Segundo Short (1996), a hidrodinâmica que existe ao longo da praia é o resultado da interação de ondas e marés. Estes movimentos da água exercem atrito sobre os sedimentos móveis da praia, causando gradientes espaciais e temporais em seu transporte. São estes gradientes que ocasionam mudanças em morfologia, as quais, por sua vez induzem modificações no padrão hidrodinâmico atuante, ou seja, morfologia e hidrodinâmica evoluem conjuntamente.

Foram reconhecidos seis estados ou estágios morfológicos distintos (Figura 1), associados a diferentes regimes de ondas e marés, caracterizados por dois estados extremos (estado dissipativo e estado refletivo) e quatro estados intermediários. A relação entre o estado de uma praia e as características das ondas e dos sedimentos foi estabelecida por Wright e Short (1984) utilizando o parâmetro adimensional ômega ( $\Omega$ ) de Dean:

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s T}$$

onde,  $H_b$  = altura significativa da onda na arrebatção;  $W_s$  = velocidade média de decantação dos sedimentos da face da praia e;  $T$  = período médio das ondas.

No estado **dissipativo** (Figura 1a), a zona de surfe é larga, apresenta perfil plano e elevado estoque de areia na porção subaquosa da praia. Condições dissipativas são favorecidas pela ocorrência de ondas altas ou pela presença de areias de granulometria fina. As ondas arrebatam longe da face da praia, decaindo progressivamente em altura à medida

que dissipam sua energia através da arrebentação. Neste estágio, onde a reserva de areia se encontra na zona submarina da praia, bancos longitudinais, paralelos à praia, são comuns. Devido ao perfil plano da praia e granulometria fina há uma elevada retenção da água. Este tipo de praia é considerado o mais favorável para a macrofauna residente (Mclachlan *et al.*, 1995).

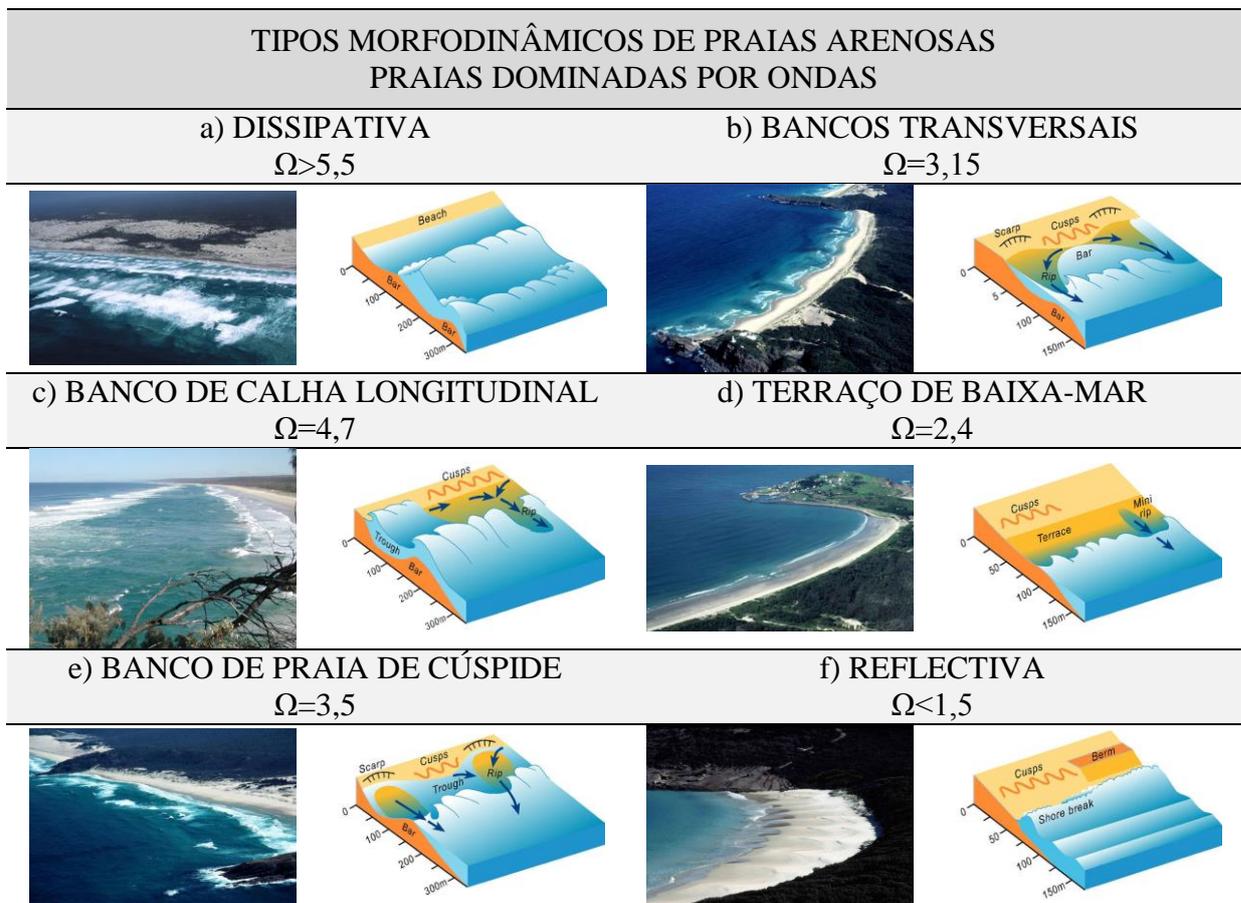
O estado **refletivo** (Figura 1f), ao contrário, é caracterizado por elevados gradientes no perfil de praia e fundo marinho adjacente, o que reduz sensivelmente a largura da zona de surfe. Tende a prevalecer em praias fortemente compartimentadas, em zonas protegidas entre promontórios, na presença de areias grossas ou após longos períodos de acreção. A reserva de areia se encontra, principalmente, na porção subaérea da praia, com pouca areia depositada na porção submarina. Devido à maior declividade, apresenta pouca matéria orgânica e retenção de água.

Os estágios intermediários de **banco de calha longitudinal** (Figura 1c) e **praia de banco de cúspides** (Figura 1e), podem se desenvolver a partir de um perfil dissipativo numa sequência acrescional. As ondas dissipam energia no banco, se reformam na cava mais profunda e, ao atingir a face da praia, condições refletivas geralmente predominam. O espraiamento na face da praia é relativamente alto e a formação de cúspides praias é comum. No estágio de banco de praia de cúspide, feições rítmicas ondulantes em forma de cúspides submarinas são frequentes. Neste tipo de ambiente, correntes de retorno podem ocorrer nas depressões dos bancos. Nos bancos desenvolvem-se condições dissipativas, enquanto que nas pequenas baías, predominam condições refletivas.

O estado caracterizado por mega cúspides ou **bancos transversais** à praia, fortes correntes de retorno se desenvolvem, as quais são proporcionais à energia das ondas. Neste estágio, as áreas rasas dos bancos com grande dissipação, baixo espraiamento da onda na face da praia e elevado "*set-up*" se alternam com áreas mais inclinadas (baías) as quais apresentam elevado espraiamento da onda e baixo "*set-up*". Como resultado da interação morfodinâmica, gradientes laterais de pressão se desenvolvem dos bancos soldadas à praia para as baías mais profundas.

O **terraço de baixa-mar** (Figura 1d) é o tipo de praia intermediária com o menor nível de energia. Condições ideais para seu desenvolvimento incluem as partes extremas mais protegidas de longas praias, em baías moderadamente abrigadas ou em regiões mais expostas, onde a areia é fina. É caracterizada por uma face de praia relativamente íngreme, a qual é

conectada, no nível de baixa-mar, a um terraço plano ou banco, daí o nome terraço de baixa-mar. O terraço prolonga-se de alguns metros a dezenas de metros em direção ao mar continuando ligado à praia ao longo da costa. Pode ser plano e sem feições, apresentar uma crista central ou sulcos representados por canais rasos (mini-rips) a intervalos de algumas dezenas de metros. Segundo Short (1996), durante a preamar ondas de altura inferiores a 1m ultrapassam o terraço sem romper e a praia se comporta como refletiva. Durante a baixamar, especialmente a de sizígia, o terraço é totalmente exposto, podendo apresentar um relevo de bancos e calhas dispostos paralelamente à praia.



**Figura 1:** Imagens de diversos tipos morfodinâmicos de praias arenosas dominadas por ondas, com seus valores de  $\Omega$  e seus respectivos modelos esquemáticos (Fonte: adaptado de Short, A. D. disponível em: [http://www.ozcoasts.gov.au/conceptual\\_mods/beaches/wdb.jsp](http://www.ozcoasts.gov.au/conceptual_mods/beaches/wdb.jsp)).

A maior parte dos estudos de morfodinâmica costeira se concentra em ambientes de micromaré. Percebendo a inconsistência dos índices em praias de meso e macromarés, Masselink e Short (1993) passaram a considerar também os efeitos relativos das ondas e marés na morfologia das praias. O resultado foi a criação do modelo empírico RTR (Parâmetro Relativo da Maré), aplicável a ambientes de meso e macromarés. O RTR leva em

consideração as variações na amplitude da maré de sizígia (TR) em relação à altura das ondas na zona de arrebentação (Hb). A partir dessas variáveis temos que:

$$RTR = \frac{TR}{Hb}$$

Assim,  $RTR < 3$ , corresponde aos três tipos de praia micromaré, propostos por Wright e Short (1984). Para  $3 < RTR < 7$  praia de baixa energia começam apresentando característica refletiva por ocasião da preamar e a presença de um terraço de baixamar com correntes de retorno (*rips*) (Figura 2 b). Com o aumento de  $\Omega$  a praia se torna de estado intermediário como banco/corrente de baixamar, passando com  $\Omega > 5$  para o estado dissipativo sem bancos. Para  $7 < RTR < 15$ , praias de baixa energia apresentam-se reflectivas na preamar, enquanto que na maré baixa assumem o tipo intermediário de Terraço de Baixamar (Figura 2a). Já praias com  $\Omega > 2$  mostram-se ultradissipativas (Figura 2c). Finalmente, quando  $RTR > 15$  a ação das ondas é quase totalmente sobrepujada pela ação das marés e tendem às características de planícies de maré (Figura 2d).

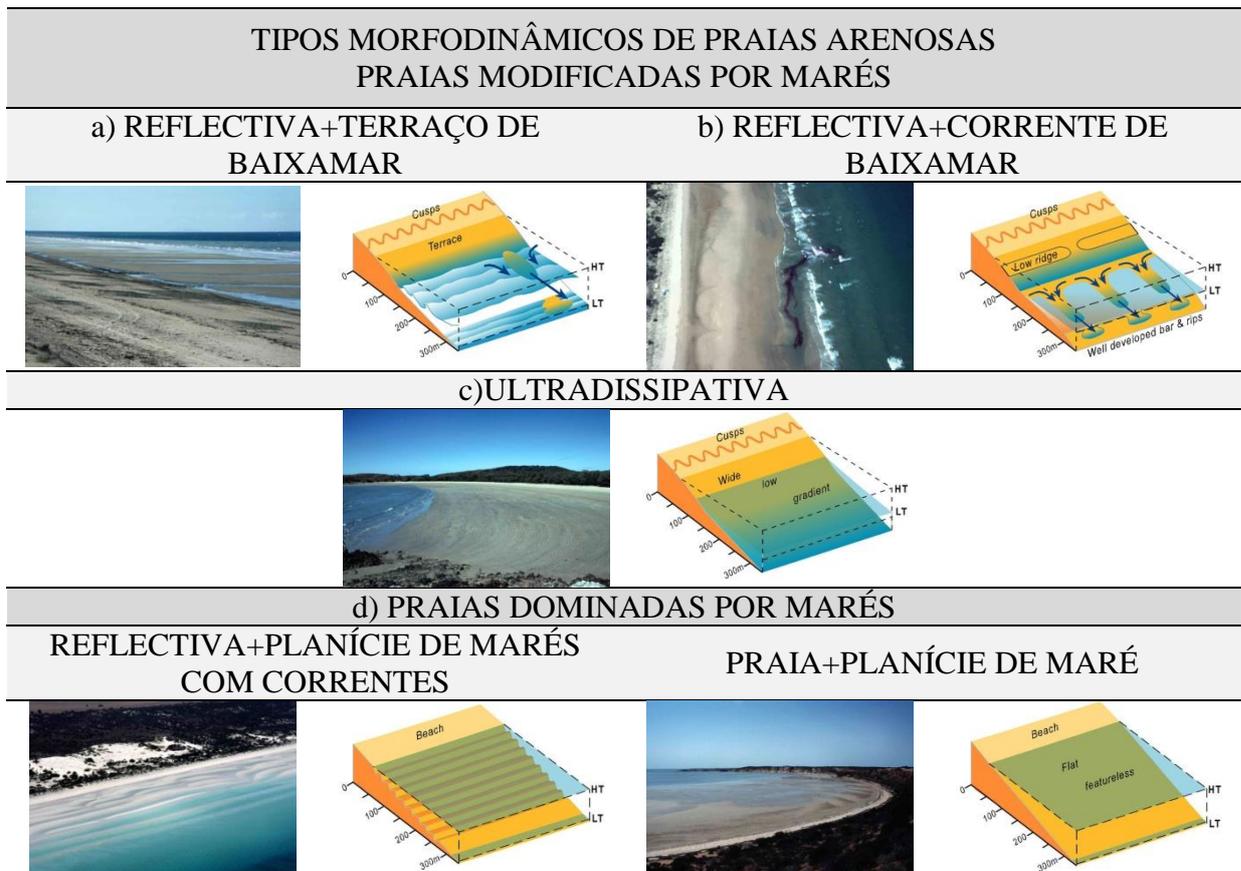


Figura 2: Imagens de diversos tipos morfodinâmicos de praias arenosas modificadas e dominadas por marés e seus respectivos modelos esquemáticos (Fonte: adaptado de Short, A. D. disponível em: [http://www.ozcoasts.gov.au/conceptual\\_mods/beaches/tmb.jsp](http://www.ozcoasts.gov.au/conceptual_mods/beaches/tmb.jsp)).

Na Figura 3 abaixo é representado diagramalmente cada estágio morfodinâmico, considerando os parâmetros de Dean ( $\Omega$ ) e RTR, além de apresentar os perfis esperados em cada tipo morfodinâmico.

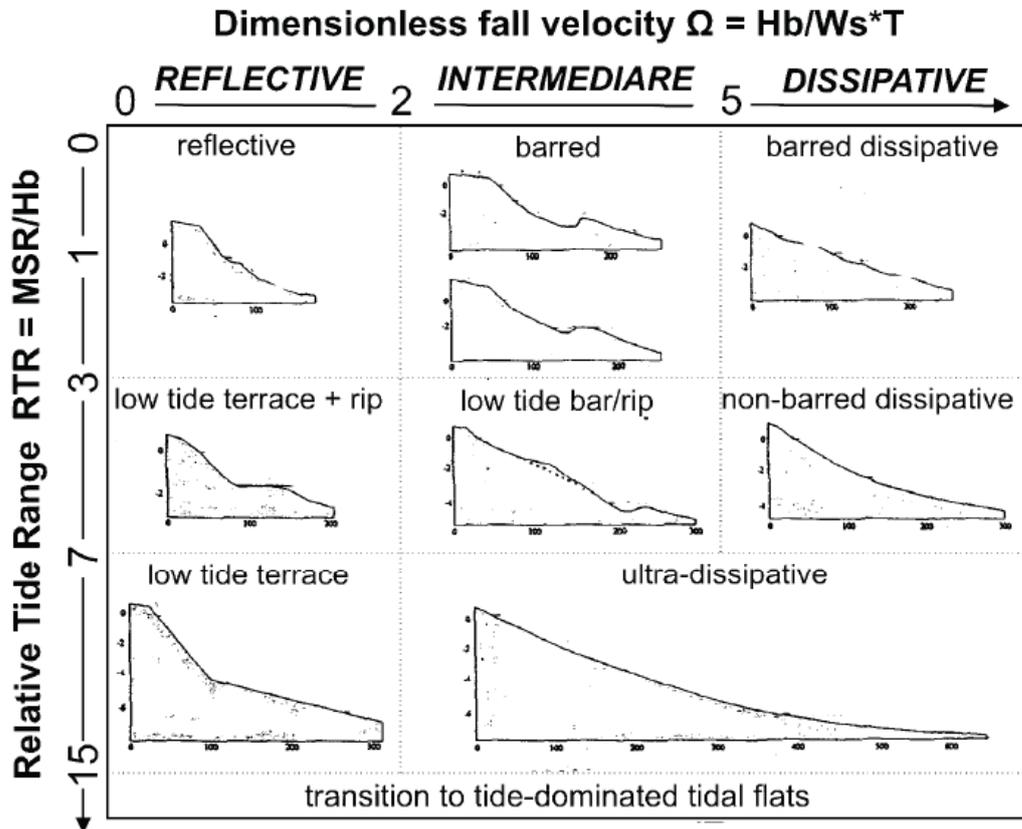


Figura 3: Diagrama esquemático mostrando os diversos tipos morfodinâmicos de praias arenosas através da combinação entre os índices de Dean ( $\Omega$ ) e RTR. Fonte: (Masselink e Short, 1993).

### Macrofauna Bentônica: distribuição espacial

Com relação à distribuição espacial das espécies da macrofauna bentônica em praias arenosas, uma marcada variação ao longo da costa já foi documentada em níveis populacionais e de comunidade (Brazeiro, 1999). A composição das espécies se modifica e a abundância ao longo da costa tende a diminuir com o aumento da declividade e tamanho do grão nas praias, e com a diminuição da amplitude de maré (Degraer *et al.*, 2003).

Foi proposta uma hipótese de favorecimento ambiental em mesoescala para populações de praias arenosas. Em praias dissipativas ou ambientes não estressados por

atividades humanas, a alta abundância promove interações intraespecíficas, ocorrendo mecanismos densidade-dependente no controle das populações. Em habitats marginais, ou onde condições severas levam à baixa densidade e limitam as interações intraespecíficas, a população é fisicamente controlada, e o crescimento ambiental-dependente e a mortalidade prevalecem como mecanismos de controle populacional. Esse modelo pode também explicar os efeitos da morfodinâmica sobre espécies intermareais. Populações que habitam praias reflectivas podem ser grandemente afetadas pela severidade do ambiente, enquanto fatores biológicos podem ser mais importantes em condições dissipativas (Defeo e Mclachlan, 2005).

Com relação à distribuição longitudinal das espécies da macrofauna bentônica no entremarés, muito esforço tem sido feito a fim de encontrar um padrão de zonação universal em praias arenosas, da mesma forma que é encontrado em costões rochosos. Defeo e Mclachlan (2005) resumiram 4 formas de zonação da macrofauna: a) sem zonação clara; b) duas zonas (i.e. animais com respiração pulmonar acima da linha do deixo e animais com respiração aquática abaixo desta linha); c) três zonas, baseado na distribuições dos crustáceos sugeridas por Dahl (1952) e d) quatro zonas, sugeridas por Salvat (1964), com base nas propriedades físicas da praia, caracterizado pela movimentação e retenção da água intersticial. No entanto, a questão da existência ou não de um padrão de zonação geral ainda está sob debate (Raffaelli *et al.*, 1991; Brazeiro e Defeo, 1996; Schlacher e Thompson, 2013).

Estudos recentes reforçam a existência de 3 zonas biológicas em praias arenosas (Defeo e Mclachlan, 2005; Schlacher e Thompson, 2013). De acordo com Veiga *et al.* (2014), 62% dos estudos reconhecem 3 zonas biológicas. Mas, por outro lado, o número de zonas biológicas depende do tipo de praia, desta forma, praias reflectivas irão apresentar menos zonas do que praias dissipativas (Jaramillo *et al.*, 1993; Defeo e Mclachlan, 2005).

### **Relação entre ambiente físico e macrofauna**

Os mecanismos que explicam a presença ou ausência de espécies através dos contínuos tipos de praia não têm sido completamente elucidados. A ecologia de praias arenosas é extremamente relacionada com os fatores físicos da praia, por isso, a íntima associação entre o tipo de praia e a macrofauna residente é um dos principais padrões encontrados na macrofauna de praias arenosas. O aumento na diversidade, abundância total e

biomassa de praias reflectivas às dissipativas é hoje considerado um paradigma no nível de comunidade (Defeo e Mclachlan, 2005).

Apesar das dificuldades da macrofauna de se estabelecer em uma praia arenosa, esses sistemas não são um deserto. As praias oferecem uma variedade de habitats e podem abrigar uma fauna residente diversa. No entanto, apenas algumas espécies conseguem estabelecer grandes abundâncias, e comparada com outros ambientes marinhos, a diversidade é baixa, o que gera maior sensibilidade a mudanças (Schlacher *et al.*, 2008).

A Hipótese da Autoecologia postula que as praias arenosas são fisicamente controladas, sendo o controle biológico mínimo. A principal predição diz que os descritores da comunidade aumentam de praias refletivas severas para praias dissipativas benignas. Desta forma, as comunidades de praias arenosas aumentam em riqueza, densidade, abundância total e biomassa de praias micromareais refletivas a macromareais dissipativas (Mclachlan e Brown, 2006).

Ignorando aspectos de latitude e exposição da praia, o regime de varrido e o tamanho das partículas determinam o ambiente imediato submetido pela macrofauna (Velooso *et al.*, 2003). A Hipótese de Exclusão pelo Varrido (SEH) mostra que o regime de varrido está intimamente acoplado ao tipo de praia (Mcardle e Mclachlan, 1991). A exclusão de espécies pelo estado refletivo extremo deve estar relacionada com seu severo regime de varrido e areia grossa. Essa exclusão é um reflexo da forte relação que existe entre os atributos da comunidade e os índices de estado praial ou os fatores físicos (Mclachlan e Dorvlo, 2005).

Os trópicos são regiões conhecidas por abrigar a maior biodiversidade do planeta (Dobzhansky, 1950). No ambiente marinho, um padrão de alta riqueza em baixas latitudes também foi observado para os organismos bentônicos e planctônicos de diversos grupos (Longhurst e Pauly, 2007).

Em ambientes de praias arenosas, os principais fatores estruturadores da riqueza de espécies marinhas seriam a declividade da praia, as marés e a granulometria, nesta ordem. A latitude também influencia na riqueza de espécies, embora em menor grau (Mclachlan e Dorvlo, 2005).

Igual ao padrão encontrado em outros ambientes, como florestas, a riqueza de espécies aumentaria de praias temperadas para as tropicais (Mclachlan, A. *et al.*, 1996; Mclachlan, 2001; Soares, 2003; Mclachlan e Dorvlo, 2005; Mclachlan, Anton e Dorvlo, Atsu,

2007; Defeo e Mclachlan, 2013). No entanto, este padrão não é unanimidade nos estudos de praias arenosas que investigam gradientes latitudinais. Outros autores encontraram padrões inversos, onde áreas temperadas apresentam uma maior riqueza (Dexter, 1992; Brazeiro, 1999; Mohan *et al.*, 2008).

Mclachlan (2001) estudou os padrões de distribuição latitudinais em praias arenosas. O autor postulou que o efeito da latitude aumentaria o *pool* de espécies em baixas latitudes. Desta forma, este ambiente praial abrigaria maior número de espécies.

Além dos fatores físicos, os biológicos estruturam as comunidades bentônicas de praias arenosas. Esta estruturação é o resultado de propriedades como disponibilidade e busca pelo alimento, efeitos da reprodução na dispersão e assentamento, modos de locomoção, padrões de agregação, competição intra e interespecífica e efeitos de predação (Defeo e Mclachlan, 2005).

### **Estudo de praias arenosas no Ceará**

No Brasil, os estudos sobre a composição e distribuição espacial dos organismos bentônicos que habitam praias arenosas se iniciaram no sul do país com Gianuca (1985); Gianuca (1987); Borzone e Gianuca (1990); Borzone *et al.* (1996), dentre outros. São mais incipientes aqueles realizados na região Nordeste e Norte do país. Embora a maior parte do litoral cearense corresponda a praias arenosas, estudos sobre a ecologia destas áreas são poucos e recentes.

O primeiro trabalho envolvendo a macrofauna bentônica em uma praia cearense foi realizado por Rocha-Barreira *et al.* (2001), que realizaram um levantamento qualitativo da macrofauna bentônica da região entremarés da Praia do Futuro em Fortaleza. Depois, Rocha-Barreira *et al.* (2002) avaliaram a dinâmica populacional e estrutura etária do molusco bivalve *Donax striatus* nesta mesma praia. Um estudo amplo do litoral foi realizado a partir do Projeto Zoneamento ecológico e econômico (ZEE) da zona costeira do Estado do Ceará (Rocha-Barreira De Almeida *et al.*, 2005). No âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), Matthews-Cascon *et al.* (2006) estudaram a composição e a distribuição da macroinfauna das praias entre a Barra

do Cauípe e o estuário do Rio Mundaú litoral oeste do Ceará. Embora importantes, estes estudos apresentaram baixo esforço amostral e assim, a caracterização da praia foi limitada.

Outros estudos se seguiram contemplando aspectos de zanação, distribuição espacial, hábitos alimentares, aspectos de dinâmica populacional e riqueza da macrofauna bentônica, das regiões entremarés e zona de arrebentação (Grossi-Hijo *et al.*, 2005; Queiroz e Rocha-Barreira, 2005; Viana *et al.*, 2005; Viana, 2006; Grossi-Hijo, 2007; Dias, 2008; Melo, 2009; Araújo e Rocha-Barreira, 2012; Dias, 2014).

O Ceará apresenta uma faixa de litoral de 573 km de extensão, que se estendem entre os estados do Rio Grande do Norte, a leste, e do Piauí, a oeste. São praias, falésias, cordões de *beachrocks*, pontas litorâneas rochosas, barreiras e flechas litorâneas, planícies flúvio-marinhas, lagoas, lagoas e campos de dunas (Claudino-Sales, 2007).

A Zona costeira do estado do Ceará corresponde apenas a 14,38% de toda a superfície do Ceará e concentra 49,22% da população (Bezerra, 2004). Para a conservação das praias arenosas, deve-se considerar que as mesmas geram serviços e valores econômicos, estão sob ameaça no mundo todo, sendo suprimidas pela subida do nível do mar por um lado e pela expansão urbana pelo outro. As praias devem ser mantidas como ecossistemas costeiros íntegros, que suportam além de processos ecológicos chaves, múltiplos usos pelo homem; e deve ser mantido um comprometimento de longo prazo por cientistas, por políticos e pela população para adoção de medidas de políticas públicas que possam aliar o desenvolvimento e a adoção de um gerenciamento de praias arenosas em bases ecológicas (Schlacher *et al.*, 2008).

## HIPÓTESES

---

As hipóteses do presente trabalho foram:

- As praias arenosas cearenses apresentam feições morfodinâmicas diferenciadas em cada setor de estudo avaliado: leste, oeste-central e extremo-oeste. A parte leste apresenta uma costa caracterizada pela presença de falésias e paleofalésias. O litoral oeste é caracterizado por praias intermediárias com barras e sulcos e apresenta forte urbanização. O litoral extremo-oeste apresenta uma planície rasa e caracterizada pela presença de dunas e vastas áreas de mangues (Bensi *et al.*, 2005).
- As praias arenosas cearenses apresentam características morfodinâmicas mais reflectivas, comumente reportados para ambientes tropicais.
- A macrofauna de praias arenosas cearenses apresenta distribuição espacial similar dentro de cada setor de estudo considerado: leste, oeste-central e extremo-oeste.
- Os organismos da macrofauna das praias arenosas cearenses não apresentam um padrão de zonação no entremarés.
- A riqueza de espécies da macrofauna bentônica aumenta com a diminuição no tamanho médio do grão, diminuição da declividade e em praias mais dissipativas.
- As praias arenosas cearenses, por serem tropicais, apresentam maiores valores de riqueza de espécies quando comparadas com as praias temperadas.

## OBJETIVOS

---

O litoral do Ceará é caracterizado por apresentar grandes extensões de praias arenosas com diversas feições morfodinâmicas. Apesar de alguns levantamentos preliminares da macrofauna bentônica terem sido realizados na costa cearense, os dados são incipientes e pouco relacionados com índices de exposição da praia ou com o ambiente físico. Diante do exposto acima, busca-se compreender os fatores estruturadores da comunidade macrofaunal bentônica de praias arenosas em um contexto Tropical.

Assim, o presente estudo teve como objetivo compreender as relações entre o ambiente físico de 12 praias arenosas do litoral do Ceará e os padrões da comunidade de macrofauna bentônica associados a estes ambientes. Para alcançar os objetivos propostos faz-se necessário:

- Caracterizar as praias arenosas cearenses quanto a diversos parâmetros físicos como: índices morfodinâmicos, regime de ondas, marés, declividade da praia, largura da praia e granulometria;
- Estudar a distribuição espacial da macrofauna bentônica das praias cearenses, a partir da distribuição perpendicular à praia (zonação) e ao longo da costa.
- Relacionar os parâmetros físicos acima mencionados com descritores da comunidade como: riqueza de espécies, abundância, densidade da macrofauna bentônica, riqueza de Margalef (d), diversidade de Shannon ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou ( $J'$ );
- Comparar as diversas praias estudadas entre si e entre outras praias tropicais, a fim de reconhecer possíveis padrões de distribuição da macrofauna bentônica.

## MATERIAL E MÉTODOS

---

### Área de Estudo: Caracterização Geoambiental

Caracterizada por uma morfologia bem diferenciada entre a parte leste e a parte oeste, segundo Bensi *et al.* (2005), o litoral cearense pode ser subdividido em três setores: Leste, Oeste-Central e Extremo-Oeste. A parte leste apresenta uma costa mais rochosa caracterizada por um extenso tabuleiro costeiro que chega até a linha de costa com falésias e paleofalésias. O litoral leste sofre uma erosão natural, causada pela hidrodinâmica e se encontra localizada, sobretudo a sotavento das principais pontas e promontórios. O litoral leste é caracterizado por praias de tipo dissipativo com uma declinação extremamente suave entre 3-8 graus, isso determina interação das correntes e das ondas com o fundo já a grande distância da costa (8-10 km), mas o pequeno ângulo de incidência das frentes de ondas com o litoral e o aporte apreciável de sedimentos pelos rios diminui a intensidade deste fenômeno, embora ele esteja presente em pontos localizados.

O litoral oeste entre Fortaleza e Baleia é caracterizado por praias intermediárias com barras e sulcos e está sofrendo erosão devido também à forte urbanização da face de praia, fenômeno muito visível nas praias de Pacheco e Icarai, dentre outras (Bensi *et al.*, 2005).

O litoral extremo-oeste apresenta uma planície rasa e caracterizada pela presença de dunas e vastas áreas de mangues. Nas proximidades da desembocadura do estuário do rio Acaraú, a linha de costa tem uma direção leste-oeste, o vento assume uma componente mais terral, e o fluxo da água também tem uma tendência a se afastar da costa, sobretudo na zona *offshore*, onde a profundidade tem menos influência sobre o fluxo. As correntes e o transporte litorâneo diminuem de intensidade, determinando sedimentação mais intensa. Há pouca urbanização, vento muito forte, embora as ondas sejam pequenas (Bensi *et al.*, 2005).

A zona costeira cearense apresenta variações na orientação da linha de costa em relação ao mar: Ela dispõe-se no sentido SE-NW entre Icapuí e Itarema, ESE-WNW entre Itarema e Jericoacoara e ENE-WSW entre Jericoacoara e Barroquinha (Claudino-Sales, 2007) (Figura 4).

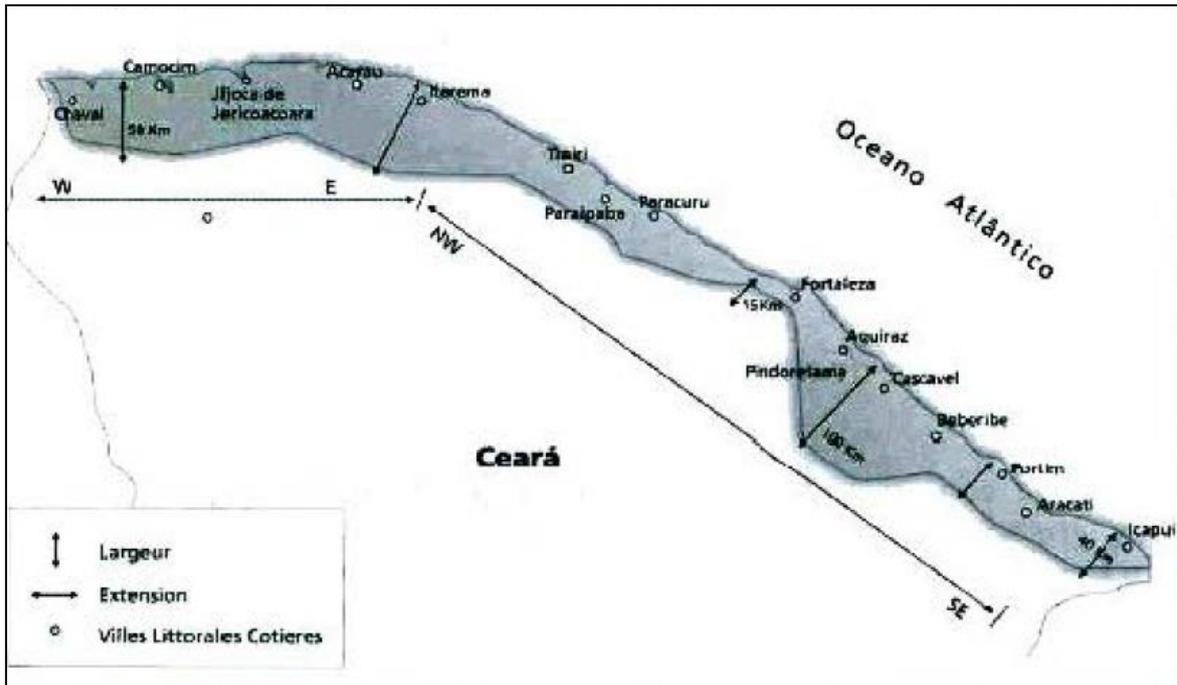


Figura 4: Localização, largura e extensão da zona costeira cearense Fonte: Claudino-Sales (2007)

Outra subdivisão da fachada marítima cearense leva em consideração cinco grandes domínios morfoestruturais resultantes diretamente da divisão continental:

O **Domínio Jaguaribe** estende-se entre os municípios de Icapuí e Aracati e é caracterizado pela presença de rochas sedimentares antigas, paralelamente recobertas por depósitos cenozóicos. Trata-se de compartimento estrutural longamente subsidente, no qual materiais sedimentares se acumularam e estiveram sempre à mercê dos agentes da dinâmica litorânea (ondas, correntes litorânea, ventos, rios, variações do nível do mar). Nele se situa o maior conjunto de falésias ativas e inativas da costa cearense (altitudes entre 5m e 25m), tende, por essa razão, possuir praias mais estreitas e campos de dunas menos desenvolvidos (Claudino-Sales, 2007). Neste Domínio encontram-se as praias de Redonda e Majorlândia analisadas no presente estudo.

A praia de Redonda (Figura 5) localiza-se no município de Icapuí, que fica distante 206km de Fortaleza. Icapuí possui 429,3 km<sup>2</sup> de área e tem 14 comunidades litorâneas divididas em seus 64 km de praias. A principal atividade econômica do município de Icapuí é a pesca na qual 49,5% das famílias estão diretamente ou indiretamente envolvidas, principalmente da lagosta. Esta atividade deve-se principalmente a existência de um grande

banco de algas calcárias em frente à Praia de Redonda que se estende desde 10 a 50 metros de profundidade. Este substrato compõe o habitat preferencial da lagosta.

A praia é formada geomorfologicamente por uma planície litorânea com praias, falésias e dunas, e os tabuleiros pré-litorâneos esculpidos nos sedimentos da Formação Barreiras. Neste município ocorre o maior registro de extensão de Terraço Marinho da costa do Ceará. Estes se definem por serem antigos depósitos de origem marinha, com formas tabulares e planas, que foram soldados à planície costeira. Neles pode-se evidenciar o registro do recuo do mar a partir de falésias mortas em formato de “teatro grego”, algumas com dunas no topo (Maia *et al.*, 2005).

No litoral de Icapuí, acontece uma inflexão do litoral de SE-NW, fazendo com que as ondas quase tangenciem a costa, promovendo uma zona de depósitos de sedimentos finos submersos. No setor que compreende o domínio de falésias precedidas de praias, são verificadas grandes planícies de maré com extensões que ultrapassam 2km de extensão. Neste mesmo setor a dinâmica das praias é controlada predominantemente pelas variações das marés e pelo transporte transversal de sedimentos (Maia *et al.*, 2005).

Em outros setores das praias de Icapuí, falésias vivas estão sob o constante impacto da erosão. Especificamente na praia de Redonda, a faixa de praia é mais estreita pela ocorrência de altos topográficos esculpidos em falésias vivas (Morais *et al.*, 2006).



**Figura 5: Visão geral da Praia de Redonda, município de Icapuí, litoral leste do estado do Ceará, fronteira com Rio Grande do Norte.**

A praia de Majorlândia (Figura 6) localiza-se no município de Aracati, cuja sede dista 122 Km de Fortaleza. Um setor de destaque recente do município tem sido o setor da carcinicultura, no entanto, o turismo constitui uma atividade de extrema importância, com evidência nacional e internacional, através da reconhecida Canoa Quebrada. Em Majorlândia, apesar de a exploração turística ser menos intensa, há uma quantidade significativa de pousadas, porém sua ocupação é predominantemente de residências de veraneio que se instalam em falésias e dunas.

Geomorfologicamente, o município é composto pelas praias, falésias, planície de deflação e dunas, planície do rio Jaguaribe, tabuleiros pré-litorâneos esculpidos na Formação Barreiras, a Chapada do Apodi cortando as Formações Jandaíra e Apodi e Superfície Sertaneja cortando o embasamento cristalino.

O campo de dunas móveis, que se estende continuamente desde Canoa Quebrada até a foz do Rio Jaguaribe é, em superfície, a maior expressão dunar da região de Aracati e abrange a maior parte da APA de Canoa Quebrada. As dunas chamadas ativas têm como uma de suas áreas fontes as areias de praia entre Canoa Quebrada e Majorlândia.

O campo de falésias do município é uma continuação do que ocorre em Icapuí. Neste trecho do litoral, os arenitos da Formação Açu vão dando lugar aos arenitos da Formação Barreiras, ora em forma de falésias vivas como em Canoa Quebrada, ora separados por pequenos terraços, separando as falésias mortas da praia, como é o caso em Majorlândia (REF).



**Figura 6: Visão geral da Praia de Majorlândia, município de Aracati, litoral leste do estado do Ceará.**

O **Domínio Choró** estende-se do município de Aracati até a Ponta do Iguape, em Aquiraz, apresenta declividade suave em direção ao domínio Jaguaribe, o pedimento cristalino aflora através da presença de *inselbergs* na zona costeira adjacente (Cascavel/Beberibe) (Peulvast e Claudino-Sales, 2002). Os depósitos cenozóicos Barreiras foram talhados pelos agentes da dinâmica litorânea no contato com o mar criando falésias ativas e inativas (altitude entre 5 e 7m) (Claudino-Sales, 2007). Neste Domínio foram estudadas as praias Prainha de Canto Verde e Praia do Diogo.

A Prainha do Canto Verde (Figura 7) localiza-se no litoral leste do Ceará, no município de Beberibe, que fica a 126 km de Fortaleza. Possui uma população de

aproximadamente 1.100 habitantes, com cerca de 200 famílias que vivem da pesca artesanal marítima, agricultura de subsistência, artesanato e de atividades relacionadas ao turismo.

Considerada uma comunidade pesqueira tradicional, pela importância dada à unidade familiar e às relações de parentesco, a vila de pescadores do Canto Verde é um dos exemplos de política comunitária no Ceará. Esta vila está localizada em tabuleiros litorâneos, margeada por um complexo de dunas fixas e semifixas. O vento forte, de julho a setembro, contribui para rápido deslocamento das areias. Em alguns locais, casas são soterradas pelas areias das dunas. O avanço da linha da costa está ocasionando diversos eventos erosivos nesta praia, fazendo com que alguns barraqueiros se afastem do mar (Mendonça e Irving, 2004).



**Figura 7** Visão geral da Praia de Canto Verde, município de Beberibe, litoral leste do estado do Ceará.

A Praia do Diogo (Figura 8) está localizada a leste da Praia das Fontes, também no município de Beberibe, distante 90 km de Fortaleza. Esta praia é contígua à área do Monumento Natural das Falésias de Beberibe, uma unidade de proteção integral que tem por objetivo preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. No entanto, a praia do Diogo não está inserida nesta Unidade de Conservação, e como a Praia das Fontes, possui grande ocupação hoteleira e de casas de veraneio.

Na praia do Diogo, o nível das falésias é mais elevado e a ação do solapamento marinho é intensa. As praias são intermediárias e a extensão varia de 50 a 100 m, com inclinação de 2° (Morais *et al.*, 2006).

A faixa de praia é recoberta por sedimentos constituídos por areias quartzosas, com grande acumulação e depositados pelo mar. As ondas atacam obliquamente à praia com direção SE-NW, originando assim o transporte longitudinal de areia, principalmente na zona de surfe. A fonte de sedimentos são as areias vindas do continente transportados pelos rios e da ação erosiva das ondas nas falésias (Maia *et al.*, 2005).

Em alguns setores da praia há a presença de plataforma de abrasão marinha formada pela ação das ondas e marés nas falésias em períodos tércio-quadernário. A pós-praia da área aparece em apenas alguns setores da praia de Morro Branco, antes do início do Monumento Natural das Falésias, e aparece novamente no final desta Unidade de Conservação, no início da Praia das Fontes e do Diogo, mas ocupando um curto espaço, pois as falésias começam a aflorar novamente na praia, impossibilitando a formação de pós-praia (Silva e Silva, 2012).

As dunas móveis se localizam depois das falésias, com vegetação em processo de consolidação, mas sua disposição favorece a migração dos sedimentos. O tabuleiro pré-litorâneo que aflora na linha de costa sob forma de falésia é a principal unidade geoambiental da área. A maior parte das falésias são denominadas vivas, pois sofrem a influência da abrasão marinha na base, e no topo a erosão pluvial e eólica atuam nas suas estruturas (Maia *et al.*, 2005).

No contato da camada argilosa com a arenosa surgem as famosas fontes de águas. Encontram-se pelos menos 16 ressurgências, sendo algumas de grande expressão e outros filetes de águas que escorrem constantemente das falésias. As mais famosas são a Bica das Virgens (no Morro Branco), a Fonte Raimundo Fagner (na praia das Fontes), Sangradouro das Fontes (praia das Fontes), e outras duas (sem denominação), são as mais aproveitadas por possuírem um volume maior de despejo de água (Silva e Silva, 2012).



**Figura 8: Visão geral da Praia do Diogo, município de Beberibe, litoral leste do estado do Ceará.**

O **Domínio Baturité** estende-se da Ponta do Iguape até a Praia de Lagoinha, em Paraipaba, e representa setor estruturalmente elevado e nele domina o segmento litorâneo zetaforme, com sucessivas pontas litorâneas sustentadas por rochas cristalinas (Iguape, Mucuripe, Pecém,) e camadas conglomeráticas da Formação Barreiras (Taíba, Paracuru, Lagoinha), nas quais ocorre acúmulo de areias a barlavento, com formação de extensos campos de dunas, que facilmente realizam o mecanismos de *bypass* dos sedimentos (Claudino-Sales, 2007). Neste domínio, as praias estudadas foram Iguape, Praia dos Diários, Pecém e Paracuru.

A praia do Iguape (Figura 9) localiza-se no município de Aquiraz, que dista 25km de Fortaleza inserindo-se ao raio de influência de sua região metropolitana. Possui dimensões territoriais de 482,8 km<sup>2</sup> e 30 km de litoral. O seu maior potencial de atratividade encontra-se na riqueza de seus recursos naturais e paisagísticos.

A zona litorânea dessa região caracteriza-se pelo desenvolvimento de lagoas, que em períodos chuvosos formam sangradouros, os quais cortam as feições do ambiente de praia. A faixa praial de natureza arenosa destaca-se por apresentar afloramento de rochas quartzíticas de idade pré-cambriana, exercendo influência sobre a dinâmica costeira. A ponta

do Iguape é um resquício de rochas cristalinas do cretáceo. O Tabuleiro Litorâneo, modelado pela Formação Barreiras acompanham a linha de costa atrás das dunas com níveis altimétricos entre 25-40m, apresentando caimento topográfico suave em direção à orla.

Estudos anteriores mostram um predomínio de ondas de altura de 1,0 e 1,5m, e períodos de ondas de, de 6,0 a 10 segundos e perfis praias de morfologias intermediárias para dissipativas. Os volumes dos sedimentos envolvidos na dinâmica praias revelam valores maiores para os pontos situados à barlar do pontal rochoso do Iguape e menores para os situados à sotamar. Essa variação de volume é devida a presença do promontório responsável pela diminuição do *by passing* sedimentar, desvio dos sedimentos envolvidos na deriva litorânea para isóbatas mais profundas e pela ação do processo de difração das ondas (Branco *et al.*, 2005).



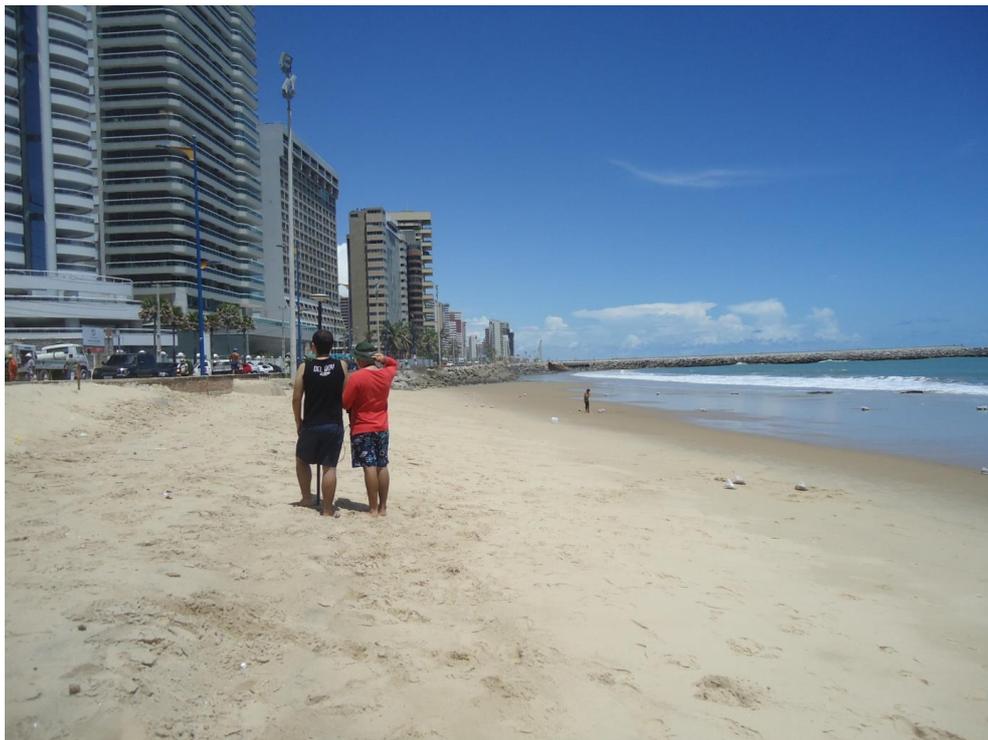
**Figura 9: Visão geral da Praia de Iguape, município de Aquiraz, região metropolitana de Fortaleza, litoral leste do estado do Ceará.**

A Praia dos Diários (Figura 10) é uma praia urbana localizada na orla turística do município de Fortaleza, sitiada por um grande adensamento urbano, característico das cidades litorâneas. A alta praia é limitada por um calçadão, que funciona como uma crista de praia artificial. O extremo oeste dessa praia é protegido por um enrocamento de 250 m de extensão e limitado por espigão de 290 m, responsável por sustentar o Aterro da Praia de Iracema.

A Praia dos Diários é frequentemente assolada por episódios erosivos e por galgamentos associados a eventos tempestivos (ressacas do mar), que por vezes resultam em destruição e danificação da estrutura urbana. No caso da conjunção da elevação do nível do mar (maré meteorológica) e ocorrência de ondas mais altas, as “ressacas”, as praias ficam expostas às mudanças morfológicas que resultam em fortes alterações. Entretanto, em boa parte do ano, a praia passa por períodos de progradação resultantes de mar mais calmo, sem a incidência de ondas altas, o que favorece a deposição dos sedimentos (Guerra, 2014).

De acordo com Paula *et al.* (2011), a praia da Beira-mar tem estágios morfodinâmicos intermediários, com tendência mais reflectiva durante eventos de ressacas, aparentemente como consequência do alto grau de modificação artificial da linha de costa.

Hoje esta praia está sob a influência de um novo espigão a leste da zona de coleta, e será em breve aterrada para a engorda da praia, que irá se estender por 80m de linha de praia, ao longo de 1150m, até a praia do Náutico.



**Figura 10: Visão geral da Praia dos Diários, município de Fortaleza, capital do estado do Ceará.**

A Praia do Pecém (Figura 11) localiza-se no município de São Gonçalo do Amarante, distante aproximadamente 50 km de Fortaleza.

A linha de costa inserida na Bacia Metropolitana apresenta uma alta vulnerabilidade aos processos erosivos, em virtude do elevado adensamento urbano e pelos processos de refração nos pontais rochosos. Neste compartimento encontram-se o Complexo Portuário e Industrial do Pecém e o maior percentual de área ocupada por estruturas de proteção na costa do Ceará.

A Ponta do Pecém é formada de rochas do embasamento cristalino que se iniciam no pós-praia, continuam em toda zona entremarés e se estendem em porções isoladas até a profundidade de 20 (vinte) metros. Antes da construção do Complexo Portuário do Pecém, os processos erosivos eram observados pela interação entre mudanças no clima de ondas no pontal e ocupação do campo de dunas que alimentava diretamente a praia. No ano de 1998, apesar do píer *off-shore* vazado estar com autonomia para utilização, a permanência do Terminal de Embarque Provisório (molhe) provocou o recuo de aproximadamente 70 m da linha de costa. Desde o ano de 2001, com a implantação de estruturas de proteção e a retirada do TEP, a praia passa por processos de progradação (Morais *et al.*, 2006).



**Figura 11: Visão geral da Praia do Pecém, município de São Gonçalo do Amarante, região metropolitana de Fortaleza, litoral oeste do estado do Ceará.**

A planície litorânea do Município de Paracuru (Figura 12) localizada no litoral oeste do Ceará ocupa uma área total de 296,6 km<sup>2</sup> e está a aproximadamente 86 km de distância em relação à Fortaleza. A praia de Paracuru é constituída predominantemente por

sedimentos Tércio-Quaternários evidenciados pelas praias, dunas móveis e fixas. Acrescenta-se a esses sistemas os tabuleiros pré-litorâneos. A área em questão é marcada por uma sequência de enseadas abertas, com promontórios rochosos, representados pelas escarpas formadas na parte basal da Formação Barreiras e pelos *beach rocks* (Maia *et al.*, 2005).

Os *beach rocks* são formações que ocorrem paralelamente à linha de costa e funcionam como obstáculo natural de proteção da praia contra os processos erosivos. A Praia de Paracuru caracteriza-se por uma extensa faixa de praia arenosa intercalada com formações de *beach rocks*, sendo de grande importância para o município no que se refere aos aspectos econômicos, sociais e turísticos (Maia *et al.*, 2005).

Um terminal petrolífero encontra-se estabelecido na enseada da Paracuru, com tubulação para abastecimento de óleo diesel e água potável, e onde existe um tráfego constante de rebocadores e lanchas para transporte de materiais diversos para as 10 unidades de exploração situadas na Bacia do Ceará.

A urbanização da cidade de Paracuru, nos terraços marinhos e pós-praia, associada aos processos de refração de ondas no pontal de arenitos foi responsável por um intenso processo de retrogradação da linha de costa. Além disso, a ampliação da cidade na superfície de deflação eólica limitou a contribuição de sedimentos nas áreas à sotamar (Sousa *et al.*, 2006). A praia de Paracuru é bastante procurada para a prática de esportes como surfe, *kitesurf*, *windsurf*, dentre outros.



**Figura 12: Visão geral da Praia de Paracuru, município de Paracuru, litoral oeste do estado do Ceará.**

O **Domínio Jaibaras** estende-se de Lagoinha, em Trairi, até Jericoacoara, caracterizados por alternância entre altos e baixos estruturais paleozóicos. Os altos estruturais permitem a ocorrência de pontas litorâneas e assim, de campos de dunas que realizam o *bypass*. Os altos estruturais ocorrem também na plataforma continental, que indica a acumulação em maior escala de sedimentos, levando à formação de sequencias de barreiras e flechas, litorâneas entre Itarema e Acaraú (Claudino-Sales, 2007). Neste Domínio as praias de Flecheiras e Preá foram examinadas.

A Praia de Flecheiras (Figura 13) localiza-se no município de Trairi a 124km de Fortaleza aproximadamente. Na faixa de praia compreendida entre Mundaú e Flecheiras, o perfil apresenta extensão média de 90 m e com uma linha de recifes de arenito que a protege da ação erosiva das ondas.

As principais unidades geomorfológicas presentes são: baixos platôs sedimentares sustentados pela Formação Barreiras e, acima desta formação, recobrimdo parte dos platôs, a planície quaternária, com depósitos de várias origens (fluviais, lagunares e, principalmente, eólicos). Os depósitos eólicos formam extensos campos de dunas, que se dispõem entre a faixa de pós-praia e cerca de 10 km em direção ao continente (Carvalho *et al.*, 2008).



**Figura 13: Visão geral da Praia de Flecheiras, município de Trairi, litoral oeste do estado do Ceará.**

A praia do Preá (Figura 14) localizada no município de Cruz que fica cerca de 300km de Fortaleza. Esta praia situa-se no limite leste do Parque Nacional de Jericoacoara.

Nesta praia, os Tabuleiros Pré-litorâneos ocupam uma faixa de larga extensão. Os sedimentos eólicos são a principal unidade geológica do Parque Nacional de Jericoacoara, recobrando sua área e ocorrendo em formas de cordões com direção NE-SW. Podem ser encontradas dunas móveis, semi-fixas e fixas (paleodunas), tendo com fonte de alimentação a Praia do Desterro e Preá. Entre a praia do Preá e Jericoacoara, registra-se a ocorrência de um migmatito no mar, próximo à praia. A ocorrência da ponta de Jericoacoara a oeste favorece a deposição de sedimentos na praia do Preá.

A zona de praia apresenta uma superfície suavemente inclinada em direção ao mar, sem grandes ressaltos topográficos. As praias são do tipo dissipativas, as quais são praias largas, com baixo gradiente topográfico e elevada quantidade de areia, que é transportada e depositada sob a forma de dunas costeiras a sotavento destas praias.



**Figura 14: Visão geral da Praia do Preá, município de Cruz, litoral oeste do estado do Ceará.**

O **Domínio Chaval** estende-se de Jericoacoara até a praia de Bitupitá, no município de Barroquinha, fronteira com o Piauí, igualmente caracterizado por altos e baixos estruturais, ocorrem pontas e flechas litorâneas, mas a principal característica desse domínio é a presença, nos segmentos estruturais deprimidos, dos rios barrados na desembocadura por barras fluviais e nos baixos cursos, por dunas de diversas gerações criando lagoas de grande porte (Claudino-Sales, 2007). Neste Domínio, as praias de Maceió e Bitupitá estão sob análise no presente estudo.

A Praia de Maceió (Figura 15) localiza-se no município de Camocim, distrito de Amarelas, litoral oeste, cerca de 340 km de distância de Fortaleza. A Praia de Maceió localiza-se à margem esquerda do rio Coreau, que divide o município ao meio.

Na foz do Rio Coreau, afloram na forma de falésias os depósitos da Formação Camocim. São observados contatos bruscos dos conglomerados que compõem essa formação, passando a um pacote superior, composto de areias finas com material argiloso inconsolidado não estratificado. Os Tabuleiros Pré-litorâneos ocupam uma faixa de larga extensão nesta parte do litoral do Ceará

A faixa de praia exposta apresenta plataformas de abrasão e pontais rochosos associados às Rochas da Formação Camocim e rochas de praia de idade holocênica. A linha de costa do Município de Camocim é caracterizada pela sucessão de enseadas abertas limitadas por pontas rochosas com erosões localizadas e controladas pela alternância sazonal do clima de ondas. Apesar da boa disponibilidade de sedimentos e das características de praias dissipativas, foram observados processos de erosão da pós-praia da localidade de Maceió com destruição de barracas, associados principalmente as correntes de marés.



**Figura 15: Visão geral da Praia de Maceió, município de Camocim, litoral oeste do estado do Ceará.**

A praia de Bitupitá (Figura 16) está localizada no município de Barroquinha, última praia do litoral oeste do Ceará, fronteira com Piauí. Está distante 400km de Fortaleza,

A porção de litoral Extremo Oeste entre Jericoacoara e Bitupitá (fronteira com o Piauí), não está afetada por erosão, pois é caracterizada por grandes formações de dunas móveis e fixas, pouca urbanização, vento muito forte, mas ondas pequenas.

A linha de costa do litoral de Bitupitá é caracterizada por praias dissipativas, expostas, bordejadas por amplos terraços marinhos e dunas frontais que atuam no aporte de sedimentos direto na praia.



**Figura 16:** Visão geral da Praia de Bitupitá, município de Barroquinha, litoral oeste do estado do Ceará, fronteira com Piauí.

### **Considerações Climáticas e Oceanográficas**

Na zona costeira e litorânea cearense, a dinâmica atual é caracterizada pela ocorrência de precipitações elevadas, em torno de 800 e 1500mm anuais na faixa litorânea, e entre 750 e 1000 mm na área costeira mais interiorizada. Em função das oscilações da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, responsável pela penetração de massas de ar úmidas no estado, elas concentram-se largamente no primeiro semestre do ano. Tal fato confere a muitos setores costeiros e litorâneos um comportamento tendendo à semiaridez durante o segundo semestre do ano, momento em que a ZCIT migra para o Hemisfério Norte (Claudino-Sales, 2007).

Quanto ao regime eólico, ele é controlado basicamente pelos ventos alísios, que atingem a costa vindos do quadrante leste. No primeiro semestre do ano dominam os alísios de NE, que se deslocam a velocidades de 4 m/s em média; no segundo semestre, com média de 7 m/s (Claudino-Sales, 2007).

Na faixa litorânea, a dinâmica é controlada pelas marés, ondas e correntes litorâneas. As marés são semi-diurnas, ocorrendo preamar e baixa-mar duas vezes ao dia,

sendo a cota média das marés altas da ordem de 2m. Ocorrem também ondas do tipo *swell*, formadas no Hemisfério Norte, elas se propagam até a zona litorânea cearense, sobretudo durante os meses de dezembro a março, com direção N. Embora ainda não completamente caracterizadas, essas ondas produzem intensa turbulência no meio litorâneo, sendo responsáveis pelo fenômeno de ampliação da energia erosiva das ondas, verificado, sobretudo, entre os meses de dezembro e fevereiro (Maia, 1998).

Impulsionadas pelos ventos, pelas marés e pelas vagas marinhas, ocorre uma forte corrente marinha próxima à costa, chamada de deriva litorânea, ou corrente longitudinal. A deriva litorânea desloca-se com velocidade média de 0,45m/s, apresentando direção dominante E e SE (Maia, 1998). Ao deslocar-se, a deriva litorânea transporta consigo as areias que se acham em repouso nas praias, na antepraia e na plataforma continental interna.

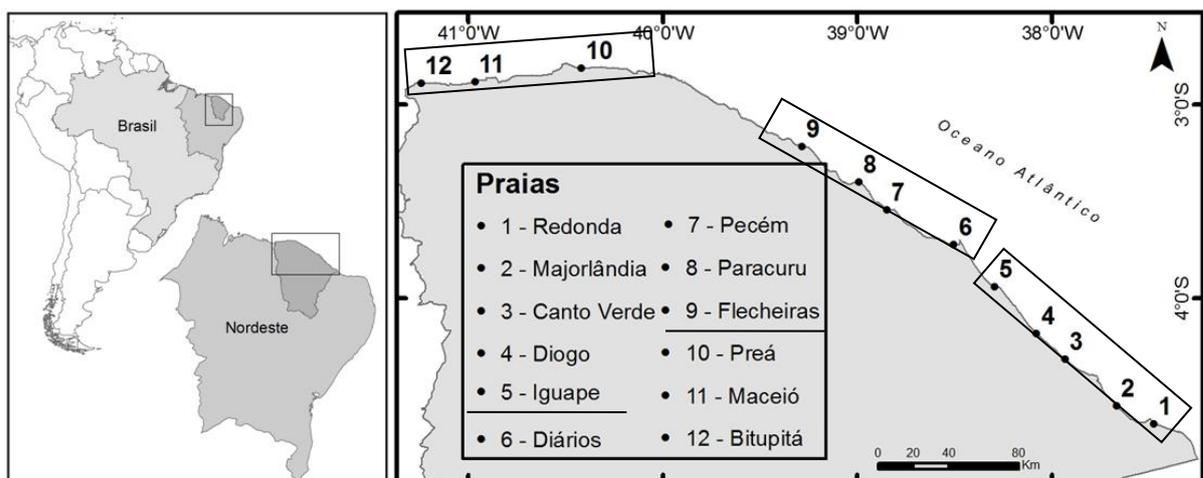
As principais fontes para os sedimentos presentes na deriva litorânea são a erosão natural das falésias, que ocorre, sobretudo, no litoral leste, onde as maiores falésias se concentram, e a erosão natural das praias. O aporte fornecido pelos rios, normalmente considerável em outras regiões litorâneas, é reduzido no litoral do Ceará, face à tendência à intermitência dos cursos d'água e à elevada energia das ondas (Claudino-Sales, 2007).

## Estudo de Campo

Para a realização do presente estudo, o litoral cearense foi dividido então nos três setores sugerido por Bensi *et al.* (2005): extremo oeste, oeste-central e leste. As praias foram estudadas em cada setor conforme listado na Tabela 1 e Figura 17.

**Tabela 1: Localização das praias estudadas no litoral cearense, apresentando seus municípios, coordenadas e setores da costa.**

SETOR	PRAIA	MUNICÍPIO	PONTO
LESTE	1. Redonda	Icapuí	4°38'57.99"S 37°28'27.20"O
	2. Majorlândia	Aracati	4°33'27.90"S 37°40'0.70"O
	3. Canto Verde	Beberibe	4°19'2.50"S 37°55'52.58"O
	4. Diogo	Beberibe	4°11'4.74"S 38° 4'38.29"O
	5. Iguape	Aquiraz	3°56'28.87"S 38°17'33.05"O
OESTE CENTRAL	6. Diários	Fortaleza	3°43'27.59"S 38°30'6.34"O
	7. Pecém	São Gonçalo do Amarante	3°32'36.33"S 38°50'47.33"O
	8. Paracuru	Paracuru	3°24'5.60"S 38°59'23.67"O
	9. Flecheiras	Trairi	3°13'5.91"S 39°17'0.49"O
EXTREMO OESTE	10. Preá	Cruz	2°48'46.02"S 40°24'54.57"O
	11. Maceió	Camocim	2°52'52.59"S 40°57'44.65"O
	12. Bitupitá	Barroquinha	2°53'22.44"S 41°14'22.74"O



**Figura 17: Mapa da localização geográfica das 12 praias estudadas, ao longo do litoral do Estado do Ceará, Brasil.**

As coletas foram realizadas em maré baixa de sizígia e para cada praia foram definidos cinco transectos perpendiculares à praia, distantes 10 m entre si. Somente na praia dos Diários, apenas 3 transectos foram amostrados. Em cada transecto, foram definidos níveis de dez em dez metros, desde a zona de retenção até o limite inferior da zona de varrido. Nas praias de Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Pecém, Flecheiras, Maceió e Bitupitá, 10 níveis ao longo do transecto foram amostrados. Nas praias de Paracuru e Preá, apenas 9 níveis foram considerados. Na praia dos Diários, 7 níveis foram amostrados e finalmente na Praia de Redonda apenas 6 níveis paralelos à praia foram considerados. A numeração dos níveis seguiu ordem crescente em direção à água, sendo o 1 mais distante do mar e o 10 mais próximo à água.

Em cada ponto, foram coletadas 3 amostras distantes 2 m entre si, através de um tubo cilíndrico de PVC de  $H = 15\text{cm}$  e  $\varnothing = 15\text{ cm}$  ( $0,018\text{ m}^2$ ). As amostras foram peneiradas em malha de 0,5 mm, preservadas em álcool 70% e coradas com Rosa Bengala. Em laboratório, as amostras foram triadas e os organismos identificados com auxílio de microscópio estereoscópio.

Para a caracterização da morfodinâmica das praias foram obtidos dados do regime das ondas incidentes, medidas do perfil praial e do sedimento. Cinco amostras de sedimento foram coletadas na região entremarés e uma amostra na zona de surfe, utilizando um cilindro de PVC com 10 cm de diâmetro. As ondas na zona de arrebentação foram avaliadas visualmente. A altura ( $H_b$ ) foi estimada no momento da quebra. O período ( $T$ ) foi medido, com o uso de um cronômetro, como o tempo de passagem de onze cristas consecutivas dividido por dez.

A morfologia das praias foi definida pela obtenção de perfis topográficos abrangendo toda a região entremarés e o início da zona de arrebentação (em marés de sizígia). Realizaram-se 3 perfis em cada praia, com distância de 50m entre si. Para tal foi utilizado nível topográfico e mira. Os perfis abrangeram os limites leste e oeste, bem como o meio da área de coleta.

As amostras seguiram processamento de rotina, sendo secas, peneiradas e classificadas de acordo com a escala de Wentworth (Suguio, 1973). Os dados foram tratados pelo programa SYSGRAN. Foi utilizado para a determinação dos parâmetros estatísticos (expressos em  $\phi = -\log^2$  diâmetro da partícula (mm)) o método dos momentos gráficos proposto por Folk e Ward (1957).

A partir dos dados obtidos foram gerados índices de morfodinâmica como: parâmetro adimensional de Dean ( $\Omega$ ) (Wright e Short, 1984), o RTR (*relative tide range*): Extensão Relativa da Maré (Masselink e Short, 1993) e o BI (*beach index*): Índice da Praia (Mclachlan e Dorvlo, 2005).

### **Análise dos Dados**

Índices descritores da comunidade foram obtidos como diversidade ( $H'$  de Shannon-Wiener), riqueza ( $d$  de Margalef) e equitatividade ( $J'$  de Shannon). Além disso, a riqueza de espécies em cada transecto foi calculada (MSR- *marine species richness*).

Os níveis de coleta paralelos à praia (1 a 10) foram agrupados em Zonas, Z1, Z2 e Z3, a fim de verificar algum padrão de zonação da macrofauna no entremarés, conforme citado por Defeo e Mclachlan (2005).

Para representação e comparação da estrutura da macrofauna bentônica entre as Zonas em cada praia, entre os Setores do litoral cearense e entre os tipos morfodinâmicos das praias, foram empregadas análises de ordenação não métrica (n-MDS) e de agrupamento (CLUSTER) com base em matrizes de similaridade, calculadas a partir dos valores de abundância por táxon identificado, no índice de Bray Curtis e com abundâncias transformadas por raiz quarta (para balancear a contribuição das espécies raras e muito abundantes).

Para checar as possíveis diferenças entre as zonas definidas em cada praia, a análise ANOSIM (uma-via) foi feita, com base no índice de similaridade de Bray Curtis. Quando ANOSIM apresentava resultados significativos ( $R > 0,5$  e  $p < 5\%$ ), a contribuição de cada espécie para a dissimilaridade média entre as Zonas foi determinada através da análise do SIMPER. Todas as análises anteriores foram realizadas a partir do programa PRIMER v6.

Como as variáveis não atenderam aos pressupostos paramétricos de normalidade e homogeneidade, para checar as diferenças entre os descritores da comunidade foi realizada a análise de variância não-paramétrica Kruskal-Wallis (uma via) entre as zonas da praia e entre os setores da costa separadamente. Quando significativo, o teste de comparação múltipla foi realizado para definir as diferenças dentro dos fatores. Análises de regressão e correlação de Spearman entre os descritores e as variáveis ambientais foram também realizadas. Todos os resultados foram gerados a partir de rotinas do programa Statistica 7.0.

Para checar a influência das variáveis ambientais sobre a estruturação da macrofauna foi empregada à análise BIOENV e LINKTREE com a matriz de similaridade (Bray-Curtis) da macrofauna e a matriz das variáveis ambientais com base na Distância euclidiana. Essa análise foi computada utilizando o programa Primer 6.0.

Os dados de riqueza e densidade total e em cada grupo taxonômico foram plotados em um mapa do litoral do estado do Ceará utilizando as coordenadas geográficas através do programa Arcgis9.3.

Por fim, através do programa Primer 6.0, estimadores extrapolativos não-paramétricos de riqueza de espécies Chao 1 e Jackknife 1 foram calculados para cada praia e comparados com os dados observados.

### **Revisão Sistemática de Literatura e Meta-análise**

A revisão sistemática da literatura especializada ocorreu mediante uma busca via Internet às bases eletrônicas de dados: web of science, Direct science, e Scielo, a partir do cruzamento de palavras-chave para o levantamento de artigos indexados em periódicos e relacionados ao tema *macrofauna bentônica em praias arenosas*. Além dos artigos obtidos das bases de dados, foram consideradas também a literatura cinza como dissertações, teses e relatórios técnicos, que atendessem também aos critérios definidos para a busca.

Os critérios definidos para a busca bibliográfica foram:

1. Estudos de praias arenosas tropicais oceânicas, considerando os limites geográficos de 23° de latitude norte e sul;
2. Caracterização da macrofauna bentônica intermareal quanto à riqueza de espécies;
3. Praias com morfodinâmicas conhecidas e
4. Estudos que apresentem caracterização granulométrica, pelo menos o tamanho médio do grão.

Após análise dos artigos obtidos, foram selecionados 9 trabalhos, os quais foram lidos integralmente e qualificados, visando precisar sua qualidade metodológica. Seguindo-se

este procedimento, foram obtidos dados de 107 praias tropicais, que juntamente com as 12 praias no presente estudo, totalizaram 119 praias.

Através da técnica estatística de meta-análise, os dados obtidos destes estudos foram analisados comparativamente entre si e, posteriormente, considerando os dados obtidos no presente estudo. Os dados foram padronizados e análises de regressão linear e correlação entre riqueza e tamanho médio do grão. Quando obtidos dados mensais de riqueza, foi tirada a média por cada praia. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa Statistica7.0.

## RESULTADOS

---

### CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS PRAIAS CEARENSES

As praias arenosas cearenses apresentaram diferentes feições ambientais, apresentando-se de forma particular. Estas variações ocorreram tanto nas feições praias, quanto na biota.

A praia com menor extensão da zona entremarés foi a praia dos Diários (55,1 m) e a de maior largura foi Bitupitá (268,8m). Estas mesmas praias também apresentaram as maiores e menores declividades dentre as praias estudadas, respectivamente. Assim, a praia dos Diários foi considerada a mais íngreme ( $\beta=0,092$ ) e Bitupitá a mais plana ( $\beta=0,014$ ). Quanto à granulometria, os dados revelam que as praias variaram de areia média, nas praias de leste a areia fina nas praias do oeste. O tamanho médio do grão variou de a 383  $\mu\text{m}$  (Redonda) a 96 $\mu\text{m}$  (Bitupitá). A altura média das ondas ficou entre 10cm (Bitupitá) a 107cm (Pecém), enquanto o período esteve entre 3s e 10,2s (praias de Majorlândia e Canto Verde, respectivamente).

Como o RTR (Alcance Relativo da Maré) foi maior que 3 nas praias estudadas (em Pecém o RTR foi 2,8, mas será considerado igual a 3 por arredondamento) indicando que as marés passam a ter uma contribuição importante na morfodinâmica praial. Assim, o parâmetro de Dean ( $\Omega$ ) isoladamente não reflete as condições da morfodinâmica praial, sendo mais indicado, portanto, a combinação dos índices RTR e  $\Omega$  para encontrar as feições morfodinâmicas da praia. De acordo com estes dois índices a maior parte das praias estudadas apresentam caráter mais dissipativo, como Pecém (dissipativo); Majorlândia, Preá e Maceió (ultradissipativo) e Bitupitá (Planície de Maré).

Ao longo destas 12 praias estudadas, um total de 58 espécies foi encontrado, somando um número de 6.064 indivíduos. Destas, a praia de Pecém tem um destaque com a maior abundância (1.780 indivíduos), seguida da praia de Maceió com 1.229 indivíduos.

A Tabela 2 apresenta a lista das espécies encontradas e seus respectivos dados de abundância absoluta em cada praia de coleta:

Tabela 2: Lista das espécies da macrofauna bentônicas e suas respectivas abundâncias absolutas e totais nas 12 praias estudadas no litoral do Ceará.

Táxon	Redonda	Majorlândia	Canto Verde	Diogo	Iguape	Diários	Pecém	Paracuru	Flecheiras	Preá	Maceió	Bitupitá	Total geral
<b>Poliquetas</b>													
<i>Scolelepis</i> sp.	13	4	62	1	1	10	1486	98	14	24	447	87	2247
Paraonidae	56	33	19	0	4	1	2	8	4	12	609	150	898
<i>Hemipodia californiensis</i>	1	54	61	39	1	0	128	3	12	148	45	84	576
Syllidae	2	23	0	435	60	0	2	3	1	0	6	1	533
Orbiniidae	0	2	0	1	0	0	3	10	0	134	13	51	214
<i>Dispia</i> sp.	0	2	34	0	0	1	0	50	2	8	1	0	98
Capitellidae	1	0	0	0	0	0	1	20	0	2	0	4	28
<i>Onuphis cf eremita</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	11	15
Lumbrineridae	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	3	8
Spionidae	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	1	5
Goniadidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
<i>Grubeulepis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4
Oeonidae	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Amphinomidae	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Nereididae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Nephtyidae	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Pisione</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Paraonidae sp2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Polidora</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Poliqueta	1	4	2	6	1	0	2	3	0	2	5	0	26
<b>Moluscos</b>													
<i>Donax striatus</i>	77	47	64	15	11	5	67	32	16	16	40	27	417
<i>Donax gemmula</i>	43	18	39	9	0	3	4	0	17	139	43	39	354
<i>Donax variabilis</i>	13	14	0	1	0	1	16	14	56	0	0	1	116
<i>Tivela mactroides</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	9	6	7	24

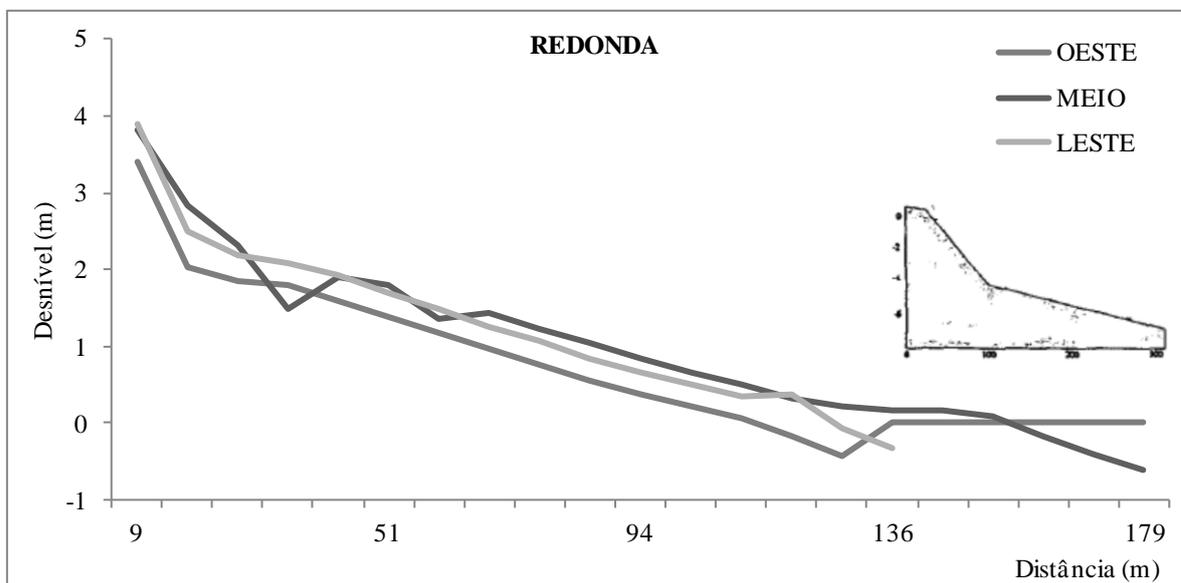
<i>Olivella minuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16
<i>Strigilla mirabilis</i>	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	7
<i>Strigilla pisiformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Lepton lepidum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Abra aequalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<b>Crustáceos</b>													
<i>Bowmaniella</i> sp.	0	0	12	38	13	0	6	0	5	0	0	0	74
<i>Excirolana braziliensis</i>	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	1	0	38
<i>Bathyporeiapus ruffoi</i>	0	0	0	0	3	0	29	0	0	0	0	0	32
<i>Metamysidopsis</i> sp.	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
<i>Austinixa</i> sp.	0	4	0	0	0	1	2	11	0	2	6	4	30
<i>Bathyporeiapus bisetosus</i>	0	0	1	7	1	0	11	3	0	0	0	0	23
<i>Cheus</i> sp.	0	0	17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	19
<i>Excirolana armata</i>	0	0	0	4	0	0	0	1	2	0	0	0	7
Caridea	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4
Brachyura	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4
<i>Lepidopa</i> sp.	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4
<i>Phoxocephalopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3
<i>Macrochiridotea</i> sp.	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Callichirus major s.l.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Promysis</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Corophiidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Hyllidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Amphipoda	0	0	6	8	0	2	6	3	13	0	0	0	38
Mysidacea	0	2	0	6	6	1	2	0	0	0	1	3	21
Crustacea	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
Isopoda	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
Cumacea	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
<b>Equinodermos</b>													

<i>Mellita quinquiesperforata</i>	0	5	9	7	0	0	3	0	0	6	0	0	30
<b>Outros</b>													
Nemertea	5	2	13	11	21	1	4	0	1	9	1	10	78
Chaetognata	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Sipuncula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Picnogonida	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Cephalochordata	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Total geral</b>	<b>222</b>	<b>219</b>	<b>420</b>	<b>595</b>	<b>125</b>	<b>26</b>	<b>1780</b>	<b>289</b>	<b>145</b>	<b>517</b>	<b>1229</b>	<b>497</b>	<b>6064</b>

## REDONDA

### Caracterização da Praia

Na área escolhida para coleta neste estudo, a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 147,3m. No perfil, observa-se a formação de um terraço de baixamar, com a formação de uma cava próxima à quebra do terraço. O perfil é plano com desnível de 1m vertical a cada 35,5m horizontais, refletindo uma declividade de 0,03 (Figura 18). A altura de onda foi de 41,8cm e o período de 5s. A granulometria apresentou predomínio de areia média, (1,38 phi), pobremente selecionada. O RTR foi de 7,9 e o parâmetro de Dean foi de 1,5, correspondendo a praias de Terraço de baixa-mar.



**Figura 18:** Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Redonda, litoral leste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Terraço de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993).

Na praia de Redonda foi possível observar visualmente pelas imagens e pelo perfil da praia características típicas de praia de mesomaré, na qual durante a preamar a praia está sob domínio mais reflectivo e na baixamar, o terraço plano é exposto no entremarés, com declividade suave e características mais dissipativas (Figura 19).

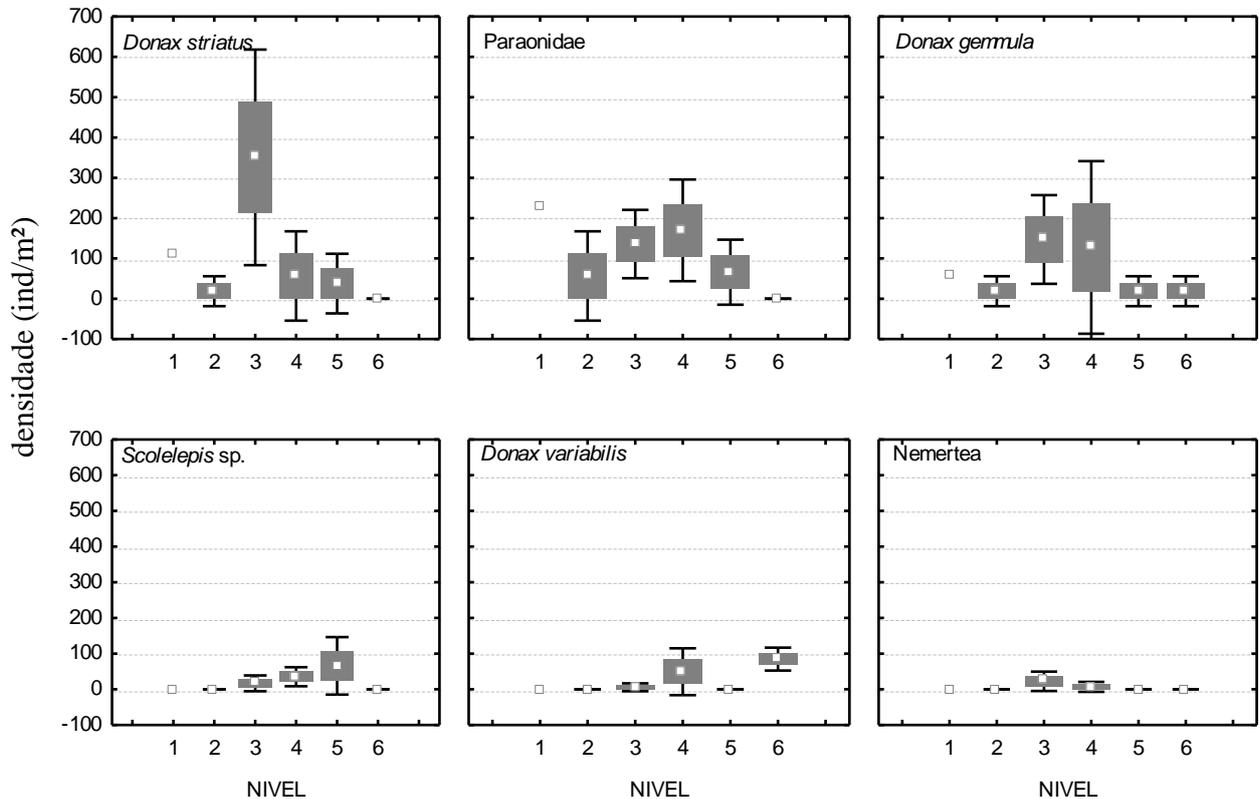


**Figura 19:** Imagens da área de coleta na Praia de Redonda, litoral leste do estado do Ceará. a) b) c) visão geral da área de coleta; d) visualização da umidade na praia; e) separação visual entre as zonas seca e úmida; f) detalhe da praia durante maré alta.

### **Caracterização da Macrofauna Bentônica**

Na praia de Redonda, 90 amostras da macrofauna bentônica foram coletadas, abrangendo a soma de 222 organismos, pertencentes a 18 táxons. Os táxons mais abundantes foram o molusco bivalve *Donax striatus* (119,1 ind/m<sup>2</sup>), o poliqueta Paraonidae (102,8 ind/m<sup>2</sup>) e o também bivalve *Donax gemmula* (77,4 ind/m<sup>2</sup>), as quais corresponderam a 77,9% da densidade de todas as espécies que ocorreram nesta praia. Outras espécies típicas de praias

arenosas também ocorreram como *Donax variabilis*, *Scolelepis* sp., assim como, indivíduos do grupo Nemertea (Figura 20). Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef intermediário ( $d=3,1$ ) (i.e.  $2 < d < 5$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) também foi intermediária de 0,62. A diversidade de Shanonn ( $H'$ ) foi 1,8.



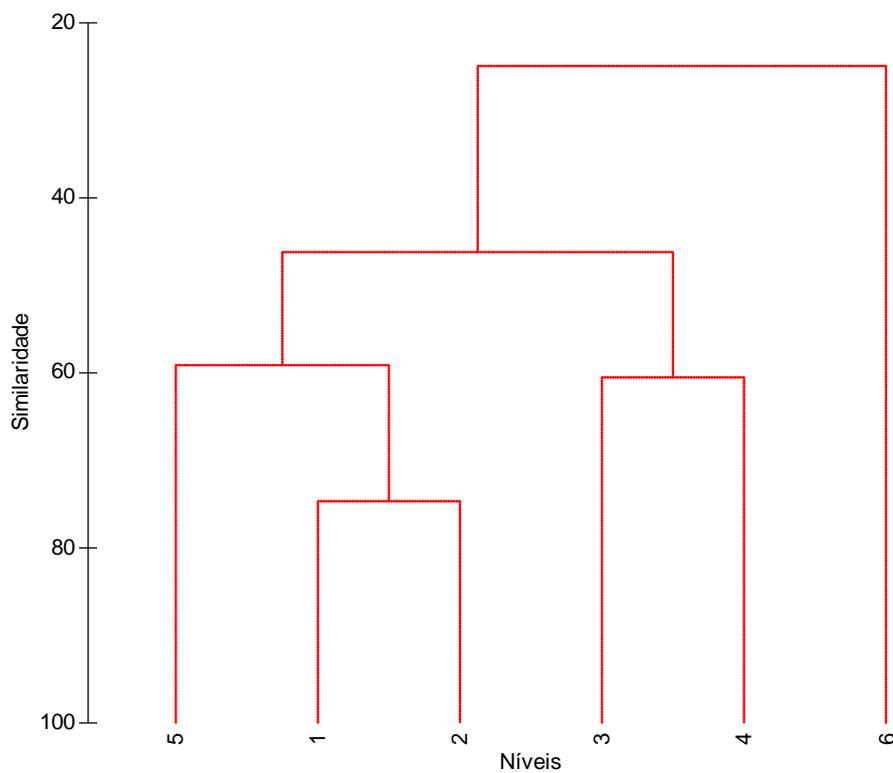
**Figura 20:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Redonda, litoral leste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (┌) 1.96\*Erro Padrão.

Embora não coletadas pelo amostrador, nesta praia foram visualizadas grandes densidades de bolacha da praia, o equinodermo *Mellita quinquesperforata* na faixa entremarés (Figura 21).

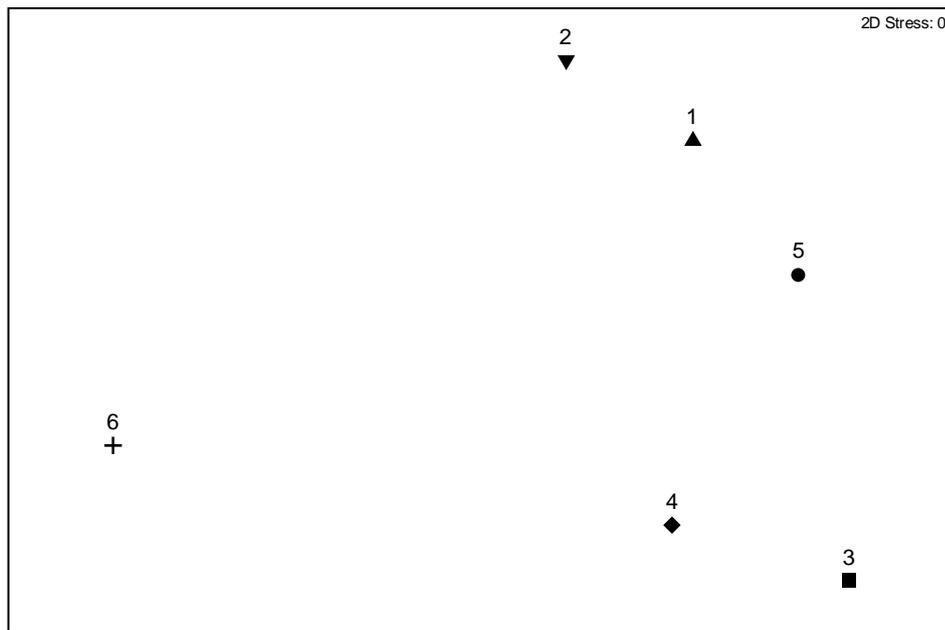


**Figura 21:** Imagens da ocorrência do equinodermo *Mellita quinquesperforata* na zona entremarés da praia de Redonda, litoral leste do Ceará.

Na praia de Redonda, devido a dificuldades no tempo de coleta, apenas 6 níveis paralelos à praia foram amostrados. A partir das análises de agrupamento (Cluster) (Figura 22) e ordenamento (n-MDS) (Figura 23) abaixo, percebe-se que os níveis não diferiram entre si, formando uma zona única na praia. A ocorrência de zonas foi testada através do SIMPROF, que não mostrou uma separação significativa entre os grupos ( $\pi=4,99$ ;  $p=6,8\%$ ).

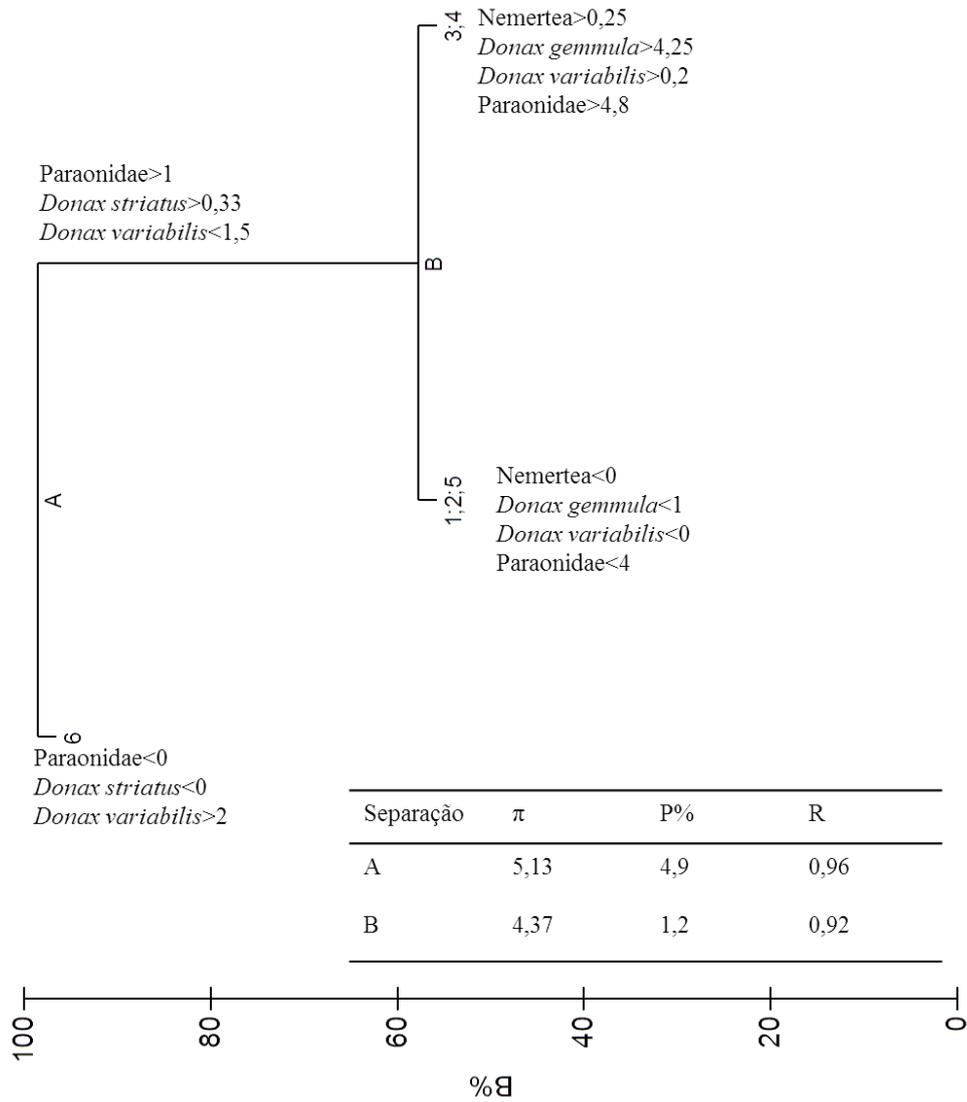


**Figura 22:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 6) da macrofauna bentônica na Praia de Redonda, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{x}$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $P<0,05$ ) pelo SIMPROF.



**Figura 23: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 6) da macrofauna bentônica na Praia de Redonda, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{x}}$ .**

De acordo com a análise LINKTREE as espécies que destacaram cada nível estão destacadas abaixo (Figura 24). A presença do molusco bivalve *Donax variabilis* (>2 indivíduos), juntamente com a ausência do poliqueta Paraonidae e do molusco bivalve *Donax striatus* destacaram o nível 6 dos demais. Os níveis 3 e 4 se destacaram pela maior abundância de Nemertea (>0,25 indivíduos), dos donacídeos *Donax gemmula* (>4,25 indivíduos) e *Donax variabilis* (>0,2 indivíduos) e do poliqueta Paraonidae (>4,8 indivíduos).

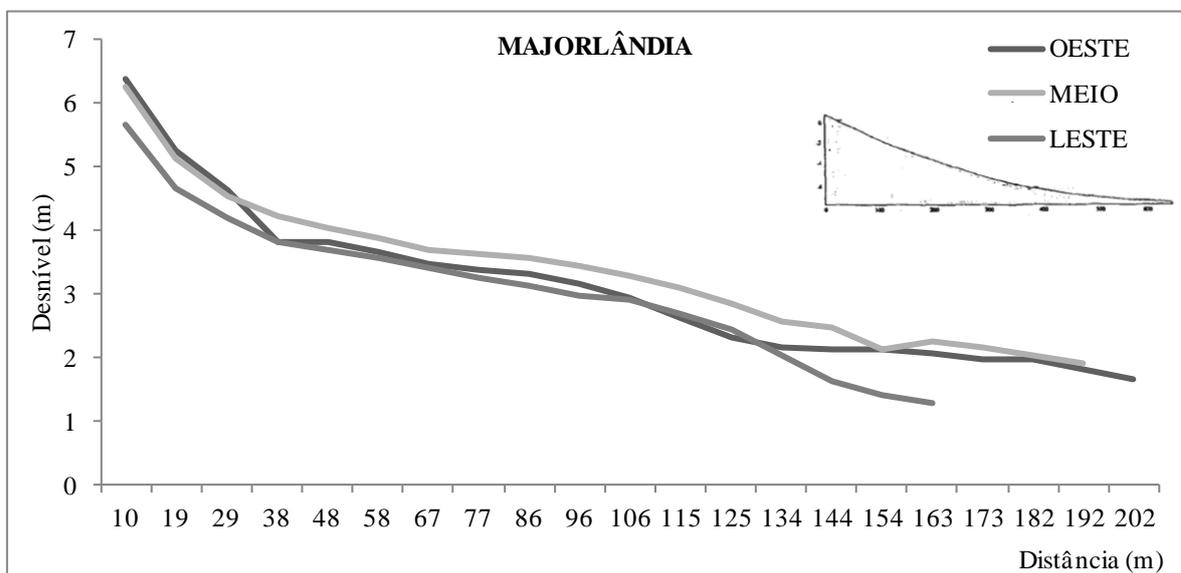


**Figura 24:** Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Redonda a partir da composição das espécies. Para cada partição binária (A e B) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.

## MAJORLÂNDIA

### Caracterização da Praia

Na área de coleta, a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 185,6 m. O perfil apresenta inclinação suave, com formação de algumas cavas ao longo do entremarés. O desnível foi de 1m vertical a cada 41,5 m horizontais, representando uma declividade de 0,02 (Figura 25). A altura de onda foi de 44,8 cm e o período de 3s. A granulometria correspondeu de areia fina, (2,0 phi), moderadamente selecionada. O RTR foi 7,4, que juntamente com o parâmetro de Dean de 4,7, corresponde à praia do tipo morfodinâmico ultradissipativo.



**Figura 25: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Majorlândia, litoral leste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil ultradissipativo sugerido por Masselink e Short (1993).**

Na praia de Majorlândia, observou-se visualmente a diferenciação em uma zona mais seca e uma zona úmida, com um mosaico de umidade na praia. Observou-se a formação de pequenos bancos transversais, que promoveram leves escoamentos de água durante a maré baixa e uma heterogeneidade espacial com relação à umidade. Durante a maré alta, a zona de arrebenção alcança a região da praia mais íngreme e mais próxima à falésia, aumentando a incidência das ondas na face da praia. Esta característica é típica de regiões de mesomacromarés, com características reflectivas na maré alta e dissipativa na maré baixa (Figura 26).

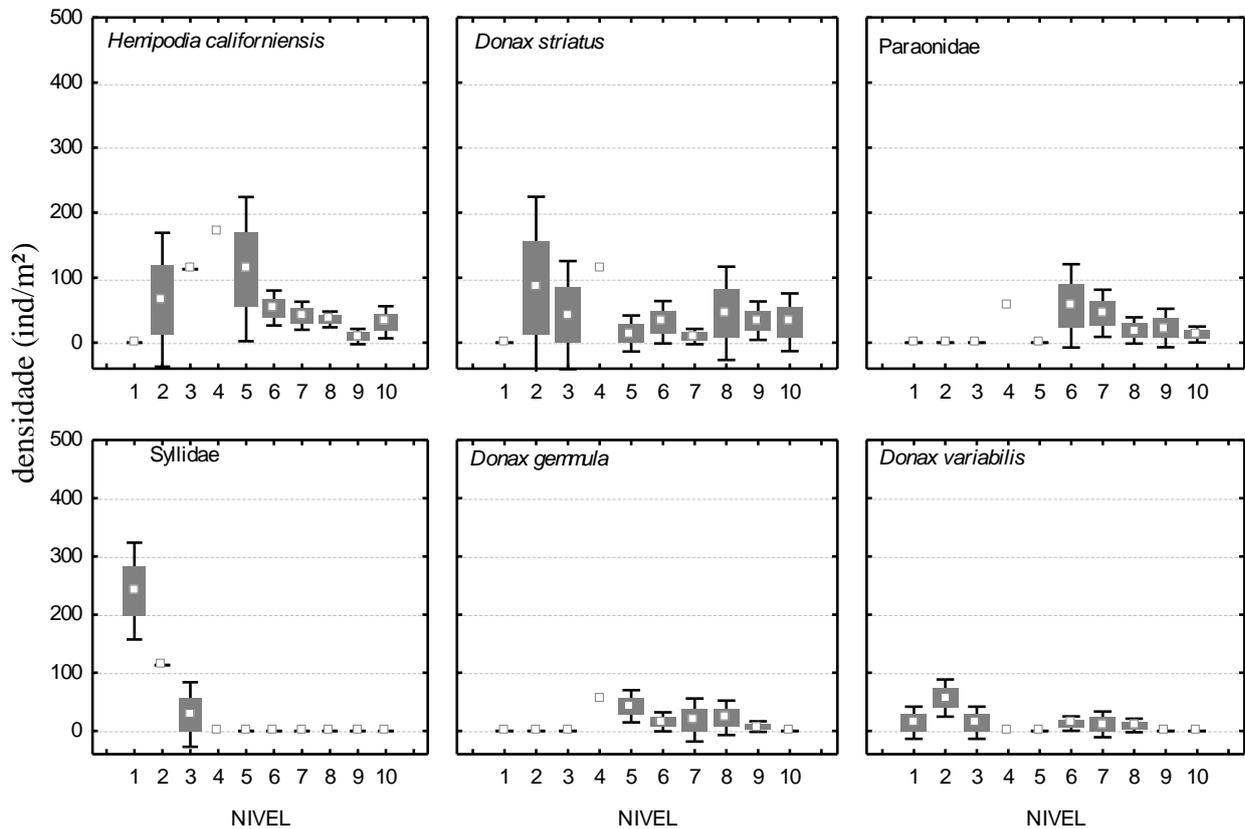


Figura 26: Imagens da área de coleta na Praia de Majorlândia, litoral leste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia; c) d) detalhe do mosaico de umidade formado; e) separação visual da zona seca e zona úmida na praia; f) detalhe da praia durante maré alta.

### Caracterização da Macrofauna Bentônica

Foram coletadas 150 amostras da macrofauna bentônica, que totalizaram 219 organismos em 19 táxons. Os táxons mais abundantes foram o poliqueta carnívoro *Hemipodia californiensis* (48,7 ind/m<sup>2</sup>), o bivalve *Donax striatus* (35,9 ind/m<sup>2</sup>) e os poliquetas da família Syllidae (28,3 ind/m<sup>2</sup>) e Paraonidae (22,5 ind/m<sup>2</sup>) totalizando 74,2% da densidade de todas as espécies que ocorreram nesta praia. Outras espécies de *Donax* como *D. gemmula* e *D.*

*variabilis* também estiveram presentes (Figura 27). Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef intermediário ( $d=3,3$ ) (i.e.  $2 < d < 5$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) também foi intermediária de 0,74. A diversidade de Shanonn ( $H'$ ) foi 2,2.



**Figura 27:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Majorlândia, litoral leste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊢) 1.96\*Erro Padrão.

Na praia de Majorlândia, os 10 níveis da praia foram amostrados. A partir das análises de agrupamento (cluster) (Figura 28) e ordenamento (n-MDS) (Figura 29) abaixo, percebe-se a formação de duas zonas. Os níveis mais superiores da praia, 1, 2 e 3, formam um grupo, sendo denominado de Z1, e os demais níveis se agruparam formando a Z2. Possivelmente acompanhando a característica visual da praia, com uma zona mais seca nos níveis mais superiores e uma zona mais úmida no terraço.

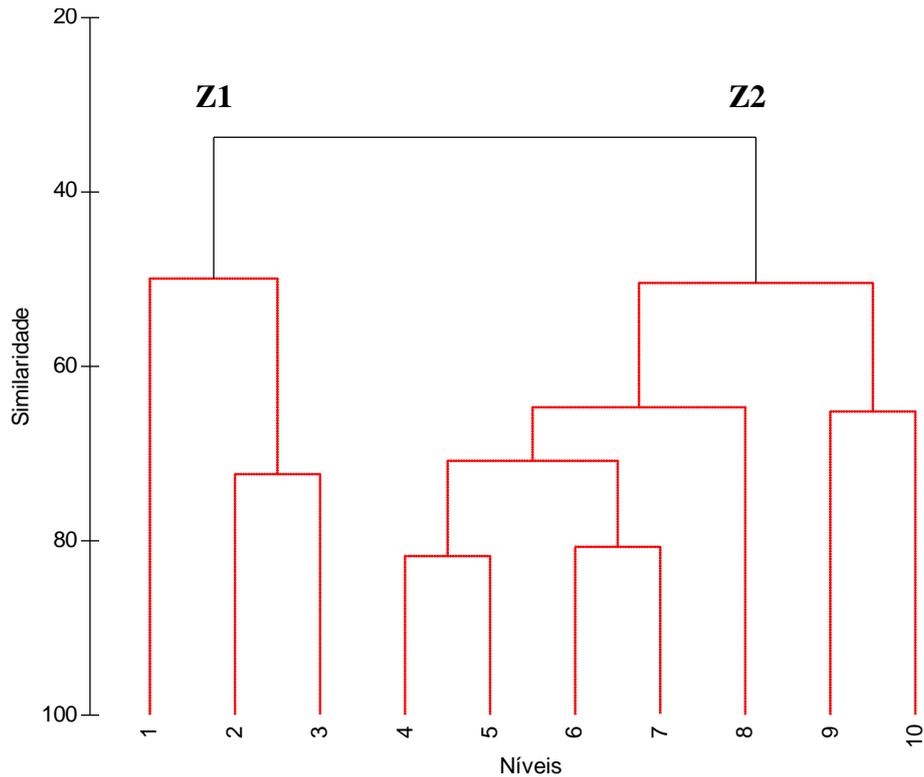


Figura 28: Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10), agrupados em duas zonas Z1 e Z2, da macrofauna bentônica na Praia de Majorlândia, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ , em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $P < 0,05$ ) pelo SIMPROF.

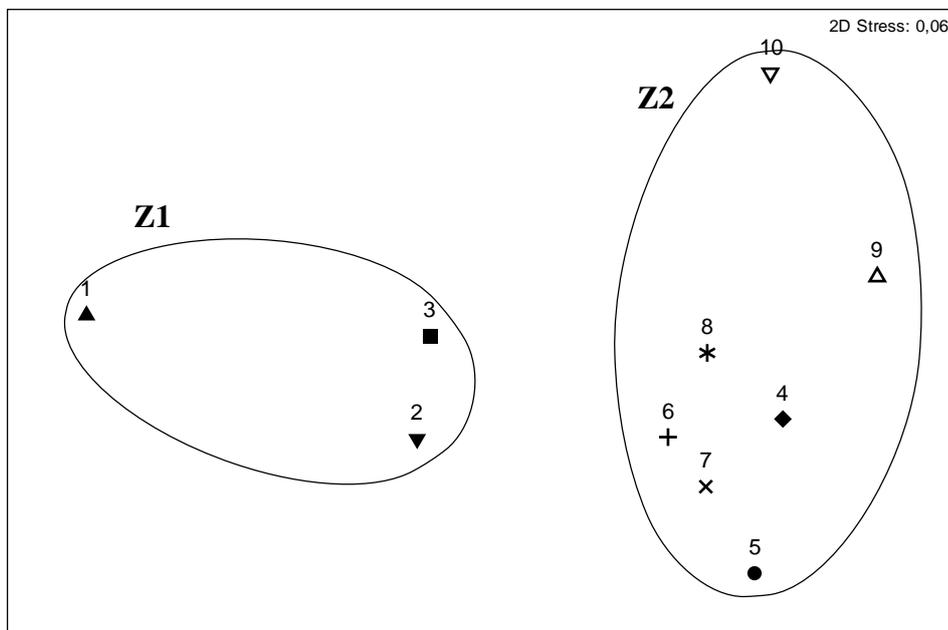
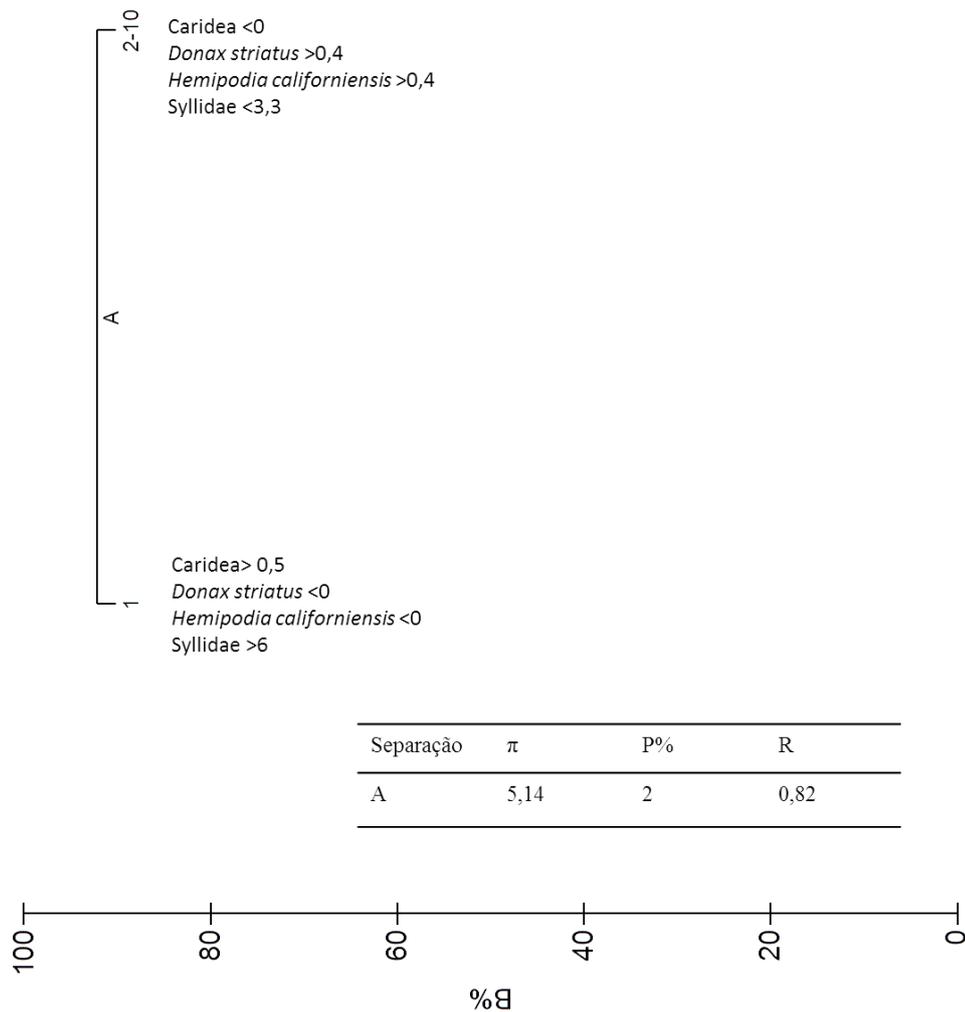


Figura 29: Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Majorlândia, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 40%.

De acordo com a análise LINKTREE, a praia de Majorlândia apresentou também a formação de duas zonas. No entanto, o agrupamento dos níveis diferiu dos resultados demonstrados pelo CLUSTER. Nessa análise, o nível 1 se destacou dos demais pela presença do crustáceo Caridea (>0,5 indivíduos) e pela maior presença dos poliquetas da família Syllidae (>6 indivíduos). A presença do molusco bivalve *Donax striatus* (>0,4 indivíduos) e do poliqueta glicerídeo *Hemipodia californiensis* (>0,4 indivíduos) destacaram a formação da zona dos níveis 2 a 10 (Figura 30).

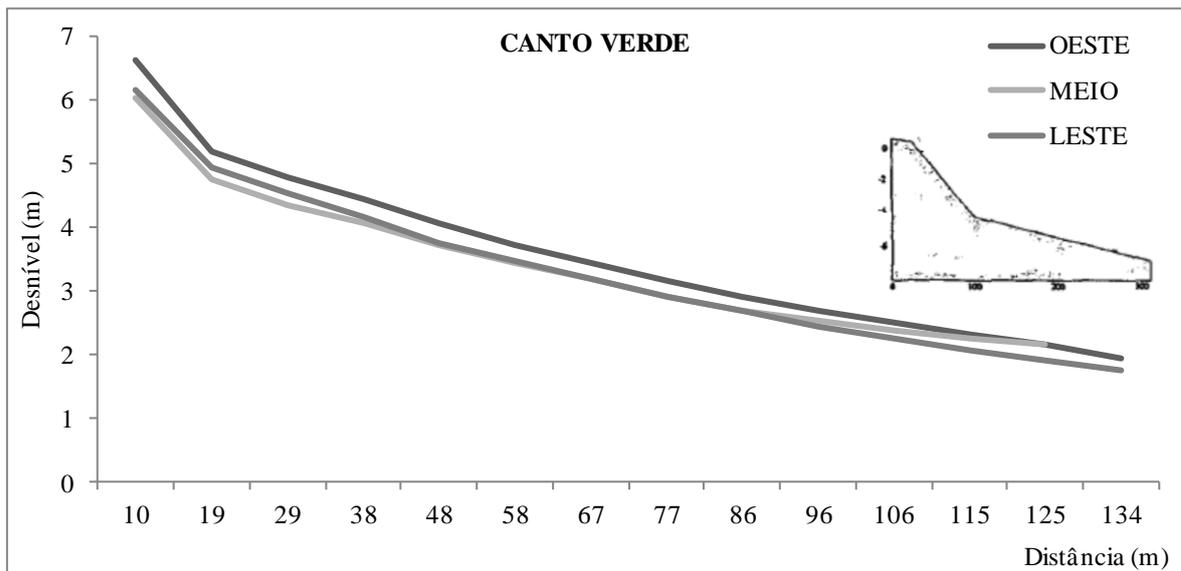


**Figura 30:** Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Majorlândia a partir da composição das espécies. Para cada partição binária (A) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.

## PRAINHA DO CANTO VERDE

### Caracterização da Praia

Na área de coleta, a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 122,9m. O perfil apresentou-se em forma de terraço, com uma inclinação mais suave a partir da quebra do platô. Os três perfis foram bastante homogêneos ao longo da área de coleta. O desnível foi de 1 m vertical a cada 28,4m horizontais, apresentando uma declividade de 0,04 (Figura 31). A altura de onda foi de 37,5 cm e o período de 10,2s. A granulometria correspondeu de areia fina, (2,3 phi), moderadamente selecionada. O RTR foi 7,7, que junto com parâmetro de Dean de 1,5, que corresponde à praia do tipo morfodinâmico Terraço de Baixa-mar.



**Figura 31: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Canto Verde, litoral leste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Terraço de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993).**

Pela Figura 32 abaixo, nota-se visualmente uma grande zona seca, seguida de uma maior zona úmida, no terraço. Nota-se mais uma vez a uniformidade no perfil praiial, sendo evidenciadas poucas irregularidades na praia. Pelas imagens confirma-se uma face de praia relativamente íngreme, seguida de uma plataforma praiial plana, característico de Terraço de Baixa-mar. Durante a preamar a praia se comporta como refletiva, com alturas de onda mais elevadas, por alcançar o domínio mais íngreme da praia.

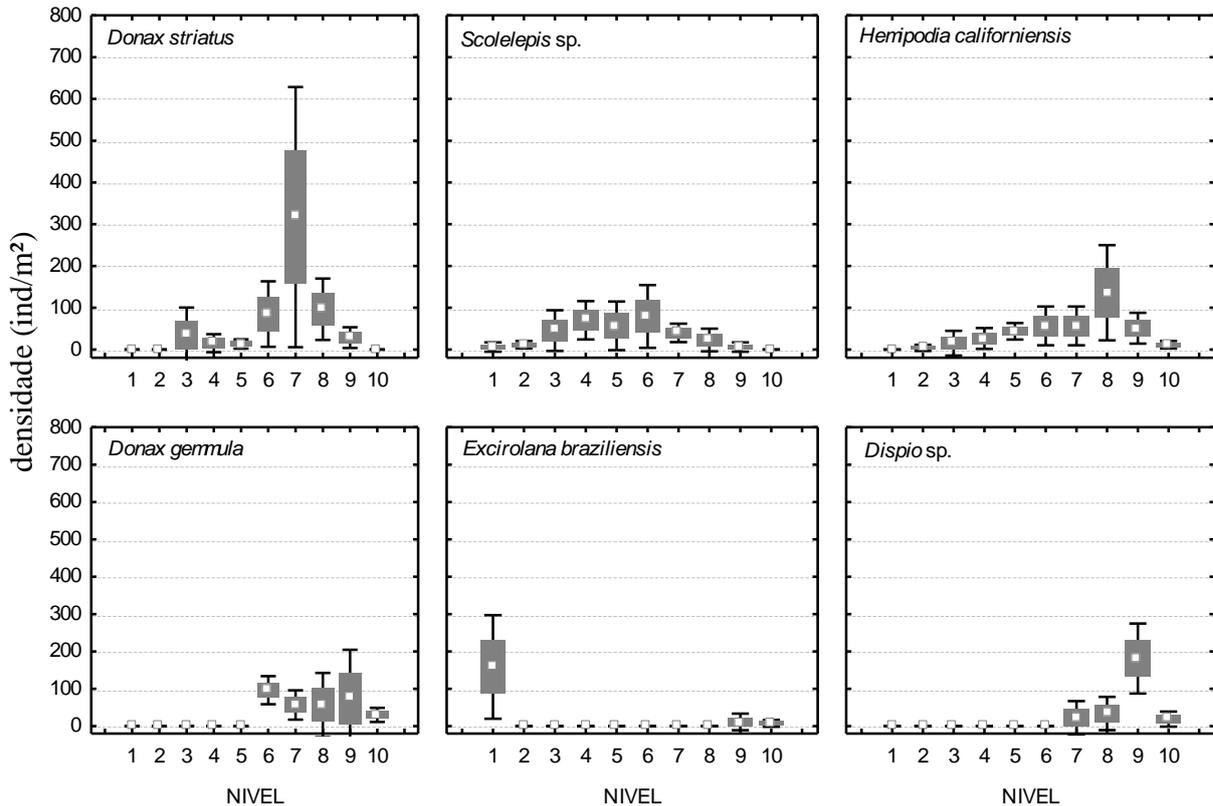


**Figura 32:** Imagens da área de coleta na Praia de Canto Verde, litoral leste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia; c) separação visual da zona seca e zona úmida na praia; d) e) detalhe da umidade no sedimento durante a maré baixa; f) detalhe da zona de varrido da praia.

### Caracterização da Macrofauna Bentônica

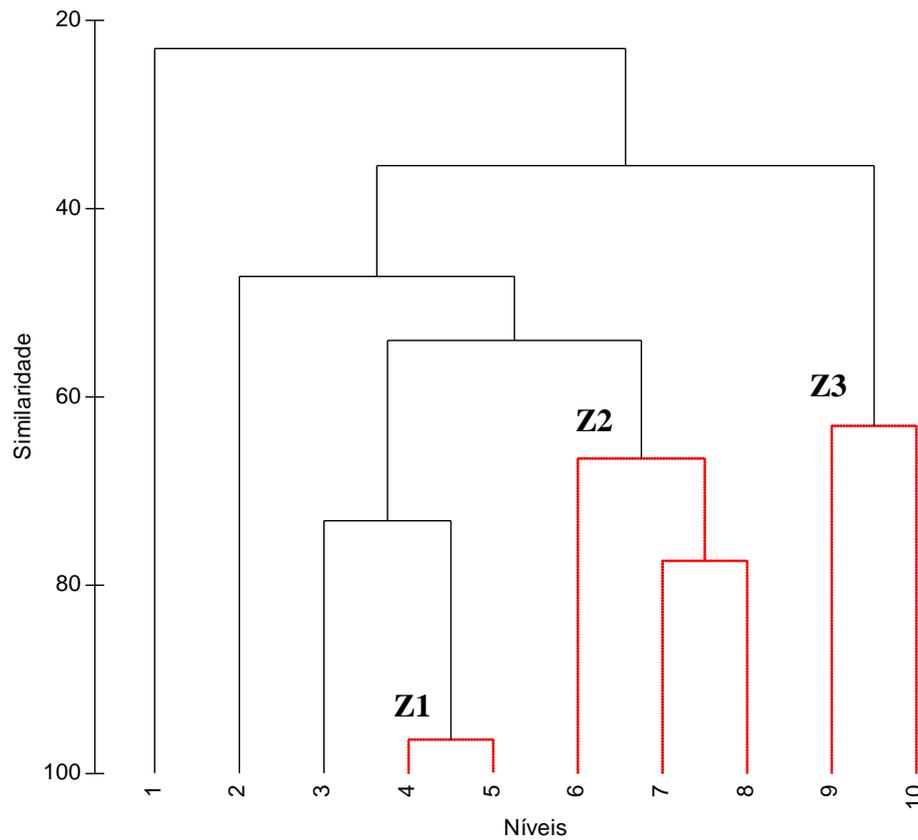
Foram coletadas 150 amostras da macrofauna bentônica, perfazendo uma abundância total de 420, em 25 táxons. As espécies mais abundantes foram o bivalve *Donax striatus* (58,9 ind/m<sup>2</sup>), o poliqueta glicerídeo *Hemipodia californiensis* (40 ind/m<sup>2</sup>), o poliqueta spionidae *Scolelepis* sp. (33,6 ind/m<sup>2</sup>) e o bivalve *Donax gemmula* (31,3 ind/m<sup>2</sup>) totalizando 58,8% da densidade de todas as espécies que ocorreram nesta praia. Outras

espécies como o poliqueta spionidae *Dispio* sp., o crustáceo cirrolanídeo *Excirolana braziliensis* e o crustáceo Mysidacea *Metamysidopsis* sp. também estiveram presentes, somando 80,6% da densidade total (Figura 33). Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef intermediário ( $d=3,9$ ) (i.e.  $2 < d < 5$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) foi de 0,78. A diversidade de Shanonn ( $H'$ ) foi 2,5.

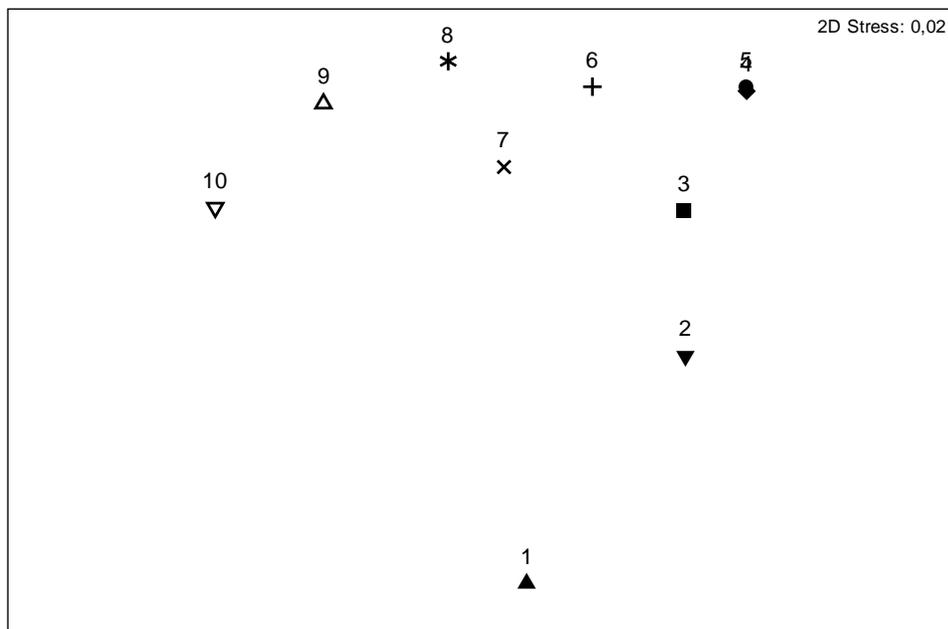


**Figura 33:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Canto Verde, litoral leste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (┌) 1.96\*Erro Padrão.

Na Prainha de Canto Verde, os níveis de coleta paralelos à praia foram 10. A partir das análises de agrupamento (cluster) (Figura 35) e de ordenamento (n-MDS) (Figura 35) abaixo, percebe-se que os níveis superiores formam grupos distintos e os níveis intermediários 4 e 5 (Z1) se agrupam entre si, 6,7 e 8 (Z2) formam mais um grupo e finalmente os níveis mais próximos ao mar, 9 e 10 (Z3), se agrupam.

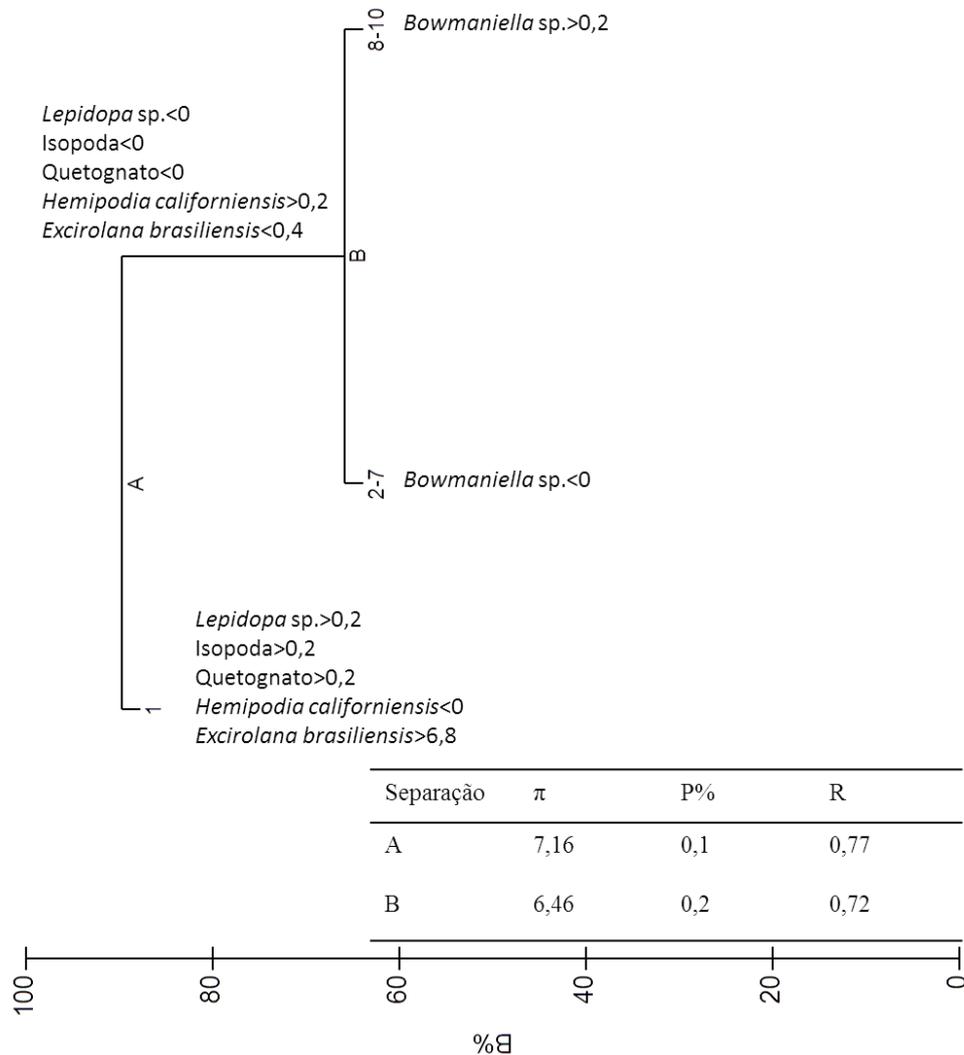


**Figura 34:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Canto Verde, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{}}$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $P < 0,05$ ) pelo SIMPROF.



**Figura 35:** Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Canto Verde, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{}}$ .

Através da análise LINKTREE, a Praia de Canto Verde apresenta a formação de 3 Zonas. A zona mais superior, que abrange apenas o nível 1, é caracterizada principalmente pela presença de crustáceos como o isópoda *Excirolana brasiliensis* (>6,8 indivíduos) e em menor quantidade outros Isópodes, além da ausência do poliqueta *Hemipodia californiensis*. A presença deste poliqueta caracteriza os demais níveis (2 a 10). Uma zona intermediária se formou, abrangendo os níveis 2 a 7, e se caracteriza pela ausência de *Bowmaniella* sp., enquanto os níveis 8 a 10, mais próximos ao mar, são caracterizados pela presença deste misidáceo (>0,2 indivíduos) (Figura 36).

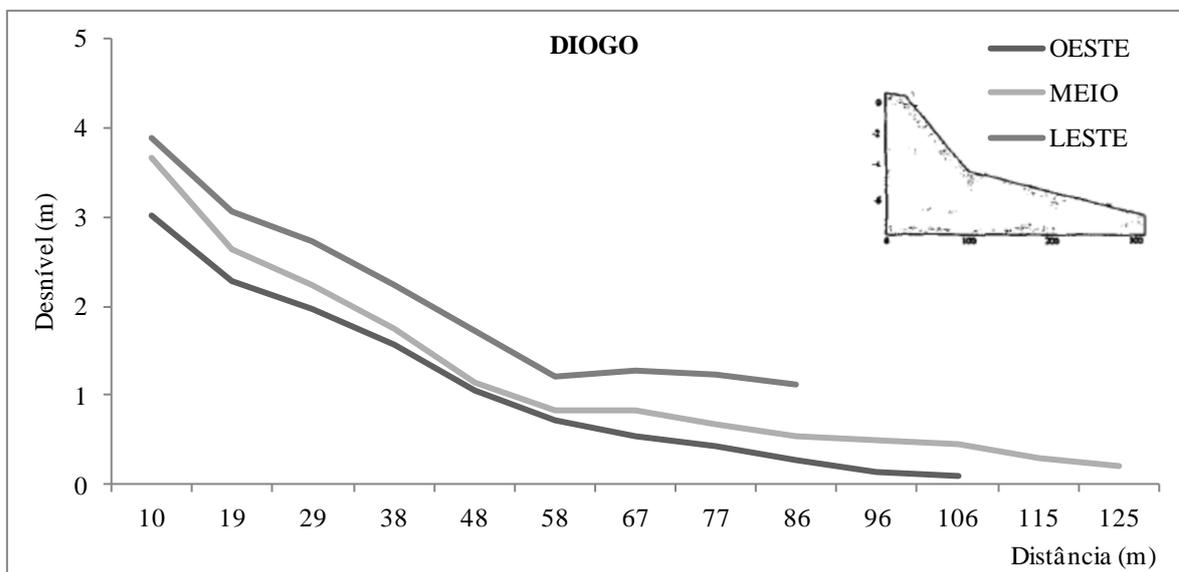


**Figura 36:** Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Canto Verde a partir da composição das espécies. Para cada partição binária (A e B) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.

## PRAIA DO DIOGO

### Caracterização da Praia

Na área de coleta, a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 105,6m. O perfil apresentou duas mudanças de declividade, até formar um platô na porção inferior da praia. O desnível foi de 1m vertical a cada 34,6m horizontais, apresentando uma declividade de 0,03 (Figura 37). A altura de onda foi de 40 cm e o período de 6s. A granulometria correspondeu de areia média, (1,6 phi), moderadamente selecionada. O RTR foi 8, que juntamente com parâmetro de Dean de 1,4, corresponde à praia do tipo morfodinâmico Terraço de Baixa-mar.



**Figura 37: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia do Diogo, litoral leste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Terraço de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993).**

Pela Figura 38 abaixo, nota-se a presença de falésias mortas e vivas próximas à área de coleta. Evidencia-se a formação de um pequeno berma na praia, seguida de uma zona mais seca, devido a uma maior inclinação da praia nesta zona. Pelo perfil praial e pelas imagens percebe-se que a face de praia é relativamente íngreme, seguindo-se a um nível mais plano, que durante a maré baixa, apresenta um relevo de suaves bancos e calhas dispostos paralelamente à praia.

Nesta praia há uma grande influência de água doce proveniente das fontes de água que escoam da falésia, típicas desta praia. Apenas a título de informação, neste setor da praia, em torno de 100m a leste da zona de coleta, estas fontes formam um pequeno um córrego, que

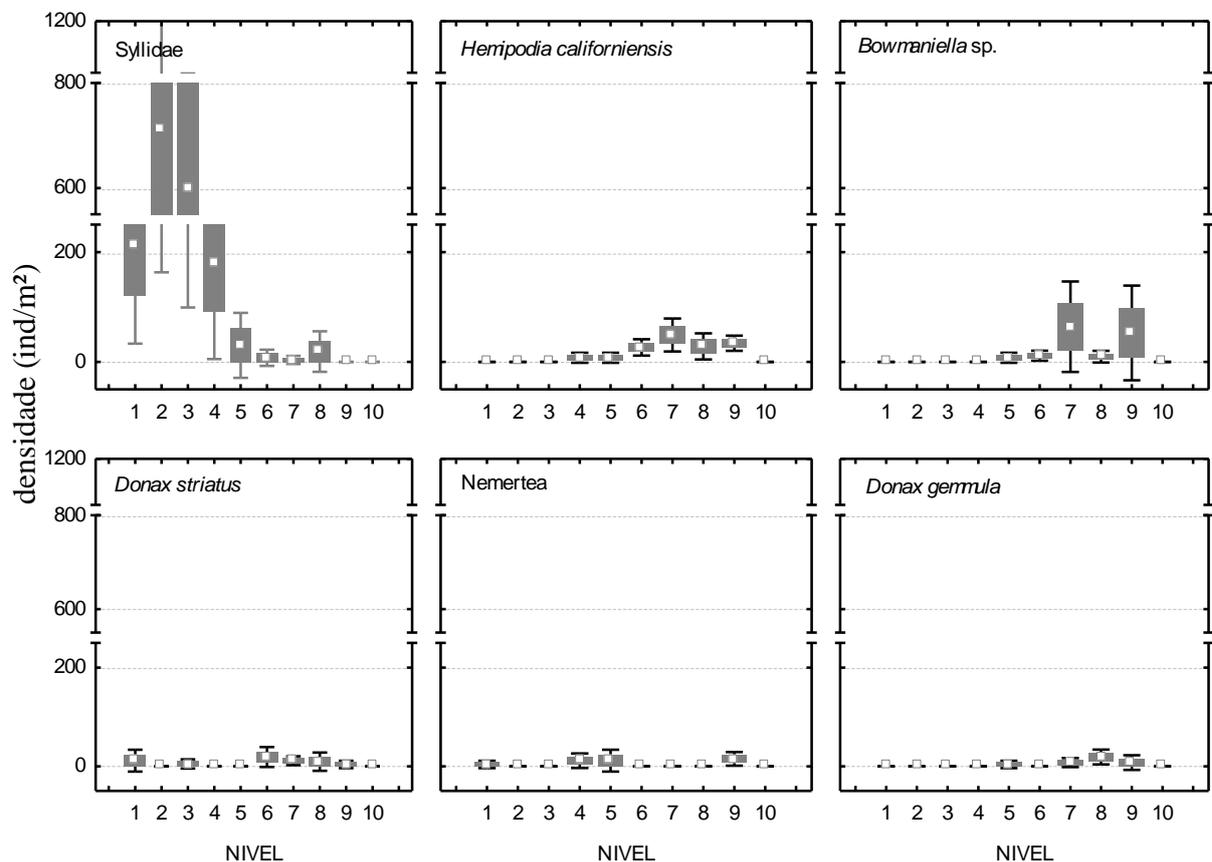
deságua no mar, podendo influenciar na salinidade local do sedimento e, por conseguinte, na composição da macrofauna residente daquela área.



**Figura 38:** Imagens da área de coleta na Praia do Diogo, litoral leste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia; c) detalhe do berma na parte superior da praia d) detalhe do escoamento da água intersticial em direção ao mar; e) detalhe do córrego à direita da zona de amostragem; f) vista geral do mar.

## Caracterização da Macrofauna Bentônica

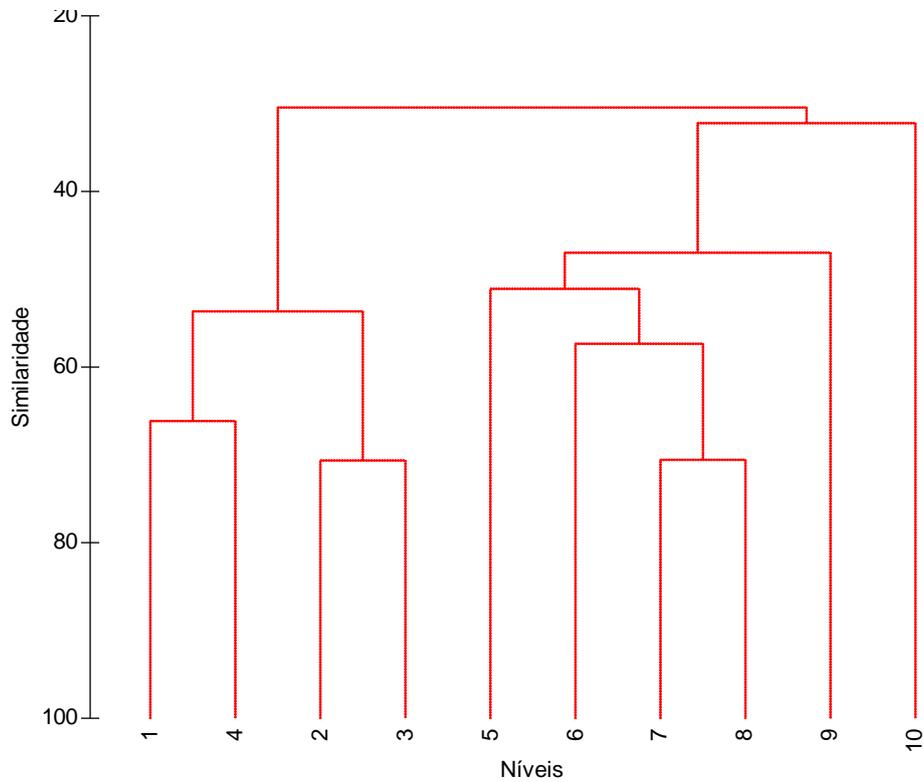
Nesta praia foram coletadas 150 amostras, que contabilizaram uma abundância total de organismos de 595 indivíduos, em 22 táxons. Os táxons mais abundantes foram o poliqueta Syllidae (178,4 ind/m<sup>2</sup>), o poliqueta glicerídeo *Hemipodia californiensis* (16,0 ind/m<sup>2</sup>) e o misidáceo *Bowmaniella* sp (15,6 ind/m<sup>2</sup>) totalizando 86% da densidade de todas as espécies que ocorreram nesta praia. Outros grupos como os bivalves *Donax striatus* e *D. gemmula* e Nemertea também estiveram presentes (Figura 39). Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef intermediário ( $d=3,3$ ) (i.e.  $2 < d < 5$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) foi de 0,39, um número bastante baixo, refletindo a dominância de Syllidae. A diversidade de Shanonn ( $H'$ ) foi 1,2.



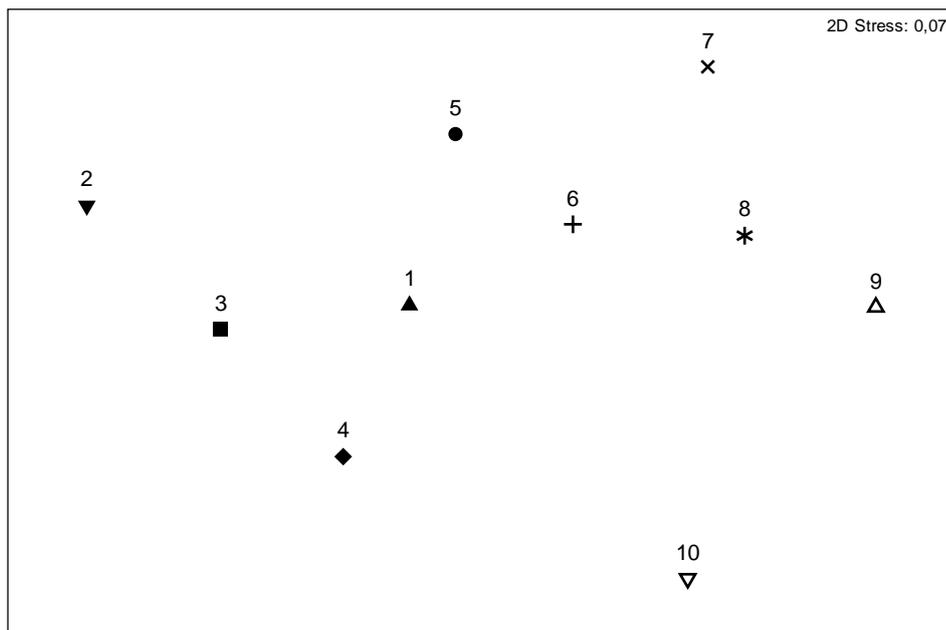
**Figura 39:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia do Diogo, litoral leste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (┌) 1.96\*Erro Padrão.

Na Praia do Diogo, 10 níveis paralelos à praia foram considerados. A partir das análises de agrupamento (cluster) (Figura 40) e de ordenamento (n-MDS) (Figura 41) abaixo, percebe-se que não há uma tendência de agrupamento dos níveis. A praia se mostra bastante

homogênea na composição das espécies, refletindo na formação de apenas 1 zona dos níveis de entremarés estudados.



**Figura 40:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia do Diogo, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $P < 0,05$ ) pelo SIMPROF.

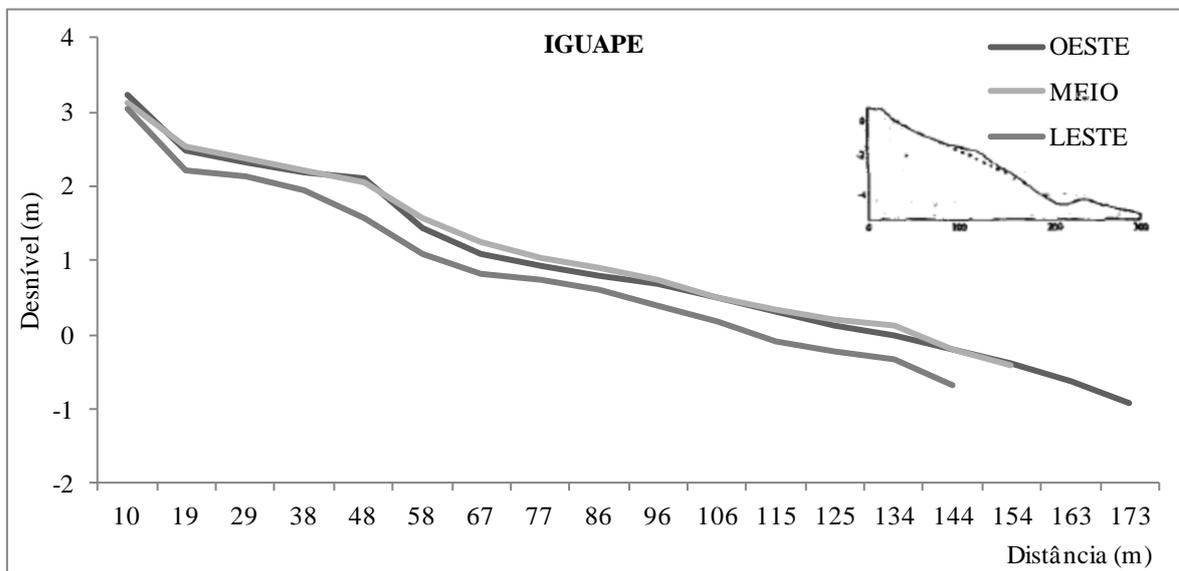


**Figura 41:** Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia do Diogo, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ .

## IGUAPE

### Caracterização da Praia

Na área de coleta a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 172,8m. O perfil apresenta a formação de um banco na parte intermediária do entremarés. O desnível foi de 1m vertical a cada 46,5m horizontais, representando uma declividade de 0,02 (Figura 42). A altura de onda foi de 82 cm e o período de 7s. A granulometria correspondeu de areia média, (1,8 phi), moderadamente selecionada. O RTR foi 3,7, que juntamente com parâmetro de Dean foi de 2,9, corresponde à praia do tipo morfodinâmico Praia de Banco/corrente de baixamar.



**Figura 42:** Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Iguape, litoral leste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Banco/corrente de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993).

Pela Figura 43 abaixo, nota-se a presença de um grande berma no pós-praia, uma extensa zona mais seca e uma área de bancos e cavas, gerando um mosaico de zonas secas, úmidas e submersas na maré baixa. Avaliando-se o perfil e as imagens, observa-se uma praia mais heterogênea, ora com zonas planas ora com cavas, confirmando a morfodinâmica praiial encontrada.

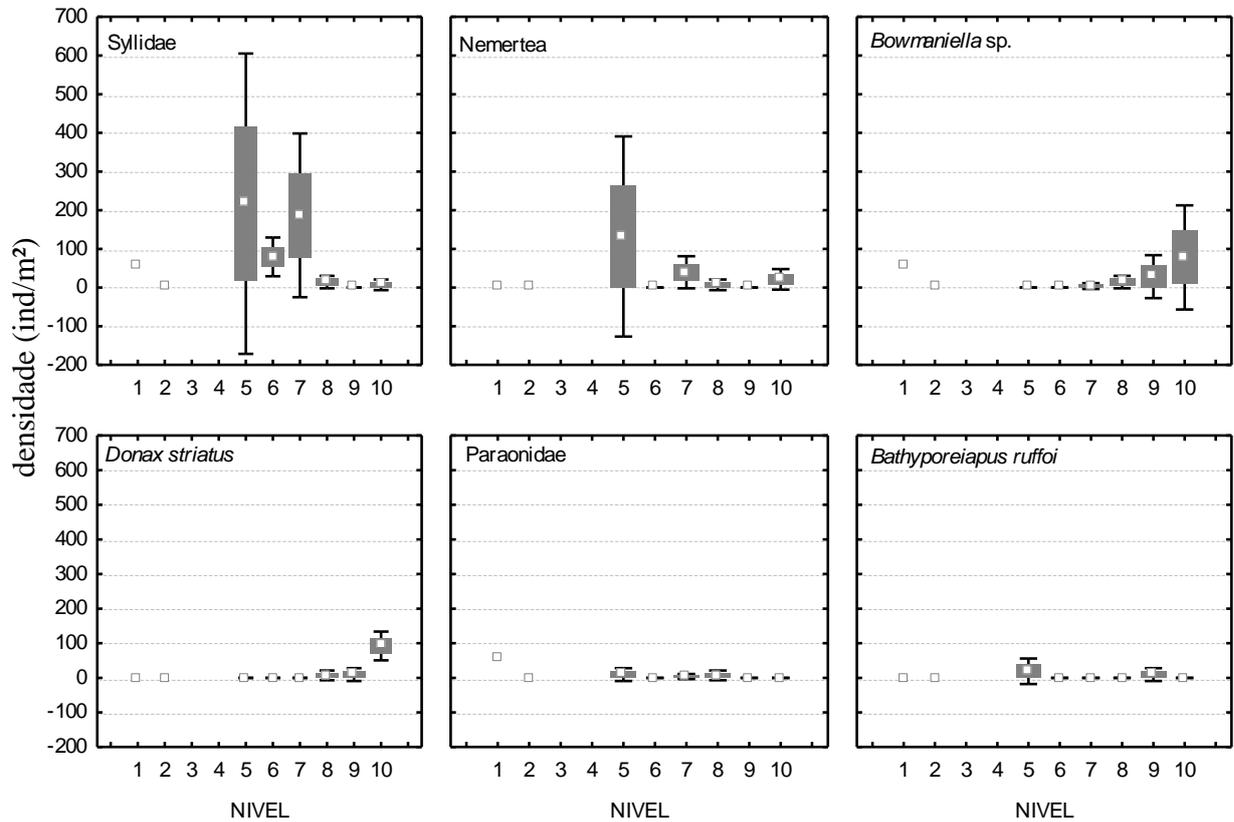


**Figura 43:** Imagens da área de coleta na Praia de Iguape, litoral leste do estado do Ceará. a) visão geral da praia b) visão geral da zona de varrido; c) d) detalhe dos bancos transversais; e) visão geral da praia; f) detalhe da heterogeneidade da praia, com áreas submersas, úmidas e secas.

### Caracterização da Macrofauna Bentônica

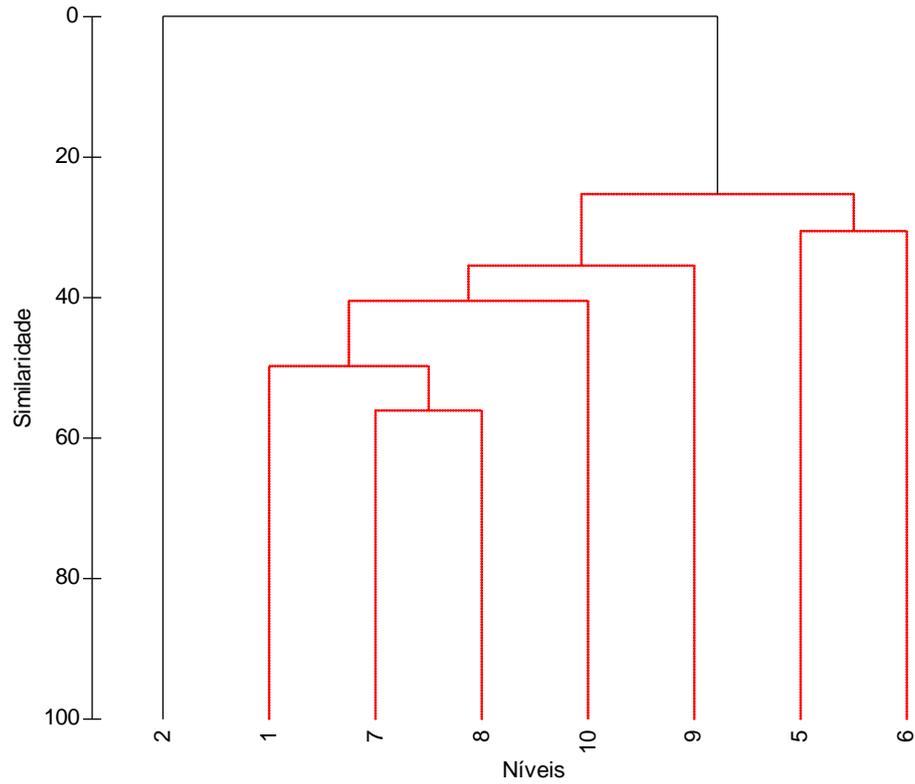
Nesta praia foram coletadas 150 amostras da macrofauna bentônica, totalizando 125 organismos em 13 táxons. Os táxons mais abundantes foram os poliquetas Syllidae (76,2 ind/m<sup>2</sup>), indivíduos do filo Nemertea (23,0 ind/m<sup>2</sup>), os crustáceos misidáceos *Bowmaniella* sp. (21,1 ind/m<sup>2</sup>) e o bivalve *Donax striatus* (17,0 ind/m<sup>2</sup>) totalizando 84,7% da densidade de todas as espécies que ocorreram nesta praia. Outros grupos como os poliquetas da família

Paraonidae e anfípodos *Bathyporeiapus ruffoi* também estiveram presentes compondo a macrofauna desta praia (Figura 44). Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef intermediário a baixo ( $d=2,4$ ) (i.e.  $d \approx 2$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) foi de 0,66, um valor intermediário. A diversidade de Shanonn ( $H'$ ) foi 1,7.

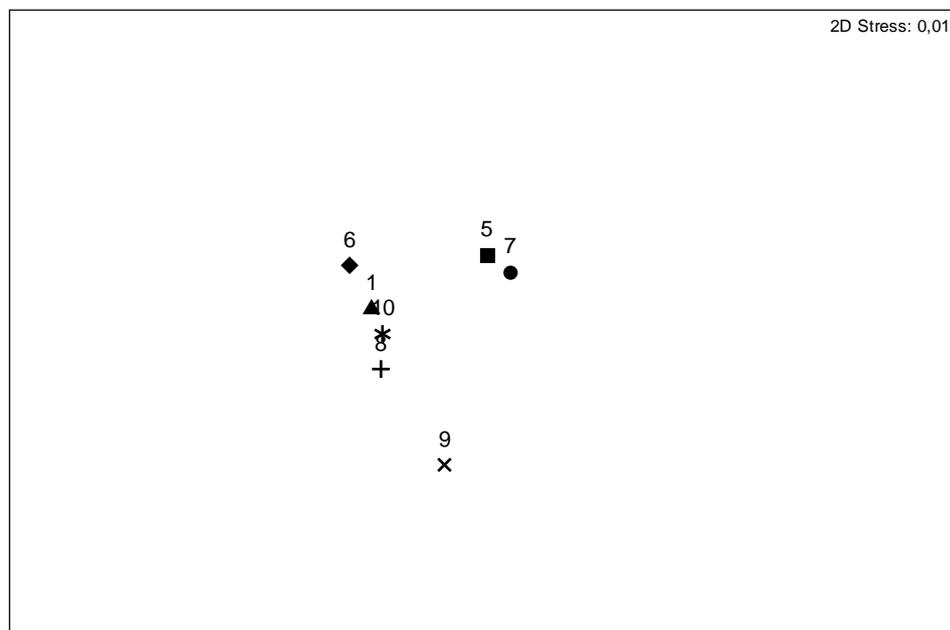


**Figura 44:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Iguape, litoral leste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⌈) 1.96\*Erro Padrão.

Em Iguape, foram amostrados 10 níveis paralelos à praia, no entanto, os níveis 3 e 4 tiveram suas amostras perdidas, comprometendo a análise em zonas. A partir das análises de agrupamento (cluster) (Figura 45) e de ordenamento (n-MDS) (Figura 46) abaixo, percebe-se que apenas o nível 2 se destaca no supra e os demais níveis (1; 5-10) se agrupam formando uma zona única. No entanto a perda de amostras dificultou a acurácia da análise.



**Figura 45:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1-2; 5-10) da macrofauna bentônica na Praia de Iguape, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $P < 0,05$ ) pelo SIMPROF.

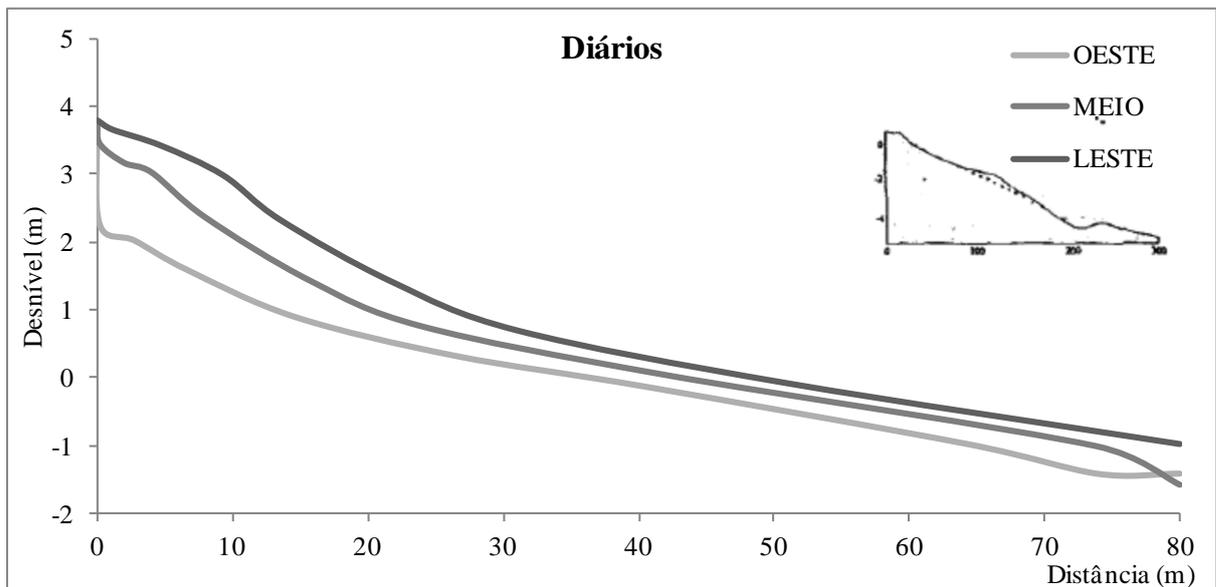


**Figura 46:** Ordenação dos níveis de coleta (1;5-10) da macrofauna bentônica na Praia de Iguape, litoral leste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ .

## PRAIA DOS DIÁRIOS

### Caracterização da Praia

Na área de coleta a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 55,1m. O perfil apresenta uma homogeneidade ao longo do entremarés, sem feições de bancos ou cavas. O desnível foi acentuado, diminuindo 1m vertical a cada 10,8m horizontais, formando uma declividade de 0,09 (Figura 47). A altura de onda foi de 100 cm e o período de 10s. A granulometria correspondeu de areia fina, (1,9 phi), moderadamente selecionada. O RTR foi 3,1, que juntamente com parâmetro de Dean foi de 2,9, corresponde à praia do tipo morfodinâmico Praia de Banco Corrente de Baixa-mar. Este tipo de praia não corresponde ao observado pelo perfil praiial, que não apresenta bancos.



**Figura 47: Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia dos Diários em Fortaleza, capital do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Banco/corrente de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993).**

Pela Figura 48 abaixo, percebe-se a grande artificialização da costa na área de estudo. O pós-praia é limitado por um calçadão, o que irá impedir o desenho natural da linha de costa. Nota-se a presença de um berma na antepraia, uma extensa zona seca bastante íngreme e um terraço úmido na baixamar. A leste da praia percebe-se a presença de afloramentos de recife de arenito e a oeste, o espigão que dá sustentação ao aterro da Praia de Iracema.

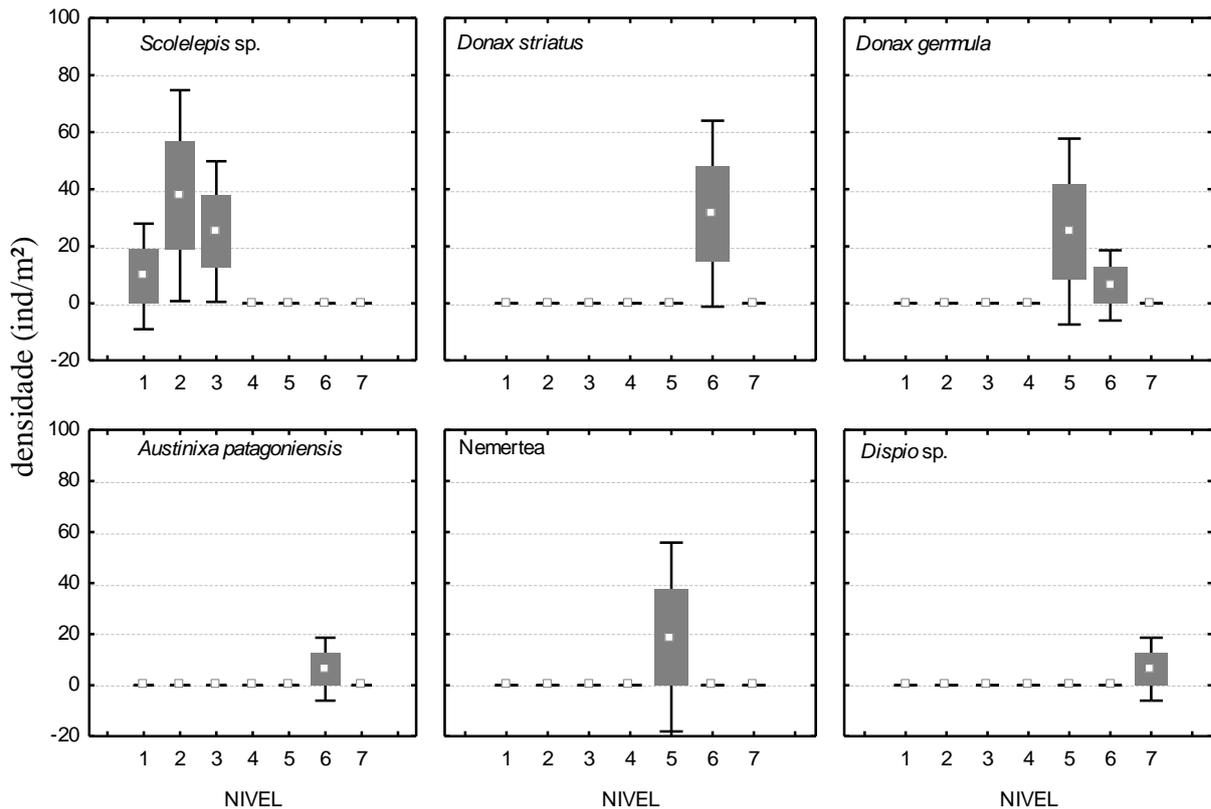


**Figura 48:** Imagens da área de coleta na Praia dos Diários, Fortaleza, capital do estado do Ceará. a) b) visão geral da porção superior da praia; c) d) visão do costão rochoso a direita da zona de coleta; e) f) visão do espigão a esquerda do local de amostragem.

### Caracterização da Macrofauna Bentônica

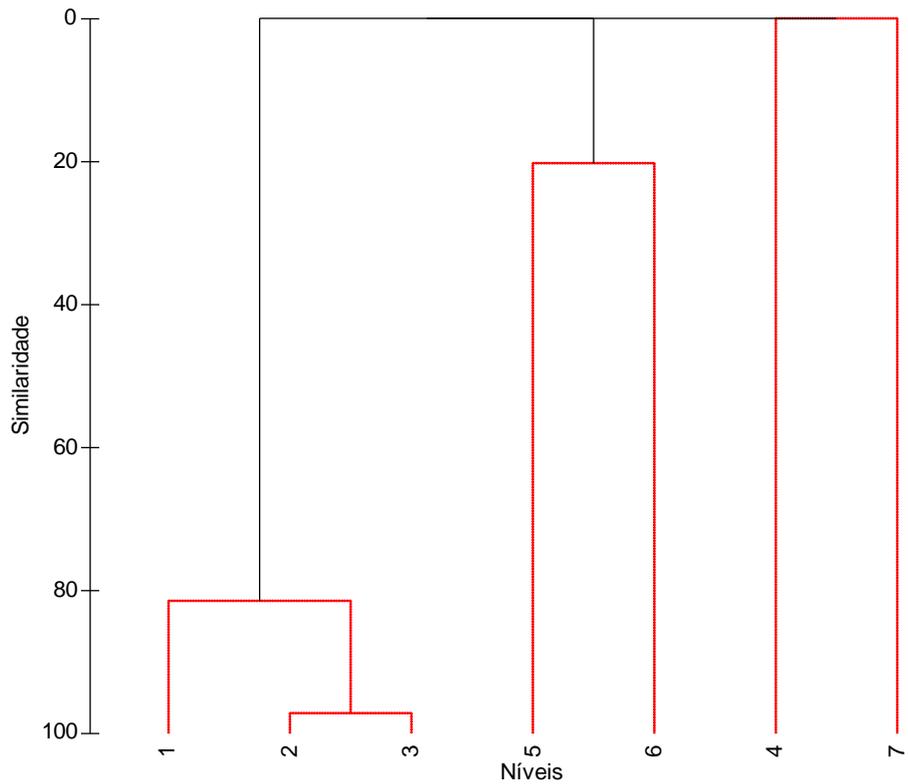
Na praia dos Diários, apenas 3 transectos perpendiculares à praia foram considerados. Nesta praia 63 amostras foram coletadas e um total de 26 indivíduos em 10 táxons foram identificados. Os táxons mais abundantes foram os poliquetas spionídeo *Scolecipis* sp. (10,3 ind/m<sup>2</sup>), o bivalves donacídeos *Donax striatus* (4,5 ind/m<sup>2</sup>), *Donax gemmula* (4,5 ind/m<sup>2</sup>) e Nemertea (2,7 ind/m<sup>2</sup>) totalizando 77,8% da densidade de todas as

espécies que ocorreram nesta praia. O caranguejo simbiote das galerias de corrúpto, *Austinixa* sp., poliquetas Paraonidae e o bivalve *Donax variabilis* também compuseram a fauna local (Figura 49) Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef extremamente baixo ( $d=0,7$ ) (i.e.  $d < 2$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) foi alta, no valor de 0,95. A diversidade de Shanonn ( $H'$ ) foi 0,18, um valor também bastante baixo.

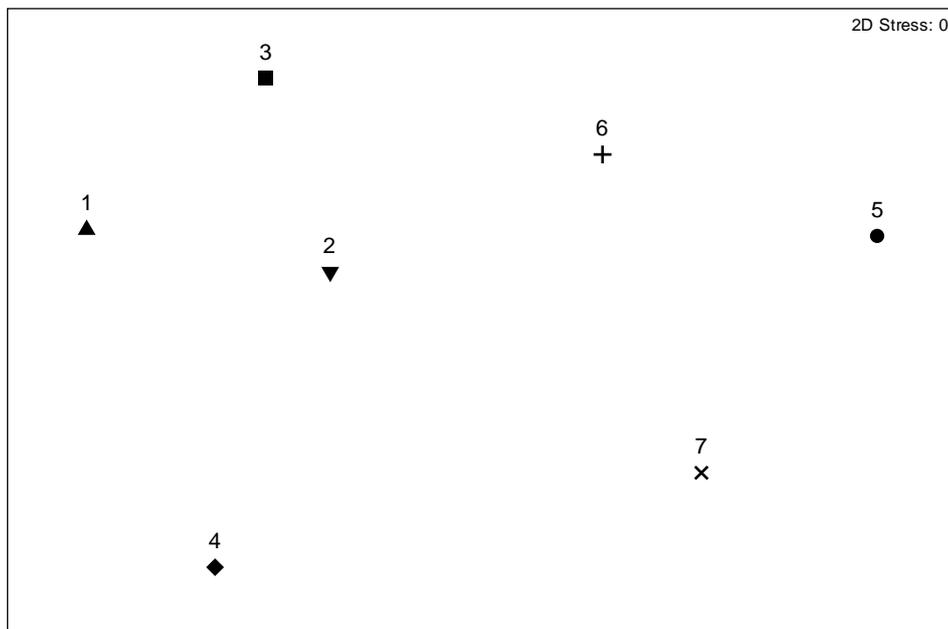


**Figura 49:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia dos Diários, em Fortaleza, capital do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (┌) 1.96\*Erro Padrão.

Na praia dos Diários, devido à largura da praia, apenas 7 níveis foram considerados. A partir das análises de agrupamento (cluster) (Figura 50) e de ordenamento (n-MDS) (Figura 51) abaixo, percebe-se a baixa similaridade de agrupamento entre boa parte dos níveis (4 a 7), apenas os níveis 1, 2 e 3 formaram uma zona mais conexa mostrando a baixa semelhança entre os níveis mais próximos à água.

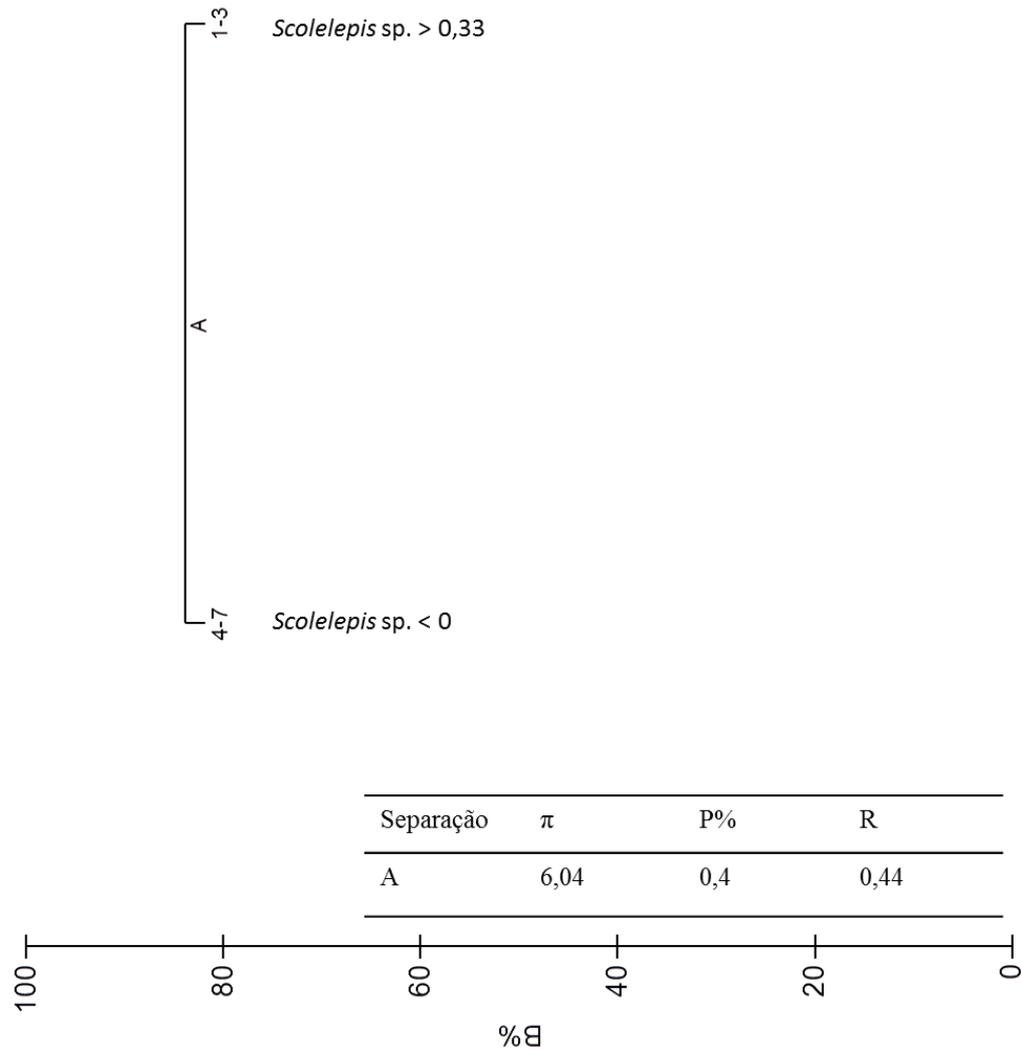


**Figura 50:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 7) da macrofauna bentônica na Praia dos Diários, em Fortaleza, capital do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; em vermelho é indicado grupos de amostras não separados ( $P < 0,05$ ) pelo SIMPROF.



**Figura 51:** Ordenação dos níveis de coleta (1 a 7) da macrofauna bentônica na Praia dos Diários, Fortaleza, capital do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ .

Através da análise LINKTREE, a Praia dos Diários apresenta a formação de 2 Zonas de espécies representativas. A zona mais superior, que abrange os níveis 1 a 3, é caracterizada pela presença do poliqueta Spionidae *Scolelepis* sp. (>0,33 indivíduos) e da ausência desta espécie na zona mais próxima ao mar (níveis 4 a 7) (Figura 52).

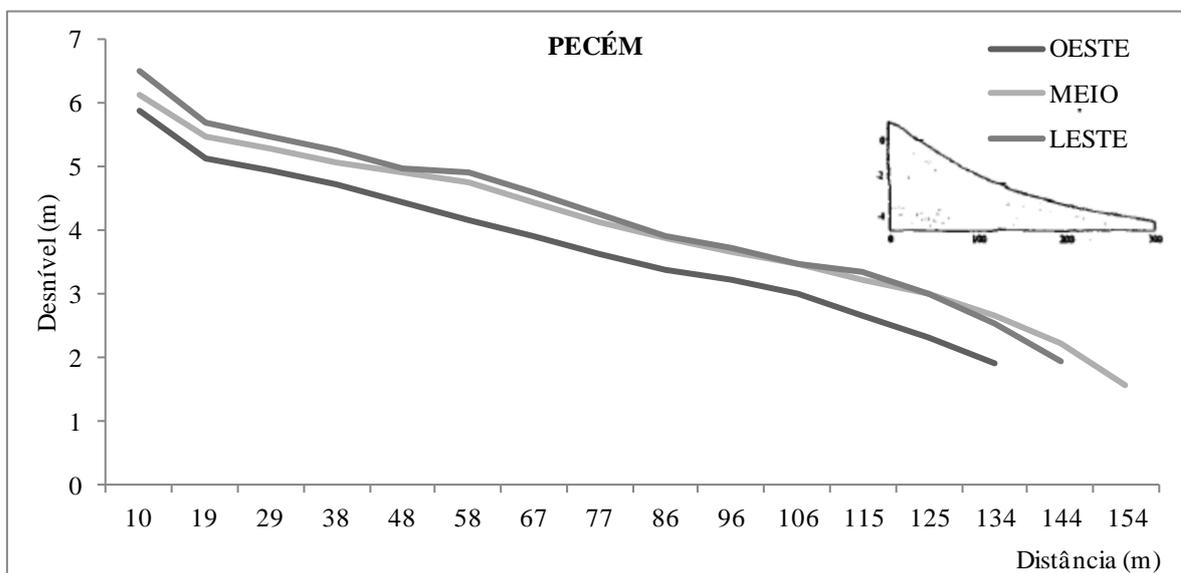


**Figura 52:** Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia dos Diários a partir da composição das espécies. Para a partição binária (A) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.

## PECÉM

### Caracterização da Praia

Na área de coleta a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 144m. O perfil foi bastante homogêneo ao longo do entremarés. O desnível foi de 1m a cada 33m horizontais, representando uma declividade de 0,03 (Figura 53). A altura de onda foi de 107,5 cm e o período de 7,2s. A granulometria correspondeu de areia fina, (2,3 phi), e variou de moderadamente a bem selecionada. O RTR foi de 2,8, que juntamente com parâmetro de Dean de 5,7, corresponde à praia do tipo morfodinâmico dissipativo sem bancos.



**Figura 53:** Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Pecém, litoral oeste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Ultradissipativo sugerido por Masselink e Short (1993).

Pela Figura 54 abaixo, nota-se a presença de dunas primárias, interrompidas pela presença de barracas e casas de praia. A praia é bastante plana e regular, com pouca umidade no sedimento. Percebe-se pelas marcas na areia o considerável fluxo de carros na praia. A praia está a sotavento do Porto do Pecém, sofrendo ainda influência da mudança de correntes que vem do sentido leste-oeste.

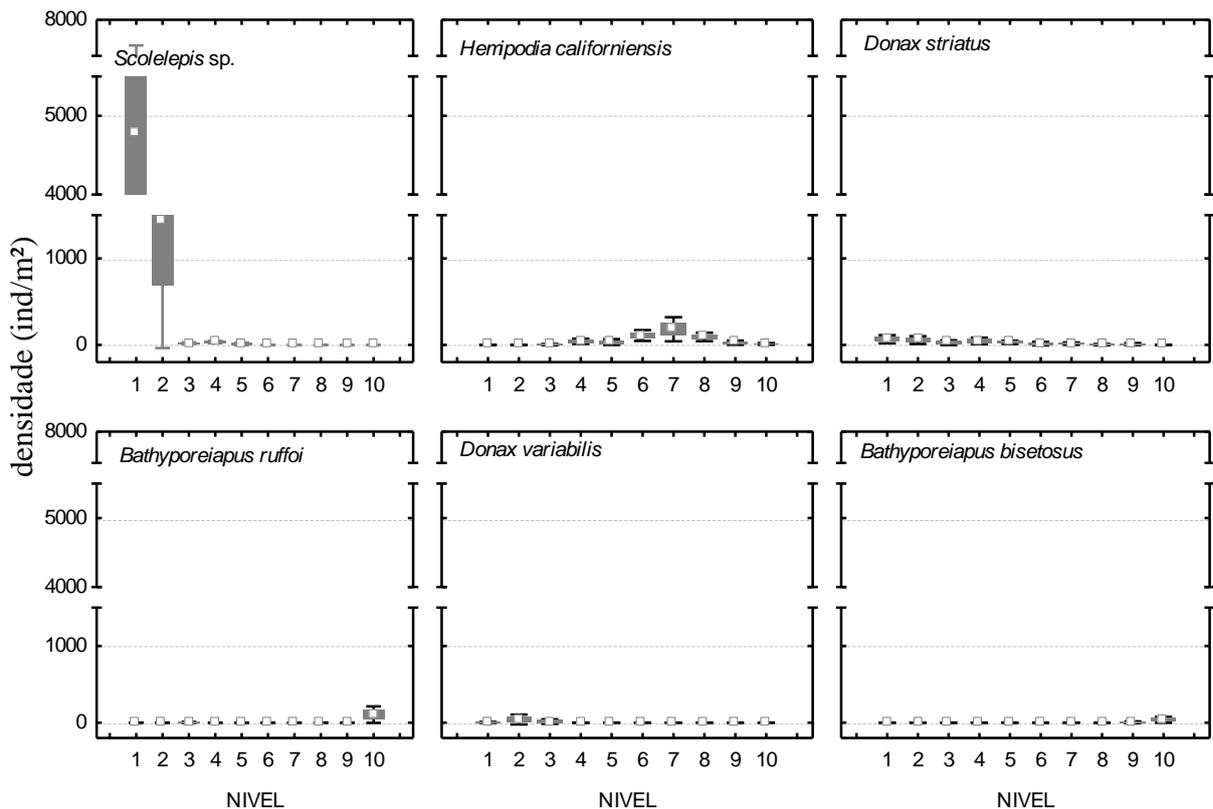


**Figura 54:** Imagens da área de coleta na Praia de Pecém, litoral oeste do estado do Ceará. a) b) visão geral da porção superior da praia; c) detalhe das marcas de trânsito de veículos na praia; d) e) visão geral da zona de arrebentação; f) detalhe da praia durante maré alta.

### Caracterização da Macrofauna Bentônica

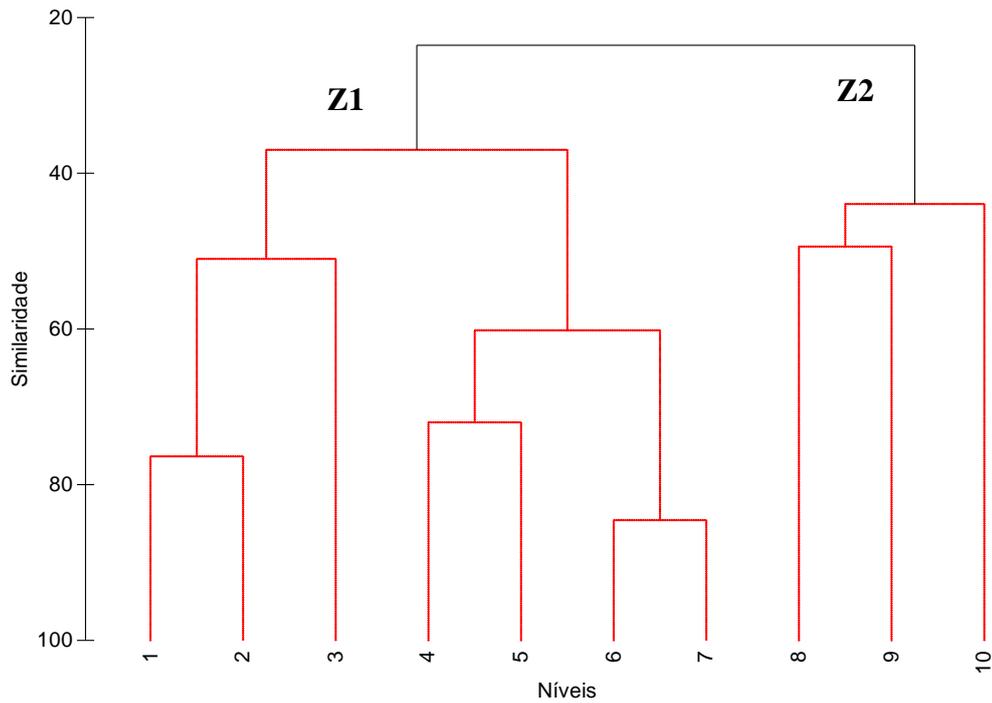
Na praia do Pecém 150 amostras da macrofauna foram coletadas, totalizando 1780 indivíduos, em 24 táxons. Os táxons mais abundantes foram os poliquetas espionídeos *Scolecipis* sp. (630,0 ind/m<sup>2</sup>), o poliqueta carnívoro *Hemipodia californiensis* (50,0 ind/m<sup>2</sup>), o bivalve *Donax striatus* (26,8 ind/m<sup>2</sup>) e o anfípoda *Bathyporeiapus ruffoi* (11,0 ind/m<sup>2</sup>) e totalizando 96,2% da densidade de todas as espécies que ocorreram nesta praia. Outras

espécies como o bivalve *Donax variabilis*, outro anfípoda *Bathyporeiapus bisetosus* e o crustáceo misidáceo *Bowmaniella* sp. também estiveram presentes, somando 98% da densidade total (Figura 55). Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef intermediário ( $d=3,1$ ) (i.e.  $2 < d < 5$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) foi bastante baixa, no valor de 0,24, refletindo a dominância numérica do *Scolecopsis* sp.. A diversidade de Shanonn ( $H'$ ) foi 0,76, um valor também bastante baixo.

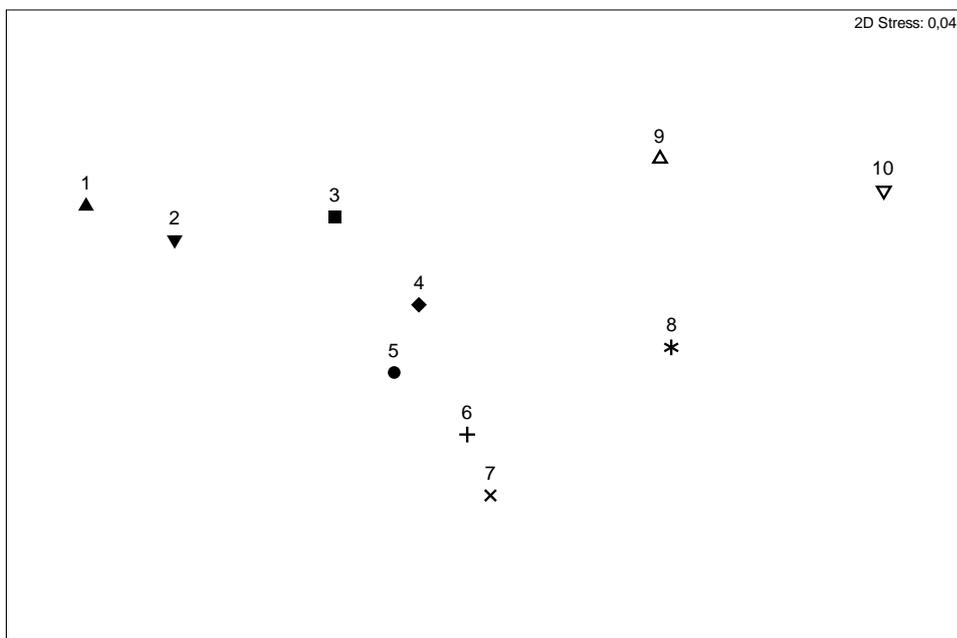


**Figura 55:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia do Pecém, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (∇) 1.96\*Erro Padrão.

Na praia do Pecém os 10 níveis paralelos à praia foram considerados. A partir das análises de ordenamento (cluster) (Figura 56) e de agrupamento (n-MDS) (Figura 57) abaixo, percebe-se a formação de duas zonas. Os níveis 1 a 7 (Z1) se separam dos níveis 8 a 10 (Z2), mostrando uma clara divisão da zona mais próxima à água dos demais níveis.

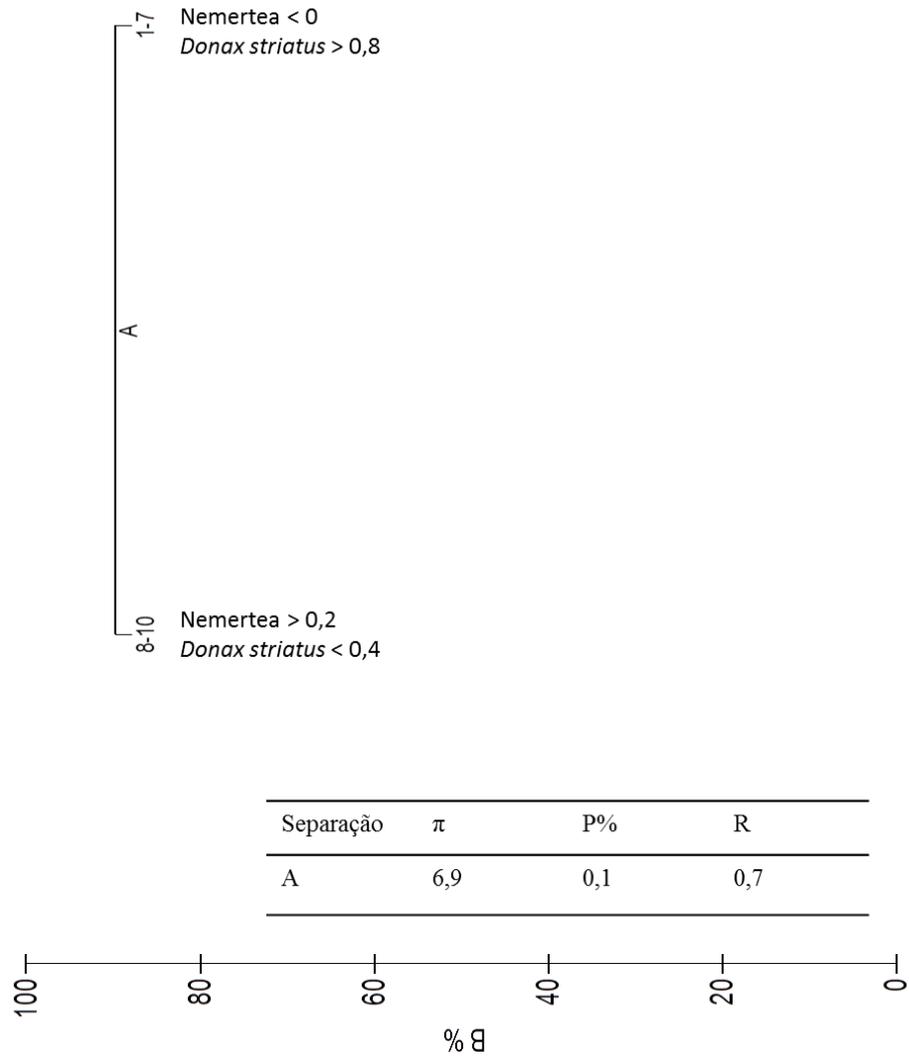


**Figura 56:** Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Pecém, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.



**Figura 57:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10), agrupados em três zonas Z1, Z2 e Z3, da macrofauna bentônica na Praia de Pecém, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.

Através da análise LINKTREE, a Praia do Pecém apresenta a formação de 2 Zonas. A zona mais superior, que abrange os níveis 1 a 7, é caracterizada principalmente pela presença do molusco bivalve *Donax striatus* (>0,8 indivíduos) e da ausência do Nemertea nesta zona. Este táxon será mais representativo na zona mais próxima do mar (níveis 8-10) e consequentemente a diminuição da presença do donacídeo *D. striatus*. (Figura 58).

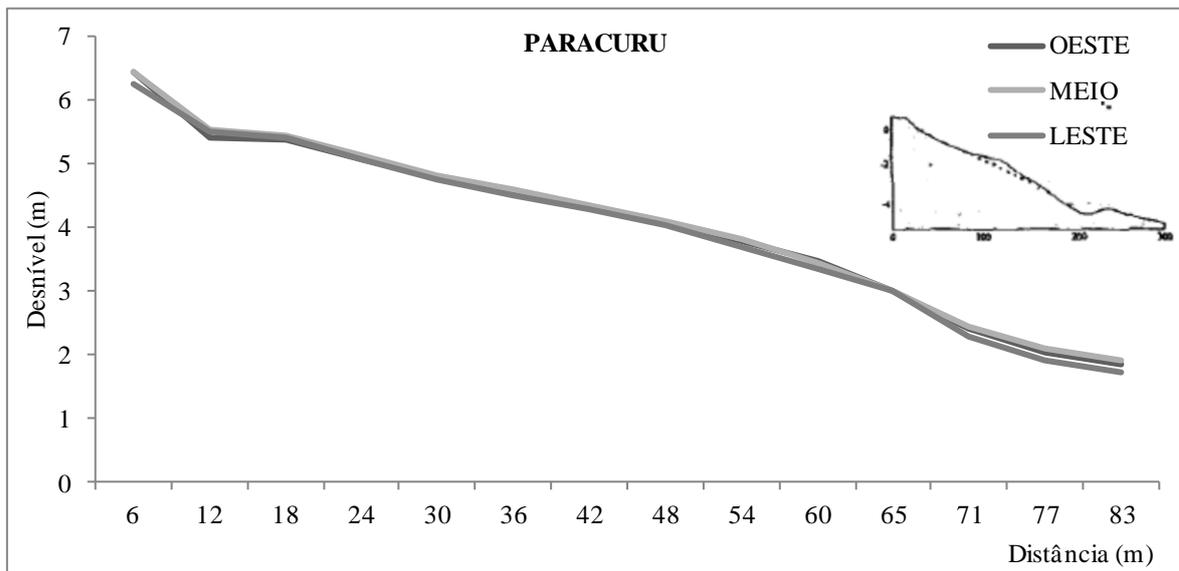


**Figura 58:** Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Pecém a partir da composição das espécies. Para a partição binária (A) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.

## PARACURU

### Caracterização da Praia

Na área de coleta a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 83,3m. O perfil foi bastante homogêneo, apresentando uma característica de terraço com uma cava no superior da praia, próximo à quebra do platô, e outro próximo ao mar. O desnível foi de 1m vertical a cada 18,3m horizontais, representando uma declividade de 0,05 (Figura 59). A altura de onda foi de 47,5 cm e o período de 9s. A granulometria correspondeu de areia fina, (2,4 phi), e variou de bem a pobremente selecionada. O RTR foi de 6,5, que associado ao parâmetro de Dean de 2,2, que corresponde ao tipo morfodinâmico Banco/corrente de Baixa-mar, com formação e calhas paralelas a praia.



**Figura 59:** Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Paracuru, litoral oeste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Banco/corrente de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993).

Pela Figura 60 abaixo, nota-se a presença de dunas primárias, sofrendo um processo de contenção artificial. A presença de barracas de praia e casas de veraneio é baixa na área de coleta. Observa-se a formação de um berma no pós-praia. Pelo perfil e pelas imagens pode-se perceber que no início da zona úmida há a formação de um canal raso, formando uma feição de bancos e cavas paralelas à praia, confirmando o estado morfodinâmico encontrado. A praia apresenta-se abrigada pela presença de recifes de arenito no infralitoral, diminuindo a energia das ondas na maré baixa. À medida que a maré sobe a ação das ondas passa a atuar mais efetivamente na praia, em contraponto com a situação de

baixamar. O transporte eólico estava bastante intenso no dia de coleta, evidenciando a o acúmulo de sedimentos na praia.

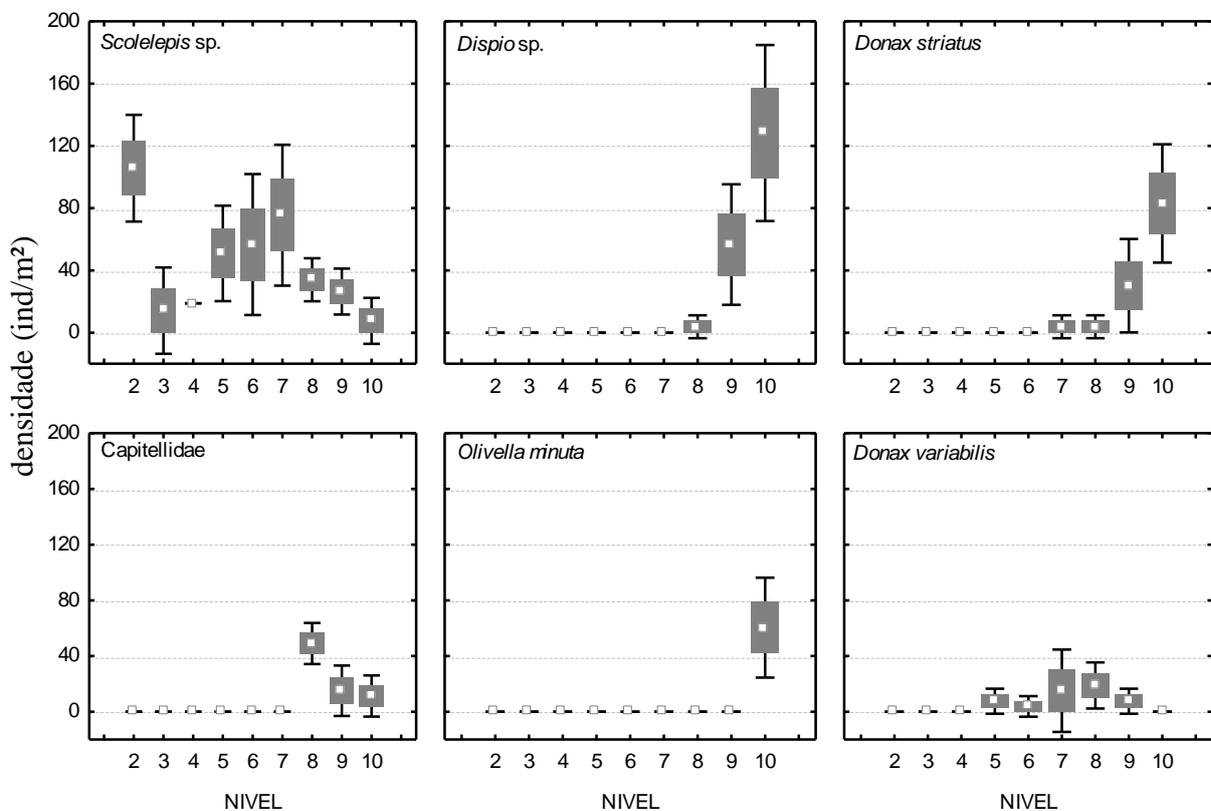


**Figura 60:** Imagens da área de coleta na Praia de Paracuru, litoral oeste do estado do Ceará. a) visão geral do berma e da contenção artificial das dunas b) c) visão geral da praia; d) detalhe da cava formada na base do terraço; e) detalhe da deposição de sedimento através do transporte eólico; f) detalhe da praia durante a subida da maré.

### **Caracterização da Macrofauna Bentônica**

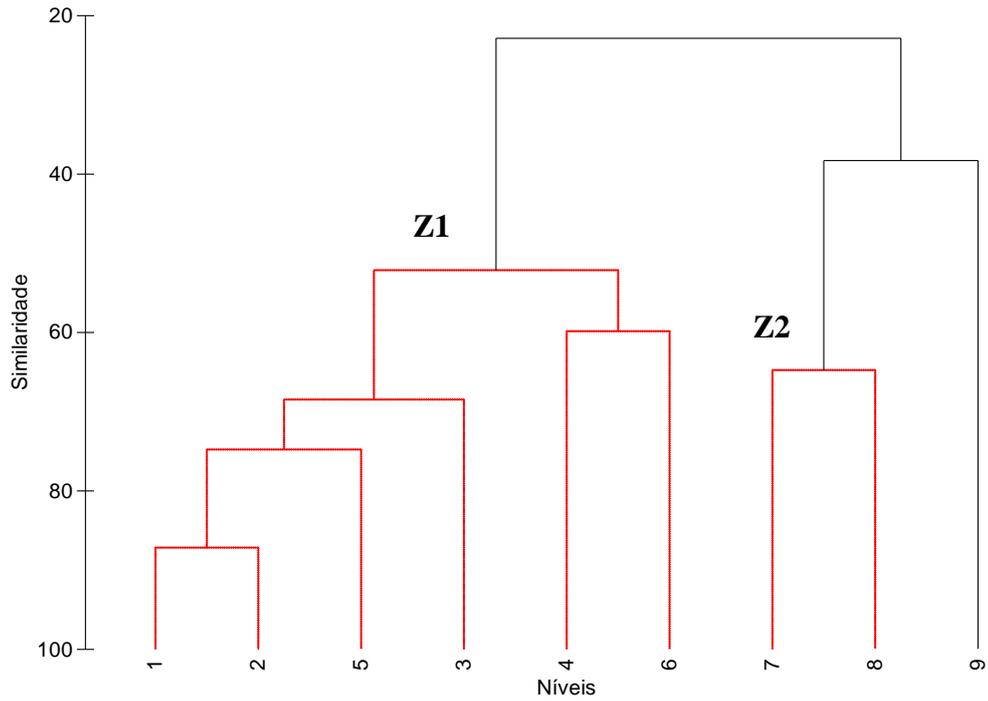
Na praia de Paracuru, devido à largura da praia, apenas 9 níveis paralelos ao mar foram considerados. Assim, 135 amostras foram coletadas, perfazendo um total de 289

indivíduos, em 24 táxons. Os táxons mais abundantes foram os poliquetas espionídeos *Scolelepis* sp. (45,8 ind/m<sup>2</sup>), o poliqueta espionídeo *Dispio* sp. (23,0 ind/m<sup>2</sup>), o bivalve *Donax striatus* (14,7 ind/m<sup>2</sup>) e o poliqueta Capitellidae (9,2 ind/m<sup>2</sup>) e totalizando 69,2% da densidade de todas as espécies que ocorreram nesta praia (Figura 61). Outras espécies, como o gastrópode *Olivella minuta*, o donacídeo *Donax variabilis*, o crustáceo decápoda *Austinixa* sp. e o poliqueta Orbiniidae, também estiveram presentes, somando 86,8% da densidade total. Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef elevado (d=4) (i.e.  $d \approx 5$ ). A equitatividade de Pielou (J') foi intermediária, no valor de 0,70. A diversidade de Shanonn (H') foi 2,25.

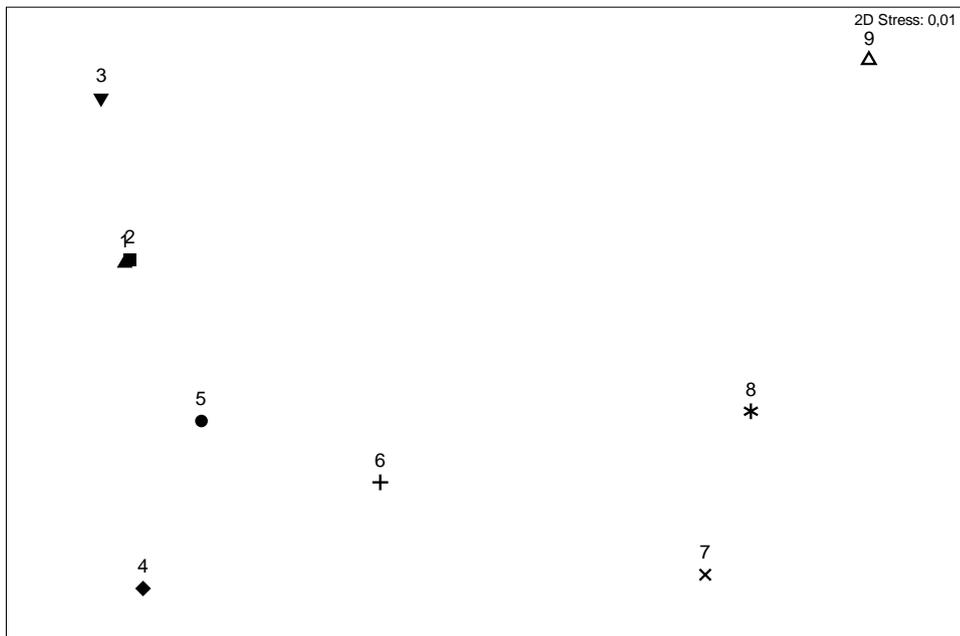


**Figura 61:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia do Paracuru, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (┌) 1.96\*Erro Padrão.

Na Praia de Paracuru o nível 10 não foi amostrado, devido à largura da praia. A partir das análises de agrupamento (cluster) (Figura 62) e de ordenamento (n-MDS) (Figura 63) abaixo, percebe-se a formação de duas zonas, com os níveis mais inferiores 1 a 6 (Z1), formando uma zona mais superior e os níveis 7 e 8 (Z2) agruparam-se bem, contribuindo para a formação de outra zona, mais próxima ao mar. O nível 9 não apresentou semelhança com os demais níveis.

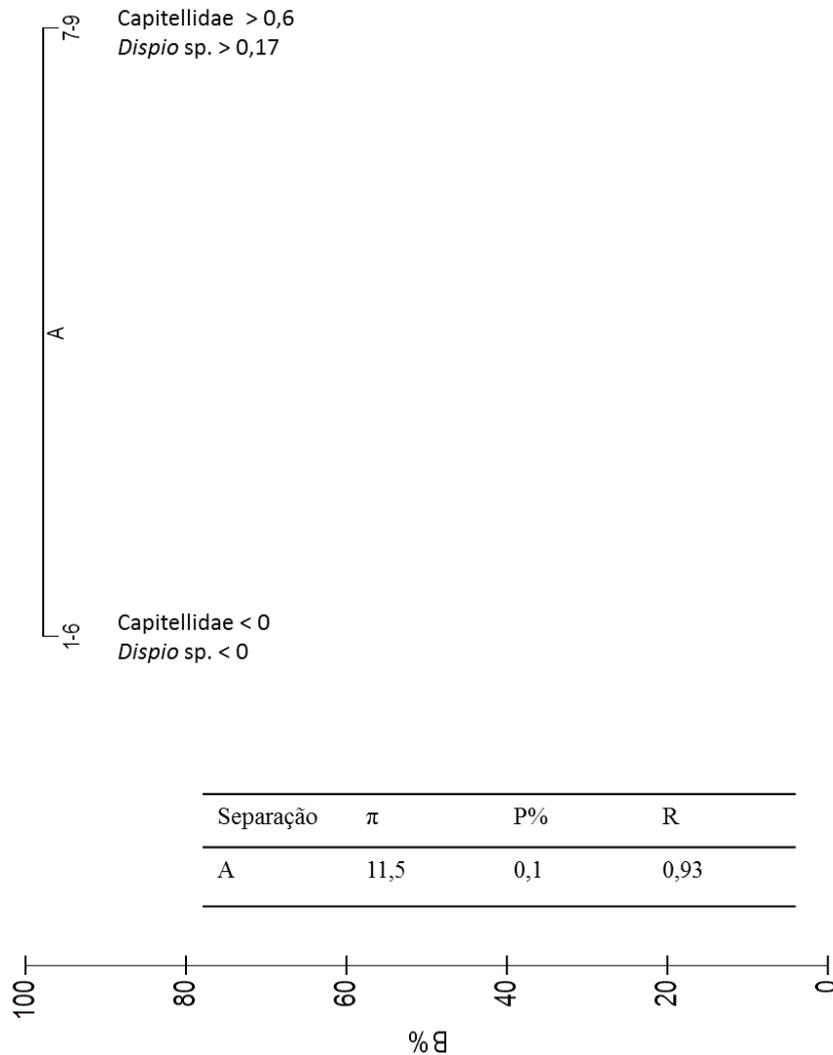


**Figura 62:** Ordenação dos níveis de coleta (1 a 9) da macrofauna bentônica na Praia de Paracuru, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{x}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.



**Figura 63:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 9), agrupados em duas zonas Z1 e Z2, da macrofauna bentônica na Praia de Paracuru, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{x}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.

Através da análise LINKTREE, a Praia de Paracuru apresenta a formação de 2 Zonas. A zona mais superior, que abrange os níveis 1 a 6, é caracterizada pela ausência de organismos representativos, de acordo com a análise. Esta zona apresentou uma abundância muito baixa de organismos de uma forma geral. Já a zona próxima ao mar (níveis 7-9) foi representada pela presença dos poliquetas das famílias Capitellidae ( $>0,6$  indivíduos) e Spionidae *Dispio* sp. ( $>0,17$  indivíduos) (Figura 64).

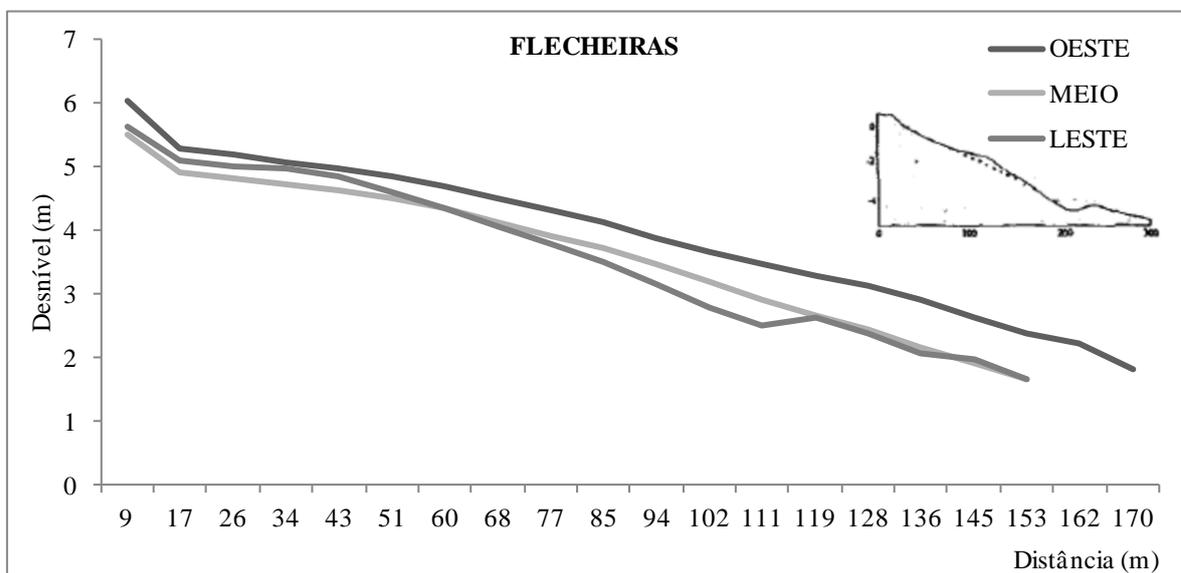


**Figura 64:** Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Paracuru a partir da composição das espécies. Para a partição binária (A) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.

## FLECHEIRAS

### Caracterização da Praia

Na área de coleta a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 158,7m. O perfil foi bastante heterogêneo, mostrando a ocorrência de bancos longitudinais e transversais à praia. O desnível foi de 1m vertical a cada 39,6m horizontais, representando uma declividade de 0,03 (Figura 65). A altura de onda foi de 50,0 cm e o período de 6,3s. A granulometria correspondeu de areia fina, (2,5 phi), e variou de bem a moderadamente selecionada. O RTR foi de 5,8, que associado com parâmetro de Dean foi de 3,6, que corresponde ao tipo morfodinâmico Banco/corrente de baixamar.



**Figura 65:** Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Flecheiras, litoral oeste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Banco/corrente de baixamar sugerido por Masselink e Short (1993).

Pela Figura 66 abaixo, nota-se a presença de dunas primárias, e um antigo berma formado por um período anterior de alta energia de onda. Pelas imagens percebem-se mosaicos de depósitos de areia mais grossa. Com o rebaixamento da maré evidenciou-se feições rítmicas ondulantes em forma de cúspides submersas, típicos do estágio de bancos e cavas. Nos bancos desenvolvem-se condições dissipativas, enquanto nas pequenas baías, predominam condições refletivas. O transporte eólico estava bastante intenso no dia de coleta, evidenciando o acúmulo de sedimentos na praia.

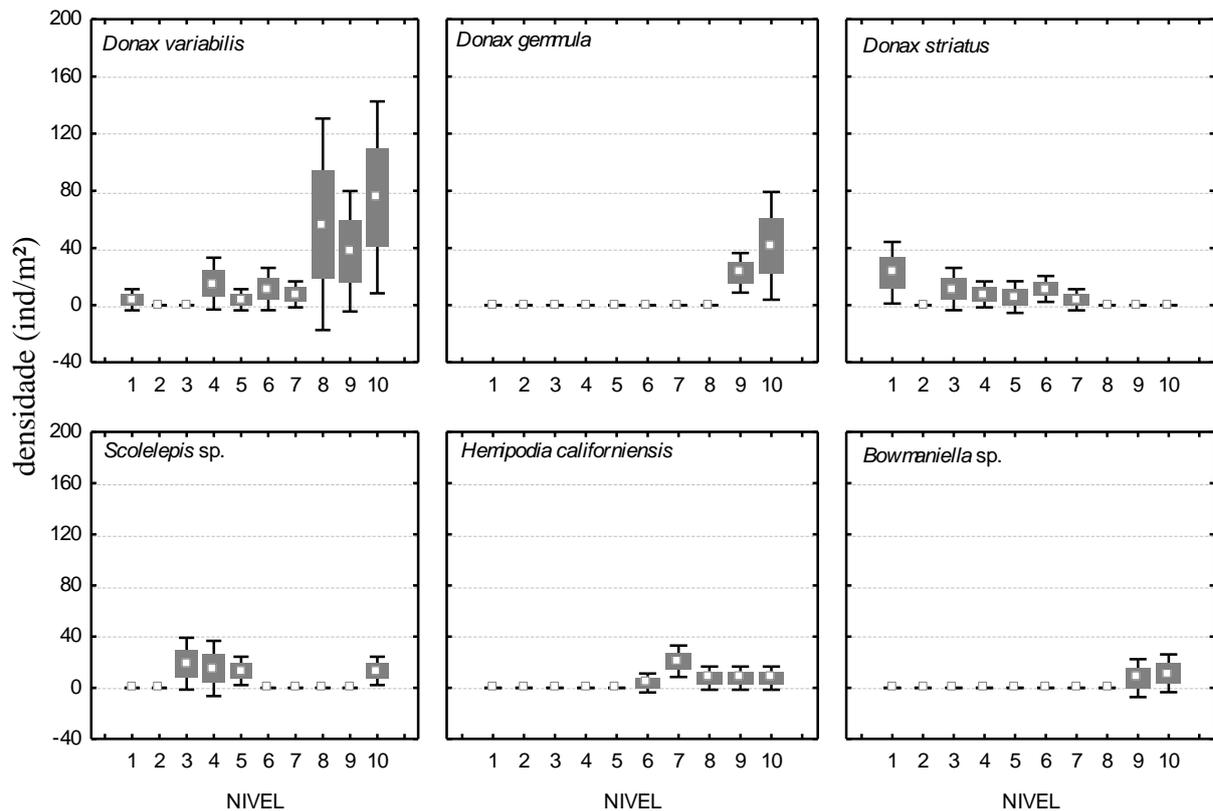


**Figura 66:** Imagens da área de coleta na Praia de Flecheiras, litoral oeste do estado do Ceará. a) visão do antigo berma na porção superior da praia b) visão geral da praia; c) detalhe do depósito de sedimento mais grosso; d) e) f) detalhe das cúspides submersas.

### **Caracterização da Macrofauna Bentônica**

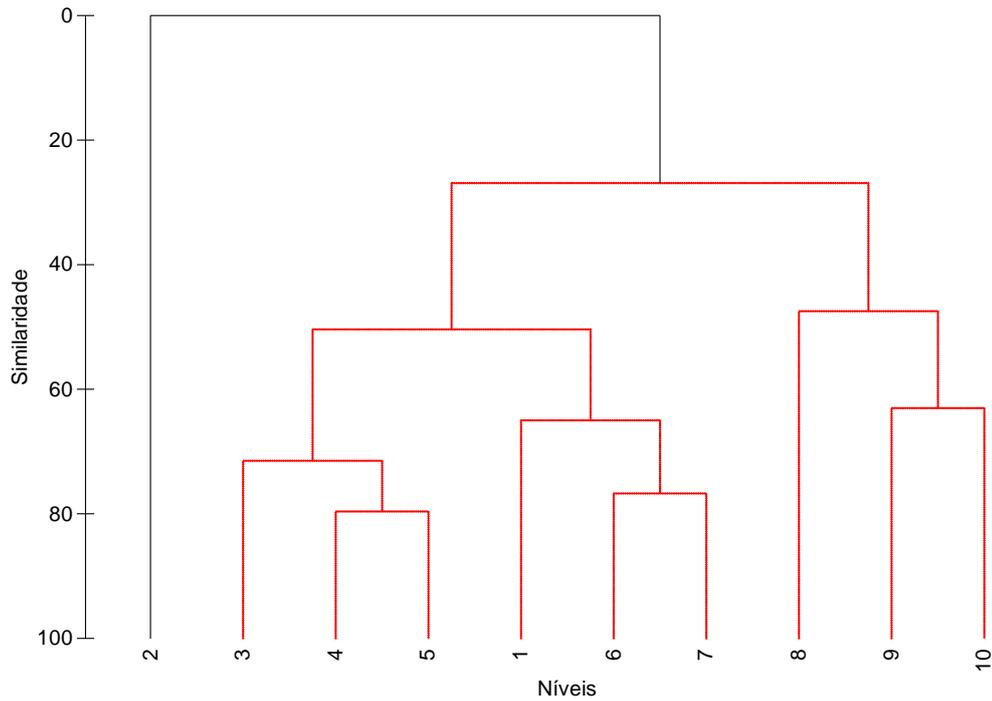
Na praia de Flecheiras 150 amostras da macrofauna bentônica foram coletadas, somando um total de 145 indivíduos, em 13 táxons. Os táxons mais abundantes foram os bivalves *Donax variabilis* (21,1 ind/m<sup>2</sup>), Amphipodas NI (6,7 ind/m<sup>2</sup>), e os também donacídeos *Donax gemmula* (6,4 ind/m<sup>2</sup>) e *Donax striatus* (6,2 ind/m<sup>2</sup>) totalizando 70% da densidade de todas as espécies que ocorreram nesta praia. Outras espécies como os poliquetas

*Scolelepis* sp., *Hemipodia californiensis* e o misidáceo *Bowmaniella* sp. também estiveram presentes, somando 92% da densidade total (Figura 67). Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef baixo ( $d=2,4$ ) (i.e.  $d \approx 2$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) foi intermediária, no valor de 0,77. A diversidade de Shannon ( $H'$ ) foi 1,97.

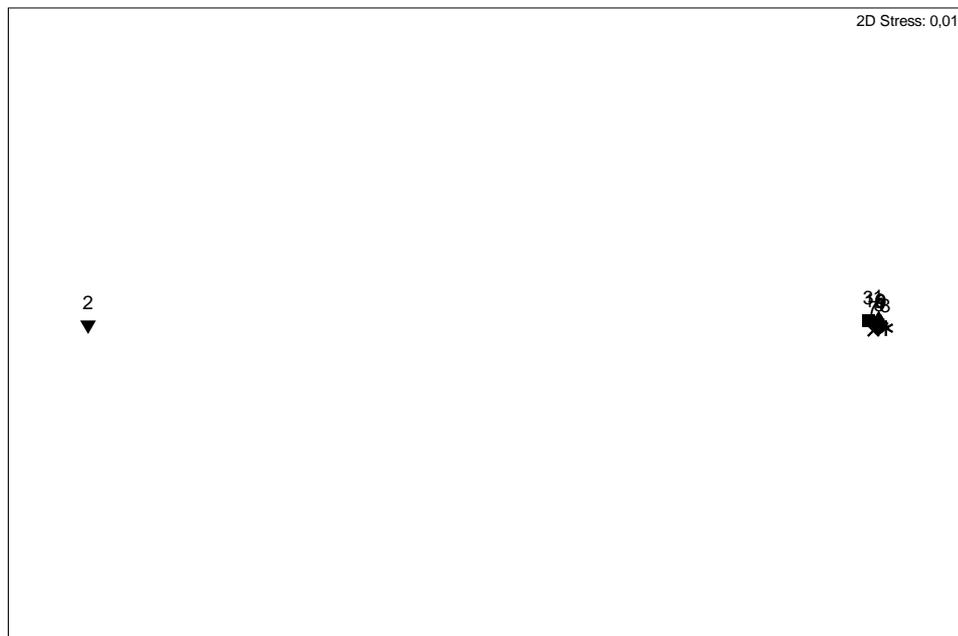


**Figura 67:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Flecheiras, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊖) 1.96\*Erro Padrão.

Em Flecheiras 10 níveis paralelos à praia foram considerados. A partir das análises de agrupamento (cluster) (Figura 68) e de ordenamento (n-MDS) (Figura 69) abaixo, percebe-se a formação de uma zona única na praia, abrangendo os níveis (1;3-10). O nível 2 apresentou características totalmente diferenciada dos outros níveis, devido à ausência de organismos.



**Figura 68:** Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Flecheiras, litoral oeste do Ceará. Detalhe do gráfico com maior aumento no canto inferior esquerdo. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.



**Figura 69:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10), agrupados em duas zonas Z1 e Z2, da macrofauna bentônica na Praia de Flecheiras, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.

## **PREÁ**

### **Caracterização da Praia**

Na área de coleta a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 76,8m. A altura de onda foi de 35,0 cm e o período de 4,4s. A granulometria correspondeu de areia fina, (2,2 phi), pobremente selecionada. O RTR foi de 8,9, que conjuntamente com ômega, de 3,9, correspondem a praias Ultradissipativas.

Nesta praia, os dados de perfil foram perdidos, não podendo ser avaliada a declividade da praia e as características morfodinâmicas. No entanto, visualmente, a praia é mais semelhante a um Terraço de baixamar.

A praia do Preá possui uma característica marcante das praias definidas por Short (1996) como do Grupo 3. Representa ambientes de transição entre praias e planícies de maré. Estes ocorrem em sistemas dominados por ondas baixas e consistem de face praial composta por sedimentos relativamente grossos formando um perfil planar de elevada declividade que transiciona abruptamente para uma planície de maré de granulometria fina, declividade suave e coberta de ondulações de areia ou dunas.

Pela Figura 70 pode-se observar claramente a mudança abrupta da declividade e da mudança de sedimento de grosso para fino. A porção íngreme da praia apresentou um sedimento bastante cascalhoso (não amostrado no presente estudo). Nesta praia, a umidade na porção dissipativa, ou seja, no Terraço, é bastante evidente, além da formação de uma pequena canaleta de água na transição da porção reflectiva para dissipativa.

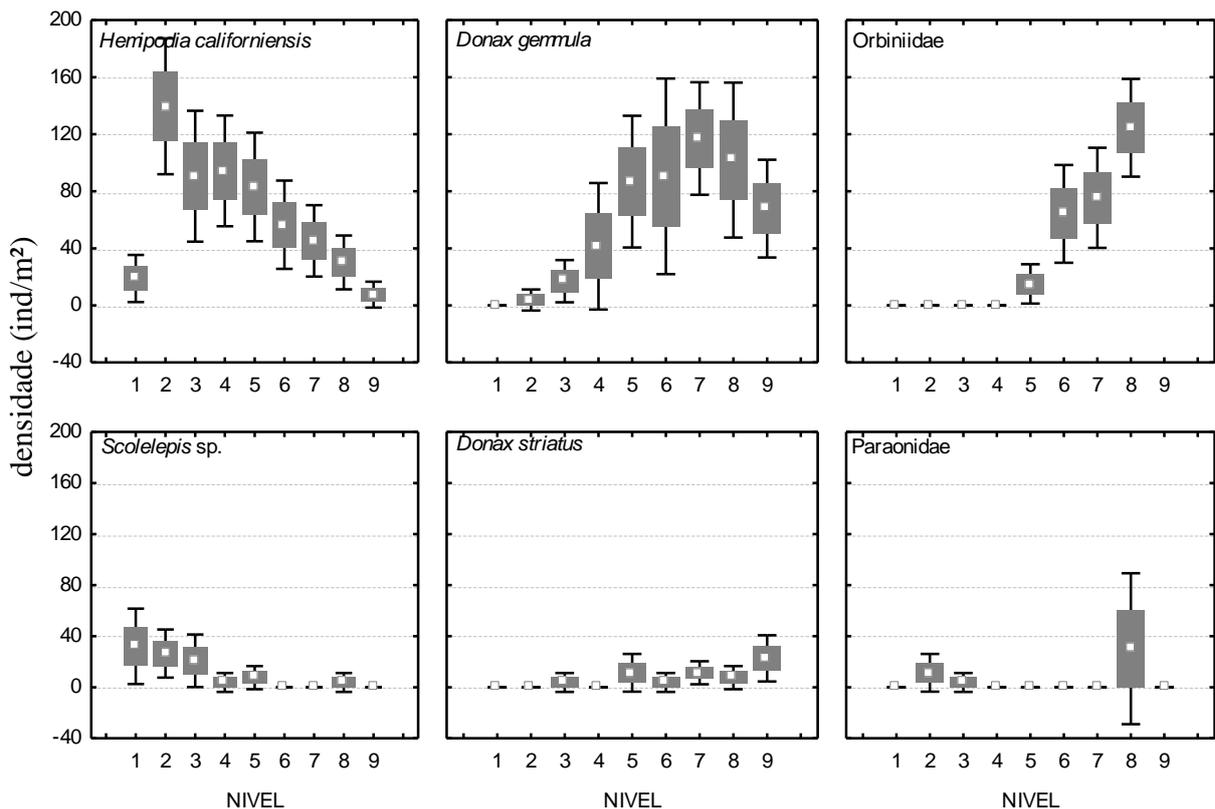


**Figura 70:** Imagens da área de coleta na Praia de Preá, litoral oeste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia com baixa energia de onda; c) d) visão geral do terraço de baixamar formado; e) f) detalhe da mudança brusca de sedimentos grossos na porção reflectiva e finos na planície.

### Caracterização da Macrofauna Bentônica

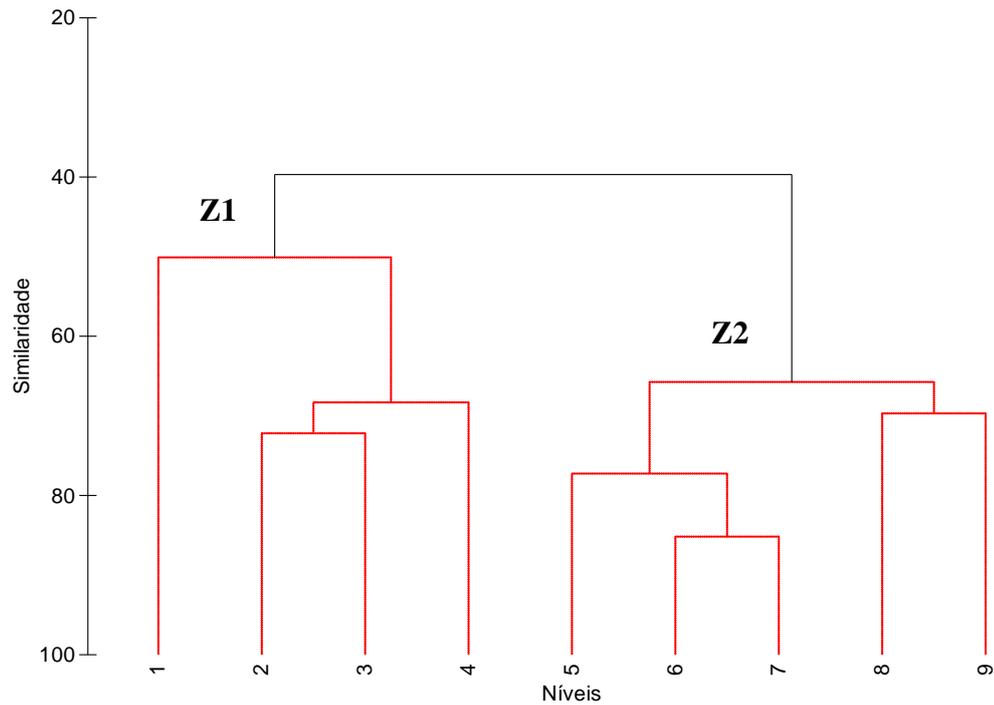
Na praia do preá, devido à largura da praia, apenas 9 níveis foram amostrados. Desta forma, 135 amostras da macrofauna bentônica foram coletadas, em um total de 517 indivíduos, em 17 táxons. Os táxons mais abundantes foram o poliqueta glicerídeo *Hemipodia californiensis* (63,0 ind/m<sup>2</sup>), o bivalve *Donax gemmula* (58,4 ind/m<sup>2</sup>) e os poliquetas Orbiniidae (56,2 ind/m<sup>2</sup>) e *Scolelepis* sp. (10,5 ind/m<sup>2</sup>) totalizando 86,1% da densidade de

todas as espécies que ocorreram nesta praia. Outras espécies como o bivalve *Donax striatus*, o poliqueta Paraonidae e Nemertea também estiveram presentes, somando 93,3% da densidade total (Figura 71). Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef baixo ( $d=2,6$ ) (i.e.  $d \approx 2$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) foi intermediária, no valor de 0,6. A diversidade de Shanonn ( $H'$ ) foi 1,7.

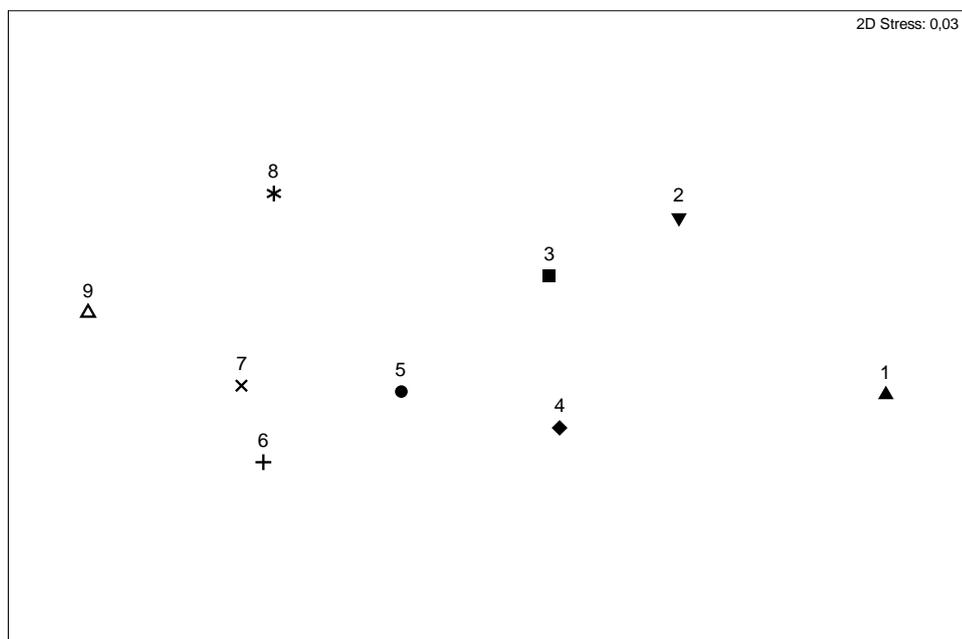


**Figura 71:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia do Preá, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (—) 1.96\*Erro Padrão.

Na Praia do Preá o nível 10 não foi amostrado, devido à largura da praia. A partir das análises de agrupamento (cluster) (n-MDS) (Figura 72) e de ordenamento (Figura 73) abaixo, percebe-se a formação de duas zonas principais, nas quais uma zona engloba principalmente os níveis 1 a 4 (Z1) e a outra zona é composta pelos níveis 5 a 9 (Z2).

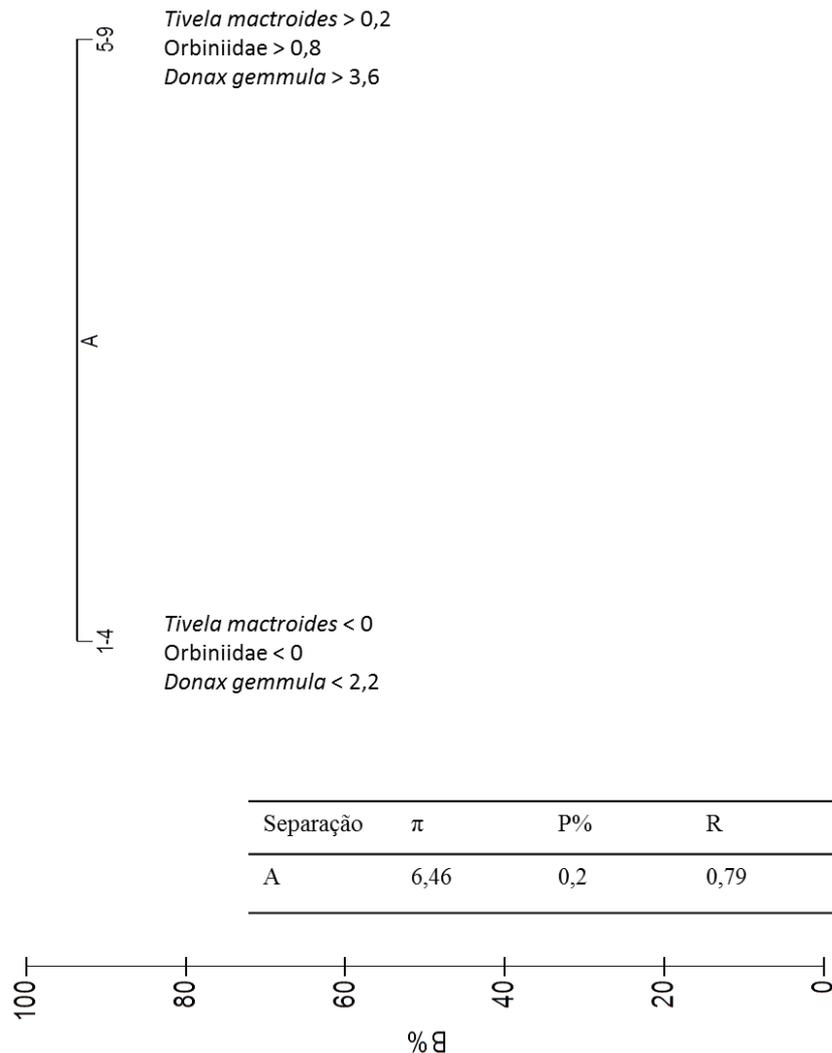


**Figura 72:** Ordenação dos níveis de coleta (1 a 9) da macrofauna bentônica na Praia de Preá, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.



**Figura 73:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 9), agrupados em duas zonas Z1 e Z2, da macrofauna bentônica na Praia de Preá, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.

Através da análise LINKTREE, a Praia de Preá apresenta a formação de 2 Zonas. A zona mais superior, que abrange os níveis 1 a 4, é caracterizada pela menor abundância de organismos representativos. Já a zona mais próxima ao mar (níveis 5-9) foi representada pela presença do molusco bivalve *Tivela mactroides* (>0,2 indivíduos), do poliqueta da família Orbiniidae (>0,8 indivíduos) e do molusco donacídeo *Donax gemmula* (>3,6 indivíduos) (Figura 74).

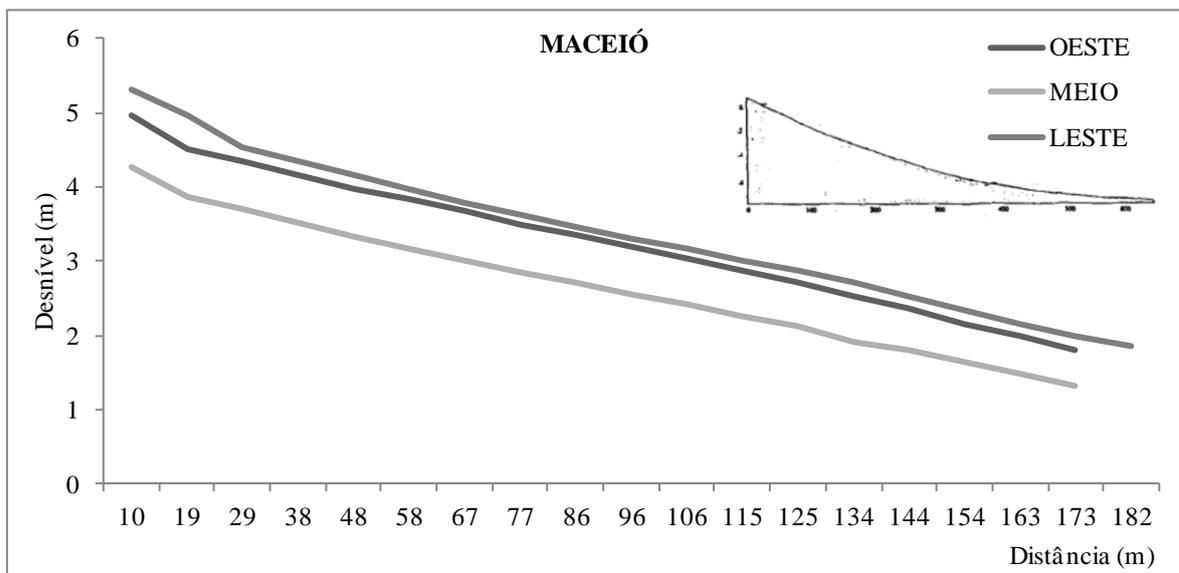


**Figura 74:** Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Preá a partir da composição das espécies. Para a partição binária (A) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.

## MACEIÓ

### Caracterização da Praia

Na área de coleta a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 182,4m. O perfil foi bastante homogêneo, com feições suaves e planas ao longo do entremarés. O desnível foi de 1m vertical a cada 55,4m verticais, representando uma declividade de 0,02 (Figura 75). A altura de onda foi de 40,0 cm e o período de 8,3s. A granulometria correspondeu de areia fina, (2,7 phi), e variou de pobremente a moderadamente selecionada. O RTR foi de 7,3, que em associação com o baixo parâmetro de Dean (2,8), representam uma praia Ultradissipativa, confirmado pelo perfil praiial encontrado.



**Figura 75:** Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entremarés da Praia de Maceió, litoral oeste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Ultradissipativo sugerido por Masselink e Short (1993).

Pela Figura 76 abaixo, nota-se a presença de uma praia bastante plana, com feições monótonas, sem diferenças tridimensionais da praia. A planície de deflação se estende logo atrás da praia, ocupadas por barracas e casas de moradores. Pelas imagens percebem-se pequenas ondulações no sedimento (*sand ridges*), típicos de praias dominadas por marés. Pela Figura 76a, nota-se a presença de um córrego que corre paralelo à praia, até desaguar no mar a oeste da área de coleta.

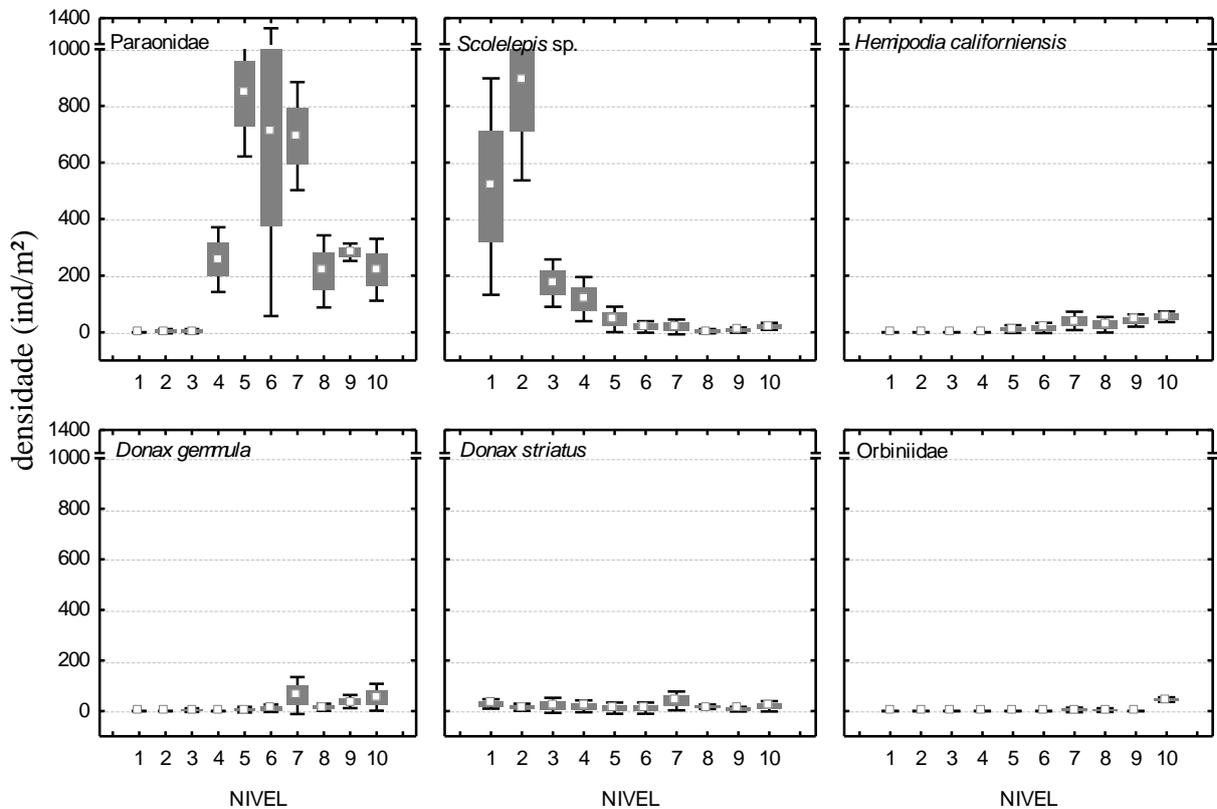


**Figura 76:** Imagens da área de coleta na Praia de Maceió, litoral oeste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia, na parte superior observa-se a presença de um riacho; c) detalhe da extensa planície formada na maré baixa; d) detalhe da amostragem e formação de ondulações no sedimento; f) detalhe da porção superior da praia e planície de deflação.

### Caracterização da Macrofauna Bentônica

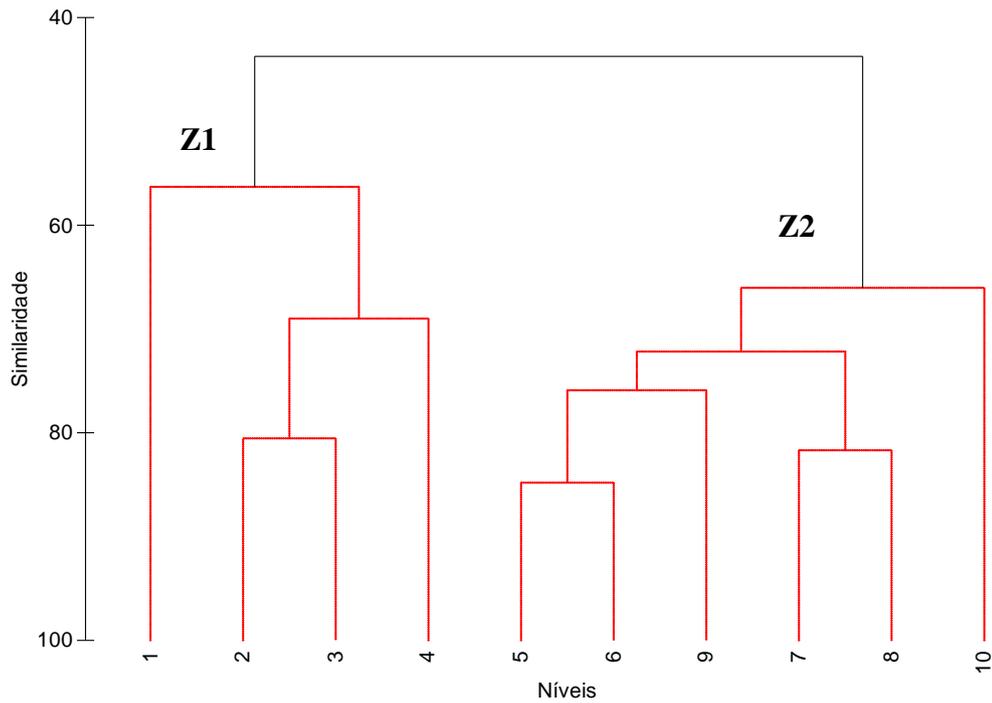
Na praia de Maceió 150 amostras da macrofauna foram coletadas. Nesta praia, a abundância total foi de 1229 indivíduos, em 18 táxons. Os táxons mais abundantes foram os poliquetas da família Paraonidae ( $315,3 \text{ ind/m}^2$ ), Spionidea *Scolelepis* sp. ( $184,6 \text{ ind/m}^2$ ), o bivalve donacídeo *Donax striatus* ( $18,7 \text{ ind/m}^2$ ), bem como o poliqueta Glyceridae *Hemipodia californiensis* ( $18,5 \text{ ind/m}^2$ ), totalizando 93,7% da densidade de todas as espécies que ocorreram nesta praia. Outras espécies como o bivalve *Donax gemmula* e o poliqueta Orbiniidae também estiveram presentes, somando 97,8% da densidade total (Figura 77). Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef baixo

( $d=2,4$ ) (i.e.  $d \approx 2$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) foi baixa, no valor de 0,4, refletindo a dominância numérica dos poliquetas Paraonidae. A diversidade de Shanonn ( $H'$ ) foi 1,3.

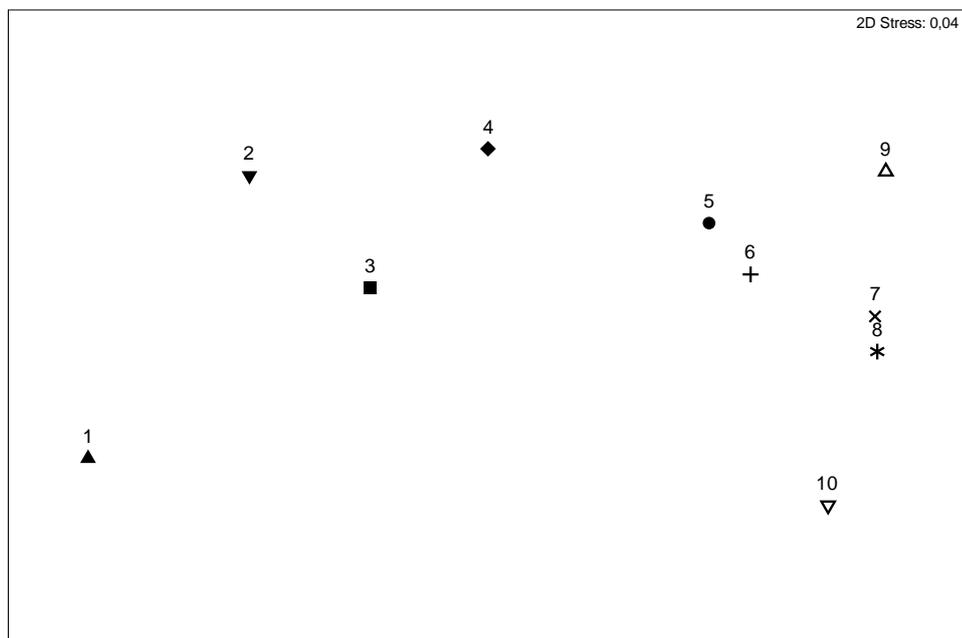


**Figura 77:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Maceió, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊢) 1.96\*Erro Padrão.

Na Praia de Maceió 10 níveis paralelos à praia foram analisados. A partir das análises de agrupamento (cluster) (Figura 78) e de ordenamento (n-MDS) (Figura 79) abaixo, percebe-se claramente a formação de duas zonas na praia de Maceió. A zona mais superior compreende os níveis 1 a 4 (Z1) da praia e a zona mais inferior, os níveis 5 a 10 (Z2).

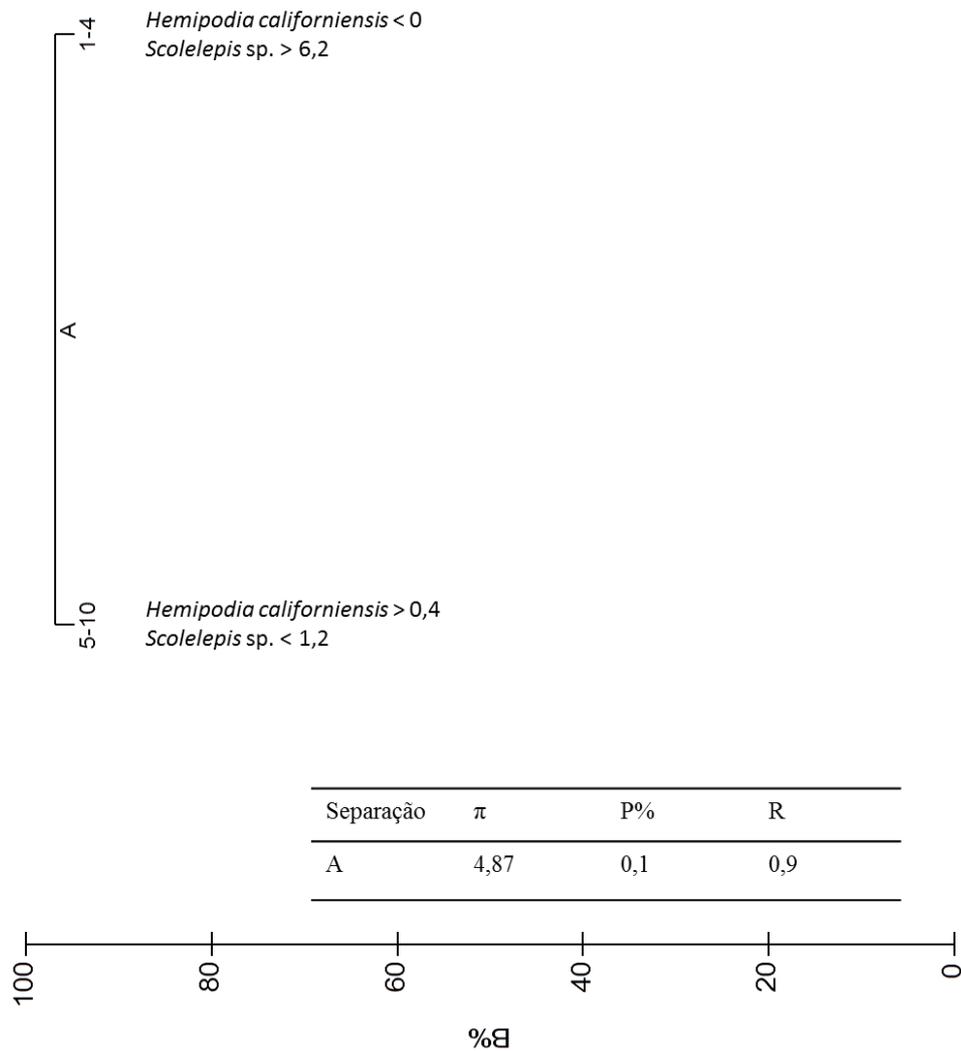


**Figura 78:** Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Maceió, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.



**Figura 79:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10), agrupados em três zonas Z1, Z2 e Z3, da macrofauna bentônica na Praia de Maceió, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.

Através da análise LINKTREE, a Praia de Maceió apresenta a formação de 2 Zonas. A zona mais superior, que abrange os níveis 1 a 4, é caracterizada pela presença do poliqueta Spionidae *Scolelepis* sp. (>6,2 indivíduos). Já a zona mais próxima ao mar (níveis 5-10) foi representada pela presença de outra espécie de poliqueta, o glicerídeo *Hemipodia californiensis* (>0,4 indivíduos) (Figura 80).

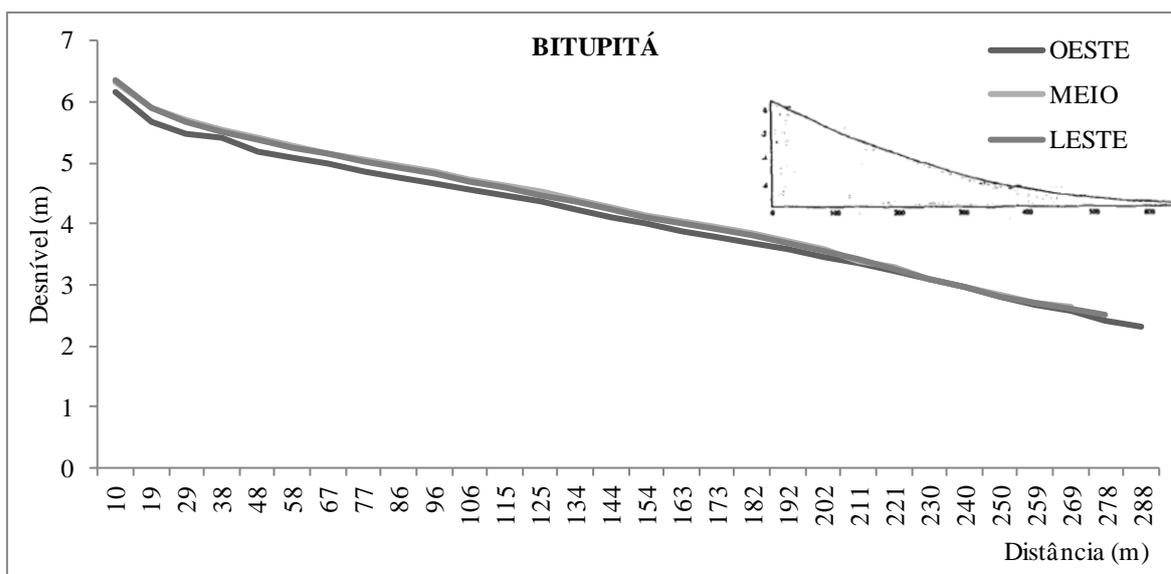


**Figura 80:** Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Maceió a partir da composição das espécies. Para a partição binária (A) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.

## BITUPITÁ

### Caracterização da Praia

Na área de coleta a largura da praia (da linha de preamar até a zona de varrido) foi de 288m, formando uma extensa zona de entemarés. O perfil é bastante homogêneo, com feições suaves e planas ao longo do intermareal. O desnível foi bastante suave, mudando 1m vertical a cada 73m horizontais, representando uma declividade de 0,01 (Figura 81). A altura de onda foi extremamente baixa, ficando em 10 cm e o período foi 4,4s. A granulometria correspondeu de areia muito fina, (3,4 phi), e variou de moderadamente a muito bem selecionada. O RTR foi de 31, onde a ação das ondas é quase totalmente sobrepujada pela ação das marés e sistemas sob estas condições tendem às características de Planícies de maré. Neste caso, o parâmetro de Dean (3,0) não influenciará na morfodinâmica da praia.



**Figura 81:** Representação dos 3 perfis topográficos (leste, oeste, meio) da região entemarés da Praia de Bitupitá, litoral oeste do estado do Ceará. A título comparativo a direita está representado o perfil Planície de maré sugerido por Masselink e Short (1993).

Pela Figura 82 abaixo, nota-se a extensa planície de maré que se forma durante a baixamar. Percebe-se a ocorrência de dunas e eolianitos de tamanho moderado adjacentes à praia. Esta praia é bastante conservada, como poucos impactos de urbanização na zona costeira. O perfil praiial não apresenta grandes variações, compondo uma uniformidade na umidade do sedimento na maré baixa. A granulometria fina permite a retenção da umidade formando uma fina lâmina d'água no entemarés. Pelas imagens percebem-se pequenas

ondulações no sedimento (*sand ridges*), típicos de praias dominadas por marés. Nota-se ainda a baixa incidência de ondas, confirmando a importância das marés na dinâmica desta praia.

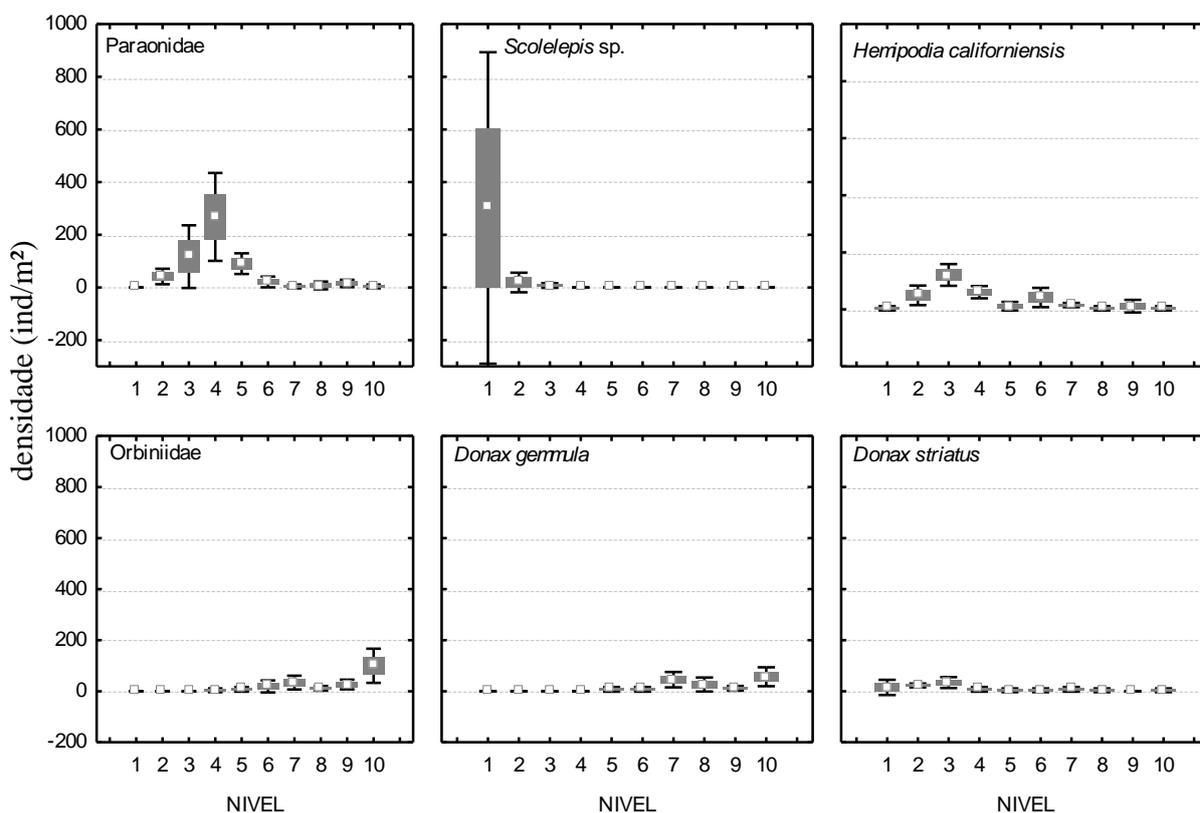


**Figura 82:** Imagens da área de coleta na Praia de Bitupitá, litoral oeste do estado do Ceará. a) b) visão geral da praia, com extensa planície de maré formada na baixamar; c) detalhe da formação de ondulações no sedimento; d) detalhe da realização do perfil topográfico e visualização das dunas e eolianitos; e) detalhe da realização do perfil topográfico e amostragem.

### Caracterização da Macrofauna Bentônica

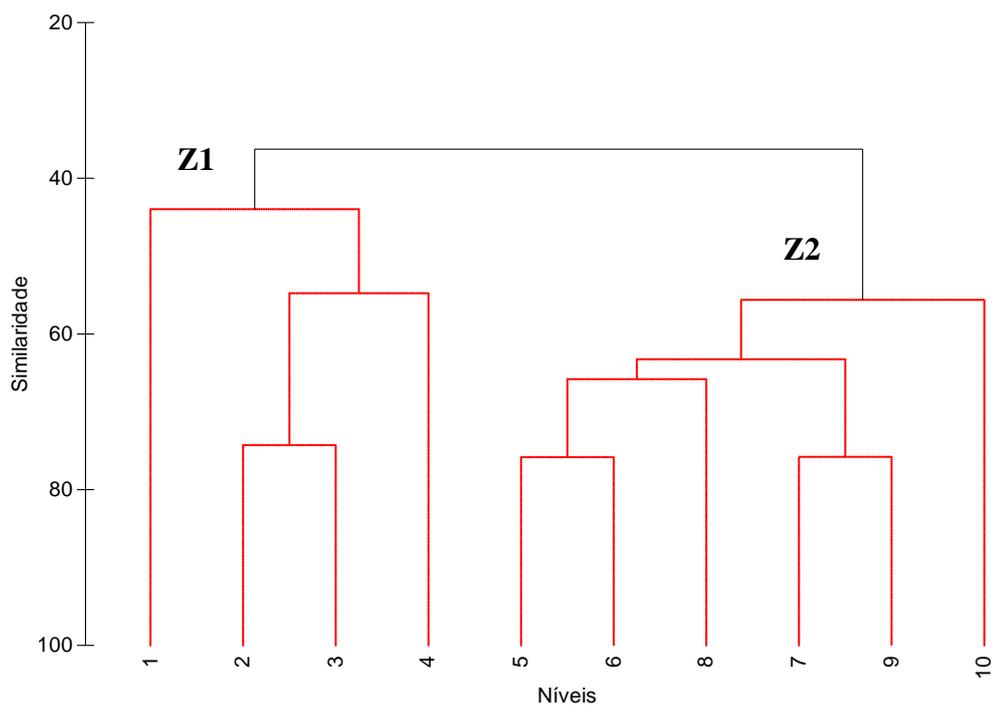
Foram coletadas 150 amostras, que totalizaram uma abundância total de espécies de 500 indivíduos, em 24 táxons. Os táxons mais abundantes foram os poliquetas da família Paraonidae (56,8 ind/m<sup>2</sup>), da família Spionidae *Scolelepis* sp. (32,8 ind/m<sup>2</sup>), da família Glyceridea *Hemipodia californiensis* (32,1 ind/m<sup>2</sup>) e da família Orbiniidae (20,2 ind/m<sup>2</sup>) totalizando 74,6% da densidade de todas as espécies que ocorreram nesta praia. Outras

espécies como os bivalves *Donax gemmula* e *Donax striatus* também estiveram presentes, somando 88,1% da densidade total (Figura 83). Os descritores da macrofauna bentônica mostraram um índice de riqueza de Margalef intermediário ( $d=3,7$ ) (i.e.  $2 < d < 5$ ). A equitatividade de Pielou ( $J'$ ) foi mediana, no valor de 0,67. A diversidade de Shanonn ( $H'$ ) foi 2,1.

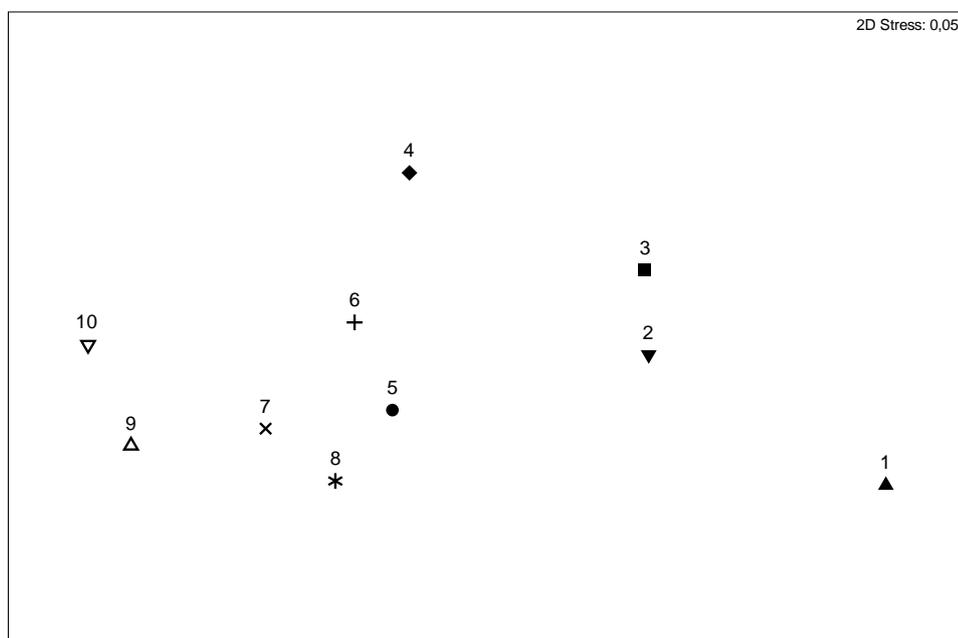


**Figura 83:** Gráficos de densidade (ind/m<sup>2</sup>) das principais espécies da macrofauna bentônica nos níveis de coleta da Praia de Bitupitá, litoral oeste do Ceará. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊢) 1.96\*Erro Padrão.

Na praia de Bitupitá, 10 níveis paralelos à praia foram considerados. A partir das análises de agrupamento (cluster) (Figura 84) e de ordenamento (n-MDS) (Figura 85) abaixo, percebe-se que os níveis 1 a 4 (Z1) formam uma zona mais superior e os níveis 5 a 10 (Z2) formam outra zona mais próxima ao mar.

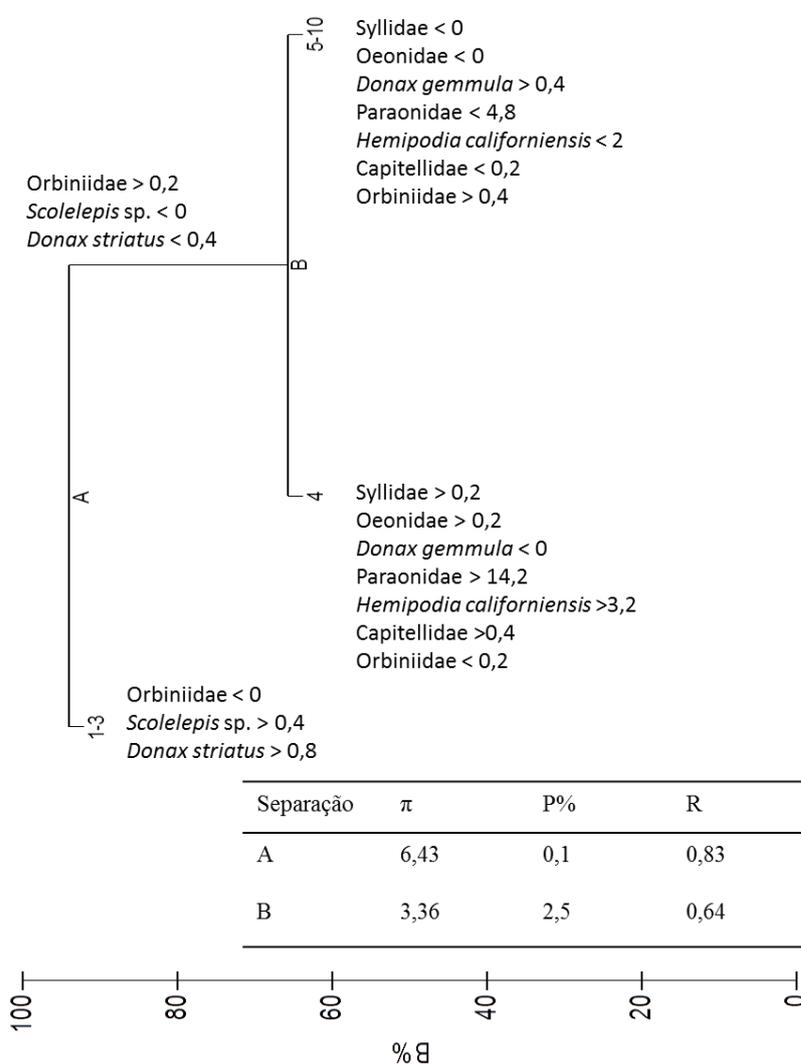


**Figura 84:** Ordenação dos níveis de coleta (1 a 10) da macrofauna bentônica na Praia de Bitupitá, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{x}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.



**Figura 85:** Análise de agrupamento dos níveis de coleta (1 a 10), agrupados em duas zonas Z1 e Z2, da macrofauna bentônica na Praia de Bitupitá, litoral oeste do Ceará. Medida de similaridade de Bray-Curtis; abundância transformada em  $\sqrt{\sqrt{x}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.

Através da análise LINKTREE, a Praia de Maceió apresenta a formação de 3 Zonas de espécies. A zona mais superior, que abrange os níveis 1 a 3, é caracterizada pela presença do poliqueta Spionidae *Scolelepis* sp. (>0,4 indivíduos) e pelo molusco donacídeo *Donax striatus* (>0,8 indivíduos). A presença do poliqueta Orbiniidae (>0,2 indivíduos) caracterizou a zona mais próxima ao mar, que envolve os níveis 4 a 10. Dentro desta zona, o nível 4 foi caracterizado pela presença de diversos grupos de poliqueta com destaque para a família Paraonidae (>14, indivíduos). Nos níveis 5 a 10, os grupos mais representativos foram o molusco bivalve *Donax gemmula* (0,4 indivíduos) e para o poliqueta da família Orbiniidae (>0,4 indivíduos) (Figura 86).



**Figura 86:** Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento dos níveis da praia de Bitupitá a partir da composição das espécies. Para cada partição binária (A e B) é mostrado os valores de  $\pi$ , significância (P%), R do ANOSIM (para cada subgrupo). B% é a medida de diferença entre os grupos.

## ANÁLISE COMPARATIVA DAS PRAIAS

### Variáveis ambientais

As praias cearenses estudadas são caracteristicamente praias de mesomaré, com alcance relativo médio de 3,1m. Para o contexto morfodinâmico, as praias estudadas, com exceção de Bitupitá, apresentam características reflectivas por ocasião da maré cheia e dissipativas na maré baixa.

A praia de Bitupitá apresentou diversas particularidades. Esta praia é a menos urbanizada das praias estudadas e apresentou a maior largura de praia, descobrindo 288m na maré baixa, expondo uma extensa planície de maré. Esta praia também foi a que apresentou menor tamanho do grão (96 $\mu$ m), resultando em uma praia bastante plana, com alta retenção de umidade (Tabela 3).

Além das marés, as praias cearenses também são modeladas por ondas. A altura média de onda foi de 53cm, o que confere uma certa importância da onda na dinâmica da praia. Juntamente com a maré, as ondas interagem de forma diferenciada durante a maré alta e na maré baixa nas praias estudadas.

**Tabela 3: Resultados das variáveis físicas medidas e os índices de morfodinâmica da praia calculados nas 12 praias estudadas ao longo do litoral do Ceará (RTR - *relative tide range*: extensão relativa da maré; BI - *beach index*: índice da praia).**

Praia	Data de coleta	Largura da praia (m)	Declividade	Tamanho médio do grão ( $\mu$ m)	Altura de onda (cm)	Período (s)	Dean ( $\Omega$ )	RTR	BI
Redonda	10/08/10	147	0,03	383	41,8	5,0	1,5	7,9	2,4
Majorlândia	11/08/10	186	0,02	243	44,8	3,0	4,7	7,4	2,6
Canto Verde	22/03/11	123	0,04	203	37,5	10,2	1,4	7,7	2,4
Diogo	12/08/10	106	0,03	329	40,0	6,0	1,4	8,0	2,5
Iguape	13/08/10	173	0,02	291	82,0	7,0	2,9	3,7	2,6
Diários	18/03/11	55	0,09	262	100,0	10,0	2,8	3,1	2,0
Pecém	07/09/10	144	0,03	207	107,5	7,2	5,7	2,8	2,5
Paracuru	08/10/10	83	0,05	194	47,5	9,0	2,2	6,5	2,3
Flecheiras	09/10/10	159	0,03	181	50,0	6,3	3,6	5,8	2,6
Preá	20/02/11	77	-	173	35,0	4,4	3,9	8,9	-
Maceió	20/04/11	182	0,02	154	40,0	8,3	2,8	7,3	2,8
Bitupitá	19/04/11	288	0,01	96	10,0	4,4	3,0	31,0	3,0

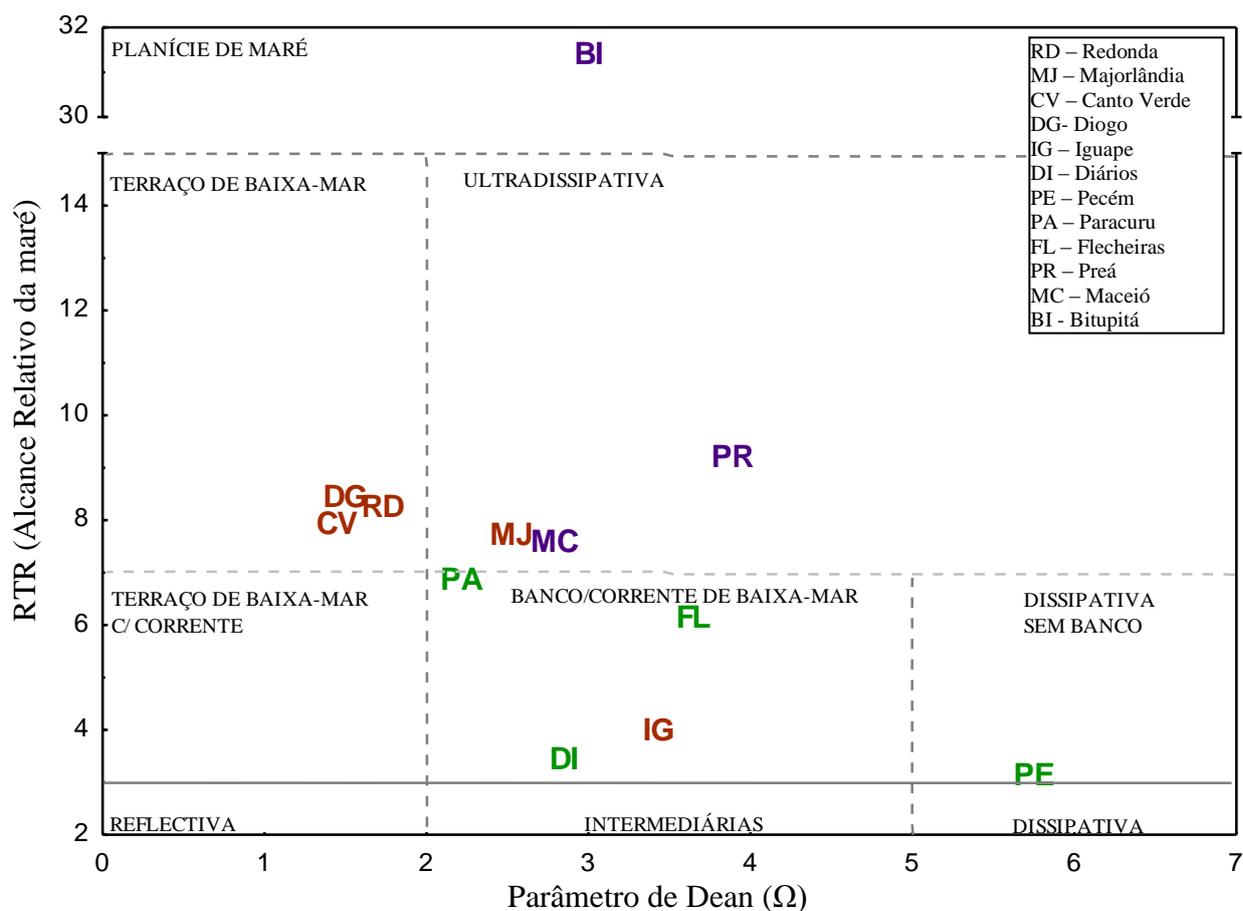
Os Índices da Praia (BI) encontrados foram todos acima de 2, indicando uma maior proximidade com as praias macromareais dissipativas (para efeitos comparativos, praias com BI <1,5 são micromareais reflectivas; BI > 3 são consideradas macromareais dissipativas) (Mclachlan e Dorvlo, 2005).

Neste estudo, todas as praias apresentaram RTR >2, portanto o efeito da maré é mais relevante, necessitando ser considerado o índice RTR em conjunto com o parâmetro de Dean ( $\Omega$ ). O RTR médio foi de 8 ( $\pm 7$ ). O menor RTR ocorreu na praia do Pecém, com valor de 2,8 e o maior valor foi 31, na praia de Bitupitá. Igualmente, foram estas praias com maior e menor valor de altura de onda, com 107,5 cm e 10 cm respectivamente (Tabela 3).

Os valores do parâmetro de Dean ( $\Omega$ ) variaram de 1,4 na Prainha do Canto Verde a 5,7 na Praia do Pecém. O valor de Dean ( $\Omega$ ) é mais confiável quando usado juntamente com o RTR nas praias de meso-macromarés, pois traduz uma maior fidelidade na definição das condições morfodinâmicas das praias (Tabela 3).

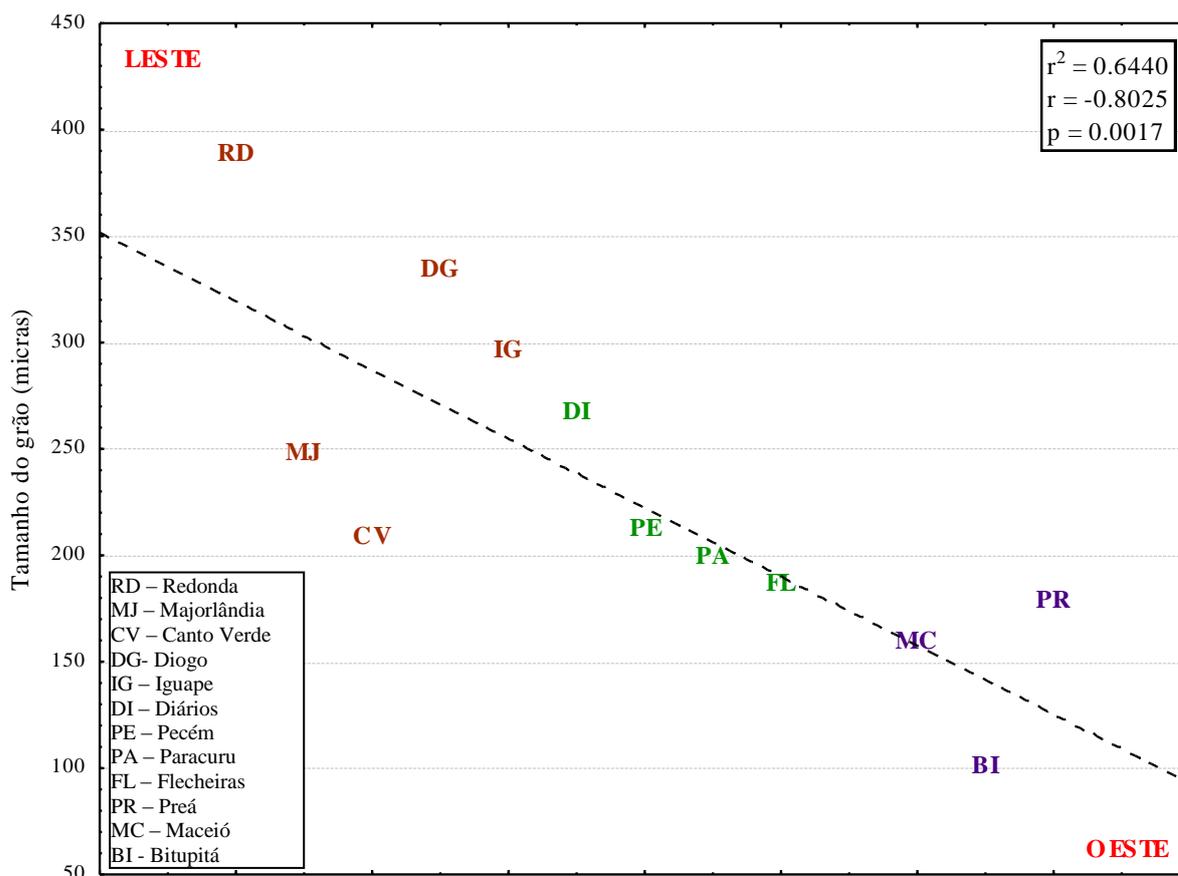
Desta forma, traçou-se um gráfico onde plotam-se os valores de RTR contra os valores de Dean ( $\Omega$ ) (Figura 87). Como resultado, observou-se que três praias podem ser consideradas de Terraço de baixamar (Redonda, Canto Verde e Diogo), quatro são banco/corrente de baixamar (Diários, Paracuru, Flecheiras e Iguape), três são Ultradissipativas (Preá, Majorlândia e Maceió), uma Dissipativa sem banco (Pecém) e uma Planície de maré (Bitupitá). Nas observações visuais, a maioria das praias corrobora com as classificações encontradas nos índices. No entanto, a praia de Preá é caracteristicamente de Terraço de baixamar pelas observações de campo, mas foi assinalada como ultradissipativa pelos índices.

Destaca-se no gráfico, a praia de Bitupitá que, como mencionado anteriormente, apresenta claramente propriedades de planícies de maré e a Praia do Pecém, que foi a única considerada dissipativa propriamente dita (Figura 87).



**Figura 87:** Diagrama de dispersão dos valores do parâmetro de Dean x RTR computados para as praias do litoral do Ceará, plotados segundo o modelo morfodinâmico proposto por Masselink e Short (1993). Em vermelho, praias do setor leste; em verde, praias do setor oeste-central; em roxo, praias do extremo-oeste.

Com relação à granulometria, observou-se uma clara diminuição no tamanho médio do grão (aumento do  $\phi$ ) do litoral leste para oeste (Figura 88). O maior tamanho do grão foi de  $383\mu$  no extremo leste cearense, na praia de Redonda, e, o menor,  $96\mu$  no extremo oeste, na praia de Bitupitá. Pela análise regressão linear, observou-se uma alta correlação entre o tamanho médio do grão e o distanciamento da praia em direção ao oeste ( $r^2= 0,65$ ;  $p=0,0029$ ).



**Figura 88:** Gráfico de dispersão mostrando a diminuição no tamanho do grão (micra) de leste a oeste nas 12 praias estudadas ao longo do litoral do Ceará. Em vermelho, praias do setor leste; em verde, praias do setor oeste-central; em roxo, praias do extremo-oeste. No canto superior direito está demonstrado o resultado da análise correlação de Spearman.

### Macrofauna Bentônica: distribuição espacial

As praias cearenses foram bastante diversas quanto aos descritores de comunidade. De acordo com o total de espécies que ocorreram em um dado transecto perpendicular a praia, chamado de MSR (*marine species richness*), a praia com maior valor médio foi Prainha do Canto Verde (14,0). Esta praia também apresentou maior valor de riqueza total de espécies na praia ( $S=25$ ), e do índice de diversidade de Shannon ( $H'=2,5$ ) (Tabela 4).

A praia do Pecém teve sua importância pela grande quantidade de indivíduos ( $N=1780$ ) e densidade ( $745,5 \text{ ind/m}^2$ ) (Tabela 4).

A Praia do Paracuru apresentou o maior índice de Riqueza de Margalef ( $d=4,1$ ), este índice quando maior que 5 indica riqueza de espécies muito alta. Todas as outras praias apresentaram valores intermediários de riqueza que ocorrem quando  $d > 2$  (Tabela 4).

A praia dos Diários apresentou os menores valores de riqueza total (10) e MSR (5,3). Além disso, a abundância e densidade de espécies foram extremamente baixas, contabilizando apenas 26 indivíduos coletados em toda a área amostrada, correspondendo a  $28,3 \text{ ind/m}^2$  (Tabela 4).

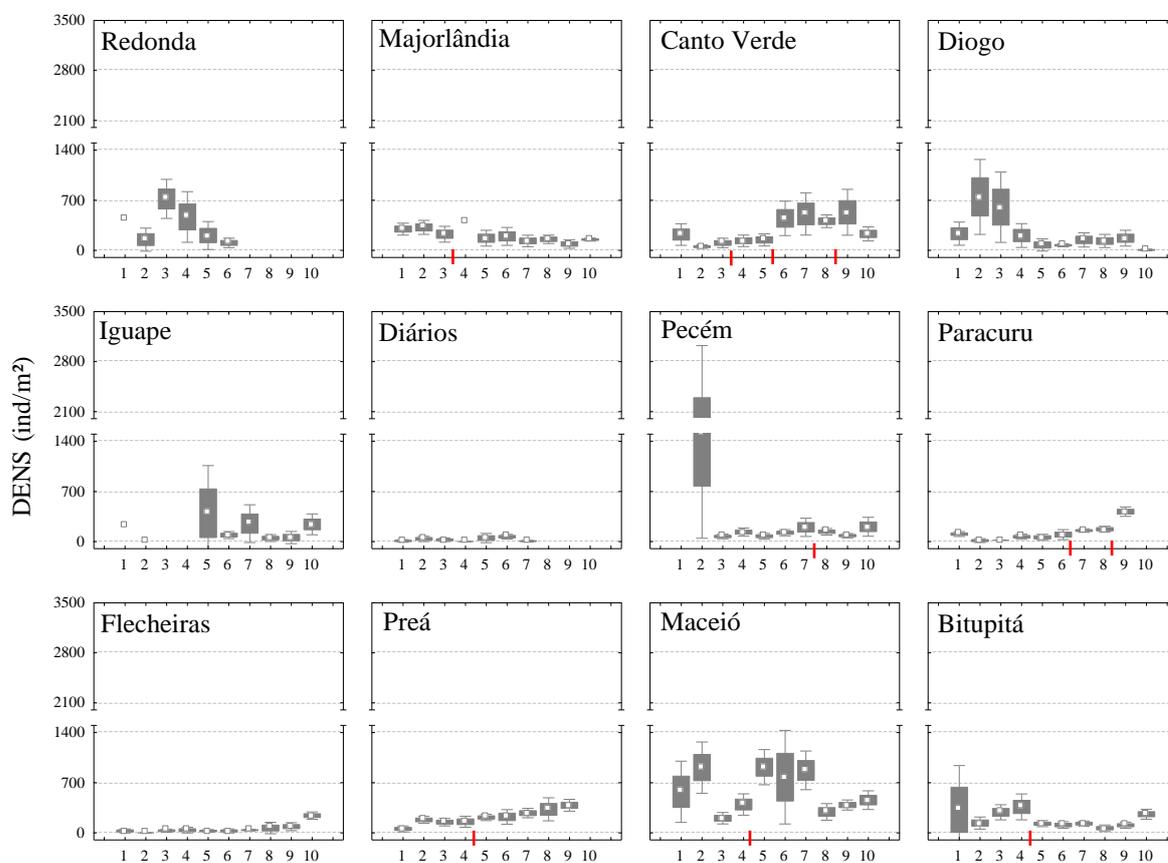
As praias do Diogo, Pecém e Maceió, apresentaram baixos valores de equitatividade ( $J'$ ) refletindo a dominância do poliqueta Syllidae, de *Scolecopsis* sp. e do poliqueta Paraonidae, respectivamente, nestas praias.

**Tabela 4: Resultado da média e desvio padrão da riqueza de espécies por transecto (MSR – *marine species richness*), dos descritores da comunidade: número total de indivíduos (N), riqueza total de espécies (S), média do índice de riqueza de Margalef (d), média da equitatividade de Pielou ( $J'$ ), média da diversidade de Shannon ( $H'$ ) e média e desvio padrão da densidade das espécies em  $\text{ind/m}^2$  (DENS) nas 12 praias estudadas no litoral do Ceará. Em negrito os maiores valores encontrados para cada índice.**

	PRAIA	MSR	N	S	d	$J'$	$H'$	DENS
LESTE	Redonda	7,6±2,3	222	18	3,1	0,62	1,8	384,2±330,7
	Majorlândia	9,8±1,6	219	19	3,3	0,74	2,2	182,5±104,0
	Canto Verde	<b>14,0±2,4</b>	420	<b>25</b>	4,0	0,78	<b>2,5</b>	278,2±248,9
	Diogo	10,4±2,3	595	22	3,3	0,39	1,2	244,0±334,1
	Iguape	6,2±1,9	125	13	2,5	0,67	1,7	162,2±204,6
OESTE-CENTRAL	Diários	5,3±0,6	26	10	2,8	<b>0,82</b>	1,9	28,3±34,5
	Pecém	11,2±1,5	<b>1780</b>	24	3,1	0,24	0,8	<b>745,5±1804,5</b>
	Paracuru	13,2±2,0	289	24	<b>4,1</b>	0,71	2,2	133,9±126,8
	Flecheiras	7,2±2,0	145	13	2,4	0,77	2,0	57,9±77,4
EXTREMO-OESTE	Preá	11,2±1,6	517	17	2,6	0,63	1,8	218,4±128,4
	Maceió	10,0±1,2	1229	18	2,4	0,44	1,3	572,8±406,2
	Bitupitá	13,0±1,6	500	24	3,7	0,67	2,1	190,1±240,8

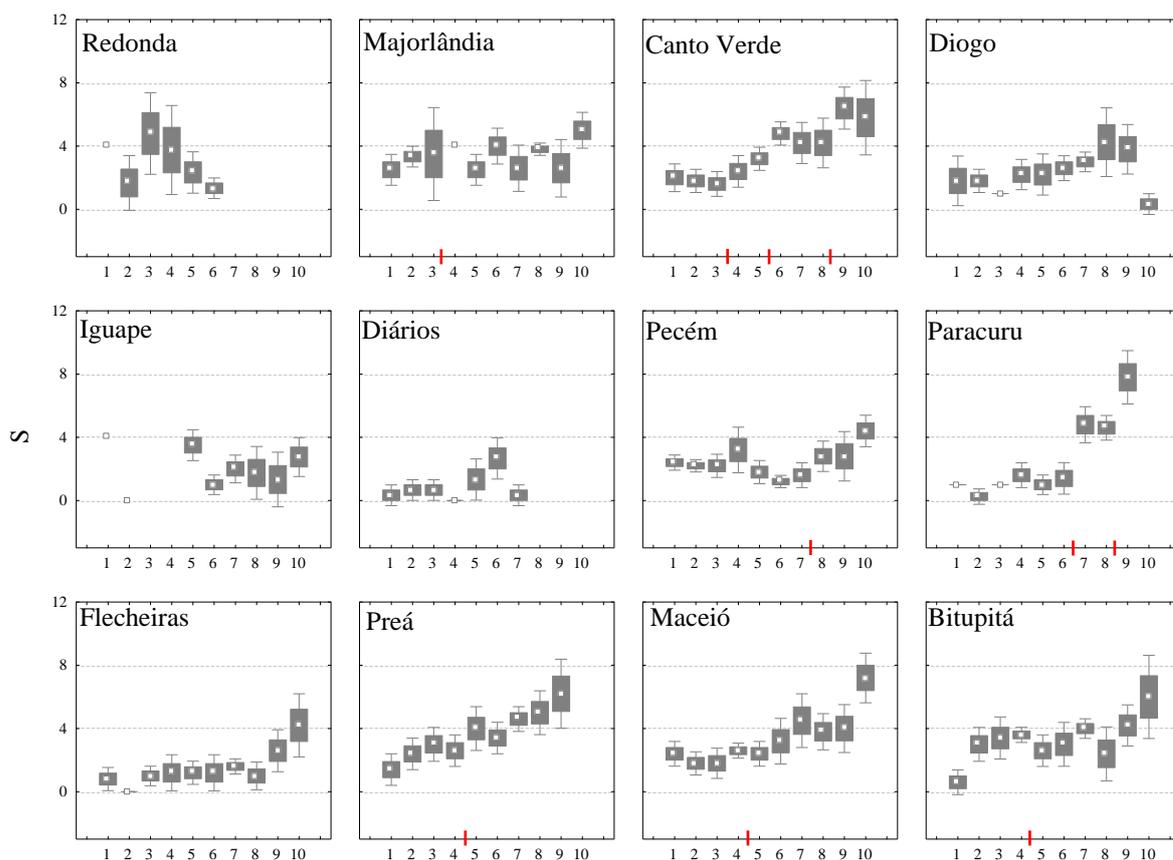
A densidade total dos indivíduos ao longo dos níveis em cada praia está demonstrada no gráfico a seguir (Figura 89), o pico de densidade é variável em cada praia, ora ocorrendo nos níveis mais afastados da praia, ora nos níveis mais pertos do mar. Esses picos

de densidade são altamente influenciados pela presença dos poliquetas, que ocorrem em grandes densidades, como *Scolelepis* sp. e poliquetas da família Syllidae, principalmente.



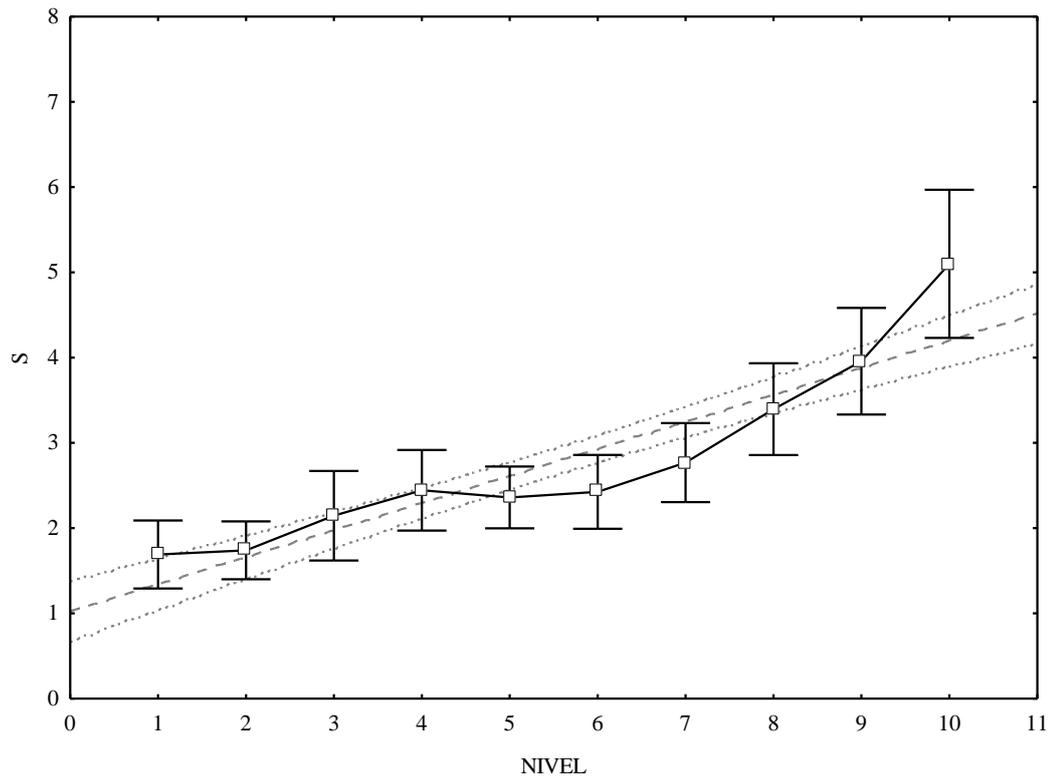
**Figura 89:** Densidade total de espécies (ind/m<sup>2</sup>) da macrofauna bentônica ao longo dos níveis de coleta nas 12 praias estudadas no litoral do Ceará. Nível 1 é o mais afastado e 10 mais próximo ao mar. Em vermelho está representado a separação das zonas em cada praia encontradas pelo Simprof. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊢) 1.96\*Erro Padrão.

Com relação à riqueza total de espécies ao longo dos níveis de coleta, percebe-se um aumento na riqueza nos pontos mais próximos ao mar. Os valores médios de riqueza ficam em torno de 0 e 4 na maior parte dos níveis de coleta. O aumento de riqueza nos níveis mais próximos ao mar ocorre em 9 das 12 praias estudadas (Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Pecém, Paracuru, Flecheiras, Preá, Maceió e Bitupitá) (Figura 90).



**Figura 90:** Riqueza total de espécies (S) da macrofauna ao longo dos níveis de coleta nas 12 praias estudadas no litoral do Ceará. Nível 1 é o mais afastado e 10 mais próximo ao mar. Em vermelho está representado a separação das zonas em cada praia encontradas pelo Simprof. (□) Média; (■) Erro padrão; (⊓) 1.96\*Erro Padrão.

Pela análise de regressão linear (Figura 91), percebe-se um aumento significativo na riqueza de espécies (S), com aumento nos níveis de praias estudados ( $R = 0,45$   $R^2 = 0,2$   $R^2_{ajustado} = 0,19$ ;  $F[1,475] = 118,93$   $p < 0,0000$ ). Ou seja, as áreas mais próximas à zona de varrido abrigam um maior número de espécies da macrofauna bentônica.



**Figura 91: Relação entre riqueza total de espécies (S) e os níveis das praias (1 a 10) do litoral cearense. As linhas pontilhadas representam a reta de regressão linear e seu intervalo de confiança. (□) Média; (┌) intervalo de confiança.**

A zonação das espécies mostrou três tipos de padrões de ocorrência na distribuição perpendicular à praia (Figura 92). Os poliquetas *Scolelepis* sp., Syllidae e o crustáceo *Excirolana braziliensis* têm uma tendência a se localizar na zona mais superior da praia, afastadas do mar. Outros poliquetas como Paraonidae e *Hemipodia californiensis*, ocupam quase toda extensão da praia. Entre os bivalves donacídeos, percebe-se que *Donax striatus* e *D. variabilis* conseguem habitar toda extensão da praia, enquanto *D. gemmula* se concentra nas áreas mais próximas a água. Outras espécies também são mais típicas de zonas mais úmidas, como Nemertea, os poliquetas Orbiniidae, *Dispio* sp. e o misidáceo *Bowmaniella* sp.

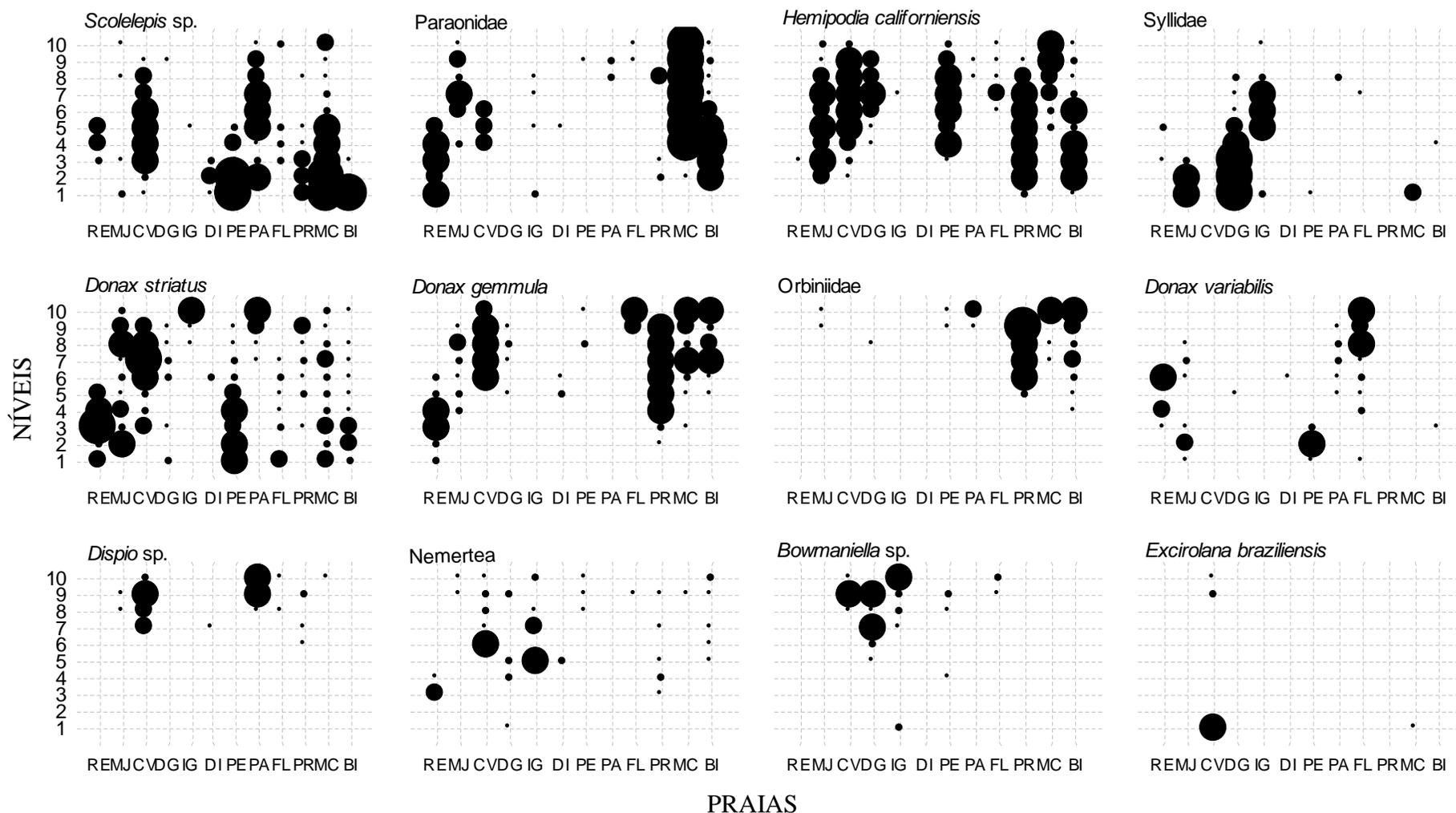


Figura 92: Zonação de 12 principais espécies da macrofauna bentônica através dos níveis paralelos à praia e ao longo das 12 praias estudadas. O nível 1 é o mais distante e o 10 mais próximo do mar. RE-Redonda, MJ-Majorlândia; CV-Canto Verde; DG-Diogo; IG-Iguape; DI-Diários; PE-Pecém; PA-Paracuru; FL-Flecheiras; PR-Preá; MC-Maceió; BI-Biupitá. Classes de densidades: • 1-50 ind/m<sup>2</sup> ● 50-100 ind/m<sup>2</sup> ● 100-200 ind/m<sup>2</sup> ● 200-1000 ind/m<sup>2</sup>.

Realizando-se uma análise espacial ao longo do litoral cearense, observou-se que as maiores riquezas da macrofauna foram geograficamente localizadas em todos os setores: em praias do litoral leste, oeste-central e extremo-oeste. A riqueza total maior que 20 espécies ocorreram em Canto Verde, Diogo, Pecém, Paracuru e Bitupitá. Já para riqueza das espécies por transecto (MSR), 3 praias, uma em cada setor do litoral, apresentaram riqueza maior que 12 espécies: Canto Verde (Leste), Paracuru (Oeste-central) e Bitupitá (Extremo-oeste) (Figura 93).

Os poliquetas apresentaram menores densidades no setor leste, em contrapartida os moluscos apresentaram os maiores valores neste setor, especialmente nas praias de Redonda e Majorlândia e Canto Verde. Os crustáceos, apesar de maior valor em número de espécies (22 espécies no total), apresentaram baixas densidades em todo litoral. Embora na escala do mapa não seja possível observar, observou-se uma diminuição gradual na densidade de crustáceos de leste para extremo oeste (Leste: 1,5 ind/m<sup>2</sup>, Oeste: 0.6 ind/m<sup>2</sup> e Extremo-oeste: 0.1 ind/m<sup>2</sup>) (Figura 93). Este grupo foi praticamente ausente nas praias do Extremo-oeste.

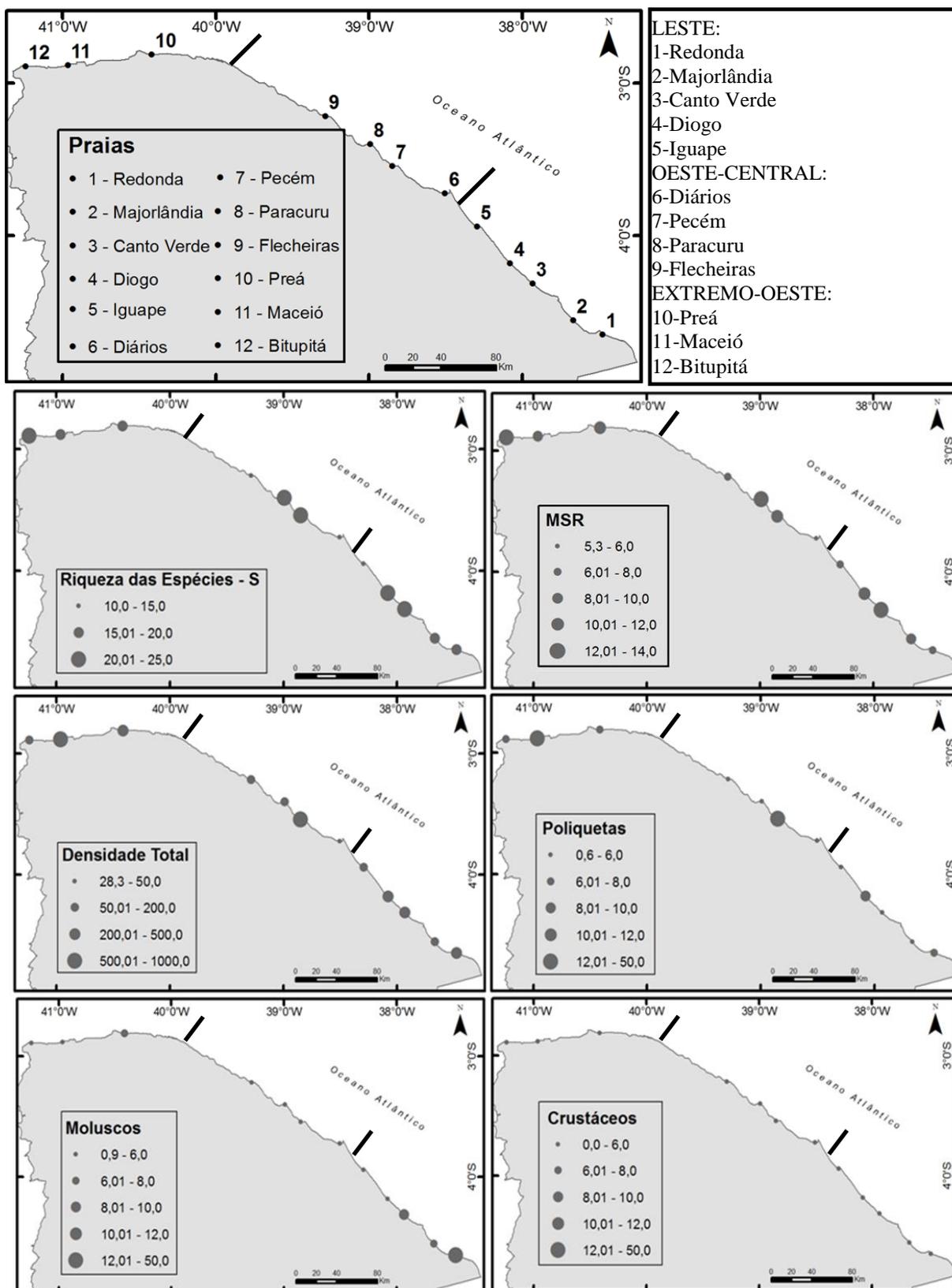
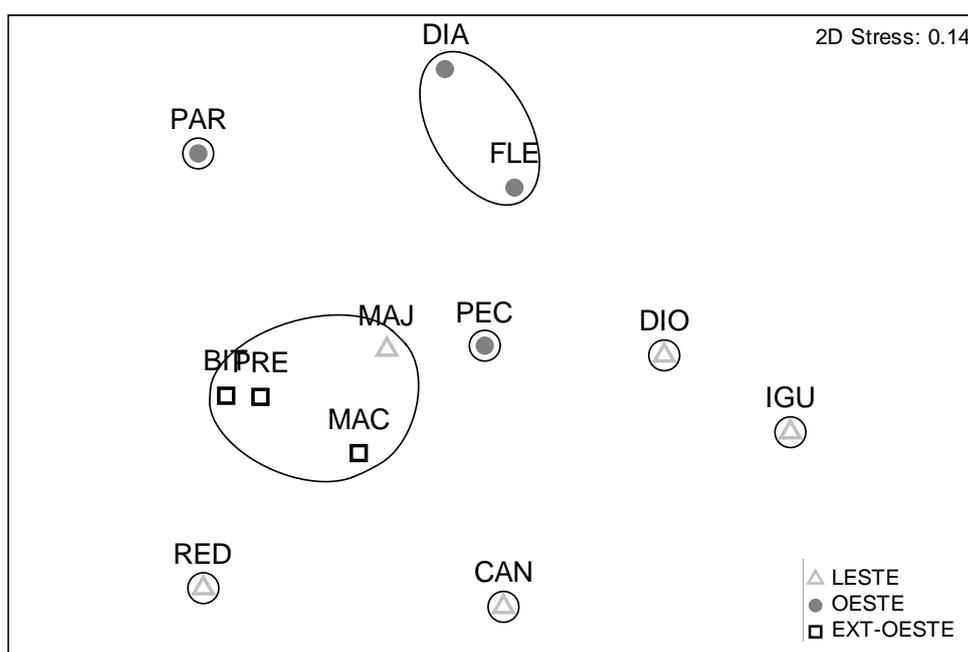


Figura 93: Mapa geográfico mostrando a distribuição e riqueza total média (S), riqueza média por transecto (MSR), a densidade média da macrofauna total e em cada grupo taxonômico, poliquetas, moluscos e crustáceos ao longo das praias estudadas no litoral cearense.

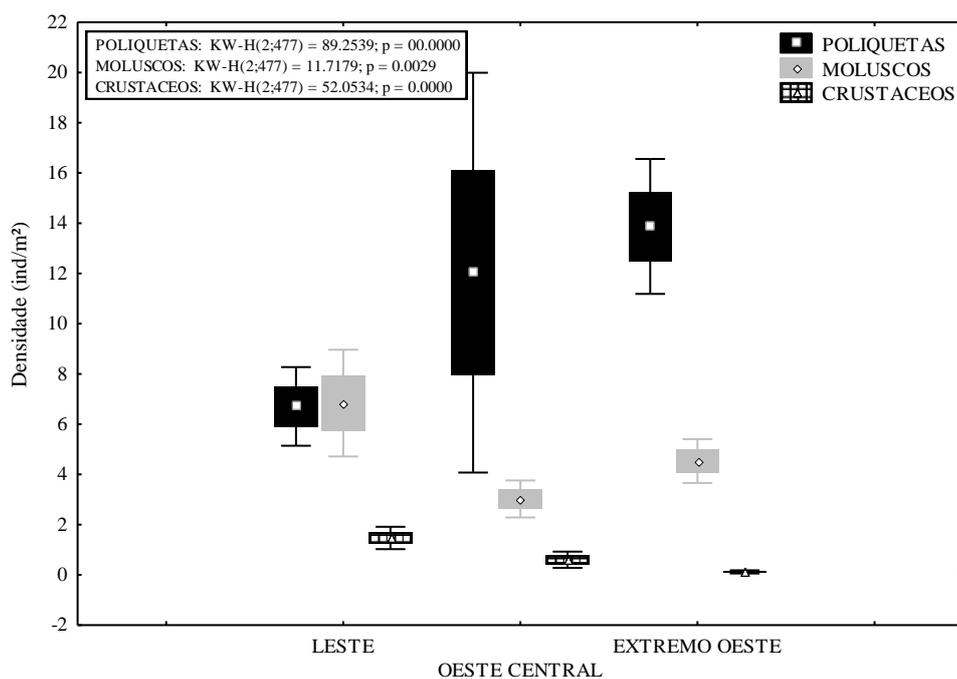
Analisando-se o litoral cearense em setores Leste, Oeste-central e Extremo-oeste percebe-se um agrupamento com mais de 50% de similaridade entre as praias do extremo-oeste e Majorlândia (do leste). A praia de Flecheiras e praia dos Diários, no oeste central, também se agruparam, devido à baixa abundância observada em ambas (Figura 94). A formação dos grupos foi significativa pelo ANOSIM, porém com um baixo valor de significância ( $R$  global = 0,25,  $p=0,047$ ). As outras praias não apresentaram nenhum agrupamento entre os setores definidos.



**Figura 94:** Ordenação das praias arenosas cearenses estudadas em entre os setores da costa cearense LESTE, OESTE (oeste-central) e EXT-OESTE (Extremo-oeste). Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.

Considerando os grupos taxonômicos, poliquetas, moluscos e crustáceos apresentaram uma distribuição espacial ao longo do litoral e através da praia bastante distintas.

Ao longo do litoral cearense, os poliquetas apresentaram um aumento de densidade de leste para extremo oeste, os moluscos tiveram as menores densidades no Oeste Central e os crustáceos uma diminuição de leste para extremo oeste (Figura 95).

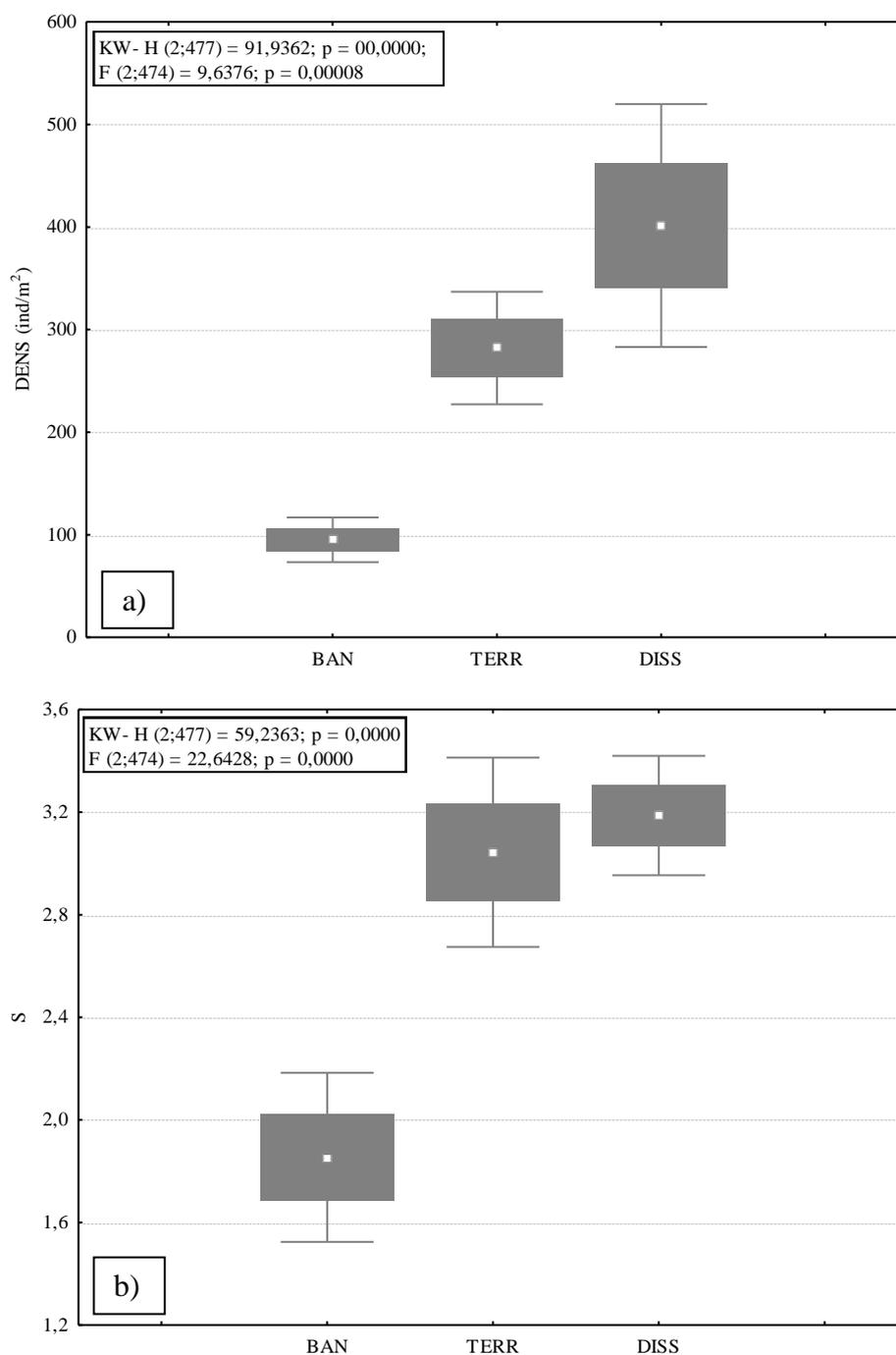


**Figura 95:** Densidade (ind/m<sup>2</sup>) dos grupos taxonômicos entre os setores da costa cearense: leste, oeste central e extremo oeste. No canto superior esquerdo estão apresentados os resultados da análise de variância de Kruskal-Wallis (KW). (□) Média; (▭) Erro padrão; (⊢) 1.96\*Erro Padrão.

### **Relação entre ambiente físico e a macrofauna**

As praias de caráter morfodinâmico semelhantes foram agrupadas a fim de perceber padrões ecológicos em cada tipo de praia. As praias de Planície de maré (Bitupitá), Ultradissipativas (Majorlândia, Preá e Maceió) e Dissipativa sem banco (Pecém) foram agrupadas em Dissipativas (DISS). As de Terraço de baixamar (Redonda, Diogo e Canto Verde) são denominadas de TERR, e as praias do tipo Banco/corrente de baixamar (Iguape, Diários, Paracuru e Flecheiras) são designadas de BAN.

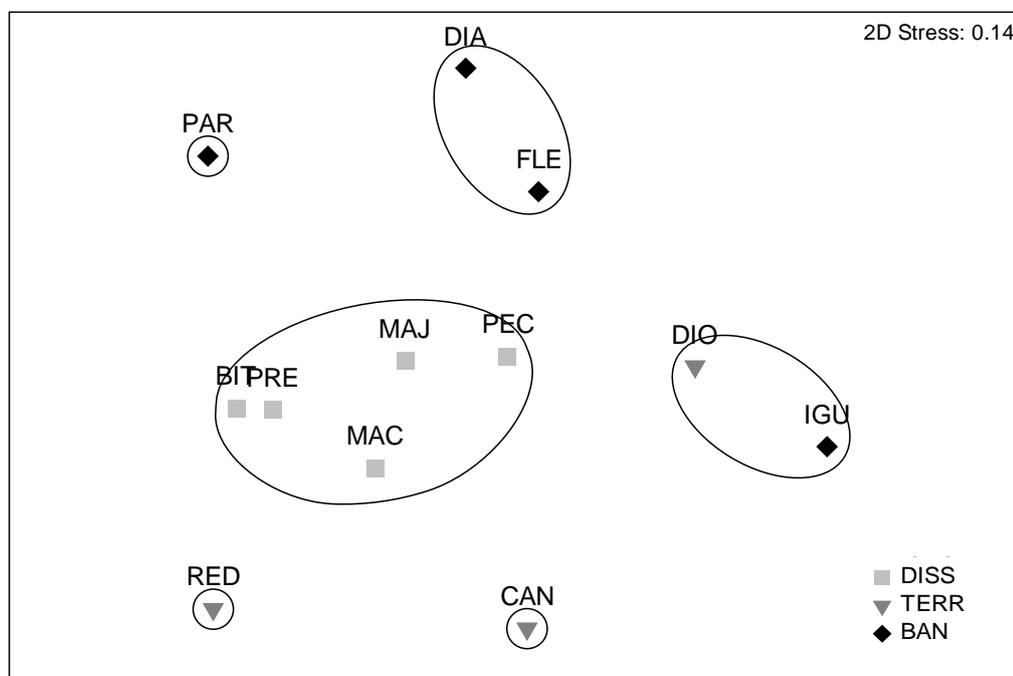
Percebe-se um maior valor na densidade e na riqueza de espécies (S) nas praias do tipo Dissipativas e nas praias de Terraço de baixamar. As praias de Banco/corrente de baixamar foram menos favoráveis a ocupação da macrofauna de praias arenosas, resultando em menores valores de densidade e riqueza (S) (Figura 96).



**Figura 96:** a) Densidade total de espécies (ind./m<sup>2</sup>) e b) riqueza total de espécies (S) da macrofauna bentônica em cada tipo morfodinâmico das praias arenosas cearenses. DISS- praias dissipativas, ultradissipativas e planície de maré; TERR- praias do tipo terraço de baixamar; BAN- praias do tipo Banco/corrente de baixamar. No canto superior esquerdo estão representados os resultados da análise de variância de Kruskal-Wallis (KW) (□) Média; (■) Erro padrão; (┌) 1.96\*Erro Padrão.

Ao analisar a macrofauna das praias arenosas com relação a sua morfodinâmica, pelo n-MDS percebe-se a formação de grupos de acordo com o tipo de praia. Agrupando-se as

praias com caráter mais dissipativo como: Planície de maré, as ultradissipativas e dissipativas (DISS), percebeu-se um agrupamento total, da ordem de 50% de similaridade. As demais praias, como Terraço de baixamar (TERR) e de Banco/corrente de baixamar (BAN) não formaram grupo (Figura 97).



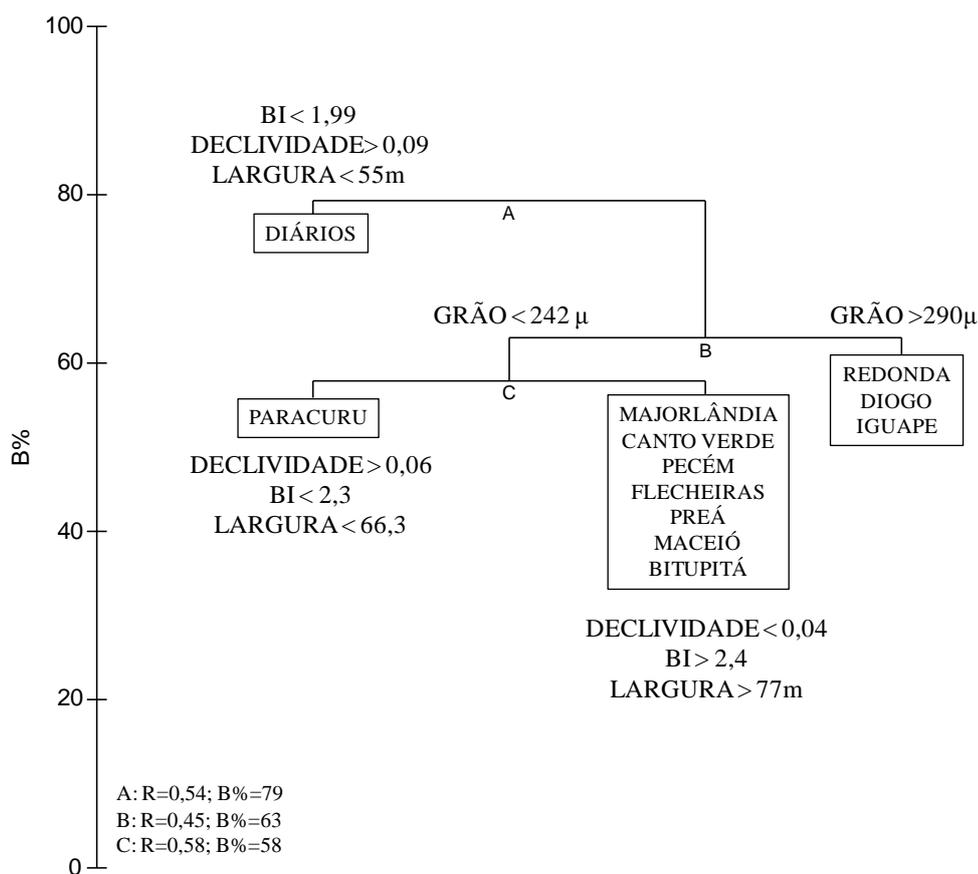
**Figura 97:** Ordenação da macrofauna das praias arenosas cearenses estudadas em grupos morfodinâmicos DISS- praias dissipativas, ultradissipativas e planície de maré; TERR- praias do tipo terraço de baixamar; BAN- praias do tipo Banco/corrente de baixamar. Medida de similaridade de Bray-Curtis; densidade transformada em  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$ ; similaridade dos grupos no nível de 50%.

A análise de BIOENV, usando o método de correlação de Spearman, mostrou que o tamanho do grão e a declividade em conjunto foram as variáveis que se destacaram para as diferenças na macrofauna bentônica ( $\rho = 0,353$ ).

A rotina LINKTREE combina as variáveis ambientais com as similaridades entre a macrofauna bentônica gerando um agrupamento divisivo das praias, a fim de descrever da forma mais efetiva as relações bióticas e ambientais. Diferente do BIOENV, as variáveis ambientais são não-aditivas, conferindo uma vantagem na identificação de uma variável importante em uma parcela da distribuição da macrofauna, ainda que não explique outras parcelas (o BIOENV, contrariamente, examina a situação de forma ampla).

Nesta análise, percebe-se uma divisão inicial (A) da Praia dos Diários, das demais, de forma que as variáveis que a caracterizam são baixo Índice da praia ( $BI < 1,99$ ); alta declividade ( $> 0,09$ ) e pequena largura da praia ( $< 55m$ ). A segunda divisão (B) agrupa praias

com diferentes tamanhos do grão. As praias com maiores granulometria são Redonda, Diogo e Iguape (Grão $>290\mu$ ). As praias com granulometria mais fina ( $<242\mu$ ) são, por fim, separadas pela declividade, BI e largura da praia (C). Paracuru representa as praias com declividade  $>0,06$ , índice da praia  $BI < 2,3$  e largura  $<66,3$ . As demais praias, que apresentam baixa declividade, maior Índice da Praia ( $BI > 2,4$ ; i.e. mais próximas às condições dissipativas) e maior largura ( $>77m$ ) são as praias de Majorlândia, Canto Verde, Pecém, Flecheiras, Preá, Maceió e Bitupitá (Figura 98).



**Figura 98:** Análise *Linkage tree* (LINKTREE) mostrando o agrupamento das praias a partir da composição das espécies, controladas pelas diferenças nas características abióticas das praias cearenses estudadas. Para cada partição binária (A, B e C) é mostrado o valor R do ANOSIM (para cada subgrupo) e de B% (medida de diferença entre os grupos). BI=*beach index* – Índice da Praia.

Foram utilizadas as mesmas equações das regressões encontradas por Defeo e Mclachlan (2013) para prever riqueza de espécies a partir de diversos parâmetros das praias arenosas e comparadas aos valores encontrados no presente estudo.

A maioria das riquezas previstas foram superiores às encontradas pelo presente estudo, com exceção da riqueza encontrada a partir do tamanho do grão, que foram menores às riquezas encontradas (Figura 99).

As equações preditoras que mais se aproximaram à tendência encontrada foram derivadas a partir do tamanho do Grão (Equação 5); do Índice da Praia (BI-Equação 7) e do RTR (Equação 8). Já as predições feitas a partir da declividade apresentaram muitas vezes uma tendência inversa à do presente estudo (Equações 2 e 3). As equações que envolvem a latitude (1) e a maré (4) não contemplam as diferenças da riqueza nas praias, já que estas variáveis não apresentam grandes alterações no litoral cearense.

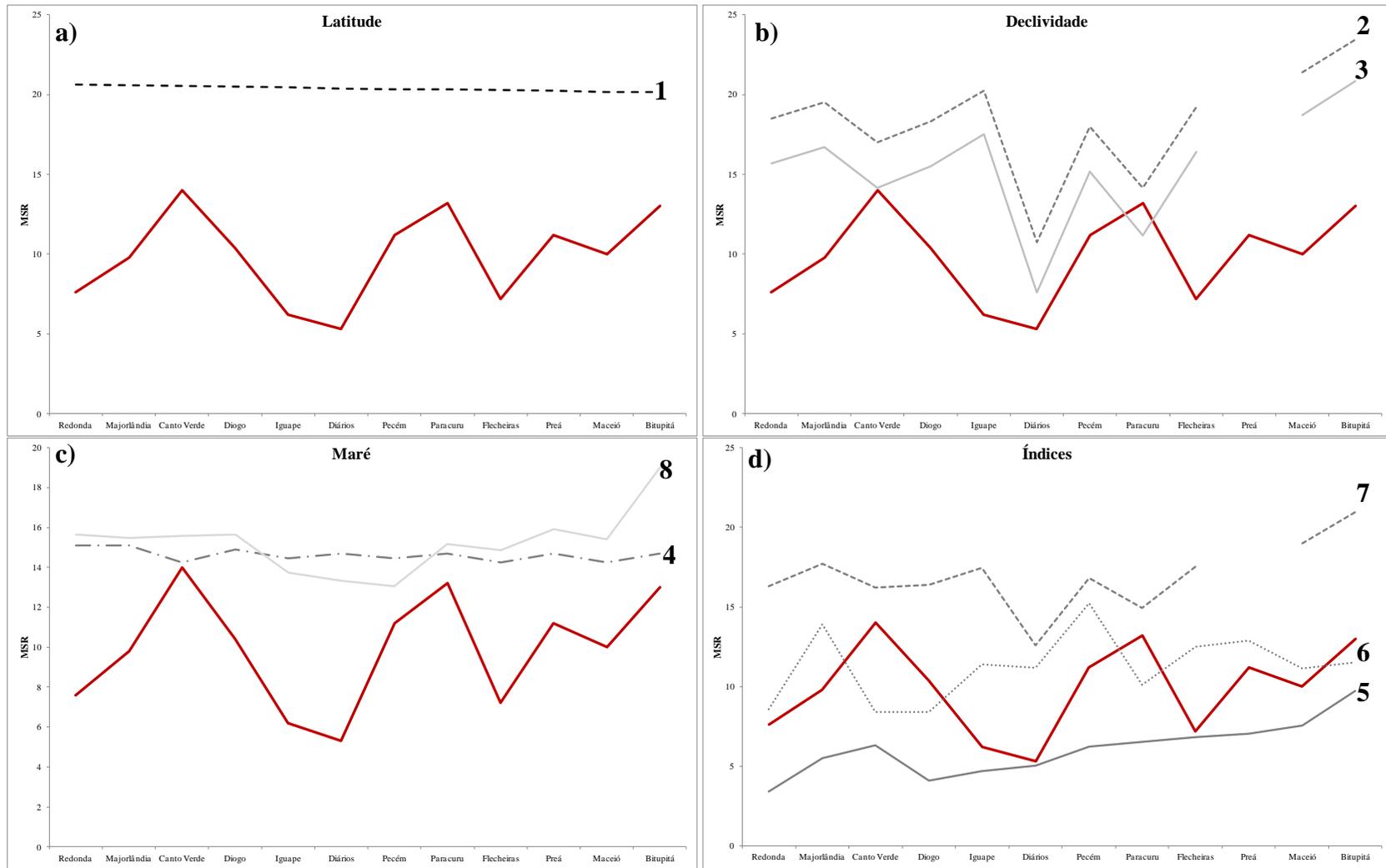
Dois estimadores não-paramétricos de riqueza de espécies foram calculados. Os índices Jacknife 1 e Chao 1 retornaram a valores de riqueza maiores que o observado. De acordo com estes índices, a riqueza das praias cearenses estariam entre 15,9 (Flecheiras) e 34,7 (Paracuru) pelo Jacknife 1; e entre 13,7 (Flecheiras) e 62,5 (Diogo) segundo o Chao1 (Tabela 5).

De acordo com os estimadores encontrados, a riqueza observada da macrofauna das praias arenosas cearenses está subestimada em média 3x menos do que a prevista. O exemplo mais radical foi encontrado na praia do Diogo, na qual a riqueza estimada pelo Chao 1 seria de até 6x maior do que a observada. As menores diferenças foram encontradas na praia do Preá, e mesmo assim, a riqueza ainda estaria subestimada em quase 2x menos do valor real.

**Tabela 5: Valores de riqueza de espécies por transecto (MSR) observadas e calculadas através das equações de regressão encontradas por Defeo e Mclachlan (2013) e através dos índices preditores Jacknife1 e Chao1, em cada praia cearense estudada.**

Equações	Praia	Rd	Mj	CV	Dg	Ig	Di	Pe	Pa	Fl	Pr	Mc	Bi
	Riqueza Observada	7,6	9,8	14	10,4	6,2	5,3	11,2	13,2	7,2	11,2	10	13
Latitude (Sul): (1) $y = 19,41 - 0,26L$		20,6	20,6	20,5	20,5	20,4	20,4	20,3	20,3	20,3	20,2	20,1	20,2
Declividade (Trop): (2) $y = -6,54\text{Ln}(x) - 4,85$		19	19,6	15,8	18,1	19,4	10,7	17,7	12,7	18,9	–	21,8	23,2
Declividade: (3) $y = -6,90\text{Ln}(x) - 8,68$		16,2	16,8	12,9	15,3	16,6	7,6	14,9	9,6	16,1	–	19,1	20,6
Maré: (4) $y = 2,16x + 7,98$		15,1	15,1	14,2	14,9	14,5	14,7	14,5	14,7	14,2	14,7	14,2	14,7
Grão: (5) $y = 3,16x - 0,96$		3,4	5,5	6,3	4,1	4,7	5,0	6,2	6,5	6,8	7	7,6	9,7
Dean: (6) $y = 7,18x^{0,43}$		8,6	13,9	8,4	8,4	11,4	11,2	15,2	10,1	12,5	12,9	11,2	11,5
BI: (7) $y = 8,19x - 3,74$		16,6	17,8	15,5	16,3	17	12,6	16,7	14,2	17,4	–	19,2	20,8
RTR: (8) $y = 2,45\text{Ln}(x) + 10,55$		15,6	15,5	15,6	15,7	13,7	13,3	13,1	15,2	14,9	15,9	15,4	19
Jacknife 1		27,5	25,8	32,8	31,8	17,8	<b>15,7</b>	33,8	<b>34,7</b>	15,9	20,9	25,8	32,8
Chao 1		31,5	22,1	33	<b>62,5</b>	25,5	28,0	28,9	48,5	<b>13,7</b>	18,5	42,5	56

Legenda: RE-Redonda, MJ-Majorlândia; CV-Canto Verde; DG-Diogo; IG-Iguape; DI-Diários; PE-Pecém; PA-Paracuru; FL-Flecheiras; PR-Preá; MC-Maceió; BI-Biupitá; Trop-Tropical; BI-índice da praia; RTR-alcance relativo da maré.



**Figura 99:** Gráficos de riqueza de espécies por transecto (MSR) observadas (em vermelho) e calculadas através das equações de regressão encontradas por Defeo e Mclachlan (2013). Os números das retas correspondem aos números das equações na Tabela 5.

Além das praias do litoral cearense estudadas nesta pesquisa, foram avaliadas 119 praias tropicais distribuídas entre as latitudes 23°N e 23°S. A média do número de espécies foi de 10,9, sendo o menor valor de 2 espécies na Praia de Ipanema (Brasil) e o maior valor de 33 espécies na Praia de Briceño (Equador). As menores riquezas foram encontradas no sudeste do Brasil e na Índia. Ao longo da América Latina, também se observam alguns locais com baixa riqueza. Os valores mais elevados podem ser observados na Austrália e em Oman no Oriente Médio (Tabela 6).

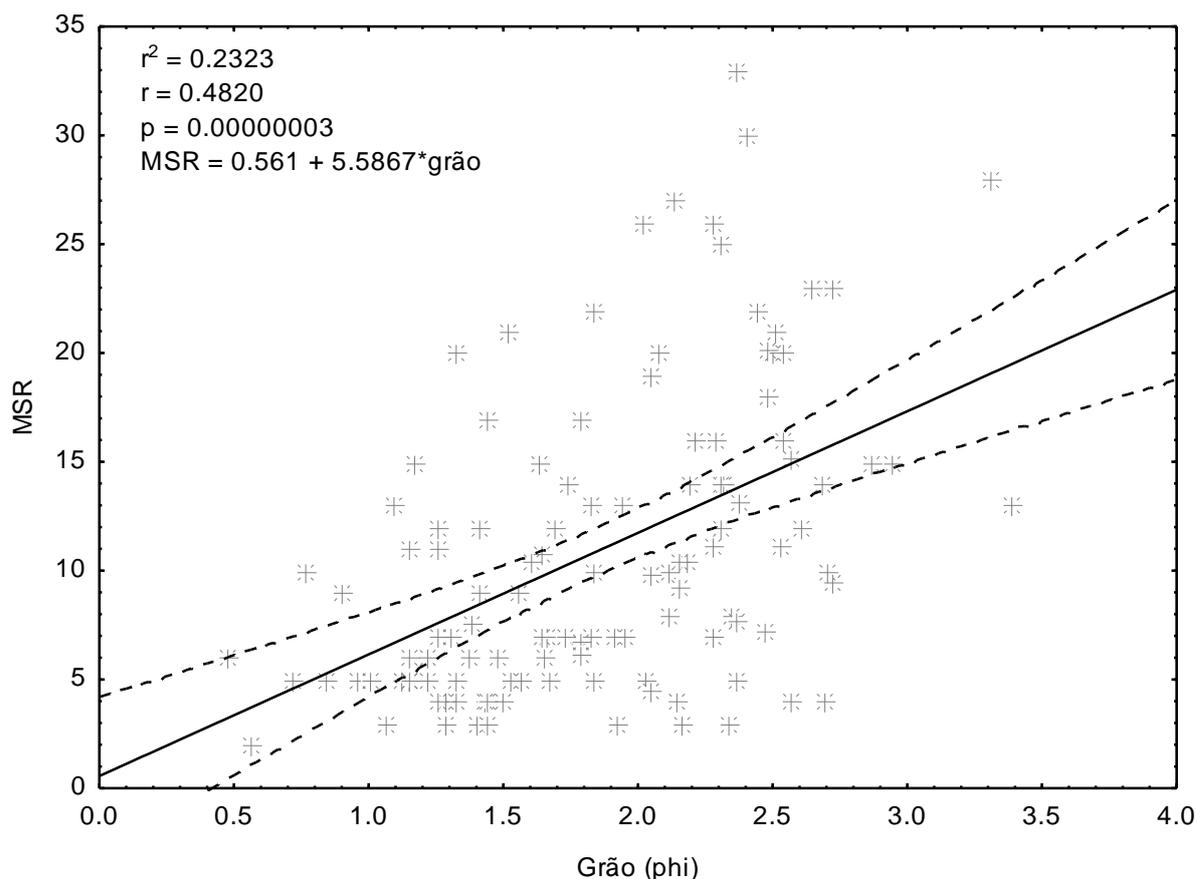
**Tabela 6: Levantamento das praias arenosas tropicais entre latitudes 23°N e 23°S e as praias do presente estudo, considerando país de localização, coordenadas geográficas, riqueza de espécies por transecto (MSR), tamanho do grão em phi e o artigo de referência.**

Praia	País	Latitude	Longitude	MSR	Grão	Referência
<b>Redonda</b>	<b>Brasil</b>	<b>4,89</b>	<b>37,59</b>	<b>7,6</b>	<b>1,38</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Majorlândia</b>	<b>Brasil</b>	<b>4,68</b>	<b>37,68</b>	<b>9,8</b>	<b>2,04</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Canto Verde</b>	<b>Brasil</b>	<b>4,41</b>	<b>38,01</b>	<b>14,0</b>	<b>2,3</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Diogo</b>	<b>Brasil</b>	<b>4,39</b>	<b>38,07</b>	<b>10,4</b>	<b>1,6</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Iguape</b>	<b>Brasil</b>	<b>4,05</b>	<b>38,47</b>	<b>6,2</b>	<b>1,78</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Diários</b>	<b>Brasil</b>	<b>3,72</b>	<b>38,52</b>	<b>10,0</b>	<b>1,9</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Pecém</b>	<b>Brasil</b>	<b>3,54</b>	<b>38,80</b>	<b>11,2</b>	<b>2,3</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Paracuru</b>	<b>Brasil</b>	<b>3,43</b>	<b>39,02</b>	<b>13,2</b>	<b>2,4</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Flecheiras</b>	<b>Brasil</b>	<b>3,24</b>	<b>39,51</b>	<b>7,2</b>	<b>2,5</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Preá</b>	<b>Brasil</b>	<b>3,01</b>	<b>40,67</b>	<b>11,2</b>	<b>2,5</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Maceió</b>	<b>Brasil</b>	<b>3,11</b>	<b>41,18</b>	<b>10,0</b>	<b>2,7</b>	<b>Presente estudo</b>
<b>Bitupitá</b>	<b>Brasil</b>	<b>2,89</b>	<b>41,24</b>	<b>13,0</b>	<b>3,4</b>	<b>Presente estudo</b>
Briceño	Equador	0,28	80,35	33,0	2,37	Vanagt 2007
San Clemente	Equador	0,68	80,50	26,0	2,01	Vanagt 2007
Olon	Equador	1,67	80,82	30,0	2,40	Vanagt 2007
Olon 2	Equador	1,80	80,75	14,0	2,68	Vanagt 2007
Olon 1	Equador	1,83	80,75	15,3	2,56	Vanagt 2007
Bruja	Equador	1,90	80,72	10,8	1,63	Vanagt 2007
San Pedro	Equador	1,93	80,73	26,0	2,28	Vanagt 2007
Cenaim	Equador	1,93	80,72	9,3	2,15	Vanagt 2007
Portete	Equador	1,97	80,75	15,0	1,17	Vanagt 2007
San Pablo	Equador	2,13	80,77	10,5	2,15	Vanagt 2007
San pablo	Equador	2,15	80,80	27,0	2,13	Vanagt 2007
Salinas 1	Equador	2,18	80,97	7,8	2,37	Vanagt 2007
Ballenita	Equador	2,20	80,92	9,0	0,90	Vanagt 2007
Salinas 2	Equador	2,20	80,95	4,5	2,04	Vanagt 2007
Playas	Equador	2,63	80,38	6,8	1,79	Vanagt 2007
Data	Equador	2,70	80,32	10,5	2,18	Vanagt 2007
Airport Beach	Costa Rica	9,97	83,02	7,0	2,28	Dexter 1974
Boca de Barranca	Costa Rica	9,97	84,75	16,0	2,21	Dexter 1974
Cahuita North	Costa Rica	9,75	82,87	8,0	2,34	Dexter 1974

Praia	País	Latitude	Longitude	MSR	Grão	Referência
Cahuita South	Costa Rica	9,73	82,83	12,0	1,41	Dexter 1974
Cocal	Costa Rica	9,43	84,17	16,0	2,29	Dexter 1974
Espadilla	Costa Rica	9,40	84,17	12,0	2,30	Dexter 1974
Jacó	Costa Rica	9,62	84,63	22,0	2,43	Dexter 1974
Playa Bonita	Costa Rica	10,02	83,07	7,0	1,91	Dexter 1974
Playita Blanca	Costa Rica	10,57	85,70	13,0	1,82	Dexter 1974
Puerto Viejo	Costa Rica	9,75	82,73	9,0	1,40	Dexter 1974
Puntarenas	Costa Rica	9,98	84,75	10,0	2,11	Dexter 1974
Sámara	Costa Rica	9,98	85,63	15,0	2,94	Dexter 1974
Tamarindo	Costa Rica	10,32	85,83	15,0	2,87	Dexter 1974
Juan Chaco	Colombia	3,90	77,37	14,0	2,31	Dexter 1974
Boca Grande Cartagena	Colombia	10,50	75,67	12,0	2,60	Dexter 1974
Pradomar-Puerto Colombia	Colombia	11,13	75,15	8,0	2,11	Dexter 1974
Rodadero-Santa Marta	Colombia	11,25	74,22	15,0	1,63	Dexter 1974
San Andres	Colombia	12,53	81,57	3,0	1,44	Dexter 1974
Shimmey-Caribe	Panama	9,37	79,95	9,4	2,72	Dexter 1979
Boy Scout-Pacífico	Panama	8,92	79,53	20,2	2,48	Dexter 1979
Cuddalore	India	11,80	79,78	7,0	1,95	Mohan et al. 2008
Devipatinam	India	9,61	79,92	3,0	2,33	Mohan et al. 2008
Dhanushkodi	India	9,44	79,37	7,0	1,82	Mohan et al. 2008
Eripurakarai	India	10,55	79,33	4,0	1,43	Mohan et al. 2008
Kadapakam	India	12,28	80,15	7,0	1,66	Mohan et al. 2008
Karaikkal	India	11,16	79,85	5,0	2,36	Mohan et al. 2008
Kodiakarai	India	10,40	79,87	4,0	2,69	Mohan et al. 2008
Kovalam-C	India	12,88	80,25	5,0	1,32	Mohan et al. 2008
Kovalam-K	India	8,33	77,55	5,0	1,52	Mohan et al. 2008
Mahabalipuram	India	12,65	80,20	5,0	1,12	Mohan et al. 2008
Mandapam	India	9,44	79,17	7,0	1,73	Mohan et al. 2008
Marina	India	13,12	80,25	7,0	1,3	Mohan et al. 2008
Nagapatinam	India	10,93	79,83	4,0	2,56	Mohan et al. 2008
Ovari	India	8,41	77,88	6,0	1,37	Mohan et al. 2008
Parangipettai	India	11,68	79,78	4,0	2,14	Mohan et al. 2008
Poompuhar	India	11,32	79,83	3,0	1,92	Mohan et al. 2008
Puducherry	India	12,02	79,83	5,0	0,95	Mohan et al. 2008
Punnakayal	India	8,61	78,12	3,0	2,16	Mohan et al. 2008
Rameswaram	India	9,43	79,30	5,0	1,56	Mohan et al. 2008
Thondi	India	9,89	79,00	5,0	1,83	Mohan et al. 2008
Valinokam	India	9,36	78,63	5,0	2,02	Mohan et al. 2008
Vattakotai	India	8,23	77,57	4,0	1,49	Mohan et al. 2008
Vellapati	India	8,90	78,17	5,0	1,67	Mohan et al. 2008
Vembar	India	8,22	78,37	7,0	1,64	Mohan et al. 2008
Fotobato	Madagascar	15,08	50,47	14,0	1,74	Soares 2003
Ambudi	Madagascar	15,17	50,42	10,0	0,76	Soares 2003
Cap Est 1	Madagascar	15,25	50,50	17,0	1,43	Soares 2003
Cap Est 2	Madagascar	15,27	50,50	7,0	1,25	Soares 2003

Praia	País	Latitude	Longitude	MSR	Grão	Referência
Maroantsetra	Madagascar	15,42	49,75	17,0	1,79	Soares 2003
Varingut	Madagascar	15,50	49,67	6,0	1,22	Soares 2003
Ampanavoana	Madagascar	15,58	50,33	5,0	0,71	Soares 2003
Ampanavoana/ Coral Reef	Madagascar	15,67	50,17	12,0	1,69	Soares 2003
Fampotabe	Madagascar	15,98	50,17	10,0	1,84	Soares 2003
Cumuruxatiba	Brasil	17,17	39,25	6,0	1,47	Soares 2003
Praia do Farol	Brasil	17,23	39,32	21,0	1,51	Soares 2003
Tororao	Brasil	17,25	39,25	11,0	1,15	Soares 2003
Zeloris	Brasil	17,55	39,32	12,0	1,25	Soares 2003
Ponta da Baleia	Brasil	17,63	39,18	20,0	1,32	Soares 2003
Iemanjá	Brasil	17,67	39,17	6,0	0,47	Soares 2003
Porto Marina Hotel	Brasil	17,72	39,22	13,0	1,09	Soares 2003
Ponta do Sul	Brasil	17,75	39,22	11,0	1,25	Soares 2003
Lugar Comum	Brasil	17,92	39,33	14,0	2,18	Soares 2003
Hawaizinho	Brasil	17,98	39,48	9,0	1,56	Soares 2003
Cassuarina	Australia	20,92	149,02	28,0	3,31	McLachlan et 1996
Mackay Harbour	Australia	21,12	149,22	13,0	1,94	McLachlan et 1996
Grass Tree	Australia	21,37	149,30	16,0	2,54	McLachlan et 1996
Sarina	Australia	21,42	149,28	20,0	2,08	McLachlan et 1996
Praia de Fora	Brasil	22,93	43,15	6,0	1,64	Cardoso e Veloso 1997
Boqueirão	Brasil	22,93	42,52	5,0	0,84	Cardoso e Veloso 1997
Prainha	Brasil	23,03	43,52	5,0	1,15	Cardoso e Veloso 1997
Ipanema v	Brasil	22,97	43,20	6,0	1,15	Veloso et al. 2006
Copacabana v	Brasil	22,97	43,17	5,0	1,15	Veloso et al. 2006
Ipanema i	Brasil	22,98	43,20	2,0	0,56	Veloso et al. 2006
Copacabana i	Brasil	22,98	43,18	4,0	1,32	Veloso et al. 2006
São Conrado v	Brasil	23,00	43,27	3,0	1,40	Veloso et al. 2006
Barra (Alvorada) v	Brasil	23,00	43,32	4,0	1,29	Veloso et al. 2006
Barra (Reserva) v	Brasil	23,00	43,40	5,0	1,22	Veloso et al. 2006
São Conrado i	Brasil	23,02	43,28	3,0	1,29	Veloso et al. 2006
Barra (Alvorada) i	Brasil	23,02	43,33	3,0	1,06	Veloso et al. 2006
Barra (Reserva) i	Brasil	23,02	43,42	5,0	1,00	Veloso et al. 2006
Grumari i	Brasil	23,05	43,55	4,0	1,25	Veloso et al. 2006
Grumari v	Brasil	23,05	43,53	4,0	1,43	Veloso et al. 2006
Mughsayl	Oman	16,87	53,77	21,0	2,51	McLachlan et al. 1998
Sharbitat	Oman	18,03	56,45	18,0	2,48	McLachlan et al. 1998
Khaluf	Oman	20,35	57,97	25,0	2,3	McLachlan et al. 1998
Masirah	Oman	20,55	58,82	20,0	2,5	McLachlan et al. 1998
Al-Ashkarah	Oman	21,73	59,50	20,0	2,54	McLachlan et al. 1998
Sur	Oman	22,58	59,52	23,0	2,72	McLachlan et al. 1998
Quriyat	Oman	23,25	58,93	19,0	2,04	McLachlan et al. 1998
Qurn	Oman	23,53	58,67	23,0	2,64	McLachlan et al. 1998
Naseem	Oman	23,70	58,02	22,0	1,83	McLachlan et al. 1998

Ao se avaliar a relação entre a riqueza de espécies com o tamanho do grão de todas as praias tropicais analisadas, observou-se que há uma correlação positiva, na qual com o aumento do phi (diminuição do tamanho do grão) há um aumento do número de espécies. A correlação, considerada moderada ( $r=0,48$ ), foi significativa ( $p<0,05$ ) e o Coeficiente de determinação  $r^2=0,23$  mostra que há 23% de influência direta do sedimento na comunidade de praias arenosas tropicais (Figura 100).



**Figura 100:** Relação entre a riqueza de espécies por transecto (MSR) e a granulometria das praias tropicais analisadas na revisão sistemática. No canto superior esquerdo estão apresentados os resultados da análise de regressão. A linha contínua representa a reta de regressão e as linhas pontilhadas o intervalo de confiança.

## DISCUSSÃO

---

### Variáveis Ambientais

As variáveis ambientais nas praias arenosas cearenses podem ser sumarizadas na seguinte forma: (1) há uma diminuição no tamanho do grão do leste ao extremo-oeste cearense; (2) há predominância de ocorrência de praias com características mais dissipativas como: Índice da Praia BI >2,5, declividade suave e largura da praia ampla.

As praias arenosas cearenses foram estudadas quanto à morfodinâmica e estrutura de comunidade macrofaunal, abrangendo praias de todos os setores do litoral cearense. Tal como postulado por Calliari *et al.* (2003), o estabelecimento de relações entre a comunidade bentônica e o tipo de praia fornece resultados muito mais consistentes, quando estes são estabelecidos para praias classificadas de acordo com a sua dinâmica.

A granulometria apresentou um claro gradiente de diminuição no tamanho do grão, do litoral leste para o extremo oeste do Ceará. No litoral leste, temos uma grande presença de praias com falésias, que são reconhecidamente supridoras de sedimentos das praias cearenses, pela sua erosão natural. De forma global, o setor leste e central do litoral cearense concentram erosão e colocam-se como fonte de sedimentos, enquanto o setor oeste atua como área de recepção. Já foi evidenciado que o litoral leste é composto por sedimentos mais grossos e o litoral oeste, zona de deposição recebe os sedimentos mais finos na deriva litorânea (Bensi *et al.*, 2005).

Segundo estes autores, as vastas áreas de mangues no oeste disponibilizam grãos menores, mais finos, que estão dispostos ao longo de perfis muito planos, como os observados em Maceió e Bitupitá, no extremo-oeste do estado. Já na parte leste, há um percentual significativo de sedimentos oriundos dos tabuleiros, o que gera sedimentos mais grossos. Além disso, as correntes do sentido leste-oeste promovem a retirada de sedimentos mais finos, sendo o ângulo de incidência das ondas praticamente reto, no oeste, concentrando os sedimentos (Bensi *et al.*, 2005).

Embora com uma grande amplitude de valores, o presente estudo encontrou altura e períodos de ondas semelhantes ao anteriormente registrado para o litoral cearense (média de Hb=53cm e P=6,7s). Estes valores são similares ao encontrado por Morais *et al.* (2008), que verificou que as ondas que modelam a linha de costa são do tipo *sea* com média de 0,55m e

período de 5s. As praias cearenses apresentam amplitudes de marés bastante similares, assim, é o tamanho da altura de onda que irá efetivamente influenciar nos valores do índice RTR nas praias cearenses.

Nas praias reflectivas, as ondas quebram diretamente na face da praia, gerando varridos turbulentos com curtos períodos; enquanto os sistemas dissipativos têm varridos menos turbulentos, com períodos mais longos, já que a energia de onda já foi dissipada da zona de surfe (Defeo e Mclachlan, 2013).

Para ambientes de meso e macromarés (no caso do Brasil, litorais norte e nordeste principalmente), a aplicação do parâmetro  $\Omega$  não é suficiente para caracterizar o comportamento morfodinâmico. As condições apresentadas pelo ambiente a partir do parâmetro  $\Omega$ , em localidades com grande amplitude de maré, não condizem com as que demonstram as reais condições morfodinâmicas, sendo necessário incorporar o fator variação da amplitude da maré para se obter uma classificação mais satisfatória (Short, 1996). A ação das marés representa um papel relevante na morfodinâmica e hidrodinâmica costeira, principalmente no sentido de ampliar a área de ataque das ondas e no transporte de sedimentos (Morais *et al.*, 2006).

Os tipos morfodinâmicos descritos por Wright e Short (1984) abrangem a maioria das situações micromareais, no entanto, o aumento na amplitude de maré tende a tornar as praias cada vez mais dissipativas, já que permite que a zona de surfe retrabalhe todo o entremarés (Short, 1996). De fato, praias totalmente reflectivas não irão ocorrer quando a o alcance da maré excede 1-1,5m. Em praias mesomareais, as condições reflectivas ocorrem apenas na parte superior da praia, e é retrabalhado apenas pelo varrido (não pela zona de surfe), em contraste com o restante da praia, onde as ondas incidentes operam em todo entremarés (Mclachlan e Defeo, 2013).

As praias cearenses apresentaram uma amplitude de maré que variou de 2,9m a 3,3m, apresentando claramente uma diferenciação do ataque das ondas na maré alta e na maré baixa. Na baixamar, o varrido atua no entremarés de forma mais suave, com maior espraiamento, típico de ambientes dissipativos. Já na preamar, condições reflectivas predominam, apresentando um elevado *set-up* do varrido e ataque das ondas refletindo diretamente na face da praia.

No litoral do Ceará, o efeito das marés deve ser considerado ao se estabelecer padrões morfodinâmicos nas praias arenosas. Alguns estudos já foram realizados a fim de classificar a morfodinâmica de praias arenosas cearenses a partir do parâmetro  $\Omega$  (Maia, 1998; Branco *et al.*, 2005; Albuquerque *et al.*, 2006; Sousa *et al.*, 2006; Dias e Rocha-Barreira, 2011; Moura, 2012). No entanto, poucos estudos utilizaram o RTR, que leva em conta o efeito de maré, mais adequado para o litoral cearense (Albuquerque *et al.*, 2008; Albuquerque *et al.*, 2009).

Assim, o presente estudo, empregando a combinação dos parâmetros de Dean ( $\Omega$ ) e do RTR, classificou as doze praias estudadas em 5 estados morfodinâmicos distintos: Planície de maré, ultradissipativas, dissipativas sem banco, terraço de baixamar e banco/corrente de baixamar. O Índice da Praia (BI) indica que a maioria das praias apresentam condições mais dissipativas ( $BI > 2,4$ ), a declividade é suave e a largura da praia ampla. Contrariando o sugerido por Soares (2003); Mclachlan e Brown (2006), em que, os autores sugerem que, em ambientes tropicais, as praias reflectivas predominam devido à maior presença de sedimentos calcários biogênicos e menores ondas. Em altas latitudes, a maior energia de ondas e a prevalência de descarga fluvial silicosa, favorecerá a preponderância de praias dissipativas. Este argumento pode ser verdade em praias tropicais com presença de recifes de corais, que fornecem sedimentos biogênicos. Na ausência dos recifes, praias dissipativas podem se estabelecer. No Ceará, segundo Muehe (2005), a maior parte dos sedimentos da plataforma interna rasa do litoral do Ceará é de origem terrígena, transportada a partir dos tabuleiros pré-litorâneos e falésias.

Posteriormente, Defeo e Mclachlan (2013) argumentaram que a tendência de praias reflectivas em ambientes tropicais talvez não tenha nenhuma ligação com gradientes latitudinais, mas ocorreram apenas devido à escolha dos locais de coleta e particularidades específicas das praias tropicais estudadas. Estas praias eram caracterizadas por serem praias pequenas, compartimentalizadas e pela presença de recifes de corais que dissipam a energia das ondas.

Além disso, na classificação proposta por Masselink e Short (1993) praias com  $RTR > 3$ , caracteristicamente as de mesomacromarés, não estão contemplados os estágios morfodinâmicos reflectivos. Nestas praias, o componente reflectivo irá ocorrer apenas na ocasião da maré alta. Assim, comparações da morfodinâmica entre praias com diferentes regimes de maré deverão ser feitas com cautela.

Outros ambientes tropicais como na região Norte do Brasil também apresentam praias com caráter dissipativo. Alves e El-Robrini (2004) aplicaram os parâmetros RTR e  $\Omega$  para caracterizar o comportamento da praia de Ajuruteua, caracterizada por um regime de macromaré, sendo descrita por apresentar perfis dissipativos. Estudos realizados por Monteiro *et al.* (2009) em Ajuruteua, também caracterizam a localidade como sendo dissipativa, segundo os parâmetros RTR e  $\Omega$ .

### **Macrofauna bentônica: distribuição espacial**

Com relação à zonação da macrofauna bentônica do entremarés das praias cearenses, podem-se perceber três tendências: (1) padrão de zonação de espécies com ocorrência de 1 ou 2 zonas na maioria das praias; (2) aumento na riqueza de espécies nas zonas mais próximas à zona de varrido, (3) ocorrência diferenciada de moluscos, crustáceos e poliquetas entre as zonas e ao longo do litoral cearense.

As praias arenosas são caracterizadas por ter uma fauna adaptada a este ambiente, principalmente com relação à plasticidade comportamental (Mclachlan e Brown, 2006).

Um modelo com três zonas foi primeiro desenvolvido por Dahl (1952) onde a zona supralitoral é caracterizada pela presença de caranguejos ocipodídeos em regiões mais quentes e anfípodos talitrídeos em áreas temperadas; uma zona de mesolitoral caracterizada por isópodos cirolanídeos, e poliquetas espionídeos e ofelídeos; por fim, uma franja sublitoral com diversos grupos, incluindo hippídeos, misidáceos, anfípodos haustorídeos e phoxocephalídeos, bivalves donacídeos e poliquetas neftídeos.

O presente estudo encontrou uma zonação bastante similar à proposta de Dahl. Caranguejos da espécie *Ocypode quadrata* são bastante abundantes em todo supralitoral e até no mesolitoral em algumas praias (Girão, comunicação pessoal). Embora não tenha feito parte da amostragem, a presença das tocas dos Grauçás (*O. quadrata*) é bastante evidente e de fácil registro. Na parte mais superior (níveis 1 a 4, em boa parte das praias) observou-se a presença do poliqueta espionídeo *Scolelepis* sp. na maioria das praias. Cirolanídeos, como *Excirrolana armata* e *E. braziliensis*, embora em ocorrências ocasionais, também ocuparam esta zona. Por fim, a zona mais próxima ao mar, foi marcada pela presença dos donacídeos, principalmente *D. gemmula*, anfípodos das espécies *Bathyporeiapus ruffoi* e *B. bisetosus*, além dos misidáceos.

As praias estudadas foram divididas em uma, duas (maioria das praias) ou três zonas paralelas à água. Se considerarmos a zona de ocorrência de *Ocypode quadrata*, as praias arenosas cearenses estudadas apresentam de duas a quatro zonas biológicas. Estudos de zonação variam com relação ao número de zonas encontradas. Rodil *et al.* (2006) não encontraram zonação nas praias espanholas analisadas. Veiga *et al.* (2014), em praias portuguesas, perceberam duas e três zonas de espécies, dependendo da praia analisada. Já Schlacher e Thompson (2013), na Austrália, identificaram praias que variaram desde nenhuma zonação até praias com 4 zonas.

A riqueza de espécies das praias arenosas cearenses apresentou uma clara tendência de aumento nos níveis mais próximos ao infralitoral. O número médio de espécies no nível 10 (mais próximo ao mar) foi 3 vezes maior que o nível 1 (mais afastado do mar), ou seja 5,1 e 1,7 espécies, respectivamente. Na maioria das costas continentais, há um claro gradiente de aumento de riqueza de espécies em direção ao mar, tipicamente de uma a duas espécies no supralitoral para muitas espécies nos níveis mais próximos ao mar. Estudando a zonação de uma praia belga, Degraer *et al.* (2003) verificaram um claro aumento no número de espécies nas zonas mais próximas ao infralitoral. Mclachlan e Defeo (2013) afirmam que as espécies estão mais concentradas nas zonas mais inferiores do entremarés, com diminuição da riqueza no superior da praia. Em condições de terraço de baixamar e em condições dissipativas, onde se forma uma ampla plataforma plana, a zona mais inferior tende a se expandir para um amplo terraço rico em espécies.

A variabilidade nos setores ao longo da costa do Ceará revelou diferenças na macrofauna bentônica. Observou-se menor número de espécies no setor mais urbanizado, que corresponde ao Oeste central ( $S = 2 \pm 1,9$ ). Os setores Leste ( $S = 2,9 \pm 1,9$ ), dominado por falésias, e o Extremo-oeste, dominado por dunas, ( $S = 3,4 \pm 1,9$ ) foram mais ricos em espécies.

A urbanização de praias arenosas é um fenômeno crescente que contribui para a diminuição da composição e densidades dos organismos bentônicos. A ocupação na zona costeira, por afetar nas características e disponibilidade do sedimento, afeta diretamente as comunidades da macrofauna bentônica (Veloso *et al.*, 2006; Veloso *et al.*, 2011).

Diante desta variabilidade nos setores da costa cearense quanto: à morfodinâmica, aos ambientes costeiros adjacentes, à macrofauna e aos valores culturais e sócio-econômicos das praias, no âmbito de conservação, uma miríade de abordagens para o manejo dos sistemas praias deve ser considerado (Mclachlan *et al.*, 2013).

A ocorrência de espécies da macrofauna nas praias cearenses seguiu alguns padrões já reportados por outros autores (Rocha-Barreira *et al.*, 2001; Rocha-Barreira De Almeida *et al.*, 2005; Viana *et al.*, 2005).

Dexter (1992) evidenciou a preferência de poliquetas por praias mais abrigadas. Os poliquetas são o grupo de espécies mais sensíveis a mudanças no estado da praia e são ausentes ou raros em praias reflectivas ou de granulometria mais grossa. Em costas de baixa energia de areia fina, os poliquetas podem ser especialmente abundantes e incluem predadores, comedores de depósito e suspensívoros (Mclachlan e Defeo, 2013). O presente estudo observou que nas praias com granulometria mais fina, i.e., as do setor extremo-oeste, apresentaram altas abundâncias de poliquetas como *Scolecopsis* sp., Paraonidae, Orbiniidae; *Hemipodia californiensis*, dentre outros.

Espécies de *Scolecopsis* são reconhecidamente abundantes em praias arenosas intermediárias e dissipativas de todas as costas (Souza e Gianuca, 1995; Borzone *et al.*, 1996; Barros *et al.*, 2001; Queiroz, 2006; Rodil *et al.*, 2013). Esta espécie foi especialmente abundante na praia do Pecém, a única considerada dissipativa sem banco. A ocorrência deste poliqueta tão dominante pode ter sido limitada pela alta ocorrência do poliqueta Paraonidae nas praias do Ceará. A co-ocorrência destas espécies pode ter gerado uma competição interespecíficas por espaço, por alimento, na qual *Scolecopsis* não pode atingir altas abundâncias em outras praias. Além disso, Franklin Jr. (comum. pessoal) afirma que poliquetas da família Paraonidae foram os táxons mais abundantes e de maior frequência de ocorrência na plataforma continental oeste do Ceará. As praias adjacentes a plataformas mais rasas do Ceará como Redonda, Maceió e Bitupitá apresentaram alta abundância deste poliqueta. Viana (2014) também encontrou uma dominância do Paraonidae *Aedicira* sp. em ambientes inconsolidados adjacente as recifes de corais no Rio Grande do Norte.

O gastrópode *Olivella minuta* ocorreu exclusivamente na praia de Paracuru. Esta espécie é comum em ambientes arenosos protegidos por recifes de arenito no litoral do Ceará (Rocha-Barreira *et al.*, 2001; Rocha-Barreira De Almeida *et al.*, 2005; Viana *et al.*, 2005; Araújo e Rocha-Barreira, 2012). O grau de proteção nesta praia também propiciou a ocorrência de diversas espécies, principalmente de poliquetas, contribuindo para os maiores valores de riqueza nesta praia. Outros estudos mostraram também que o grau de proteção na praia propicia o estabelecimento de uma fauna diversa em praias arenosas (Dexter, 1992).

No presente estudo, a ocorrência dos bivalves donacídeos *Donax gemmula* e *Donax variabilis* foi amplamente registrada. A ocorrência de *D. gemmula* só foi registrada recentemente para as praias arenosas cearenses por Barroso *et al.* (2013). O bivalve *Donax variabilis*, apesar de possuir registro na Coleção Malacológica Prof. Henry Ramos Mathews, da Universidade Federal do Ceará, não havia sido reportado nas praias arenosas do Ceará. Além disso, uma análise dos donacídeos catalogados nesta coleção malacológica revelou que muitos dos indivíduos coletados no Ceará, identificados como *Donax striatus*, foram erroneamente identificados, e são na verdade exemplares das espécies *D. gemmula* e *D. variabilis*, contrariando a hipótese de invasão levantada por Barroso *et al.* (2013).

Os crustáceos estiveram praticamente ausentes nas praias com granulometria fina, principalmente no extremo-oeste. Este padrão de ocorrência já foi reconhecido por diversos autores, que revelam que os crustáceos tendem a ocorrer em praias com maior tamanho do grão (Defeo *et al.*, 1997; Mclachlan e Brown, 2006). Uma diversa fauna de anfípodas foi encontrada principalmente nas zonas mais próximas ao mar. É reconhecido que os crustáceos deste grupo são mais abundantes nas zonas mais próximas ao varrido (Degraer *et al.*, 2003).

A ausência do crustáceo hiperídeo *Emerita portoricensis* no presente estudo revela uma diminuição marcante na ocorrência deste crustáceo na costa cearense. Esta espécie apresentava altas abundâncias de sua população nas praias cearenses, sendo exploradas inclusive como item alimentar (observação pessoal). Na Praia do Futuro, a ocorrência da espécie era frequente (Rocha-Barreira *et al.*, 2001). Desta forma, é imprescindível um estudo mais aprofundado a fim de esclarecer a distribuição espacial desta espécie e um possível declínio populacional no litoral cearense.

### **Relação entre ambiente físico e a macrofauna**

Diante das relações analisadas entre ambiente físico e a macrofauna bentônica podem-se sumarizar três principais padrões para as praias arenosas cearenses: (1) Maior densidade, riqueza e similaridade entre as praias mais dissipativas; (2) as variáveis ambientais que mais representam a formação de grupos da macrofauna são Índice da Praia (BI), declividade, largura da praia e granulometria e (3) a riqueza das praias arenosas cearenses apresentou valores intermediários para padrões tropicais, embora subestimados em mais de 50%.

Segundo Mclachlan e Brown (2006), a macrofauna de praias arenosas é afetada por três conjuntos de fatores físicos: 1) textura e movimento do sedimento (tamanho do grão, seleção, fluidez e dinâmica de erosão/acresção); 2) clima de ondas (periodicidade, velocidade e turbulência da água) e 3) gradiente de exposição/umidade da praia (exposição aérea e mudança na umidade da areia no ciclo de maré). Assim, tem sido hipotetizado que as comunidades de praias arenosas são principalmente estruturadas por respostas individuais das espécies ao ambiente físico.

As praias arenosas cearenses apresentam condições morfodinâmicas bastante favoráveis ao estabelecimento da macrofauna bentônica. A maioria das praias estudadas se encaixa em um padrão dissipativo, com índice da praia  $BI > 2,4$ ; declividade suave ( $< 0,04$ ), extensa zona de entremarés (Largura  $> 77\text{m}$ ), padrões visualizados através da análise de Linktree. Este padrão explica parte do agrupamento das praias de acordo com n-MDS, no qual as praias dissipativas apresentaram maiores semelhanças na composição da macrofauna.

Praias macromareais, bem como praias dissipativas, tendem a abrigar maior área de descobrimento e assim possuir maior complexidade de ambientes. Mclachlan, Anton *et al.* (1996) observaram que há um aumento de riqueza das praias micromareais reflectivas para as macromareais dissipativas. Uma maior estabilidade no substrato nas praias dissipativas macromareais, permite também a presença de animais pequenos e sedentários, complementando a fauna móvel típica de praias arenosas. Essas características tanto aumentam a complexidade do habitat quanto à interação entre as espécies.

O índice da praia BI é sugerido como o melhor índice na explicação dos padrões da macrofauna. Este índice foi o único utilizado pela análise Linktree na explicação do agrupamento da macrofauna. A declividade e largura da praia também são fatores importantes no estabelecimento da macrofauna. Mclachlan *et al.* (1993) propuseram que perfis mais íngremes das praias determinam uma redução progressiva na diversidade e abundância da macrofauna e podem causar, em situações extremas, a completa exclusão de espécies no entremarés. Da mesma forma, Brazeiro (2001), através de um estudo de dois anos em 12 praias chilenas, observou que a riqueza diminui significativamente com o aumento da inclinação da praia, e propôs que não somente um, mas vários fatores controlam a comunidade da macrofauna bentônica.

No entanto, algumas particularidades quanto à declividade foram encontradas no presente estudo. Praias com perfis íngremes, como Paracuru e Canto Verde, apresentaram

maior riqueza de espécies por transecto (MSR) e altos valores de riqueza média. Embora os valores da declividade não tenham variado muito entre as praias, este resultado mostra uma tendência inversa de alta riqueza em praias com maior declividade. Todavia, uma ressalva quanto à praia de Paracuru deve ser feita, esta praia está protegida pela presença de recifes de arenito paralelos à praia no infralitoral, propiciando o estabelecimento de uma fauna mais variada. Já na Praia de Canto Verde, a maior ocorrência de diversas espécies de crustáceos contribuiu para o aumento da riqueza nesta praia.

Os resultados de riqueza de espécies derivados das equações calculadas por Defeo e Mclachlan (2013) reforçam a importância do Índice da Praia (BI) e da granulometria na determinação da riqueza de praias arenosas. Além desses, a riqueza calculada a partir do RTR também acompanhou o mesmo padrão da riqueza observada em algumas praias. As equações que utilizam a latitude e a maré na predição da riqueza de espécies, não foram capazes de ponderar as particularidades físicas de cada praia, uma vez que estes parâmetros não variaram muito na costa do litoral cearense. Assim, os valores de riqueza foram bastante similares em todas as praias. As equações que utilizam a declividade da praia mais uma vez mostraram um padrão inverso de riqueza esperada e observada, como observado nas praias de Paracuru e Canto Verde.

Considerando todas as praias tropicais obtidas por meio da revisão sistemática de literatura, foi encontrada uma forte correlação entre tamanho do grão e número de espécies. Nesta revisão, a influência da granulometria no estabelecimento de espécies nas praias tropicais é mais facilmente observada, a qual, quanto menor o tamanho do grão, maior o número de espécies. O tamanho do grão já foi documentado diversas vezes como um dos principais, senão o principal fator regulador do estabelecimento da macrofauna bentônica em praias arenosas (Rodil e Lastra, 2004; Mclachlan e Dorvlo, 2005; Lastra *et al.*, 2006; Mclachlan, Anton e Dorvlo, Atsu, 2007). Mclachlan e Dorvlo (2005), em uma revisão de 161 praias no mundo, registraram uma correlação positiva ( $r^2=0,32$ ) entre a riqueza de espécies e a diminuição no tamanho do grão. O presente estudo verificou em 119 praias tropicais também uma correlação positiva ( $r^2=0,23$ ) entre estes dois parâmetros. No presente estudo, a granulometria apareceu como um dos fatores abióticos mais importantes na composição das espécies da macrofauna bentônica das praias arenosas cearenses, através das rotinas de LINKTREE e BIOENV.

Brazeiro (2001) sugere que o tamanho do grão juntamente com dois outros fatores, o regime de varrido e a dinâmica de erosão/acresção da praia, estão covariando e desta forma os três parâmetros em conjunto, e não apenas a granulometria isoladamente, estariam influenciando no estabelecimento da macrofauna. Este autor sugere a Hipótese Multicausal de Severidade do Ambiente, a qual propõe que estes 3 fatores ambientais são capazes de afetar na distribuição das espécies ao longo do gradiente morfodinâmico. Ele sugere também que a diminuição na riqueza de espécies no estágio reflectivo extremo está relacionada com o aumento na severidade do ambiente devido a soma de diversos fatores, pelo menos esses 3 citados anteriormente e não apenas a um fator isoladamente.

Em ambientes mesomareais, as praias são mais estáveis tanto espacialmente (assumindo a inexistência de gradientes de energia no sentido longitudinal) quanto no tempo (meses a anos) (Calliari *et al.*, 2003). Desta forma, a dinâmica de erosão/acresção é menor que em ambientes micromareais, estando mais restritas a eventos de *swell*, que, no caso do Ceará, ocorrem predominantemente no primeiro semestre do ano. Assim, o regime de varrido (que também está associado à declividade da praia) e a granulometria seriam os principais fatores estruturadores na determinação da macrofauna bentônica do Ceará. Tal como encontrado pelo BIOENV, que incluiu a granulometria e a declividade como as principais variáveis abióticas responsáveis pelo estabelecimento da macrofauna. Mais uma vez, a hipótese sugerida por Brazeiro (2001), sobre a importância da granulometria e do regime de varrido no estabelecimento da macrofauna, é atendida.

Defeo e Mclachlan (2013) compilaram dados de riqueza de espécie em diversas amplitudes de maré ao redor do globo. Os autores demonstraram, com bastante destaque, a influência das marés explicando a maior parte dos padrões de riqueza de espécies. Como a maioria dos levantamentos da macrofauna engloba regiões com amplitude de maré semelhante, o efeito da maré no estabelecimento da macrofauna tem sido ignorado por diversos autores. Além disso, os autores reforçam que a amplitude de maré é o principal fator influenciando no estado da praia (declividade, largura) e na comunidade, mas apenas estudos que comparem uma ampla variedade de marés conseguem perceber esta influência. O aumento na amplitude de maré aplaina a praia e move diferentes zonas hidrodinâmicas (varrido, surfe, ondas incidentes) através do intermareal da praia, reduzindo o número de vezes que as ondas retrabalham uma mesma porção da praia (Masselink e Short, 1993) e ainda inibem a formação de morfologia de barras (Jackson *et al.*, 2002).

Apesar do presente estudo não poder visualizar o efeito de diferentes regimes de marés no estabelecimento da macrofauna, esta variável é de grande importância no conhecimento de praias arenosas. Da mesma forma que a influência das marés desempenha um papel importante na morfodinâmica praias, devendo ser utilizado o parâmetro RTR na definição dos tipos de praia, o estabelecimento da macrofauna deve estar intimamente acoplado ao regime de marés de uma dada praia. A mudança regular das marés determina a duração da exposição aérea do entremarés, definindo o estresse abiótico relacionado à temperatura, dessecação, insolação e salinidade (Valdivia *et al.*, 2011).

As praias arenosas cearenses estudadas, por apresentarem baixa declividade, condições dissipativas, alta amplitude de maré, e alto *pool* genético, seriam bastante favoráveis ao estabelecimento de diversas espécies - considerando as proposições de diversos autores (Soares, 2003; Mclachlan e Dorvlo, 2005; Mclachlan, A. e Dorvlo, A., 2007; Mclachlan e Defeo, 2013). No entanto, não é este resultado que se apresenta, pois, o que se verifica é uma riqueza de espécies mediana nas praias observadas. O potencial estimado de número de espécies calculado pelas equações analisadas seria de até 23,2 espécies na Praia de Bitupitá (uma planície de maré), no entanto, os reais valores encontrados foram, no máximo, 14 espécies (em Canto Verde).

O presente estudo considerou uma área amostral de no máximo 2,5 m<sup>2</sup> por praia estudada. Segundo Jaramillo *et al.* (1995), 2m<sup>2</sup> de praias amostrariam em média 80% das espécies da praia. Os autores afirmam ainda que, a estratégia amostral deveria ser diferenciada de acordo com a morfodinâmica da praia. Assim, praias dissipativas, por abrigarem um maior número de espécies, deveriam ter um maior número amostral, de no mínimo de 5 m<sup>2</sup>. No entanto, em termos práticos, a dinâmica de coleta em praias de mesomacromarés tropicais é diferente das praias micromareais temperadas. Há uma restrição no tempo de coleta devido à subida da maré, limitando o tamanho amostral possível de ser coletado. Outro entrave é que, como os indivíduos de zonas tropicais apresentam um menor tamanho corporal (Mclachlan e Dorvlo, 2005), para amostrar uma quantidade significativa de organismos da macrofauna, utiliza-se uma malha de tamanho de 0,5mm, diferente da malha de 1mm utilizada nas praias temperadas. Isso gera uma maior quantidade de areia a ser transportada e triada, dificultando o trabalho com um maior número amostral.

Recentemente, Schooler *et al.* (2013) sugeriram que uma abordagem extrapolativa da riqueza de espécies em praias arenosas é uma estratégia bastante útil para padronizar e

comparar esse componente da biodiversidade entre amostragens e desenhos amostrais diferentes. Schoeman *et al.* (2008) encontraram que, embora convencionalmente utilizada, a riqueza de espécies observada  $S_{obs}$  é um estimador de riqueza de espécies estatisticamente pobre. Os autores encontraram que o melhor estimador, entre todos testados, foi o Jackknife 1. A mesma análise feita por Foggo *et al.* (2003) encontrando que, em situações onde o esforço amostral é limitado, e para estimar riqueza de espécies regionais, Chao 1 seria o melhor estimador. Desta forma, como a riqueza de espécies observada é quase sempre subestimada, e como nem sempre é possível aumentar o esforço amostral, o uso de técnicas extrapolativas tem permitido uma maior acurácia na verdadeira riqueza de espécies tanto em escalas regionais (Foggo *et al.*, 2003), quanto amostrais (Schoeman *et al.*, 2008).

Mesmo que as praias arenosas cearenses apresentem um ambiente favorável para o estabelecimento da macrofauna, regiões intermareais tropicais apresentam um grande estresse diário para a macrofauna bentônica, que deve lidar com altíssimas variações de temperatura e salinidade característicos deste ambiente. O intenso calor tropical, especialmente nas variações de maré, pode limitar a diversidade. No caso das praias cearenses, as baixamares de sizígia ocorrem por volta de 10h-14h, expondo animais intermareais a extremos de temperatura e insolação. A salinidade pode variar de 0 em tempos de chuvas sazonais para 40 após concentração por evaporação durante a maré baixa. A temperatura da areia na maré baixa pode exceder 50°C (Dexter, 1979).

Determinar se valores de riqueza medianos em praias tropicais é resultado de insuficiências metodológicas e estatísticas, ou se são derivados do alto estresse diário a qual as espécies estão submetidas é primordial nos estudos de praias arenosas tropicais. No entanto, o estresse ambiental é intrínseco a ambientes tropicais, sendo difícil isolar os efeitos do estresse abiótico dos efeitos do *pool* genético.

Diante do exposto, pode-se afirmar que a riqueza de espécies das praias arenosas cearenses é fisicamente controlada por alguns fatores abióticos que podem ser facilmente reconhecidos nas praias, como granulometria e declividade. No entanto, devido às praias arenosas constituírem ambientes altamente variáveis e únicos, procurar uma tendência ou padrão de grande escala é desafiador, já que diversos fatores estão envolvidos desde variabilidade natural das praias até problemas de identificação taxonômica e amostragem.

## CONCLUSÃO

---

O presente estudo pode reconhecer alguns padrões nos fatores físicos e na estrutura de comunidade das praias arenosas cearenses.

- Há uma diminuição no tamanho do grão ao longo da costa cearense, percebendo-se uma clara diminuição do grão do leste ao extremo-oeste cearense.
- Há predominância de ocorrência de praias com características mais dissipativas com Índice da Praia BI >2,5, declividade suave e largura da praia ampla.
- Para a macrofauna bentônica do entremarés das praias cearenses, pode-se perceber um padrão de zonação de espécies diferenciados em cada praia, apresentando, 1, ou 2.
- Há um aumento nos descritores da comunidade nas zonas mais próximas à zona de varrido. Percebe-se uma ocorrência diferenciada de moluscos, crustáceos e poliquetas entre as zonas e ao longo do litoral cearense.
- Diante das relações analisadas entre ambiente físico e a macrofauna bentônica pode-se sumarizar uma maior densidade, riqueza de espécies e similaridade entre as praias mais dissipativas;
- As variáveis ambientais que mais representam a formação de grupos da macrofauna são Índice da Praia (BI), declividade, largura da praia e granulometria.
- Foram encontrados valores intermediários de riqueza de espécies, comparado com padrões tropicais, embora os valores estejam subestimados em mais de 50%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ALBUQUERQUE, M. G. et al. Morfodinâmica da Praia do Futuro, Fortaleza-CE: uma síntese de dois anos de estudo. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 01, n. 2, p. 49-57, 2009.

ALBUQUERQUE, M. G. et al. **Aspectos Morfodinâmicos da Praia do Futuro, Fortaleza - CE, a partir do Parametro Relativo da Maré - RTR**. III Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO’2008 I Congresso Ibero-Americano de Oceanografia – I CIAO. OCEANOGRAFIA, A. A. B. D. Fortaleza-CE, Brasil 2008.

ALBUQUERQUE, M. G. et al. **As características morfodinâmica das praias da barra do Ceará, Futuro e Caponga**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology. GEOMORPHOLOGISTS, I. A. O. Goiânia-GO, Brazil 2006.

ALVES, M. A. M. S.; EL-ROBRINI, M. Morphodynamics of a Macrotidal Beach: Ajuruteua, Bragança North Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. SI 39, p. 949-951, 2004.

ARAÚJO, P. H. V.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Population dynamic and secondary production of *Olivella minuta* (Gastropoda: Olividae) on Sandy Beach in Northeastern Brazil. **Sociedad Malacológica de Chile (SMACH): Amici Molluscarum**, v. 20, n. 1, p. 7-15, 2012.

BARROS, F.; BORZONE, C. A.; ROSSO, S. Macroinfauna of Six Beaches near Guaratuba Bay, Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 44, n. 4, p. 351-364, 2001.

BARROSO, C. X. et al. An extended geographical distribution of *Donax gemmula* Morrison, 1971 (Bivalvia: Donacidae): new record from the Brazilian Northeastern coast. **Check List**, v. 9, n. 5, p. 1087-1090, 2013.

BENSI, M.; MARINHO, R. A.; MAIA, L. P. **Clima de ondas e sua implicação com a erosão costeira ao longo do Estado do Ceará**. Congresso di Ingegneria di Pesca. Fortaleza, CE: CONBEP: 802-815 p. 2005.

BEZERRA, D. D. **Aspectos Socioeconômicos de Icapuí**. Semace. Fortaleza-CE. 2004

BORZONE, C. A.; GIANUCA, N. M. **A zonação infralitoral em praias arenosas expostas**. II Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. São Paulo: ACIESP. 3: 280-287 p. 1990.

BORZONE, C. A.; SOUZA, J. R. B.; SOARES, A. G. Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 69, p. 565-577, 1996.

BRANCO, M. P. N. C. et al. Morfodinâmica das Praias Arenosas à Barlamar e à Sotamar do Promontório Ponta do Iguape – Estado do Ceará - Brasil. **Revista de Geologia**, v. 18, n. 2, p. 215-229, 2005.

BRAZEIRO, A. Community patterns in sandy beaches of Chile: richness, composition, distribution and abundance of species. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 72, p. 93-105, 1999.

\_\_\_\_\_. Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: what are the underlying factors? **Marine Ecology-Progress Series**, v. 224, p. 35-44, 2001. ISSN 0171-8630. Disponível em: <<Go to ISI>://000173683900003 >.

BRAZEIRO, A.; DEFEO, O. Macroinfauna Zonation in Microtidal Sandy Beaches: is it Possible to Identify Patterns in Such Variable Environments? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 42, p. 523-536, 1996.

CALLIARI, L. J. et al. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 51, p. 63-78, 2003.

CARDOSO, R. S.; VELOSO, V. G. Estratégia amostral para caracterização da macrofauna da região entre marés em três praias arenosas expostas do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, v. III, p. 171-182, 1997.

CARVALHO, A. M. et al. Eolianitos de Flecheiras/Mundaú, Costa Noroeste do Estado do Ceará, Brasil - Registro ímpar de uma paleo-sistema eólico costeiro. In: WINGER, M.;SCHOBENHAUS, C., et al (Ed.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, v.2, 2008. p.515.

CLAUDINO-SALES, V. C. Os Litorais Cearenses. In: ROCHA, E. D. (Ed.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza-CE: Silva, J. B.Cavalcante, T. C.Dantas, Eustógio, 2007. p.39-51.

DAHL, E. Some aspects of the ecology and zonation of the fauna of sandy beaches. **Oikos**, v. 4, p. 1-27, 1952.

DEFEO, O. et al. Is Sandy Beach Macrofauna Only Physically Controlled? Role of Substrate and Competition in Isopods. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 45, p. 453-462, 1997.

DEFEO, O.; MCLACHLAN, A. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. **Marine Ecology-Progress Series**, v. 295, p. 1-20, 2005. ISSN 0171-8630. Disponível em: <<Go to ISI>://000230671800001 >.

DEFEO, O.; MCLACHLAN, A. Global patterns in sandy beach macrofauna: Species richness, abundance, biomass and body size. **Geomorphology**, v. 199, p. 106-114, 2013.

DEGRAER, S.; VOLCKAERT, A.; VINCX, M. Macrobenthic zonation patterns along a morphodynamical continuum of macrotidal, low tide bar/rip and ultra-dissipative sandy beaches. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 56, n. 3-4, p. 459-468, 2003. ISSN 02727714.

DEXTER, D. M. Sandy-beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica and Colombia. **Revista de Biología Tropical**, v. 22, n. 1, p. 51-66, 1974.

\_\_\_\_\_. Community Structure and Seasonal Variation in Intertidal Panamanian Sandy Beaches. **Estuarine and Coastal Marine Science**, v. 9, p. 543-558, 1979.

\_\_\_\_\_. Sandy beach community structure: the role of exposure and latitude. **Journal of Biogeography**, v. 19, p. 59-66, 1992.

DIAS, I. C. C. M. **Biologia populacional de Mellita quinquiesperforata Leske (1778) (Echinodermata: Clypeasteroidea: Mellitidae) na praia da Taíba, Ceará, Brasil**. 2008. 115 (Dissertação). Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

\_\_\_\_\_. **INFLUÊNCIA DA MORFODINÂMICA PRAIAL NA DISTRIBUIÇÃO E VARIAÇÕES MORFOMÉTRICAS DE Mellita quinquiesperforata Leske, 1778 NO LITORAL DO ESTADO DO CEARÁ**. 2014. 93 (Tese de doutorado). Instituto de ciências do Mar-Labomar, UFC, Fortaleza.

DIAS, I. C. C. M.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Morphodynamic Behavior of Taíba Beach, Northeast Brazil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 11, n. 4, p. 421-431, 2011.

DOBZHANSKY, T. Evolution in the tropics. **American Naturalist**, v. 38, p. 209-221, 1950.

FOGGO, A. et al. Estimating marine species richness: an evaluation of six extrapolative techniques. **Marine Ecology Progress Series**, v. 248, p. 15-26, 2003.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters. **J. Sediment. Petrol.**, v. 27, p. 3-26, 1957.

GIANUCA, N. M. **The ecology of a sandy beach in Southern Brazil**. 1985. 330 p. D.Sc. thesis, University of Southampton.

GIANUCA, N. M. **Zonação e produção nas praias arenosas do litoral sul e sudeste do Brasil**. Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira-síntese dos conhecimentos. Cananéia, São Paulo: ACIESP. 1: 313-332 p. 1987.

GROSSI-HIJO, C. A. **Macrofauna bentônica da zona de arrebenção da praia da Lagoinha, município de Paraipaba, Ceará, Brasil**. . 2007. 56 (Monografia). Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

GROSSI-HIJO, C. A.; VIANA, M. G.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Distribuição vertical da macrofauna bentônica na faixa entremarés e zona de arrebenção da praia do Mundaú, Município de Trairi, Ceará, Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 2005, Fortaleza, CE. p.816-830.

GUERRA, R. G. P. **VULNERABILIDADE COSTEIRA A EVENTOS DE ALTA ENERGIA NO LITORAL DE FORTALEZA, CEARÁ**. 2014. 100 (Dissertação de mestrado). Pós graduação em ciencias marinhas tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

JACKSON, N. L. et al. 'Low energy' sandy beaches in marine and estuarine environments: a review. 2002.

JARAMILLO, E.; MCLACHLAN, A.; COETZEE, P. Intertidal zonation patterns of macroinfauna over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. **Marine Ecology Progress Series**, v. 101, p. 105-118, 1993.

JARAMILLO, E.; MCLACHLAN, A.; DUGAN, J. Total sample area and estimates of species richness in exposed sandy beaches. **Marine Ecology Progress Series**, v. 119, p. 311-314, 1995.

LASTRA, M. et al. Ecology of exposed sandy beaches in northern Spain: Environmental factors controlling macrofauna communities. **Journal of Sea Research**, v. 55, n. 2, p. 128-140, 2006. ISSN 13851101.

LONGHURST, A. R.; PAULY, D. **Ecologia dos Oceanos Tropicais**. EDUSP, 2007. ISBN 9788531403460. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=3H0fDifYXLMC> >.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral.** 1998. 256 (Tese de Doutorado). Universidade de Barcelona, Barcelona.

MAIA, L. P. et al. **Mapeamento das Unidades Geoambientais da Zona Costeira do Estado do Ceará.** Semace/ Labomar. Fortaleza, p.226. 2005

MASSELINK, G.; SHORT, A. D. The Effect of Tide Range on Beach Morphodynamics Morphology: A Conceptual Beach Model. **Journal of Coastal Research**, v. 9, n. 3, p. 785-800, 1993.

MATTHEWS-CASCON, H.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; FRANKLIN-JÚNIOR, W. Biota Marinha da Costa Oeste do Ceará-ambientes consolidados. In: MATTHEWS-CASCON, H. e LOTUFO, T. C. (Ed.). **Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO)** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p.8-70.

MCARDLE, S. B.; MCLACHLAN, A. Dynamics of the swash zone and effluent line on sandy beaches. **Marine Ecology Progress Series**, v. 76, p. 91-99, 1991.

MCLACHLAN, A. Sandy Beaches as Ecosystems - a review. In: MCLACHLAN, A. e ERASMUS, T. (Ed.). **Sandy Beaches as Ecosystems.** The Hague: Dr W. Junk Publishers, 1983. p.321 - 380.

MCLACHLAN, A. **Coastal Beach Ecosystems.** Encyclopedia of Biodiversity. 1 2001.

MCLACHLAN, A.; BROWN, A. C. **The ecology of sandy shores.** 2nd. New York: Acad. Press, 2006. 373.

MCLACHLAN, A.; DE RUYCK, A.; HACKING, N. Community structure on sandy beaches: patterns of richness and zonation in relation to tide range and latitude. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 69, p. 451-467, 1996.

MCLACHLAN, A.; DEFEO, O. Coastal Beach Ecosystems. 2013.

MCLACHLAN, A. et al. Sandy beach conservation and recreation: Guidelines for optimising management strategies for multi- purpose use. **Ocean & Coastal Management**, v. 71, p. 256-268, 2013.

MCLACHLAN, A.; DORVLO, A. Global Patterns in Sandy Beach Macro-benthic Communities. **Journal of Coastal Research**, v. 214, p. 674-687, 2005. ISSN 0749-0208/1551-5036.

\_\_\_\_\_. Global Patterns in Sandy Beach Macrobenthic Communities: Biological Factors. **Journal of Coastal Research**, v. 235, p. 1081-1087, 2007. ISSN 0749-02081551-5036.

MCLACHLAN, A.; DORVLO, A. Species – area relationships for sandy beach macrobenthos in the context of intertidal width. **Oceanologia**, v. 49, n. 1, p. 91-98, 2007.

MCLACHLAN, A. et al. Beach clam fisheries. **Oceanography and Marine Biology: an Annual Review**, v. 34, p. 163-232, 1996.

MCLACHLAN, A. et al. Ecology of sandy beaches in Oman. **Journal of Coastal Conservation**, v. 4, n. 2, p. 181-190, 1998.

MCLACHLAN, A. et al. Adaptions of bivalves to different beach types. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 187, p. 147-160, 1995.

MCLACHLAN, A. et al. Sandy Beach Macrofauna Communities and their Control by the Physical Environment: A Geographical Comparison. **Journal of Coastal Research**, n. SI 15, p. 27-38, 1993.

MELO, C. G. B. **Macrofauna bentônica da faixa entremarés da praia do Presídio (Aquiraz, Ceará, Brasil)**. 2009. 44 (Monografia de Graduação). Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

MENDONÇA, T. C. M.; IRVING, M. A. Turismo de base comunitária: a participação como prática no desenvolvimento de projetos turístico no Brasil - Prainha Do Canto Verde, Beberibe (CE). **Caderno Virtual de Turismo**, v. 4, n. 4, p. 12-22, 2004.

MOHAN, A. et al. **Beyond the Tsunami: Macro and Mega Faunal Communities of Intertidal Ecosystems on the Tamil Nadu Coast, India**. UNDP/UNTRS, Chennai and ATREE. Bangalore, India, p.52. 2008

MONTEIRO, M. C.; PEREIRA, L. C. C.; OLIVEIRA, M. O. Morphodynamic Changes of a Macrotidal Sand Beach in the Brazilian Amazon Coast (Ajuruteua-Pará). **Journal of Coastal Research**, v. SI 56, p. 103-107, 2009.

MORAIS, J. O. et al. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro - Ceará. In: MUEHE, D. (Ed.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Brasília: MMA, 2006. p.133-154.

MORAIS, J. O. et al. Erosão Costeira em Praias Adjacentes às Desembocaduras Fluviais: O Caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. **Gestão Costeira Integrada**, v. 8, n. 2, p. 61-76, 2008.

MOURA, M. R. ASPECTOS CLIMÁTICOS VERSUS VARIAÇÃO SAZONAL DO PERFIL MORFODINÂMICO DAS PRAIAS DO LITORAL OESTE DE AQUIRAZ, CEARÁ, BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 11, p. 208-222, 2012.

MUEHE, D. ASPECTOS GERAIS DA EROSÃO COSTEIRA NO BRASIL. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 4, n. 7, p. 97-110, 2005.

PAULA, D. P. et al. **Impactos costeiros induzidos por ressacas do mar ao longo do litoral norte de Fortaleza-CE (Brasil). IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA.** João Pessoa, Paraíba, Brasil 2011.

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO-SALES, V. C. APLAINAMENTO E GEODINÂMICA: REVISITANDO UM PROBLEMA CLÁSSICO EM GEOMORFOLOGIA. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 1, n. 1, p. 113-150, 2002.

QUEIROZ, L. R. **VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA BIOMASSA MACROFAUNAL BENTÔNICA DA ZONA DE VARRIDO DA PRAIA DO CASSINO – RS, BRASIL.** 2006. (Dissertação de mestrado). Pós-graduação em Oceanografia biológica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

QUEIROZ, L. R.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Macrofauna Bentônica da Praia de Arpoeiros, Acaraú, Litoral Oeste do Estado do Ceará. 2005.

RAFFAELLI, D.; KARAKASSIS, I.; GALLOWAY, A. Zonation schemes on sandy shores" a multivariate approach. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 148, p. 241-253, 1991.

ROCHA-BARREIRA, C. D. A. et al. Aspectos da estrutura populacional de *Donax striatus* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Donacidae) na praia do Futuro, Fortaleza - CE. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 35, p. 51-55, 2002.

ROCHA-BARREIRA, C. D. A.; MONTEIRO, D. O.; FRANKLIN-JUNIOR, W. Macrofauna bentônica da faixa entremarés da praia do Futuro, Fortaleza, Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 34, p. 23-38, 2001. ISSN 0374-5686.

ROCHA-BARREIRA DE ALMEIDA, C. et al. **Levantamento da macroinfauna bentônica de ambientes consolidados do Estado do Ceará.** p.144 p. 2005

RODIL, I. F.; COMPTON, T. J.; LASTRA, M. Geographic variation in sandy beach macrofauna community and functional traits. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 2013. ISSN 02727714.

RODIL, I. F.; LASTRA, M. Environmental factors affecting benthic macrofauna along a gradient of intermediate sandy beaches in northern Spain. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 61, n. 1, p. 37-44, 2004. ISSN 02727714.

RODIL, I. F.; LASTRA, M.; SÁNCHEZ-MATA, A. G. Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in intermediate sandy beaches in temperate latitudes: North coast of Spain. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 67, n. 1-2, p. 267-279, 2006. ISSN 02727714.

SALVAT, B. Les conditions hydrodynamiques interstitielles des sédiments meubles intertidaux et la répartition verticale de la faune endogée. **CR Acad. Sci.**, v. 259, p. 1576-1579, 1964.

SCHLACHER, T. A. et al. Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. **Marine Ecology-an Evolutionary Perspective**, v. 29, n. Suppl. 1, p. 70-90, Jul 2008. ISSN 0173-9565. Disponível em: <<Go to ISI>://000256446800010 >.

SCHLACHER, T. A.; THOMPSON, L. Spatial structure on ocean-exposed sandy beaches: faunal zonation metrics and their variability. **Marine Ecology Progress Series**, v. 478, p. 43-55, March 25, 2013. Disponível em: < <http://www.int-res.com/abstracts/meps/v478/p43-55/> >.

SCHOEMAN, D. S.; NEL, R.; SOARES, A. G. Measuring species richness on sandy beach transects: extrapolative estimators and their implications for sampling effort. **Marine Ecology**, v. 29, n. Suppl. 1, p. 134-149, 2008.

SCHOOLER, N. K.; DUGAN, J. E.; HUBBARD, D. M. Detecting change in intertidal species richness on sandy beaches: calibrating across sampling designs. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 2013. ISSN 02727714.

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

SILVA, J. M. O.; SILVA, E. V. Planejamento ambiental em uma unidade de conservação no município de Beberibe – Ceará. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 16, n. 2, p. 129-145, 2012.

SOARES, A. G. **Sandy beach morphodynamics and macrobenthic communities in temperate, subtropical and tropical regions - A macroecological approach**. 2003. 171 p. Ph.D. thesis, Faculty of Science, University of Port Elizabeth, South Africa.

SOUSA, P. H. G. O. et al. **Processos Erosivos e Balanço Sedimentológico na Praia de Paracuru Ceará - Brasil. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology.** GEOMORPHOLOGISTS, I. A. O. Goiânia-GO, Brazil 2006.

SOUZA, J. R. B.; GIANUCA, N. M. Zonation and seasonal variation of the intertidal macrofauna on a sandy beach of Parana State, Brazil **Scientia Marina**, v. 59, n. 2, p. 103-111, 1995.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia.** São Paulo-SP: 1973.

VALDIVIA, N. et al. Variation in Community Structure across Vertical Intertidal Stress Gradients: How Does It Compare with Horizontal Variation at Different Scales? **PLoS One**, v. 6, n. 8, p. e2462, 2011.

VANAGT, T. **The role of swash in the ecology of Ecuadorian sandy beach macrofauna, with special reference to the surfing gastropod Olivella semistriata.** 2007. 320 (Doctoral). Faculteit Wetenschappen, Universiteit Gent

VEIGA, P. et al. Spatial variability of macrobenthic zonation on exposed sandy beaches. **Journal of Sea Research**, v. 90, p. 1-9, 2014. ISSN 13851101.

VELOSO, V. G.; CAETANO, C. H. S.; CARDOSO, R. S. Composition, structure and zonation of intertidal macroinfauna in relation to physical factors in microtidal sandy beaches in Rio de Janeiro state, Brazil. **Sci. Mar**, v. 67, n. 4, p. 393-402, 2003.

VELOSO, V. G.; NEVES, G.; DE ALMEIDA CAPPER, L. Sensitivity of a cirrolanid isopod to human pressure. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 3, p. 782-788, 2011. ISSN 1470160X.

VELOSO, V. G. et al. Comparison between the macroinfauna of urbanized and protected beaches in Rio de Janeiro State, Brazil. **Biological Conservation**, v. 127, n. 4, p. 510-515, 2006. ISSN 00063207.

VIANA, M. G. **Efeito de Atividades Antrópicas sobre a Distribuição Espacial da Macrofauna Bentônica das Praias Arenosas do Icarai e Cumbuco no Litoral Oeste do Ceará.** 2006. 66 (Monografia de Graduação). Ciências Biológicas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

\_\_\_\_\_. **MACROFAUNA DE AMBIENTES NÃO CONSOLIDADOS ADJACENTES À RECIFES DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS RECIFES DE CORAIS (RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL).** 2014. (Tese de doutorado). Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

VIANA, M. G.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; GROSSI HIJO, C. A. Macrofauna bentônica da faixa entremarés e zona de arrebentação da praia de Paracuru (Ceará-Brasil). **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 9, n. 1, p. 75-82, 2005.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, v. 56, p. 93-118, 1984.