



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

ISMÁLIA CASSANDRA COSTA MAIA DIAS

INFLUÊNCIA DA MORFODINÂMICA PRAIAL NA DISTRIBUIÇÃO E VARIAÇÕES
MORFOMÉTRICAS DE *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 NO LITORAL DO
ESTADO DO CEARÁ

FORTALEZA – CE

2014

ISMÁLIA CASSANDRA COSTA MAIA DIAS

INFLUÊNCIA DA MORFODINÂMICA PRAIAL NA DISTRIBUIÇÃO E VARIAÇÕES
MORFOMÉTRICAS DE *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 NO LITORAL DO
ESTADO DO CEARÁ

Tese apresentada ao Programa de Pós- graduação
em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de
Ciências do Mar, da Universidade Federal do
Ceará, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor.

Orientador: Prof^a. Dr^a Cristina de Almeida
Rocha-Barreira.

FORTALEZA-CE

2014

ISMÁLIA CASSANDRA COSTA MAIA DIAS

INFLUÊNCIA DA MORFODINÂMICA PRAIAL NA DISTRIBUIÇÃO E VARIAÇÕES
MORFOMÉTRICAS DE *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 NO LITORAL DO
ESTADO DO CEARÁ

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Cristina de Almeida Rocha-Barreira
(Orientadora) Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Helena Matthews-Cascon
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Lidriana de Souza Pinheiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luís Ernesto Arruda Bezerra
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Prof. Dr. Walter Ramos Pinto Cerqueira
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

AGRADECIMENTOS

A Deus, senhor de tudo, por todas as dificuldades e pela força para a realização dos sonhos, estando acima de mim sempre.

À Prof^a. Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira, por compartilhar tempo e orientação na construção desta tese. Na verdade, gostaria de agradecer por todos os ensinamentos, sua amizade, seus exemplos de luta, coragem e trabalho, e por não ter desistido de mim neste projeto. Agora que sou mãe e todo o resto, tenho certeza de que ela tem uma força suprema para conseguir executar tantas funções. A você professora, mais uma vez, meu muito obrigada!

Ao amigo, Prof. Dr. Walter Cerqueira, por sua amizade e sugestões para a execução deste trabalho. Quantos e-mails animadores ele me escreveu! e aquelas perguntas orientadoras depois de ler minhas ideias iniciais? ou aqueles e-mails que me perguntavam como eu estava? importante participação você tem nesta tese amigo! principalmente na minha não desistência desta jornada.

À Prof^a. Dra. Helena Matthews-Cascon, por ter contribuído na minha formação acadêmica, auxiliando minha qualificação, e por aceitar compor a banca.

À Prof^a. Dra. Lidriana Pinheiro por aceitar compor a banca de defesa de tese e pela parceria no desenvolvimento do projeto que deu origem as coletas, e a análise do material para caracterizar a morfodinâmica das praias cearenses.

Ao Prof. Dr. Luís Ernesto Arruda Bezerra por aceitar participar da banca de defesa de tese.

De modo especial gostaria de agradecer a amiga Kcrishna Vilanova, a quem eu posso chamar de co-orientadora! quando eu vi aquele arquivo todo cheio de balões com correções e sugestões, pensei: Cristina Rocha? não, mas certamente uma outra doutora! quantas vezes ela leu esta tese, fez análises estatísticas, e fez considerações pertinentes e norteadoras, linha por linha!! muito obrigada mesmo! além disso, por tantas horas compartilhadas em laboratório, em Redonda e por tantas conversas que tivemos sobre tudo!

Ao biólogo Pedro Carneiro (“das algas”) por ter me ouvido, e por ter realizado todas as análises referentes a morfometria. Pela paciência em me explicar, pelos artigos sugeridos, por tantos gráficos que eu pedi que você refizesse. Sem suas análises o capítulo da morfometria não existiria!

Também de modo especial, agradeço a Tatiane Martins Garcia por partilhar, mesmo à distância, os momentos mais críticos, e os felizes também, com a certeza de uma grande amizade; com direito a ligações de horas quando eu mais precisei na UTI com o Heitor. Como é bom ter você como amiga! Sua leveza faz a gente se sentir melhor! Também por toda a ajuda com as revisões bibliográficas que eu ia pedindo, a cada e-mail, e por “ser eu” no Labomar, durante estes dois últimos anos, resolvendo meus problemas, imprimindo tese e arrumando minha vida por aí.....

Agradecimento especial também a Cibele Lemos, por ter processado todas as amostras de granulometria, pelos perfis praias desenvolvidos com a Glaciane, e por horas de convivência, inclusive quando eu pedia pra ela não me deixar dormir no ônibus! kkkkkk. Aproveito aqui

para agradecer a ajuda nas revisões bibliográficas de Fiamma Abreu, além do auxílio nas coletas e por dias felizes! também a Raquel por compor o trio das “minhas filhas” super poderosas e por fazer a vida mais feliz, com humor.

Ao Laboratório de Zoobentos, considerando todos os amigos que de alguma forma contribuíram para este trabalho, em especial a Liana por ter aceitado dividir a experiência das coletas ao longo do litoral cearense, dividindo os momentos mais intensos e tensos da vida acadêmica. Também a Magalline Girão por tantos dias maravilhosos em Redonda e no laboratório. Obrigada também a Aline, por me divertir, Jadson, pelos cafés e a chata companhia, Allan, Lucas, 41, Bruno, Ítalo, Priscila, Carol, pela amizade e ajuda nas coletas e pelas conversas. Em especial ao Wilson Franklin por sempre estar disponível para qualquer ajuda que a gente precisasse, e ao Pedro Viana, pelos mapas, índice de Morisita e todo o incentivo. Aos que eu certamente esqueci também obrigada!

Um agradecimento todo especial faço a todos os pescadores, ou moradores de cada praia em que recebemos ajuda! jamais teríamos conseguido sem vocês.

Aos novos amigos do Curso de Enfermagem da Universidade Federal do Maranhão, pelo incentivo e por toda a ajuda na vida pessoal que contribuiu para algumas horas de dedicação à tese. Especialmente por terem me concedido apenas uma disciplina no meu retorno, para que eu pudesse ter mais tempo para escrever e terminar a tese. Em especial a Adriana Nogueira, por todo o incentivo e orações de alguém que passava pela mesma situação; pelas mensagens altas horas da madrugada perguntando se eu ainda estava acordada, pra eu escrever, e por ter me apresentado ao grupo ECVC. Também a Ana Cristina pela ajuda com o Heitor na sua fase inicial de adaptação a vida na terra. E a minha amiga Perpétua, por ser mais que uma irmã, tão presente na minha vida, compartilhar bons e ruins momentos, por rezar por mim e pelo Heitor, e também por me substituir na Ufma durante minha licença. Também ao Leonardo Hunaldo por ter disponibilizado seu tempo para tentar executar as análises morfométricas.

A todos que me incentivaram a concluir esta difícil etapa. Quantas inúmeras vezes eu pensei em desistir!

A minha mãe Marta, por seu amor, dedicação e trabalho, contribuindo indiscutivelmente para minha formação pessoal e profissional, por suas palavras de consolo e força diante às dificuldades, nunca transparecendo seus próprios medos, e por toda a ajuda com o Heitor. Quantos dias ela cedeu seu tempo para ficar com meu filho, enquanto eu podia ler e escrever!!

Especialmente ao meu filho Heitor, a quem dedico todas as boas experiências da minha “nova” vida, e principalmente por ter se mostrado tão guerreiro, lutando muito para viver! como eu aprendi com sua vinda! minha vida agora está completa! e realmente cheia de tarefas a cumprir! A Nertan Dias, por sua paciência, companheirismo, ajuda doméstica e também por palavras duras que me fizeram enfurecida e pronta para terminar esta etapa da vida! ah, também pelos desenhos das mellitas!

Finalmente à CAPES, pelo apoio financeiro com a bolsa de auxílio na fase inicial do doutorado.

A Deus.

A minha família biológica (Nertan e Heitor) e,
A minha família de amigos...

RESUMO

A distribuição espacial, ocorrência e morfometria de populações de *Mellita quinquesperforata* foram estudadas no litoral do Ceará, no período entre agosto de 2010 e abril de 2011. Uma revisão da literatura sobre os aspectos bioecológicos da espécie também foi realizada, considerando a classificação taxonômica proposta por Harold e Telford em 1990. Amostragens pontuais foram realizadas nas praias de Redonda, Majorlândia, Prainha do Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Pecém, Paracuru, Flecheiras, Caetanos, Preá, Maceió e Bitupitá. A altura e período de ondas, granulometria da zona entremarés e de surfe, e extensão da maré foram registrados. Perfis de praia, parâmetros adimensional de Dean (Ω) e escalar da arrebenção (Σ), Índices da Praia (BI) e da Extensão Relativa da Maré (RTR) foram calculados para caracterizar a morfodinâmica praial. Os animais foram coletados através de arrastos perpendiculares à praia, divididos em duas faixas de coleta (0-30m e 30-60m de distância da zona de varrido das ondas). A densidade por faixa de coleta foi expressa como número de indivíduos/m². Foram obtidos histogramas de frequência de tamanho com intervalos de classes de 6mm. Foi utilizado um teste paramétrico de comparação de médias (teste t de Student), para observar diferenças significativas na densidade entre as duas faixas estudadas, e também entre as classes da estrutura etária, através do software STATISTICA® versão 7.0. O padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita. Para a análise morfométrica, foram escolhidos 30 indivíduos adultos, considerando 33 parâmetros baseados na forma da carapaça, posições e dimensões das lúnulas e largura dos sulcos alimentares, agrupando os organismos segundo a classificação das praias proposta pelo parâmetro Dean. Foi realizada uma análise discriminante linear livre de tamanho, utilizando o pacote estatístico R. As praias analisadas no litoral do Ceará apresentaram características morfodinâmicas diferentes, e sugere-se uma combinação de índices (Dean e RTR) para caracterizar os estados morfodinâmicos. As praias do Futuro e Pecém foram consideradas dissipativas; Redonda, Majorlândia, Caetanos e Bitupitá ultradissipativas; Diogo, Iguape, Paracuru, Flecheiras, Preá e Maceió, intermediárias; e a prainha do Canto Verde, refletiva. As praias são modificadas por marés, exceto a praia do Pecém, determinada por ondas, segundo o RTR. Considerando o BI apenas Bitupitá é dissipativa, enquanto todas as demais são intermediárias. Todas as populações apresentaram modas de indivíduos adultos; enquanto em Canto Verde, Iguape e Preá foram também evidenciados recrutas. A espécie, na maioria das praias, concentrou-se próximo a arrebenção, sendo a maior densidade observada na praia do Canto Verde, com 7,1 ind/m², com distribuição agregada. *M. quinquesperforata* apresentou diferentes modos de distribuição espacial nas praias analisadas, sendo que os estágios morfodinâmicos não corresponderam a modos semelhantes de distribuição. Observou-se uma redução de indivíduos da espécie estudada na direção oeste do litoral cearense, estando a partir da praia de Preá, ausente nas praias estudadas. As duas primeiras variáveis canônicas explicaram 83,14% da variação total dos dados analisados, observando-se uma separação entre os grupos, principalmente relacionada ao comprimento e espessura da testa e características da região posterior do animal. As variáveis do ambiente praial como o tamanho do grão, altura da onda, declividade do perfil e dissipação de energia, promoveram as variações na densidade e distribuição das populações de *M. quinquesperforata*. As características morfodinâmicas das praias cearenses também contribuíram para as variações morfométricas exibidas pelas populações de *M. quinquesperforata*, indicando que existem variações fenotípicas como resposta a diferentes condições ambientais, e confirmando a plasticidade fenotípica da espécie.

Palavras-chaves: estado morfodinâmico, distribuição, morfometria, equinoide irregular.

ABSTRACT

The spatial distribution, occurrence and morphometry of populations of *Mellita quinquesperforata* were studied in the Ceará coast, between August 2010 and April 2011. Samplings were performed in Redonda, Majorlândia, Prainha do Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Pecém, Paracuru, Flecheiras, Caetanos, Preá, Maceió and Bitupitá. In these sites, the height and period of the waves, granulometry of intertidal and sub zones and the tidal range were recorded. The beach profile, Dean's dimensionless fall velocity (Ω) and surf scaling parameter (Σ), Beach Indexes (BI) and the Relative Tide Range (RTR) were obtained in order to characterize the beach morphodynamics. The specimens were sampled through trawls perpendicular to the coastline, divided in two sampling zones (0-30m and 30-60m, distant from the swash zone). For the studied zones, it were obtained the density, expressed in number of individuals per square meter (individuals/m²), and histograms relative to the length frequency, with class intervals of 6mm. Student's t-tests compared the averages of density between the zones, and also of the age classes. The pattern of spatial distribution was estimated using the Morisita's index. For the morphological analysis, thirty adult individuals, considering 33 parameters based on the carapace form, lunule positions and dimensions, and also on the food grooves. A size-free linear discriminant analysis was realized using the R Software. Redonda, Majorlândia, Caetanos and Bitupitá were classified as ultra-dissipative; Futuro and Pecém, dissipative; Diogo, Iguape, Paracuru, Flecheiras, Preá and Maceió, intermediate; and Prainha do Canto Verde, reflective. According the RTR index, these beaches were wave-modified; and only Bitupitá was tidal-modified. Considering the BI index, Bitupitá is also the only beach considered dissipative, while the others are intermediate. All *M. quinquesperforata* populations have a mode indicating adult individuals, even Canto Verde, Iguape and Preá have also presented recruits. This species, mostly, was concentrated near the breaking waves. The greater density was observed in Canto Verde (7.1 ind/m²), with aggregate distribution. *M. quinquesperforata* had different forms of spatial distribution in the analyzed beaches, which did not correspond to the beaches morphodynamics models. A reduction of specimens was observed in direction to the West, being absent from Preá Beach. According the Discriminant Analysis, with 83.4% of variance explained from the two first Axes, the test height and thickness, and also the posterior region, discriminated populations according the beaches morphodynamics. It is suggested a combination of Dean and RTR indexes to characterize the morphodynamics of the studied beaches. The variables grain size, wave height, slope of the beach profile and wave energy dissipation promoted the variations in density and distributions of the studied *M. quinquesperforata* populations. The morphodynamics characteristics of beaches off Ceará contributed also for the morphometric variations exhibited by these populations, indicating morphological variations as a result of the different environmental conditions, confirming its phenotypical plasticity.

Key-words: morphodynamic state, distribution, morphometry, irregular echinoid.

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Evolução do número de estudos sobre <i>M. quinquiesperforata</i> , desde a década de 1990 até 2013. Fonte: Elaborado pela autora.	19
Figura 2	Distribuição dos estudos sobre <i>M. quinquiesperforata</i> com os percentuais por categorias e locais onde foram realizados. Legenda: (A)- percentuais de estudos, divididos em categorias, realizados com <i>M. quinquiesperforata</i> . (B)- Locais onde foram realizados os estudos com <i>M. quinquiesperforata</i> . Fonte: Elaborado pela autora.	20
Figura 3	Localização das treze praias estudadas, no litoral do Estado do Ceará, Brasil. Fonte: Elaborado por Pedro Henrique Viana Araújo no Software ArcGys. Legenda: Praias de 1 a 5 – litoral Leste; 6 – Fortaleza; 7 a 13 – litoral Oeste.	35
Figura 4	Perfis topográficos da região entremarés e zona de surfe das Praias de Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Pecém, Paracuru, Flecheiras, Caetanos, Preá, Maceió e Bitupitá, entre agosto de 2010 e abril de 2011. Legenda: O ponto marcado no perfil (♦) indica o início do infralitoral.	38
Figura 5	Diagrama de dispersão dos valores do parâmetro de Dean <i>versus</i> RTR computados para as praias do litoral do Ceará, plotados segundo o modelo morfodinâmico proposto por Masselink e Short (1993).	42
Figura 6	Histogramas de frequência de tamanho (largura em mm), considerando uma classe de 6mm, dos indivíduos de <i>M. quinquiesperforata</i> obtidos nas praias do litoral cearense, entre agosto de 2010 e abril de 2011.	52
Figura 7	Densidade populacional de <i>M. quinquiesperforata</i> na zona de surfe das praias de Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Pecém e Preá, considerando diferentes faixas de coleta, entre agosto/2010 e abril/2011. Legenda: faixa 30 (0-30m), e faixa 60 (30-60m) de distância do varrido das ondas.	54
Figura 8	Localização das praias de Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Taíba e Preá, no litoral do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Fonte: Elaborado por Pedro Henrique Viana Araújo no Software ArcGys.	66
Figura 9	Sistema de orientação de Lóven para <i>M. quinquiesperforata</i> , mostrando o eixo de simetria ântero-posterior (linha pontilhada), característico dos equinoides irregulares. Legenda: A=áreas ambulacrais; I=áreas interambulacrais. A numeração romana é dada para as áreas ambulacrais e a numeração arábica para as áreas interambulacrais, seguindo a orientação de Lóven (modificado de DURHAM, 1955, e MARTINS, 2008). Desenho e montagem de Nertan Silva-Maia.	67

- Figura 10 Esquema da face oral e aboral de *M. quinquiesperforata*, com exemplos de medidas realizadas para o estudo morfométrico. Fonte: Elaborado pelo autor. Desenho e montagem de Nertan Silva-Maia. 68
- Figura 11 Resultado da análise discriminante linear, apresentando as duas primeiras variáveis canônicas para as medidas de *M. quinquiesperforata* nas praias classificadas segundo o tipo morfodinâmico (parâmetro de Dean). 71
- Figura 12 Esquema mostrando as diferenças na morfologia de *M. quinquiesperforata* nas praias agrupadas por tipos morfodinâmicos, classificados segundo o parâmetro Dean. Fonte: Elaborado pelo autor. Desenho e montagem de Nertan Silva-Maia. Legenda: As setas ↑↓ indicam maior ou menor áreas/medidas. 72

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Principais estudos realizados com <i>M. quinquiesperforata</i> após a revisão do gênero por Harold e Telford (1990).	21
Tabela 2	Localização das praias estudadas no litoral cearense, apresentando seus municípios, coordenadas e período de coleta. Agosto de 2010 a abril de 2011.	35
Tabela 3	Índices morfodinâmicos utilizados para caracterizar as praias do litoral cearense, entre agosto de 2010 e abril de 2011.	36
Tabela 4	Classificação granulométrica do sedimento na zona de surfe das praias do litoral cearense, entre agosto de 2010 e abril de 2011. Legenda: Valores do tamanho do grão de sedimento apresentados em “phi” ($-\log_2$ diâmetro do grão em mm). Z1(0-30m), Z2 (30-60m). Redonda (Rd); Majorlândia (Mj); Canto Verde (CV); Diogo (Dg); Iguape (Ig); Futuro (Ft); Pecém (Pe); Paracuru (Pa); Flecheiras (Fl); Caetanos (Ca); Preá (Pr); Maceió (Ma) e Bitupitá (Bt).	40
Tabela 5	Dados utilizados para o cálculo do parâmetro de Dean, Índice da Extensão Relativa da Maré (RTR) e Índice da Praia (BI), obtidos nas praias do litoral cearense, entre agosto de 2010 e abril de 2011. Legenda: *- tamanho médio do grão (região entre marés e zona de surfe). Ws: velocidade média de decantação das partículas de sedimento. **amplitude da maré. Σ : parâmetro escalar da arrebentação (média). β : coeficiente de arrebentação. ***declividade média dos perfis praiais.	41
Tabela 6	Valor do índice de distribuição de Morisita (Id) para as populações de <i>M. quinquiesperforata</i> na zona de surfe das praias de Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Pecém e Preá, entre agosto de 2010 e abril de 2011. Legenda: N: n° total de indivíduos por faixa (s); X^2 calc: qui-quadrado calculado; X^2 tab: qui-quadrado tabelado.	55
Tabela 7	Descrições dos parâmetros utilizados na morfometria das populações de <i>M. quinquiesperforata</i> do litoral do Estado do Ceará. Fonte: Harold e Telford (1990).	67
Tabela 8	Coefficientes do componente principal (PC) e das variáveis canônicas (eixos discriminantes) livres de tamanho, na análise por grupos morfodinâmicos. Legenda: PC-1: primeiro coeficiente principal; VC1 e VC2: variáveis canônicas; *maiores valores observados e utilizados.	69

SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO GERAL	13
Capítulo 1: <i>Mellita quinquiesperforata</i> Leske, 1778 (Echinodermata: Mellitidae) como organismo alvo de estudos em praias arenosas: uma revisão de literatura.	17
Introdução	17
Metodologia	18
Resultados	19
Análise dos artigos já publicados sobre <i>Mellita quinquiesperforata</i>	19
Ocorrência e distribuição de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	22
Adaptações morfológicas de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	23
Divertículo de areia	23
Lúnulas	24
Alimentação	25
Reprodução	25
Interações ecológicas	27
Crescimento e dinâmica populacional	28
Discussão	29
Conclusões	30
Capítulo 2: Morfodinâmica do litoral do Estado do Ceará no instante da observação: uma caracterização submetida a diferentes modelos.	31
Introdução	31
Metodologia	33
Área de estudo	33
Coleta e análise dos dados morfodinâmicos	35
Resultados	37
Caracterização da zona de surfe	39
Classificação morfodinâmica do litoral cearense	41
Discussão	42
Conclusões	46

Capítulo 3: Ocorrência e distribuição de <i>Mellita quinquiesperforata</i> Leske, 1778 (Echinodermata: Mellitidae) na zona de surfe do litoral cearense, Nordeste do Brasil.	47
Introdução	47
Metodologia	50
Coleta e análise da distribuição e estrutura etária de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	50
Resultados	51
Estrutura etária de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	51
Distribuição de <i>Mellita quinquiesperforata</i> na zona de surfe	53
Discussão	55
Conclusões	62
Capítulo 4: Variações morfológicas interpopulacionais de <i>Mellita quinquiesperforata</i> Leske, 1778 (Echinodermata: Mellitidae) no litoral do Estado do Ceará, Brasil.	63
Introdução	63
Metodologia	65
Área de estudo	65
Coleta de <i>Mellita quinquiesperforata</i> para análise morfométrica	66
Análises morfométricas	66
Análises estatísticas	68
Resultados	69
Discussão	72
Conclusões	77
CONSIDERAÇÕES GERAIS	78
REFERÊNCIAS	80

INTRODUÇÃO GERAL

As praias arenosas são um dos mais dinâmicos ecossistemas marinhos do mundo, constituídas de depósitos de sedimentos que são continuamente retrabalhados, onde a estrutura física pode ser definida por três variáveis: o clima da onda, o tamanho dos grãos que compõem o sedimento e o regime das marés (SHORT; WRIGHT, 1983; McLACHLAN; DORVLO, 2005). Por sua localização, são ambientes de transição entre o oceano e o continente, sofrendo modificações causadas por processos continentais e marinhos, desenvolvendo aspectos sedimentares e morfodinâmicos distintos (KENNETT, 1982; HOEFEL, 1998; ALBINO, 1999).

As modificações no ambiente praias, ou morfodinâmica costeira, são objeto de estudo desde a década de 50, quando Bascom publicou, em 1951, um dos primeiros estudos relacionados à energia de ondas incidente, o perfil de praia e o diâmetro do sedimento. Entre os trabalhos mais importantes destaca-se a revisão realizada por Short e Wright (1983), onde foram apresentados seis estados hidrodinâmicos, sendo dois extremos e quatro intermediários. Segundo os autores, a ocorrência de um desses estados hidrodinâmicos é dependente do nível de energia de onda e o tamanho do sedimento ou granulometria.

Estes ambientes compõem grande parte da zona costeira de vários países, na qual se concentram pelo menos 2/3 da população mundial, sendo os ambientes praias e os estuários os primeiros a sofrerem diretamente o impacto do crescimento demográfico mundial (HOEFEL, 1998; SCHLACHER *et al.*, 2006, 2007). Dentre os impactos, há destruição de dunas e habitats naturais para ações de infraestrutura, engorda de praias, perturbação da vida selvagem, poluição e impactos causados pela recreação e turismo (DAVENPORT; DAVENPORT, 2006; NIEMEIJER; DE GROOT, 2008). Além disso, as mudanças climáticas globais e a perspectiva de elevação do nível do mar poderão afetar os ecossistemas marinhos de todo o planeta, particularmente as linhas de costas, evidenciando a vulnerabilidade destas áreas. Apesar da intensa ocupação e dos impactos negativos, as praias arenosas são pouco conhecidas e suportam uma biodiversidade pouco estudada, sendo por isso, subestimada (SCHLACHER *et al.*, 2007).

Alguns estudos sobre praias arenosas concentraram-se em compreender a influência dos fatores físicos na composição, abundância e zanação das espécies, buscando um conhecimento mais integral destes sistemas (HACKING, 1997; BRAZEIRO, 1999; JARAMILLO; DUARTE; CONTRERAS, 2000; SOARES, 2003; MCLACHLAN; DORVLO, 2005; DIAS, 2008). Estes estudos têm demonstrado boas correlações entre os

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

atributos das comunidades e índices que indicam o estado praial (McLACHLAN; DORVLO, 2005). O crescente interesse no conhecimento da fauna de praias arenosas é justificado pela existência de muitas espécies de importância econômica na alimentação humana ou pesca, além da utilização de comunidades bentônicas na avaliação da qualidade ambiental (SCHLACHER *et al.*, 2006, 2007).

Índices morfodinâmicos foram criados com o objetivo de caracterizar o ambiente físico praial e foram utilizados, conseqüentemente, para explicar mudanças na comunidade. Um dos primeiros foi o parâmetro adimensional de Dean (Ω) (1973) que tem como base a energia da onda e a velocidade de decantação da partícula do sedimento (SHORT, 1996). No entanto, este índice não utiliza a extensão das marés e por esta razão, é inadequado para situações de macromarés. Devido a este fato, outro índice foi desenvolvido para comparar praias sujeitas a diferentes amplitudes de marés, o Índice do Estado Praial (BSI), que envolve os componentes do parâmetro de Dean, mais o fator maré, e tem apresentado boas correlações com muitos tipos praias (McLACHLAN; DORVLO, 2005). Soares (2003) desenvolveu o Índice de Depósito Praial (BDI), baseado na medida do perfil da praia e tamanho da partícula do sedimento; este índice apresentou-se satisfatório para praias de regime micromareais. McLachlan e Dorvlo (2005) testaram outros índices: a Área, medida da área entremarés e declividade praial, e o Índice da Praia (BI), similar à área com a inclusão do tamanho da partícula do sedimento. Segundo estes autores, o Índice da Praia (BI) mostrou os melhores resultados quando comparado a outros índices utilizados, considerando as variáveis riqueza de espécies, abundância e biomassa, além de explicar padrões em macroescala, quando a latitude foi considerada.

No Brasil, apesar de possuir aproximadamente 8.514km de costa, o conhecimento dos processos físicos, químicos e ecológicos em praias arenosas ainda é incipiente, sendo sua maioria realizada no sul e sudeste do país. No Ceará, embora a maior parte do litoral corresponda a praias arenosas, estudos sobre a ecologia e a morfodinâmica são recentes. Alguns trabalhos foram realizados neste estado, contemplando aspectos de zonação, distribuição espacial, hábitos alimentares, aspectos de dinâmica populacional e riqueza da macrofauna bentônica, principalmente das regiões entremarés (MARTINS, 1996; MONTEIRO, 1997; ROCHA-BARREIRA *et al.*, 2001, 2002; QUEIROZ; ROCHA-BARREIRA, 2005; VIANA; ROCHA-BARREIRA; GROSSI HIJO; VIANA; ROCHA-BARREIRA, 2005; ARAÚJO; ROCHA-BARREIRA, 2012). A zona de arrebentação foi pouco estudada até o momento (MATTHEWS-CASCON *et al.*, 2004; GROSSI-HIJO *et al.*, 2005; GROSSI-HIJO, 2007; DIAS, 2008).

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Devido à extrema dinâmica em tempo e espaço do ambiente praial, a macrofauna presente nestes ambientes tem sido considerada fisicamente controlada (McLACHLAN; DORVLO, 2005). Segundo as hipóteses propostas por Noy-Meir (1979), Hipótese Autoecológica, e por Defeo *et al.*, (2001, 2003), Hipótese do Habitat Severo, em ambientes controlados fisicamente, como as praias arenosas, as comunidades são estruturadas e controladas por respostas independentes de espécies individuais aos fatores físicos, sendo as interações biológicas mínimas.

Neste contexto, apresenta-se a espécie *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778, encontrada na costa atlântica, com ocorrência, de acordo com Harold e Telford (1990), ao longo de toda a costa leste tropical e subtropical do continente americano, do delta do Mississipi, passando pela América Central até o sul do Brasil. *M. quinquesperforata* habita a zona do infralitoral onde forma contínuos bancos paralelos à linha de costa, sendo sua extensão e posição variáveis de acordo com o degraú de exposição à ação das ondas (BORZONE; GIANUCA, 1990; BORZONE *et al.*, 1998). O limite interno de distribuição da espécie parece estar ligado ao aumento de partículas finas de sedimento com o aumento da profundidade, correlacionado com uma diminuição da interação onda-sedimento, que indica o limite entre as áreas *nearshore* e *offshore* (BORZONE *et al.*, 1998).

A morfologia corporal de *M. quinquesperforata* apresenta particularidades que têm sido consideradas adaptações hidrodinâmicas vantajosas na exploração do ambiente, como o divertículo de areia e as lúnulas, que contribuem para aumentar a densidade de juvenis e conferir maior estabilidade, respectivamente (TELFORD, 1988; BORZONE *et al.*, 1997).

É reconhecida a importância do gênero *Mellita* como agente modificador das propriedades texturais do sedimento, principalmente na atividade de bioturbação da meiofauna. Devido a sua capacidade de escavar o sedimento, as espécies influenciam a atividade microbiana pela alteração do tamanho dos detritos, pela homogeneização e ressuspensão dos sedimentos, pela regeneração de nutrientes minerais, pelo aumento da camada de atividade oxi-redução e pela redução da zona anaeróbica do sedimento. Como consequência, eleva-se a biomassa microbiana e altera-se a estrutura das comunidades de eucariontes (WHITE; FINDLAY; FAZIO, 1980; FINDLAY; WHITE, 1983; REIDENAUER, 1989).

Segundo Borzone (1999), as praias contêm uma zonation estruturada e dominada por *M. quinquesperforata*, que dinamicamente modula sua população através de interações com o ambiente físico e com outros organismos. Nos bancos formados pela espécie, os adultos ocupam extensivamente o espaço subtidal com a exclusão de recrutas e juvenis da mesma

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

espécie e manutenção de outras espécies da macrofauna em baixas densidades. O repetido enterramento e inclinação da espécie altera o sedimento e espécies tubícolas encontram dificuldades em coexistir nos bancos com *M. quinquiesperforata*. Outros estudos têm mostrado que a taxa de crescimento e o ciclo reprodutivo de *M. quinquiesperforata* são influenciados pela morfodinâmica praial e por consequentes diferenças na alocação de energia. Assim, uma população condicionada a um regime ambiental com alta dissipação de energia realiza uma maior alocação de recursos para sua própria manutenção e menor para o crescimento e a reprodução (BORZONE 1992/1993; TAVARES; BORZONE, 2006). Já em praias com características intermediárias, ou ainda protegidas, os animais dispenderiam menos energia para a manutenção e mais para as demais atividades fisiológicas (PENCHASZADEH; MOLINET, 1994; DIAS, 2008).

Observa-se, portanto, que *M. quinquiesperforata* apresenta mudanças nos caracteres biológicos (atributos populacionais) como distribuição, reprodução, crescimento, e interações ecológicas, como resposta às diferentes condições ambientais do local onde habita; o estudo de tais atributos pode contribuir para uma melhor compreensão do funcionamento das praias arenosas.

A presente pesquisa teve como objetivo principal reunir dados e ampliar o conhecimento sobre a biologia da espécie *M. quinquiesperforata* e suas relações com o ambiente físico/praiial, no litoral do Ceará, e para tanto, foi dividida em quatro capítulos:

1. *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 (Echinodermata: Mellitidae) como organismo alvo de estudos em praias arenosas: uma revisão de literatura.
2. Morfodinâmica do litoral do Estado do Ceará no instante da observação: uma caracterização submetida a diferentes modelos.
3. Ocorrência e distribuição de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 (Echinodermata: Mellitidae) na zona de surfe do litoral cearense, Nordeste do Brasil.
4. Variações morfológicas interpopulacionais de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 (Echinodermata: Mellitidae) no litoral do Estado do Ceará, Brasil.

Capítulo 1: *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 (Echinodermata: Mellitidae) como organismo alvo de estudos em praias arenosas: uma revisão de literatura.

Introdução

As praias arenosas oceânicas são ecossistemas dinâmicos, cuja estrutura física pode ser definida por três variáveis: o clima da onda, o tamanho dos grãos que compõem o sedimento e o regime das marés (SHORT; WRIGHT, 1983; McLACHLAN; DORVLO, 2005). Estes ambientes compõem grande parte da zona costeira de vários países, na qual se concentram pelo menos 2/3 da população mundial, sendo os ambientes praias e os estuários os primeiros a sofrerem diretamente o impacto do crescimento demográfico mundial (SCHLACHER *et al.*, 2006, 2007). Além disso, a destruição de dunas e habitats naturais para ações de infraestrutura, engorda de praias, perturbação da vida selvagem, poluição e impactos causados pela recreação e turismo, as mudanças climáticas globais e a perspectiva de elevação do nível do mar poderão afetar os ecossistemas marinhos de todo o planeta, particularmente as linhas de costas, evidenciando a vulnerabilidade destas áreas (DAVENPORT; DAVENPORT, 2006; NIEMEIJER; DE GROOT, 2008).

Apesar de sofrerem intensa ocupação e impactos negativos, as praias arenosas são pouco conhecidas e suportam uma biodiversidade pouco estudada e por isso, subestimada (SCHLACHER *et al.*, 2007). Atualmente, os estudos da ecologia destas praias têm avançado consideravelmente, enfocando os processos físicos/ambientais, e suas relações com as comunidades residentes, buscando um conhecimento mais integral destes sistemas (SCHLACHER *et al.*, 2006). O crescente interesse no conhecimento da fauna de praias arenosas é justificado pela existência de muitas espécies de importância econômica direta, além da utilização de comunidades bentônicas na avaliação da qualidade ambiental (SCHLACHER *et al.*, 2006, 2007).

Para a conservação das praias arenosas, deve-se considerar que as mesmas geram serviços e valores econômicos, abrigando uma biodiversidade única; estão sob ameaça no mundo todo, sendo suprimidas pela subida do nível do mar por um lado e pela expansão humana pelo outro; 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, políticos e a 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). Torna-se

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

necessário, portanto, conhecer as espécies residentes para tentar compreender a estrutura, o funcionamento e a complexidade destes ambientes.

Equinodermos equinoides da ordem Clypeasteroidea são muito representativos e abundantes na comunidade bêntica de praias arenosas, contribuindo por grande parte da produção secundária em muitos destes ambientes (STEIMLE, 1989). Equinoides da família Mellitidae representam um claro exemplo de adaptações de um grupo invertebrado da macrofauna a ambientes arenosos com hidrodinamismo ambiental (BORZONE *et al.*, 1998).

A espécie *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778, é encontrada na costa atlântica, com ocorrência, segundo Harold e Telford (1990), ao longo de toda a costa leste tropical e subtropical do continente americano, do delta do Mississipi, América Central até o sul do Brasil. Costuma habitar a região do infralitoral e em locais próximos à arrebentação das ondas de ambientes inconsolidados e tende a apresentar comportamento gregário. Particularidades morfológicas, como a forma cônico-achatada, a presença de um divertículo de areia, e lúnulas têm sido consideradas adaptações hidrodinâmicas na exploração desses ambientes (BORZONE *et al.*, 1997).

Diante das considerações acima, o objetivo principal deste capítulo foi realizar uma revisão do conhecimento sobre a bioecologia de *Mellita quinquiesperforata* considerando ter esta espécie uma ampla distribuição, sujeita a condições variáveis das praias arenosas, contribuindo para aumentar a compreensão do funcionamento e estruturação destes ambientes.

Metodologia

Esta revisão considerou os trabalhos publicados sobre aspectos bioecológicos da espécie *M. quinquiesperforata* após a classificação taxonômica revisada e proposta por Harold e Telford em 1990. Antes da revisão do gênero por esses autores, alguns trabalhos que foram realizados com a espécie, referiam-se na verdade, às espécies *Mellita tenuis* Clark, 1940 e *Mellita isometra* Harold e Telford, 1990.

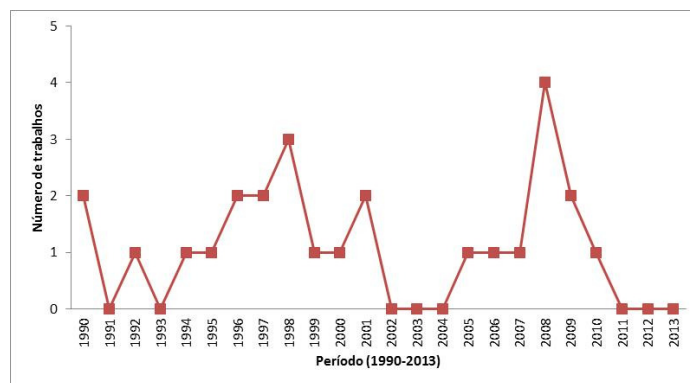
As informações contidas em algumas teses, dissertações ou resumos de eventos (“literatura cinza”) foram também utilizadas. Assim, nesta revisão de literatura, foram consideradas as informações publicadas sobre a bioecologia da espécie de 1990 até dezembro de 2013.

Resultados

Análise dos artigos já publicados sobre *Mellita quinquesperforata*

Foram encontrados 25 trabalhos que discutem aspectos bioecológicos de *M. quinquesperforata*, considerando a classificação da espécie segundo a revisão taxonômica realizada por Harold e Telford (1990) (Tab.1). Antes deste estudo, os trabalhos no Brasil, referiam-se apenas a registros de ocorrência e alguns dados de distribuição. A partir da segunda metade da década de 1990, houve um aumento no número de estudos sobre a espécie, observando-se um pico em 2008, com uma queda depois deste período (Fig.1).

Figura 1: Evolução do número de estudos sobre *M.quinquesperforata*, desde a década de 1990 até 2013.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os trabalhos encontrados foram classificados de acordo com o tema de estudo e concentraram-se em analisar, principalmente, em ordem decrescente de quantidade de estudos, a ocorrência/distribuição de *M. quinquesperforata*; aspectos de dinâmica populacional; ecologia; aspectos ligados à reprodução e taxonomia (Fig. 2A). O Brasil destaca-se como o país que mais estudou a espécie com 96% dos trabalhos, e destes, 44% foram realizados no Estado do Paraná e 20% no Ceará (Fig. 2B). Vale ressaltar que internacionalmente apenas 2 estudos foram realizados, considerando a revisão do gênero por Harold e Telford (1990), e na Venezuela por Penchaszadeh e Molinet (1994).

As publicações foram, em sua maioria, em periódicos brasileiros (48%); destacando-se ainda, que existem estudos que não foram publicados em periódicos, estando como forma de trabalhos de conclusão de cursos de graduação e pós-graduação, ou ainda tendo sido publicados em resumos de eventos (Tab.1). Os estudos realizados e publicados com a espécie

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

M. quinquesperforata foram sumarizados na Tabela 1. A partir do exposto, os principais aspectos estudados foram revisados e sumarizados.

Figura 2: Distribuição dos estudos sobre *M. quinquesperforata* com os percentuais por categorias e locais onde foram realizados.



Legenda: (A)- percentuais de estudos, divididos em categorias, realizados com *M. quinquesperforata*. (B)- Locais onde foram realizados os estudos com *M. quinquesperforata*. Fonte: Elaborado pela autora.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Tabela 1: Principais estudos realizados com *M. quinquesperforata* após a revisão do gênero por Harold e Telford (1990).

Autor (es)	Local de estudo	Aspecto estudado	Periódico de publicação
Harold & Telford (1990)	Costa Leste Atlântica	revisão taxonômica do gênero	Journal of Natural History
Borzone & Gianuca (1990)	Brasil, Paraná	zonação da macrofauna (ocorrência e distribuição)	Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira
Borzone (1992)	Brasil, Rio Grande do Sul	distribuição, crescimento	Nerítica
Penchaszadeh & Molinet (1994)	Venezuela	dinâmica populacional, crescimento	Proceedings 8th International Conference of Echinoderms
Souza & Gianuca (1995)	Brasil, Paraná	zonação da macrofauna (ocorrência e distribuição)	Scientia Marina
Borzone <i>et al.</i> (1996)	Brasil, Paraná	zonação da macrofauna (ocorrência e distribuição)	Rev. Chilena de História Natural
Tavares (1996)	Brasil, Paraná	ecologia; aspectos da dinâmica populacional	Dissertação (Universidade Federal do Paraná)
Borzone <i>et al.</i> (1997)	Brasil, Paraná	descrição do divertículo de areia; alimentação	Iheringia Serie Zoologia
Veloso <i>et al.</i> (1997)	Brasil, Rio de Janeiro	adaptações da macrofauna / distribuição	Oecologia Brasiliensis
Borzone <i>et al.</i> (1998)	Brasil, Paraná	influência da morfodinâmica na distribuição	Proceedings 9th International Conference of Echinoderms
Souza (1998)	Brasil, Paraná	aspectos da dinâmica populacional; produção secundária	Dissertação (Universidade Federal do Paraná)
Tavares & Borzone (1998)	Brasil, Paraná	dinâmica populacional	Proceedings 9th International Conference of Echinoderms
Borzone (1999)	Brasil, Paraná, Rio Grande do Sul	influência sobre a estrutura das comunidades bentônicas	Proceedings 5th European Conference of Echinoderms
Matos <i>et al.</i> (2000)	Brasil, Pará	estrutura fina do espermatozoide	Revista Brasileira de Zoologia
Rocha-Barreira <i>et al.</i> (2001)	Brasil, Ceará	macrofauna bentônica/ distribuição/ocorrência	Arquivos de Ciências do Mar
Matthews-Cascon & Pequeno (2001)	Brasil, Ceará	predação sobre <i>M. quinquesperforata</i>	Arquivos de Ciências do Mar
Rocha-Barreira (2005)	Brasil, Ceará	ocorrência/ distribuição no litoral cearense	Relatório Técnico- SEMACE/FCPC/LABOMAR-UFC
Tavares & Borzone (2006)	Brasil, Paraná	ciclo reprodutivo em diferentes regimes morfodinâmicos	Revista Brasileira de Zoologia
Dias & Rocha-Barreira (2007)	Brasil, Ceará	histomorfologia da gônada feminina	Resumo expandido - Encontro de Zoologia do Nordeste
Dias (2008)	Brasil, Ceará	ciclo reprodutivo, crescimento e dinâmica populacional	Dissertação (Universidade Federal do Ceará)
Gondim <i>et al.</i> (2008)	Brasil, Paraíba	ocorrência/distribuição	Biota Neotrópica
Laitano <i>et al.</i> (2008)	Brasil, Santa Catarina	viabilidade do uso da espécie como organismo teste	Jornal da Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia
Melo <i>et al.</i> (2008)	Brasil, Rio Grande do Norte	ocorrência e distribuição	Publica
Corbani (2009)	Brasil, Paraná	variações biométricas em diferentes morfodinâmica	Monografia (Facul.Estadual de Filosofia, Ciências e Letras de Paranaguá)
Lima & Fernandes (2009)	Brasil, Pernambuco	ocorrência/ distribuição	Zoociências
Xavier (2010)	Brasil, Santa Catarina	ocorrência/ distribuição	Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Ocorrência e Distribuição de *Mellita quinquesperforata*

A última revisão sistemática do gênero *Mellita*, realizada por Harold e Telford (1990), reconheceu sete espécies, das quais três possuem distribuição na costa Atlântica: *Mellita isometra* Harold e Telford (1990), que ocorre no leste do Atlântico Norte, de Nantucket até a Flórida; *Mellita tenuis* Clark (1940) a leste do Golfo do México, do sudeste da Flórida ao oeste da Louisiana e *Mellita quinquesperforata* Leske (1778) com ocorrência ao longo da costa leste tropical e subtropical do continente americano, do delta do Mississipi, América Central até o sul do Brasil.

A presença da espécie na costa brasileira foi registrada por Rathbun (1879), Tommasi (1957, 1964, 1966, 1971) e ainda por Lima-Verde (1969), com informações básicas sobre sua ocorrência, estabelecendo o limite de distribuição (sul do estado do Rio Grande do Sul). Há, ainda, outros registros da ocorrência e distribuição de *M. quinquesperforata* na costa brasileira (VELOSO; CARDOSO; FONSECA, 1997; ROCHA-BARREIRA *et al.*, 2001; MARTINS; MARTINS, 2006; GONDIM *et al.*, 2008; MELO *et al.*, 2008; LIMA; FERNANDES, 2009; XAVIER, 2010), com estudos preliminares das comunidades bentônicas em praias expostas do sul do Brasil, revelando grandes abundâncias e clara zonação da espécie (BORZONE; GIANUCA, 1990; SOUZA; GIANUCA, 1995).

Harold e Telford (1990) descreveram a ocorrência de *M. quinquesperforata* em profundidades de 1 a 3m, próximo a zona de quebra das ondas. No Brasil, a espécie habita a zona do infralitoral onde forma contínuos bancos paralelos a linha de costa (BORZONE; GIANUCA, 1990; BORZONE *et al.*, 1998). O limite interno de distribuição da espécie parece estar ligado ao aumento de partículas finas de sedimento com o aumento da profundidade, correlacionado com uma diminuição da interação onda-sedimento, que indica o limite entre as áreas *nearshore* e *offshore* (BORZONE *et al.*, 1998).

A influência da morfodinâmica na distribuição e abundância de *M. quinquesperforata* foi estudada em 13 praias da costa Paranaense (BORZONE *et al.*, 1998). Em praias dissipativas, com uma ampla zona de surfe e maior energia das ondas atuantes, os bancos de *M. quinquesperforata* se estendem por mais de 2000m *offshore* (BORZONE, 1992/1993). A densidade de adultos atingiu valores de 700 indivíduos/m² nestas praias; já em praias refletivas formam-se bancos estreitos, e em praias intermediárias, com uma barra bem definida, há uma distribuição delimitada, com adultos ocorrendo a partir da barra (BORZONE *et al.*, 1998). Observou-se uma alta correlação entre os índices morfodinâmicos, especialmente o *surf scaling* (parâmetro escalar da arrebentação, proposto por WRIGHT *et*

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

al., 1985) e a densidade dos organismos; e uma correlação negativa do tamanho médio do grão e a ocorrência de adultos, e a máxima densidade da espécie (BORZONE *et al.*, 1998).

Além da influência da morfodinâmica sobre a densidade dos indivíduos, Tavares e Borzone (1998) observaram uma segregação entre adultos e recrutas nas praias refletivas do Paraná e usaram uma hipótese de segregação para explicar a falha no recrutamento durante o seu estudo. Assim, em uma praia refletiva, uma estreita zona é ocupada pelos indivíduos; este seria o ambiente sustentável para o recrutamento, mas os adultos ocupam todo o espaço, produzindo a exclusão dos recrutas. No estudo realizado na praia da Taíba, no Ceará, uma separação espacial entre jovens e adultos também foi observada, estando os adultos mais próximos à linha d'água (linha do varrido), enquanto os juvenis na zona mais interna do infralitoral, provavelmente relacionado a diminuição da ação das ondas. Somente durante o evento do recrutamento não foi verificada tal separação (DIAS, 2008).

Adaptações morfológicas de *Mellita quinquesperforata*

M. quinquesperforata possui hábito escavador superficial, estando sujeita a um alto hidrodinamismo em função de correntes de marés e turbulência gerada pelas ondas no local onde habita (BORZONE *et al.*, 1997). A morfologia corporal apresenta particularidades que têm sido consideradas adaptações hidrodinâmicas vantajosas na exploração destes ambientes como o divertículo de areia e as lúnulas.

Divertículo de areia

Em formas juvenis de *M. quinquesperforata*, foram descritas projeções saculiformes do intestino, onde existem acumulações de areia (BORZONE *et al.*, 1997). Esta adaptação, chamada de divertículo de areia ou divertículo de Gregory, é utilizada para explorar um habitat com alto hidrodinamismo, contribuindo para um aumento da densidade corpórea dos indivíduos, ajudando na sua permanência junto ao fundo (CHEN; CHEN, 1994).

A formação de um divertículo intestinal para o acúmulo de areia parece ser uma estratégia relativamente frequente nos Clypeasteroidea. Segundo Chia (1984), a seleção das partículas é feita pelos pódios bucais, os quais conseguiriam discriminar o próprio peso do grão e, provavelmente, a composição da microflora aderida à superfície dos mesmos. O tipo de sedimento seria, portanto, um fator limitante na distribuição da espécie, já que os recrutas e juvenis teriam um requerimento por grãos pesados e de pequeno tamanho. O acúmulo de areia teria uma importância fundamental na sobrevivência de recrutas e juvenis nos ambientes com alto hidrodinamismo em organismos nos quais as lúnulas não estão desenvolvidas. A retenção

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

temporária dos grãos de areia no divertículo teria sido selecionada favoravelmente pelo fato dela aumentar a densidade de organismo e contribuir na sobrevivência de recrutas e juvenis nos ambientes de alto hidrodinamismo. Os resultados obtidos por Borzone *et al.*, (1997) mostram que *M. quinquiesperforata* seleciona o tipo de grão que ingere, confirmado pela análise granulométrica diferente entre o material do divertículo e do ambiente, preferindo grãos entre 2 e 3 ϕ , e minerais pesados, como o óxido de ferro.

Lúnulas

Especulações sobre a função das lúnulas para o gênero *Mellita* são bem antigas (BERRIL; BERRIL, 1957; HYMAN, 1958; WEIHE; GRAY, 1968; BELL; FREY, 1969; GHIOLD, 1979; ALEXANDER; GHIOLD, 1980). Experimentos de Alexander e Ghiold (1980) demonstraram que as lúnulas em *M. isometra* funcionam para a coleta de alimentos, sugerindo que elas atuam como um local para a passagem das partículas de alimentos da superfície aboral à superfície oral (inferior); o fluxo da água através das lúnulas levaria as partículas de alimento retiradas da areia que fica sobre o animal (enterrado) até a região oral. Os experimentos de campo envolvendo animais com lúnulas fechadas (obliteradas) mostraram que estes não podiam se alimentar como indivíduos normais, com base na análise do conteúdo estomacal. Ainda segundo Alexander e Ghiold (1980), as lúnulas podem representar uma modificação evolucionária das árvores alimentares; o número parece ter um aumento com o decréscimo da latitude; correlação que pode estar ligada a uma adaptação a águas menos produtivas, com reduzido recurso alimentar. As lúnulas teriam a função ainda de diminuir a força de pressão negativa gerada quando uma corrente de água atua na superfície dorsal (côncava) do corpo (TELFORD, 1981). A presença de cinco lúnulas aumentaria a velocidade crítica, a partir da qual o organismo seria “desprendido” do substrato, conferindo-lhe uma maior estabilidade (TELFORD, 1983).

Todas as considerações foram feitas com outras espécies do gênero *Mellita*, mas provavelmente as mesmas funções são realizadas pelas lúnulas de *M. quinquiesperforata*. Corbani (2010) sugeriu para *M. quinquiesperforata* que em animais com menor largura corporal, o aumento da largura da lúnula anal serviria como uma adaptação compensatória a fim de minimizar as forças de soerguimento e retirada do animal da zona de arrebentação, confirmando, portanto, a função das lúnulas para aumentar a estabilidade do animal.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praiar na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Alimentação

Os trabalhos sobre alimentação foram realizados com as espécies *M. isometra* e *M. tenuis* e têm sido motivo de dúvidas e controvérsias (MOSS; LAWRENCE, 1972; LANE; LAWRENCE, 1980; FINDLAY; WHITE, 1983). Borzone *et al.*, (1997) mostraram que uma ingestão ativa de grãos de areia com diâmetros entre 0,125 e 0,250mm ocorre em *M. quinquiesperforata* nos menores comprimentos, correspondentes a jovens recrutas. Pelo menos nas primeiras fases de vida bentônica, *M. quinquiesperforata* se alimentaria das partículas aderidas aos grãos de areia ingeridos, como sugerido por Telford, Mooi e Ellers (1985) para *M. isometra*. Esses autores sugeriram uma alimentação seletiva, em que um complexo sistema podial teria função, na face oral do indivíduo de capturar diatomáceas e grãos de areia recobertos de nutrientes. A lanterna de Aristóteles seria fundamental na trituração das partículas, facilitando a digestão das diatomáceas e outros organismos aderidos ao sedimento. A presença, apenas ocasional, de grãos de areia no trato digestivo dos indivíduos adultos sugere a existência de um aprimoramento no trabalho de seletividade do sistema podial, que junto ao total desenvolvimento da lanterna de Aristóteles, asseguraria no adulto uma eficiente captura e trituração de diatomáceas e outras partículas com um alto valor energético.

Reprodução

Um pequeno número de trabalhos apresenta os processos de reprodução desta espécie, como o de Tavares e Borzone (2006), sob regimes morfodinâmicos diferentes, e mais recentemente o de Dias (2008). Os indivíduos possuem 4 gônadas radiais, ligadas à superfície aboral por uma fina membrana, com gônadas femininas de coloração lilás, e gônadas masculinas na cor creme até castanho (MATOS *et al.*, 2000; DIAS; ROCHA-BARREIRA, 2007). Cada gônada apresenta um ducto central, gonoduto, que se dirige para um gonóporo (poros para a eliminação dos gametas). O gonoduto apresenta ramificações até formar os folículos, mais arredondados e individualizados nas fêmeas, e alongados e interligados nos machos. As células germinativas femininas foram identificadas como oogônias, ovócitos pré-vitelogênicos, vitelogênicos e maduros (TAVARES; BORZONE, 2006; DIAS; ROCHA-BARREIRA, 2007) e os tipos celulares masculinos foram identificados como espermatogônias, espermatócitos, espermátides e espermatozoides. As fases do ciclo gametogênico para machos e fêmeas foram identificados como proliferação ou crescimento, pré-maturação, maturação máxima, eliminação (desova, para fêmeas, ou emissão, para machos) e repouso (TAVARES; BORZONE, 2006; DIAS, 2008). Matos *et al.*, (2000)

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

estudaram a ultraestrutura do espermatozoide de *M. quinquiesperforata* coletada no Pará, Norte do Brasil. Os espermatozoides são constituídos de um complexo acrossômico, um núcleo, peça intermediária com 4-6 mitocôndrias, um par de centríolos e um flagelo.

Tavares e Borzone (2006) observaram que as estratégias de alocação de recursos no ciclo reprodutivo de *M. quinquiesperforata* foram diferentes de acordo com os tipos morfodinâmicos em duas praias do Paraná. Além da extensão do período de reserva energética, a época de eliminação de gametas também apresentou variações entre as duas populações. Ambas as populações exibiram um período de estocagem durante outono/inverno, embora na praia de Atami (dissipativa), indivíduos maduros foram encontrados em poucos meses e uma grande estocagem de nutrientes tenha sido mais extensa. Por outro lado, a população de Pontal do Sul (refletiva) mostrou gametas maduros viáveis durante quase todo ano, sendo que o processo de acumulação de nutrientes ocorreu em poucos indivíduos e durante poucos meses do inverno.

Os resultados de Tavares e Borzone (2006) revelaram que o grande período de estocagem desenvolvido pela população de *M. quinquiesperforata*, deveu-se ao estado morfodinâmico dissipativo/intermediário, que está associado a uma forte ação das ondas durante o inverno, quando maior energia foi dedicada à manutenção. Na praia refletiva, este período foi reduzido e recursos puderam ser empregados para a reprodução por um período mais longo. Estes autores observaram ainda que durante o inverno, a população exposta às condições de maior agitação da água desenvolveu como resposta uma fase mais extensa de repouso da atividade reprodutiva do que a encontrada nos indivíduos da praia com menor hidrodinamismo.

O grande período de alocação de recursos e a descontinuidade do ciclo reprodutivo na praia da Taíba, no litoral do Ceará, expressaram uma adaptação às condições ambientais as quais a espécie estava submetida, inclusive ao estado morfodinâmico praial intermediário. A alocação de nutrientes esteve relacionada à manutenção da espécie na zona de surfe e ao investimento no tamanho do gameta feminino (DIAS, 2008).

Considerando as características de ocorrência da espécie e a forma de reprodução destes indivíduos, Laitano *et al.*, (2008) avaliaram a utilização de *M. quinquiesperforata* em testes de toxicidade de curta duração. Para isto foi aplicado o protocolo da Norma Técnica da CETESB destinada ao ouriço regular *Lytechinus variegatus*, utilizando embriões e larvas expostos a sulfato de zinco, dicromato de potássio, sulfato de cobre e dodecil sulfato de sódio (DSS), por um período de 24 horas. O protocolo proposto mostrou-se adequado para aplicação com *M. quinquiesperforata*, sendo necessárias algumas modificações quanto às

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

exigências de validação em decorrência de uma menor produção de óvulos, baixa taxa de fecundação e maior percentual de efeito observado nos frascos-controle. *M. quinquesperforata* apresenta sensibilidade similar às espécies protocoladas pela NBR/ABNT, demonstrando potencial como organismo teste na indisponibilidade das espécies exigidas pelos órgãos ambientais. A sensibilidade de *M. quinquesperforata* é comparável com a de outras espécies de ouriços regulares protocolados no Brasil (LAITANO *et al.*, 2008).

Interações ecológicas

É reconhecida a importância do gênero *Mellita* como agente modificador das propriedades texturais do sedimento, principalmente na atividade de bioturbação da meiofauna. Devido a sua capacidade de escavar o sedimento, estes equinóides influenciam a atividade microbiana pela alteração do tamanho dos detritos, homogeneização e ressuspensão dos sedimentos, pela regeneração de nutrientes minerais, aumento da camada de atividade oxidação-redução e redução da zona anaeróbica do sedimento. Como consequência, eleva-se a biomassa microbiana e altera-se a estrutura das comunidades de eucariontes (WHITE; FINDLAY; FAZIO, 1980; FINDLAY; WHITE, 1983; REIDENAUER, 1989).

A influência de *M. quinquesperforata* sobre a estrutura das comunidades bentônicas de praias arenosas foi estudada por Borzone (1999). Os dados foram coletados em uma praia ultradissipativa (São José do Norte, Rio Grande do Sul), em uma praia com características dissipativas a intermediárias (Atami, litoral do Paraná) e outra refletiva (Mansa, Paraná). A coleta da macrofauna foi realizada antes do banco de *M. quinquesperforata*, dentro do banco e imediatamente após o mesmo; os valores de abundância de adultos e recrutas e juvenis de *M. quinquesperforata* também foram observados. Os resultados mostraram uma segregação temporal e espacial entre adultos e recrutas de *M. quinquesperforata*, sendo que o recrutamento ocorre na área “desocupada” pelos adultos que migram para regiões mais profundas durante o inverno. A composição da macrofauna variou entre as praias; não ocorreram espécies exclusivamente dentro dos bancos com *M. quinquesperforata*, mas muitas espécies começaram a ocorrer dentro deles e se estenderam *offshore*.

Borzone (1999) observou que adultos de *M. quinquesperforata* ocupam extensivamente o espaço subtidal com duas importantes consequências: exclusão de recrutas e juvenis da mesma espécie e manutenção de outras espécies da macrofauna em baixas densidades. Imediatamente após o banco de *M. quinquesperforata* muitas espécies encontram lugar e atingem altas densidades. O repetido enterramento e inclinação da espécie altera o sedimento e espécies tubícolas encontram dificuldades em coexistir nos bancos com *M.*

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

quinquiesperforata. Smith (1981) sugere que os tubícolas podem limitar a distribuição de bolachas-da-praia por ingerirem sua larva e por outro lado, *M. quinquiesperforata* pode restringir a distribuição dos tubícolas por desorganizar mecanicamente o sedimento.

As variações temporais e espaciais nos bancos de adultos de *M. quinquiesperforata* influenciam fortemente a estrutura da comunidade bentônica, particularmente devido a competição por espaço (BORZONE, 1999). Borzone (1999) também sugere que as praias contêm uma zonação altamente estruturada e dominada por *M. quinquiesperforata*, que dinamicamente modula sua população através de interações com o ambiente físico e com outros organismos.

Sobre relações desarmônicas, foi realizado um estudo em Redonda, no Ceará sobre a predação do molusco *Cassis tuberosa* sobre *M. quinquiesperforata*, sob condições de laboratório. Os orifícios causados pela predação mediam de 4 a 5 mm de diâmetro e tinham marcas da rádula em suas bordas. Foi encontrada, em cada presa, uma mancha escura ao redor do orifício causado pela predação, provavelmente devido à reação do ácido sulfúrico do predador ao carbonato de cálcio da carapaça da presa. Não foi observada estatisticamente preferência na predação entre o lado aboral e o oral da presa, mas a maioria da predação ocorreu na superfície oral próxima da boca. O mecanismo de defesa da presa observado foi baseado em estratégias comportamentais, tais como fuga e agregação em forma de “pilha” de indivíduos (MATTHEWS-CASCON; PEQUENO, 2001).

Crescimento e dinâmica populacional

O crescimento de *M. quinquiesperforata* foi estudado por alguns autores (BORZONE, 1992/1993; PENCHASZADEH; MOLINET, 1994; TAVARES, 1996; SOUZA, 1998; DIAS, 2008). Foram encontradas diferentes taxas de crescimento, o que pode ser reflexo de diferenças na metodologia de obtenção destas taxas, além dos diferentes habitats ocupados pela espécie. Um baixo valor de crescimento pode ser justificado através de diferenças na alocação de energia; uma população que vive condicionada a um regime ambiental com alta dissipação de energia, realiza uma maior alocação de recursos para sua própria manutenção e menor para o crescimento e a reprodução (BORZONE, 1992/1993). Já em praias com características intermediárias, ou ainda protegidas, os animais dispenderiam menos energia para a manutenção e mais para as demais atividades fisiológicas (PENCHASZADEH; MOLINET, 1994; DIAS, 2008). A diminuição do crescimento de *M. quinquiesperforata*, verificado por Dias (2008), ocorreu devido a reserva de nutrientes realizada pelas fêmeas,

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

com um acúmulo de nutrientes como forma de investimento energético para a produção dos gametas.

Em relação ao recrutamento, existem dados anuais (TAVARES, 1996; DIAS, 2008), ainda que variáveis, com aparecimento de coortes no início e final da primavera, entre outono e inverno (BORZONE, 1992/1993), no final do inverno ao verão (TAVARES; BORZONE, 1998), ou ainda constante durante todo o ano (PENCHASZADEH; MOLINET, 1994). A ausência de recrutamento não parece ser um fato tão incomum, mostrando que o sucesso reprodutivo não é igual todo ano (TAVARES, 1996). Segundo Borzone (1999) e Tavares e Borzone (2006), as dificuldades encontradas pelos juvenis e recrutas em praias com estreita faixa de distribuição, segundo a hipótese de exclusão ou ainda de segregação, provavelmente devem comprometer o recrutamento. Penchaszadeh e Molinet (1994) evidenciaram alta mortalidade de *M. quinquiesperforata* relacionada com insucessos do recrutamento. Altas taxas de mortalidade parecem ser uma constância em populações de *M. quinquiesperforata* independentemente das condições ambientais de maior ou menor grau de hidrodinamismo. A longevidade estimada para *M. quinquiesperforata* é de 2,82 a 3,42 anos, estimada por Penchaszadeh e Molinet (1994) e Dias (2008).

Discussão

Segundo relatório do Pronabio (1999) sobre a avaliação e ações prioritárias para a conservação das áreas costeiras no Brasil, estas são regiões de transição ecológica que desempenham uma importante função de ligação e trocas genéticas entre os ecossistemas terrestres e marinhos, fato que as classificam como ambientes complexos, diversificados e de extrema importância para a sustentação da vida no mar. A concentração de nutrientes e outras condições ambientais favoráveis, como os gradientes térmicos e salinidade variável e, ainda, as excepcionais condições de abrigo e suporte à reprodução e à alimentação inicial da maioria das espécies que habitam os oceanos, transformaram os ambientes costeiros num dos principais focos de atenção no que diz respeito à conservação ambiental e manutenção de sua biodiversidade. Nestes ambientes de praias, apesar da fauna residente estar bem adaptada e, por isso, responder rapidamente às variações ambientais, o hábito críptico e, por vezes, as flutuações naturais na densidade e distribuição das populações, podem dificultar seu uso em pesquisas sobre o funcionamento praias.

Com base nas informações revisadas, a presença/ocorrência de *M. quinquiesperforata* pode dar indicações do tipo e tamanho do grão que compõe o sedimento, por que sua

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

distribuição parece ser de regulada por este fator. É provável que o tamanho do divertículo de areia, o tipo e tamanho do material armazenado e o tempo de permanência do divertículo na estrutura corporal dos equinoides estejam também relacionados à morfodinâmica da praia. No entanto, não existem estudos que comprovem esta hipótese. As lúnulas de *M. quinquiesperforata* certamente contribuem para aumentar sua estabilidade e devem ser estudadas a fim de estabelecer uma relação entre seu tamanho, a morfometria do corpo e a morfodinâmica praial. Seguindo a ideia de que variações na morfodinâmica trariam mudanças na forma do corpo, as lúnulas podem estar relacionadas ao tipo de praia, e talvez especificamente à ação das ondas, como sugerido por Telford (1983) e Corbani (2010).

M. quinquiesperforata é um organismo simples, é relativamente barato fazer sua coleta, é facilmente medida, e suas medidas corporais produzem informação que parece ser cientificamente relevante. Além disso, a reprodução simples e a sensibilidade a poluentes também fazem desta espécie um organismo teste para ecotoxicologia, aspectos estes que podem selecioná-la para auxiliar na compreensão do funcionamento das praias arenosas.

No entanto, depois de reunir os principais estudos já realizados com *M. quinquiesperforata* percebe-se que são necessários ainda muitos outros a fim de gerar conhecimento básico sobre a sua biologia e sobre a estrutura e função do ecossistema em que está adaptada. Faltam estudos sobre a morfometria, influência de fatores físicos em toda sua distribuição, e importância ou influência da espécie sobre a estruturação da macrofauna bentônica, sob diversas condições ambientais. Apesar da espécie estar estabelecida em uma área de interface continente-oceano, onde estão estabelecidas milhares de pessoas, e principalmente, onde se verificam diversos impactos, não há estudos que relacionem a capacidade da espécie de responder ao estresse local provocado por atividades humanas, nem que tenha testado suas respostas aos distúrbios, estresses antropogênicos e mudanças ao longo do tempo.

Conclusões

- São necessários estudos sobre morfometria, reprodução, crescimento e respostas a impactos antropogênicos nas populações de *M. quinquiesperforata* distribuídas ao longo da costa Atlântica, na tentativa de estabelecer padrões de respostas da espécie em relação aos diferentes aspectos ambientais.

Capítulo 2: Morfodinâmica do litoral do Estado do Ceará no instante da observação: uma caracterização submetida a diferentes modelos.

Introdução

As praias arenosas são ecossistemas dinâmicos que consistem de depósitos de sedimentos, continuamente retrabalhados, nos quais a estrutura física pode ser definida pelo clima da onda, o tamanho dos grãos que compõem o sedimento, e o regime das marés (SHORT; WRIGHT, 1983; McLACHLAN; DORVLO, 2005).

Morfologicamente, a praia é subdividida em três zonas: zona de supramaré-compreende a porção superior do espriamento da onda até o limite topográfico da praia em direção ao continente (dunas costeiras), ocorrendo ou não berma(s) e areias retrabalhadas pelo vento; zona de intermaré-face propriamente dita da praia, que ocorre entre os níveis de maré alta e baixa de sizígia; e zona de inframaré-representa a área inferior do perfil praial e ocorre abaixo da linha de maré baixa de sizígia, estendendo-se em direção ao mar (WRIGHT *et al.*, 1982). Em relação aos processos hidrodinâmicos, as praias arenosas podem ser divididas em zona de arrebentação, zona de surfe e zona de espriamento (WRIGHT *et al.*, 1982). A primeira é a porção do perfil praial caracterizada pela quebra da onda, e a zona de surfe corresponde à área em que ocorre dissipação energética das ondas sobre a praia. Já a zona de espriamento pode ser identificada como sendo a região delimitada entre a máxima e a mínima excursão dos vagalhões sobre a face praial (WRIGHT *et al.*, 1982; CALLIARI *et al.*, 2003).

Os processos responsáveis pelo comportamento das praias começam a atuar na base da antepraia, que dependendo do clima de ondas, se estende a profundidades de uma a duas dezenas de metros e tem a praia como limite mais interno. As modificações na praia são, em parte, causadas pela troca bidirecional de sedimentos entre a área da antepraia e praia, através da zona de arrebentação. O regime da zona de arrebentação, por sua vez, depende do clima de ondas de águas profundas e do grau de modificação que as mesmas sofrem (diminuição ou aumento) antes de atingir o ponto de quebra (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009).

No estudo da morfodinâmica praial, integram-se observações morfológicas e dinâmicas na descrição da praia e da zona de arrebentação. Segundo Wright e Short (1984), os movimentos da água, sejam através da interação das ondas incidentes ou marés, exercem atrito sobre os sedimentos móveis da praia, causando gradientes espaciais e temporais em seu transporte. São estes gradientes que ocasionam mudanças na morfologia, as quais, por sua vez, induzem modificações no padrão hidrodinâmico atuante (CALLIARI *et al.*, 2003;

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

ALBUQUERQUE *et al.*, 2009). Destaca-se, que as modificações são controladas pela geologia e pela configuração da costa, além de dependentes do tipo e da disponibilidade do material que compõe a praia (WRIGHT; SHORT, 1984; CALLIARI *et al.*, 2003). À medida que a hidrodinâmica produz determinadas morfologias, as mesmas induzem mudanças no padrão hidrodinâmico atuante, ou seja, morfologia e hidrodinâmica evoluem conjuntamente (CALLIARI *et al.*, 2003).

Apesar de apresentarem características comuns, existe uma grande variação dos aspectos físicos entre praias, que nem sempre são distinguidos pelos pesquisadores (BORZONE *et al.*, 1998). Por décadas, diferentes modelos conceituais de praias têm sido propostos e aplicados, entre os quais se destacam os modelos de geomorfologia costeira das escolas americana (DAVIS; FOX, 1972; SONU, 1973; FOX; DAVIS, 1974; OWENS, 1977) e australiana (WRIGTH; SHORT, 1984; SHORT, 1991). Para caracterizar a morfodinâmica praial de diferentes latitudes e com diferentes variações de regimes de marés, vários índices foram testados e são utilizados, como o parâmetro adimensional de Dean (Ω) (WRIGTH; SHORT, 1984; SHORT, 1996), o parâmetro de variação relativa da maré (RTR) (MASSELINK; SHORT, 1993), o Índice do Estado Praial (BSI) (SHORT, 1996), o Índice do Depósito Praial (BDI), o Índice da Praia (BI) e Área (McLACHLAN; DORVLO, 2005).

No Brasil, os estudos sobre a morfodinâmica das praias começaram enfatizando a classificação proposta por Wright e Short (1984), implementados pioneiramente por Calliari e Klein (1993), e por Toldo *et al.* (1993), na costa do Rio Grande do Sul. A partir desses estudos, diversos pesquisadores adotaram a mesma metodologia para caracterizar outras praias do litoral brasileiro, como na costa de Santa Catarina (HOEFEL; KLEIN, 1998; KLEIN *et al.*, 2003; BERRIBILI; KLEIN; STRAUSS, 2007). No Rio de Janeiro, Muehe (1998) buscou a criação de um novo parâmetro para obter um melhor ajuste da equação proposta por Wright e Short (1984) às diferentes condições hidrodinâmicas encontradas, relacionando as características das ondas na zona de surfe e na face de praia, com a declividade. Os índices de Dean (Ω) e RTR para caracterizar os estágios morfodinâmicos foram utilizados no Paraná (ROSA; BORZONE, 2008), Bahia (CARVALHO, 2002); região Norte (ALVES; EL-ROBRINI, 2004) e no Ceará (MAIA, 1998; SILVA *et al.*, 2000; MORAIS; PINHEIRO; SILVA, 2001; BRANCO *et al.*, 2005; MOURA, 2009; ROCHA-BARREIRA *et al.*, 2005; ALBUQUERQUE *et al.*, 2009; DIAS; ROCHA-BARREIRA, 2011).

O objetivo principal deste capítulo foi o de caracterizar aspectos da morfodinâmica de 13 praias do litoral do Estado do Ceará, localizadas na porção leste, oeste e central da costa, utilizando diferentes classificações morfodinâmicas, propostas por Wright e Short (1984),

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Masselink e Short (1993) e McLachlan e Dorvlo (2005). Esta caracterização também buscou comparar estes diferentes modelos, discutindo sua viabilidade para a classificação das praias do litoral cearense. A principal hipótese deste trabalho é que as praias do litoral cearense apresentam diferentes aspectos morfodinâmicos e que os modelos de classificação disponíveis são suficientes para caracterizar as praias do litoral do Ceará.

Metodologia

Área de estudo

O litoral do Estado do Ceará possui aproximadamente 570 km de extensão, com uma plataforma continental estreita e de natureza arenosa. É caracterizado por grandes extensões de praias arenosas e planícies de acumulação de sedimentos (MATTHEWS-CASCON; LOTUFO, 2006).

A faixa litorânea é caracterizada por uma morfologia bem diferenciada entre a parte Leste e Oeste, onde o divisor geográfico é a cidade de Fortaleza (BENSI; MARINHO; MAIA, 2005). A parte leste do Ceará apresenta uma costa mais rochosa caracterizada por um extenso tabuleiro costeiro que chega até a linha de costa com falésias e paleofalésias (BENSI; MARINHO; MAIA, 2005). Há um aporte de sedimentos argilo-arenosos da erosão marinha e pluvial das falésias, água doce dos exutórios no ambiente praial, associados à intensa mobilidade do perfil e plataformas de abrasão. No extremo leste do estado, as falésias formadas em rochas da Bacia Potiguar conferem um grau de resistência e menor interação na transferência de material para a faixa de praia e do espraiamento (PINHEIRO; MORAIS; PITOMBEIRA, 2003). O litoral oeste apresenta uma planície rasa, extensa e caracterizada pela presença de dunas móveis, ilhas-barreiras com lagunas e vastas áreas de mangues (BENSI; MARINHO; MAIA, 2005; MORAIS *et al.*, 2006). A diferença na formação do litoral contribui para a produção dos sedimentos que estão disponibilizados ao longo da costa, visto que, na parte leste, os sedimentos devem ser retirados dos tabuleiros formados pelo depósito de sedimentos, o que gera, a partir de processos erosivos, sedimentos mais grossos em relação ao lado oeste. Já as vastas áreas de mangues no oeste disponibilizam grãos menores, mais finos, e também podem influenciar na salinidade local. Além disso, as correntes do sentido leste/oeste promovem a retirada dos sedimentos mais finos, sendo que no oeste o ângulo de incidência das ondas é praticamente reto, concentrando os sedimentos (PINHEIRO; MORAIS; PITOMBEIRA, 2003; BENSI; MARINHO; MAIA, 2005).

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

O litoral central, entre Fortaleza e a praia da Baleia, em Itapipoca, apresenta forte antropização da pós-praia, e pontos com erosão instalada, a exemplo das praias de Iparana, Pacheco, Paracuru, Icarai e Cumbuco. Nele estão localizados complexos portuários, marinas, atividades de transporte e processamento de hidrocarbonetos, além do maior polo industrial do estado, associado ao porto do Pecém. Nestas praias, diversas estruturas de defesas de costa já existem ou estão sendo planejadas, sendo as mais procuradas para as atividades de turismo de massa e lazer; e assim, problemas como contaminação e compactação por pisoteamento podem ser observados (SOUSA *et al.*, 2006; ALBUQUERQUE *et al.*, 2009).

O estado do Ceará encontra-se imerso na contínua circulação atmosférica subequatorial dos ventos alísios, provenientes de uma extensa área oceânica livre de obstáculos, o que lhes confere notável intensidade, constância e baixa-turbulência. Adicionalmente, os gradientes térmicos terra-oceano induzem as brisas marinhas que contribuem para aumentar sua intensidade (SEINFRA, 2001).

Segundo Branco *et al.* (2005), o estado sofre influências da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), região de concentração das correntes de ventos alísios provenientes dos hemisférios norte e sul, responsáveis pela pronunciada sazonalidade dos regimes pluviométricos e de ventos. De acordo com a migração da ZCIT, o clima cearense caracteriza-se por períodos de chuvas intensas e de estiagem.

Entre os meses de agosto a dezembro, período de estiagem na região, quando aumentam a insolação e a velocidade dos ventos, a temperatura do ar tende a aumentar, causando redução da umidade, dando origem a ondas mais altas e de maior poder erosivo. Nos meses de janeiro a junho, em geral, essa condição climática se inverte, com ocorrência de ventos mais amenos e mais suaves e de menor poder erosivo, restaurando a morfologia das praias (MAGALHÃES; MAIA, 2003; BRANCO *et al.*, 2005).

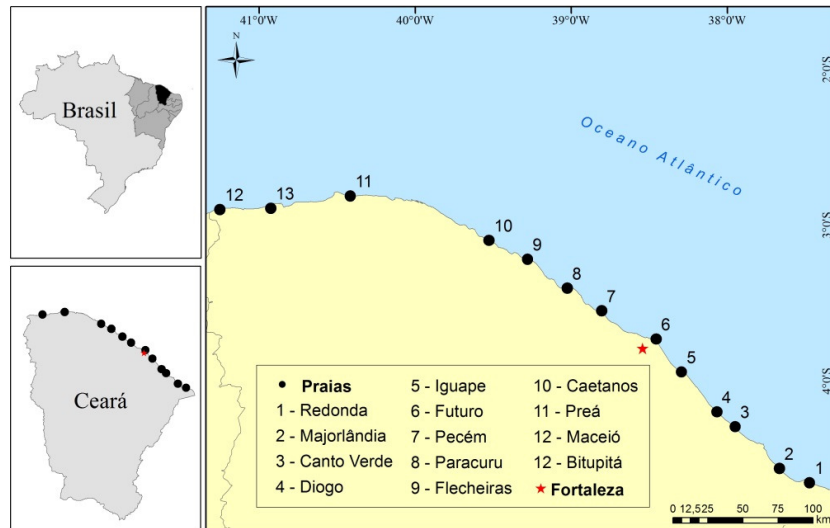
Segundo Freire e Cavalcanti (1998), as correntes longitudinais na plataforma interna cearense apresentam velocidade em torno de 0,27 m/s, sendo responsáveis por parte do transporte sedimentar litorâneo de direção SE-NW. Os processos hidrodinâmicos atuantes na faixa litorânea do estado do Ceará resultam da ação contínua dos ventos alísios, gerando *trens* de ondas oriundos do quadrante NE (45° a 80°), que atingem a linha de costa obliquamente. O regime de maré é definido como do tipo semi-diurno, com duas preamares e duas baixamares, em um dia lunar (24h e 50 min), com amplitude de maré na faixa de 2,0 a 4,0 m, classificada como mesomarés segundo Morais *et al.*, (2006).

Amostragens pontuais foram realizadas nas praias de Redonda, Majorlândia, Prainha do Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Pecém, Paracuru, Flecheiras, Caetanos, Preá, Maceió

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

e Bitupitá, entre agosto de 2010 e abril de 2011, considerando, portanto, partes do litoral leste, oeste e a cidade de Fortaleza (Fig. 3). As coordenadas geográficas, os municípios aos quais pertencem as praias e o período de coleta são apresentados na Tabela 2.

Figura 3: Localização das treze praias estudadas, no litoral do Estado do Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborado por Pedro Henrique Viana Araújo no Software ArcGys. Legenda: Praias de 1 a 5 – litoral Leste; 6 – Fortaleza; 7 a 13 – litoral Oeste.

Tabela 2: Localização das praias estudadas no litoral cearense, apresentando seus municípios, coordenadas e período de coleta. Agosto de 2010 a abril de 2011.

Praias	Município	Coordenadas	Período/Estação de coleta
Redonda	Icapuí	4° 38,909'S; 37° 28,440'W	ago-2010/período seco
Majorlândia	Aracati	4° 33,480'S; 37° 40,065'W	ago-2010/período seco
Canto Verde	Beberibe	4° 17, 448'S; 37° 57,202'W	mar-2011/período chuvoso
Diogo	Beberibe	4° 11,728'S; 38° 04,029'W	ago-2010/período seco
Iguape	Aquiraz	3° 56,418'S; 38° 17,668'W	ago-2010/período seco
Futuro	Fortaleza	3° 43,719'S; 38° 27,457'W	set-2010/período seco
Pecém	São Gonçalo do Amarante	3° 32,020'S; 38° 47,058'W	set-2010/período seco
Paracuru	Paracuru	3° 25,031'S; 39° 01,029'W	set-2010/período seco
Flecheiras	Trairi	3° 13,098'S; 39° 16,883'W	set-2010/período seco
Caetanos	Amontada	3° 05,822'S; 39° 31,701'W	fev-2011/período chuvoso
Preá	Cruz	2° 48,771'S; 40° 24,962'W	fev-2011/período chuvoso
Maceió	Camocim	2° 52,868'S; 40° 57,833'W	abr-2011/período chuvoso
Bitupitá	Barroquinha	2° 52,832'S; 40° 57,552'W	abr-2011/período chuvoso

Coleta e análise dos dados morfodinâmicos

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 eles. Para tal, foram aplicados os métodos propostos por Birkemeier (1985), com auxílio de uma estação total, um prisma e uma bússola de geólogo para o alinhamento dos perfis. As cotas iniciais dos perfis foram definidas a partir do zero estabelecido pela Diretoria de Hidrografia e Navegação

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

(DHN). Para classificar os perfis praiais, utilizou-se a relação de equilíbrio entre estado da praia e valor do ômega, descrito por Wright *et al.*, (1985).

Um cronômetro foi utilizado para registrar a passagem de onze ondas em um determinado campo de visão, sendo o tempo dividido por dez, originando o período médio das ondas. Para medir a altura, uma régua de alumínio foi colocada no ponto de máximo recuo, de modo que crista da onda ficasse alinhada com a linha do horizonte, como também fizeram Albuquerque *et al.* (2009), e Dias e Rocha-Barreira (2011).

Cinco amostras de sedimento foram coletadas na região entremarés, e duas amostras na zona de surfe, utilizando um cilindro de PVC com 10 cm de diâmetro utilizado como amostrador. A área entremarés foi medida, dividida em pontos equidistantes para a tomada das amostras. Na zona de surfe, coletou-se uma amostra nos 30m iniciais (distância do varrido até 30m de extensão) e outra amostra de 30 a 60m no infralitoral.

As amostras seguiram processamento de rotina, sendo secas, quarteadas, peneiradas e classificadas de acordo com a escala de Wentworth (1922) (SUGUIO, 2003). Os dados foram tratados por um programa de cálculo automático (ANASED 5j) e os sedimentos foram descritos através da média e da mediana, obtendo-se ainda o grau de seleção (desvio padrão), grau de assimetria e curtose.

Para a descrição do estado morfodinâmico praial, foram utilizados três índices, a partir dos dados de ondas, marés, de sedimento e dos perfis topográficos, como mostra a Tabela 3. Destaca-se, que no modelo conceitual de Masselink e Short (1993), o estágio morfodinâmico é função do Parâmetro Dean (Ω) e do RTR.

Tabela 3: Índices morfodinâmicos utilizados para caracterizar as praias do litoral cearense, entre agosto de 2010 e abril de 2011.

ÍNDICE MORFODINÂMICO	EQUAÇÃO	CARACTERÍSTICA DA PRAIA	OBSERVAÇÕES
Parâmetro de Dean (Wright e Short, 1984)	$\Omega = H_b / W_s \cdot T$	$\Omega < 2$ reflectiva $2 < \Omega < 5$ intermediária $\Omega > 5$ dissipativa	H _b : altura da onda na arrebentação (m) W _s *: velocidade média de decantação dos sedimentos (ms ⁻¹) T: período da onda (s)
Índice da Praia (McLachlan e Dorvlo, 2005)	$Bl = \log_{10}(\text{sedimento} \times \text{maré}/\text{perfil})$	$Bl < 1,5$: reflectiva $1,5 < Bl < 3$: intermediária $Bl > 3$: dissipativa	tamanho do sedimento: $\phi_i + 1$ maré: máxima amplitude perfil: declividade dimensões log ($\phi_i \cdot m$)
Parâmetro Relativo da Maré (Masselink e Short, 1993)	RTR = amplitude da maré/altura da onda	RTR < 3: determinada por ondas 3 < RTR < 12: modificada por marés RTR > 15: determinada por marés	maré: máxima amplitude altura da onda (m)

*: utilizou-se o tamanho médio do grão (região entremarés e zona de surfe), sendo os valores de velocidade média de decantação de partículas extraídos da tabela de Raudkivi (1990).

Também foi determinado o parâmetro escalar da arrebentação: $\Sigma = \frac{ab \cdot \omega^2}{g \cdot \tan^2 \beta}$, o qual considera a amplitude da onda na zona de arrebentação (ab), a frequência da onda incidente em radianos ($\omega = 2\pi/T$), a aceleração da gravidade (g) e o gradiente da zona de arrebentação (β). Este índice indica as características da arrebentação, existindo alta reflexão com $\Sigma < 2,5$, dissipação quando $2 < \Sigma < 20$ ou alta dissipação com $\Sigma > 20$ (WRIGHT *et al.*, 1985).

Para confirmar o parâmetro escalar da arrebentação foi também determinado o coeficiente de arrebentação proposto por Galvin Jr. (1968), $\beta = \frac{Hb}{gmT^2}$, onde g é a aceleração da gravidade, m é a declividade do perfil, T o período em segundos e Hb a altura da onda na zona de arrebentação. Valores de $\beta < 0,068$ caracterizam ondas deslizantes e $0,068 < \beta < 0,09$ ondas mergulhantes.

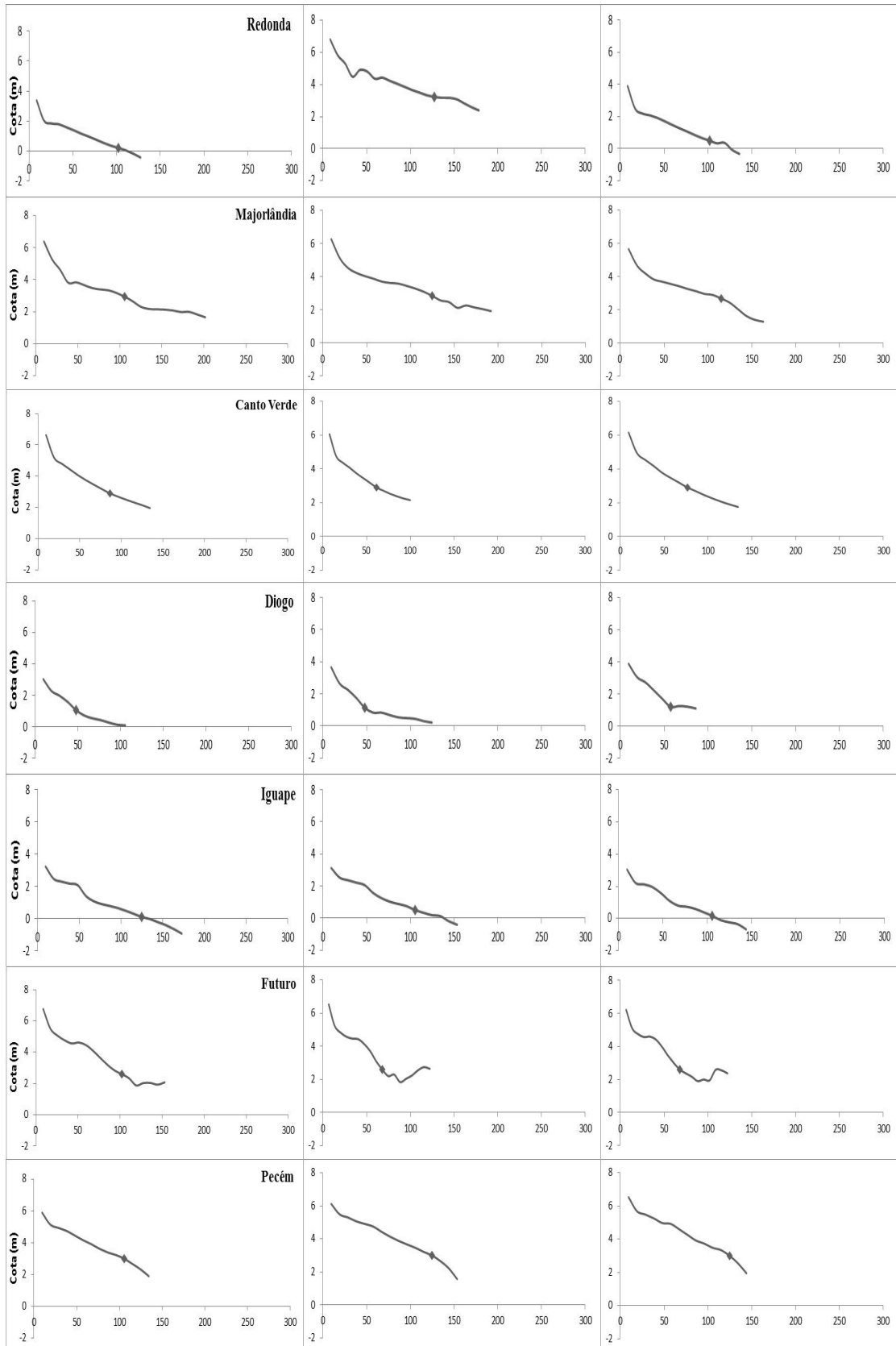
Resultados

De acordo com os perfis topográficos (Fig. 4), a extensão do entremarés foi semelhante nas praias de Redonda, Majorlândia, Iguape, Pecém, Flecheiras, Caetanos e Maceió, com mais de 100m de extensão, sendo a maior extensão verificada na praia de Bitupitá, com mais de 230m; e a menor na praia do Diogo, com 48m.

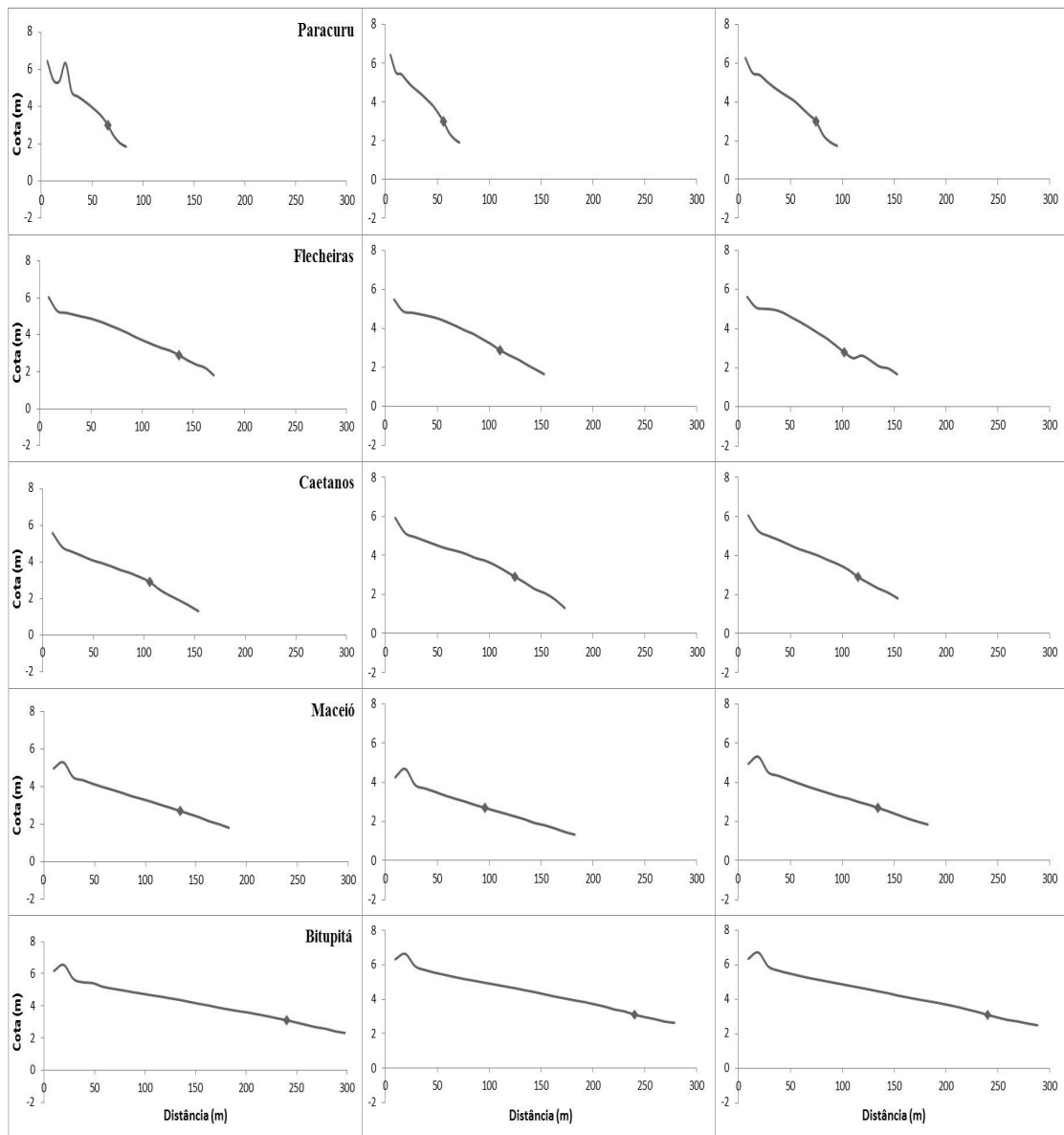
A altura dos perfis variou entre 3m e 6m, tendo até 2m de profundidade a zona de surfe, com um declive suave, acompanhando o perfil emerso. O traçado dos perfis apresentou-se relativamente plano e contínuo, sem a presença de bancos ou cavas, exceto para a praia de Paracuru, que apresentou um traçado mais íngreme em relação aos demais, confirmado pela maior declividade média, e para a praia do Futuro, que apresentou o traçado mais irregular dentre as praias analisadas. A declividade média dos perfis praias variou entre 0,014 e 0,059, mas a maior parte das praias (75%) apresentou declividade entre 0,026 e 0,038. Observou-se um perfil mais plano nas praias de Maceió e Bitupitá, extremo oeste (Tabela 4) (Figura 4).

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Figura 4: Perfis topográficos da região entremarés e zona de surfe das Praias de Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Pecém, Paracuru, Flecheiras, Caetanos, Preá, Maceió e Bitupitá, entre agosto de 2010 e abril de 2011.



DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.



Legenda: o ponto marcado no perfil (◆) indica o início do infralitoral.

Os perfis foram classificados, segundo Wright *et al.* (1985), em dissipativos para as praias de Redonda, Majorlândia, Futuro, Pecém, Caetanos e Bitupitá, banco transversal em Paracuru, refletivo em Canto Verde, banco de calha longitudinal em Preá, terraço de baixamar em Diogo, banco de praia de cúspide no Iguape, Flecheiras e Maceió (Fig. 4).

Caracterização da zona de surfe

Considerando a zona de surfe das praias analisadas, os sedimentos da faixa 1 (0-30m) de 61,5% das praias foram caracterizados com areia fina, 23,07% com areia muito fina e 7,69% com areia média e silte médio. Em termos de seleção, 38,46% das praias apresentaram

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

moderada seleção, e 30,76% apresentaram grãos pobremente selecionados, mesocúrtica (30,76%) e simétricos (38,46%) (Tab. 4). É necessário destacar que a granulometria desta zona no litoral oeste é composta por grãos mais finos, com a presença de areia muito fina e silte médio.

Já os sedimentos da faixa 2 (30-60m) foram, em sua maioria, constituídos de grãos menores, classificados principalmente de areia fina (30,76%) e muito fina (30,76%), com a presença de silte médio (15,38%), silte muito fino (7,69%), silte grossa (7,69%), e também argila grossa (7,69%). A maior parte das amostras foi pobremente selecionada (46,15%) ou muito pobremente selecionada (30,76%), extremamente leptocúrticas (53,84%) e assimetria muito positiva (53,84%) (Tab. 4). Em relação à quantidade de finos, apenas uma amostra do litoral leste, Redonda - faixa 2, teve percentual de finos como componente principal; observa-se, no entanto, que o percentual de finos aumenta nas praias do litoral oeste e extremo oeste, destacando-se a partir de Caetanos, Maceió e Bitupitá (esta última também com o percentual de finos em maior quantidade na zona 2 de coleta).

Tabela 4: Classificação granulométrica do sedimento na zona de surfe das praias do litoral cearense, entre agosto de 2010 e abril de 2011.

Praia/data/zona	Sedimento	Classificação	Seleção	Classificação	Curtose	Classificação	Assimetria	Classificação	Areia(%)	Finos (%)
Rd 100810 Z1	3,4993	Areia Muito Fina	1,0709	Pobremente selecionado	3,8109	extremamente leptocúrtica	0,5777	muito positiva	85,3	14,7
Rd 100810 Z2	7,0368	Silte Muito Fino	2,0400	Muito pobremente selecionado	3,6163	extremamente leptocúrtica	-0,8128	muito negativa	18,3	81,7
Mj 110810 Z1	2,0421	Areia Fina	0,5558	Moderadamente selecionado	1,3154	leptocúrtica	0,0503	simétrica	98,1	1,9
Mj 110810 Z2	4,8230	Silte Grossa	2,1627	Muito pobremente selecionado	3,9412	extremamente leptocúrtica	0,8004	muito positiva	83,9	16,1
CV 220311 Z1	2,5573	Areia Fina	0,7550	Moderadamente selecionado	1,1653	leptocúrtica	0,0011	simétrica	97,7	2,1
CV 220311 Z2	3,1678	Areia Muito Fina	1,3239	Pobremente selecionado	2,7526	muito leptocúrtica	0,2395	positiva	92,6	7,3
Dg 120810 Z1	1,9939	Areia Média	0,5678	Moderadamente selecionado	1,0696	mesocúrtica	-0,1645	negativa	98,6	1,4
Dg 120810 Z2	3,2484	Areia Muito Fina	1,1011	Pobremente selecionado	5,6469	extremamente leptocúrtica	0,3712	muito positiva	92,4	7,6
Ig 130810 Z1	2,0182	Areia Fina	0,5296	Moderadamente selecionado	1,0937	mesocúrtica	-0,1476	negativa	98,8	1,2
Ig 130810 Z2	2,9336	Areia Fina	0,5705	Moderadamente selecionado	1,0336	mesocúrtica	-0,1811	negativa	96,1	3,9
Ft 060910 Z1	2,9414	Areia Fina	0,4559	Bem selecionado	1,0533	mesocúrtica	0,0461	simétrica	98,7	1,3
Ft 060910 Z2	2,9284	Areia Fina	0,4810	Bem selecionado	1,0833	mesocúrtica	0,0485	simétrica	98,0	1,9
Pe 070910 Z1	2,3450	Areia Fina	0,4132	Bem selecionado	1,4218	leptocúrtica	0,0397	simétrica	99,1	0,9
Pe 070910 Z2	2,2218	Areia Fina	0,5944	Moderadamente selecionado	1,7861	muito leptocúrtica	-0,2280	negativa	99,0	1,0
Pa 081010 Z1	3,3875	Areia Muito Fina	0,4056	Bem selecionado	0,9959	mesocúrtica	0,0307	simétrica	96,3	3,7
Pa 081010 Z2	3,5196	Areia Muito Fina	1,0709	Pobremente selecionado	3,8584	extremamente leptocúrtica	0,3557	muito positiva	90,1	9,9
FI 091010 Z1	2,8008	Areia Fina	0,7584	Moderadamente selecionado	1,6666	muito leptocúrtica	-0,1537	negativa	96,2	3,8
FI 091010 Z2	3,3336	Areia Muito Fina	1,1270	Pobremente selecionado	3,4163	extremamente leptocúrtica	0,3644	muito positiva	92,9	7,1
Ca 180211 Z1	2,8003	Areia Fina	1,0453	Pobremente selecionado	2,2364	muito leptocúrtica	-0,5596	muito negativa	98,4	1,7
Ca 180211 Z2	5,1894	Silte Médio	2,2585	Muito pobremente selecionado	0,5366	muito platicúrtica	0,7069	muito positiva	66,6	33,3
Pr 200211 Z1	2,8434	Areia Fina	1,3114	Pobremente selecionado	2,5807	muito leptocúrtica	0,5307	muito positiva	93,8	6,0
Pr 200211 Z2	2,9185	Areia Fina	1,4966	Pobremente selecionado	2,0735	muito leptocúrtica	0,3879	muito positiva	90,7	8,6
Ma 200411 Z1	3,6183	Areia Muito Fina	1,0605	Pobremente selecionado	4,1855	extremamente leptocúrtica	0,3011	muito positiva	84,0	15,7
Ma 200411 Z2	5,1409	Silte Médio	2,2148	Muito pobremente selecionado	5,5361	extremamente leptocúrtica	0,7098	muito positiva	74,7	24,9
Bt 190411 Z1	5,3474	Silte Médio	2,1832	Muito pobremente selecionado	0,5336	muito platicúrtica	0,7482	muito positiva	60,5	38,7
Bt 190411 Z2	8,4178	Argila Grossa	1,0009	Pobremente selecionado	3,7302	extremamente leptocúrtica	-0,4011	muito negativa	14,1	85,9

Legenda: Valores do tamanho do grão de sedimento apresentados em "phi" ($-\log_2$ diâmetro do grão em mm). Z1(0-30m), Z2 (30-60m). Redonda (Rd); Majorlândia (Mj); Canto Verde (CV); Diogo (Dg); Iguape (Ig); Futuro (Ft); Pecém (Pe); Paracuru (Pa); Flecheiras (FI); Caetanos (Ca); Preá (Pr); Maceió (Ma) e Bitupitá (Bt).

A zona de surfe caracterizou-se como bem definida, apresentando de 20 a 100m de extensão, sendo frequente a ocorrência de mais de uma linha de quebra de ondas e uma zona de espraiamento de ondas que chegou a se deslocar por alguns metros ao longo do perfil praias em todas as praias analisadas (observação visual).

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Classificação morfodinâmica do litoral cearense

A média do tamanho do grão do sedimento, considerando a zona entremarés e zona de surfe foi relativamente semelhante nas praias estudadas, composto por areia fina, exceto para Redonda, Majorlândia, Caetanos e Bitupitá, com areia muito fina (Tab. 5).

Os valores da altura de onda variaram entre 0,1m e 1,07m, destacando-se nestes extremos, as praias de Bitupitá e Pecém, respectivamente (Tab. 5). Os períodos de ondas variaram entre 3,55s e 11,37s. O parâmetro escalar da arrebentação indicou alta dissipação das ondas na maioria das praias (69,23%), e dissipação nas praias do Canto Verde, Paracuru e Caetanos; confirmado pela presença de ondas deslizantes (Tab. 5).

Considerando estes valores e os diferentes modelos de classificação morfodinâmica, têm-se, segundo o parâmetro ômega (DEAN, 1973), que as praias do Futuro e Pecém foram consideradas dissipativas; Redonda, Majorlândia, Caetanos e Bitupitá caracterizadas como ultradissipativas; Diogo, Iguape, Paracuru, Flecheiras, Preá e Maceió, intermediárias; e a prainha do Canto Verde, refletiva. A amplitude da maré foi maior que 2,7m, destacando-se que as mesmas foram classificadas segundo o parâmetro relativo da maré (RTR), como modificadas por marés, exceto as praias do Pecém, classificada como determinada por ondas, e Bitupitá, determinada por marés. Considerando o Índice da Praia (BI) apenas Bitupitá é dissipativa, enquanto todas as demais são intermediárias (Tab. 5).

Tabela 5: Dados utilizados para o cálculo do parâmetro de Dean, Índice da Extensão Relativa da Maré (RTR) e Índice da Praia (BI), obtidos nas praias do litoral cearense, entre agosto de 2010 e abril de 2011.

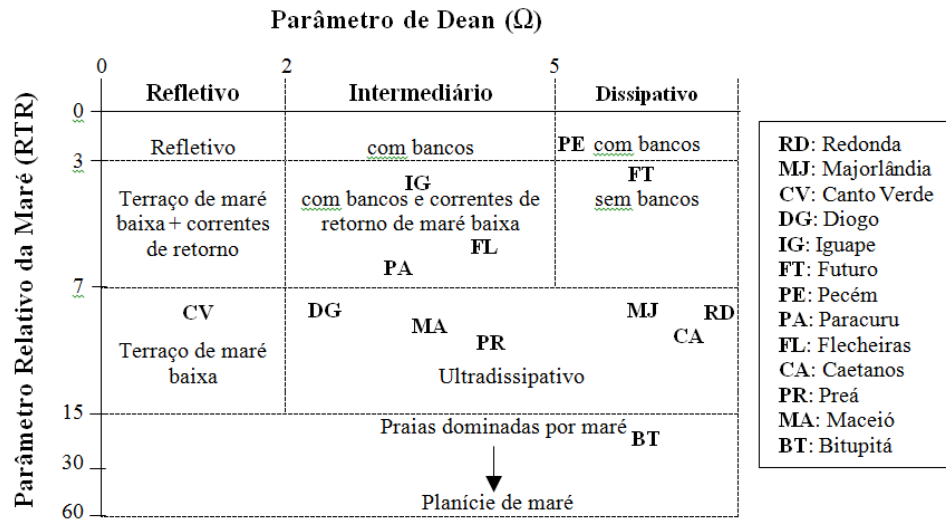
Praia	Sedimento* (phi)	Ws	Altura da onda (m)	Período da onda (s)	Dean (Ω)	Maré**	RTR	Σ	β	BI	Declividade***
Redonda	3,97	0,23	0,41	5,33	33,86	3,30	7,90	33,27	0,04	2,73	0,030
Majorlândia	3,43	0,71	0,43	3,55	17,39	3,30	7,54	108,95	0,13	2,74	0,026
Canto Verde	2,42	2,26	0,37	11,37	1,43	2,90	7,83	3,98	0,01	2,41	0,038
Diogo	2,11	3,01	0,40	6,00	2,21	3,20	8,00	22,10	0,03	2,49	0,032
Iguape	2,01	3,28	0,82	7,00	3,56	3,00	3,65	50,60	0,06	2,54	0,026
Futuro	2,93	1,34	0,87	8,18	7,93	2,70	3,08	24,00	0,04	2,50	0,033
Pecém	2,28	2,58	1,07	7,77	5,32	2,90	2,71	34,00	0,05	2,47	0,033
Paracuru	2,80	1,55	0,47	9,97	3,03	3,10	6,59	2,80	0,01	2,30	0,059
Flecheiras	2,62	1,86	0,50	7,16	3,73	2,90	5,80	27,66	0,04	2,59	0,027
Caetanos	3,99	0,21	0,45	10,67	19,45	3,20	7,11	9,30	0,01	2,74	0,029
Preá	2,66	1,79	0,35	4,88	3,99	3,00	8,57	x	x	x	x
Maceió	3,00	1,24	0,40	9,35	3,43	2,90	7,25	29,60	0,03	2,80	0,018
Bitupitá	3,99	0,21	0,10	5,00	9,22	3,10	31,00	43,30	0,03	3,04	0,014

Legenda: *- tamanho médio do grão (região entre marés e zona de surfe). Ws: velocidade média de decantação das partículas de sedimento. **amplitude da maré. Σ : parâmetro escalar da arrebentação (média). β : coeficiente de arrebentação. ***declividade média dos perfis praias.

A Figura 5 apresenta as praias classificadas segundo o modelo conceitual de Masselink e Short (1993), em que o estágio morfodinâmico é função do Parâmetro Dean (Ω) e do RTR.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praiar na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Figura 5: Diagrama de dispersão dos valores do parâmetro de Dean *versus* RTR computados para as praias do litoral do Ceará, plotados segundo o modelo morfodinâmico proposto por Masselink e Short (1993).



Pode-se observar, utilizando o modelo de Masselink e Short (1993), que apenas a praia do Pecém, com RTR < 3, pode ser descrita com base no parâmetro ômega, classificando-a como dissipativa. Dentre as praias com RTR entre 3 e 7, Iguape, Flecheiras e Paracuru foram classificadas como intermediárias, com bancos e correntes de retorno na maré baixa. Já Futuro foi classificada como dissipativa, sem bancos. A praia do Canto Verde apresentou-se como Terraço de maré baixa; e Redonda, Majorlândia, Diogo, Caetanos, Preá e Maceió, com parâmetro ômega maior que 2 e RTR entre 7 e 15, foram classificadas como ultradissipativas. Finalmente, quando RTR > 15, a ação das ondas é quase totalmente sobrepujada pela ação das marés e sistemas sob estas condições tendem às características de planícies de maré, o que foi observado na praia de Bitupitá.

Discussão

A granulometria, caracteristicamente composta por areia fina e muito fina nas praias pesquisadas no litoral cearense, reflete principalmente a formação e o modo de concentração destes sedimentos, além do moderado grau de seleção na zona de surfe. Os grãos mais finos da zona 1 no litoral oeste quando comparados ao litoral leste podem ser explicados por Bensi, Marinho e Maia (2005). Segundo os 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, extremo oeste. Já na parte leste, há um percentual significativo de sedimentos oriundos dos tabuleiros, o que gera sedimentos mais grossos, como na praia do Diogo. Além disso, as correntes do sentido leste-oeste promovem a

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

retirada de sedimentos mais finos, sendo o ângulo de incidência das ondas praticamente reto, no oeste, concentrando os sedimentos. A pobre seleção observada nos sedimentos da zona 2 de coleta pode ser justificada por ser a área atrás do ponto de arrebentação na maioria das praias pesquisadas, com menor turbulência, o que impede o retrabalhamento do sedimento, confirmada por grãos com assimetria muito positiva, o que segundo Duane (1964), são indicativos de deposição. Apenas em Redonda, litoral leste, foi possível observar sedimentos “finos”, compostos de silte e argila, como componentes principais na zona 2 de coleta, explicado por ser uma praia protegida entre duas pontas de falésias, e confirmada por Bensi, Marinho e Maia, (2005), por serem sedimentos oriundos de um manguezal da região.

Segundo Manso, Corrêa e Guerra (2003), e Branco *et al.* (2005), o tamanho do grão revela uma relação com os estádios morfodinâmicos, morfologia e declive da face de praia, que em determinado momento, é uma resposta às condições de ondas modais, ao regime de marés e à ação eólica. Esta afirmação, no entanto, não pode ser verificada para a maioria das praias analisadas no litoral cearense, pois estas apresentaram sedimentos compostos por areia fina ou muito fina e revelaram estados morfodinâmicos variáveis segundo o modelo Dean, certamente devido aos diferentes valores da altura e período das ondas, e demais parâmetros envolvidos.

Para Marcondes (2005), quando a altura modal das ondas é inferior a 1m, como observado na maioria das praias analisadas no litoral cearense, as praias apresentam baixa energia e maior variabilidade, tanto temporal, devido as variações energéticas, quanto espacial. Passos (2004) afirmou que os tipos de ondas de arrebentação indicam o modo de dispersão de energia da onda e também influenciam a morfologia praial. Nas ondas deslizantes, observadas em todas as praias analisadas no litoral cearense, a turbulência começa na crista, envolve a frente da onda e segue por distâncias de até vários comprimentos de onda, indicando que a influência da quebra das ondas é um processo gradual e extenso, e implicando numa maior zona de surfe e de maior influência sobre a morfologia do perfil praial, fato que contribuiu para os diferentes estados morfodinâmicos e perfis observados nas praias analisadas.

Segundo McLachlan e Dorvlo (2005), o parâmetro de Dean (Ω) é capaz de expressar a habilidade das ondas em mover sedimento. No entanto, Short (1999) já discutia que a aplicação do parâmetro de Dean não é suficiente para caracterizar o comportamento morfodinâmico de todas as praias. Short (1999) e Albuquerque *et al.* (2009) apontam que as condições apresentadas pelo ambiente a partir do parâmetro de Dean, em localidades com grande amplitude de maré, não condizem com as que demonstram as reais condições

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

morfodinâmicas, sendo necessário incorporar o fator variação da amplitude da maré para se obter uma classificação mais satisfatória. Muehe (1998) sugeriu uma nova abordagem de determinação do estado morfodinâmico, por meio da comparação da altura e período da onda significativa na zona de arrebentação externa e a altura e duração do espraiamento da onda na face da praia, na tentativa de melhorar o diagnóstico do estado morfodinâmico no instante da observação baseado no parâmetro Dean. Já para McLachlan e Dorvlo (2005), é possível, no entanto, que a menor amplitude de variação de energia de ondas, no litoral brasileiro, quando comparado com o do sudeste da Austrália, aumente a diagnosticidade de curto prazo do valor de ω . As praias cearenses analisadas são tipicamente de mesomares, o que não inviabiliza a classificação pelo índice, embora não tenha sido observada uma total correspondência entre as características típicas dos estágios morfodinâmicos segundo Dean e o que foi evidenciado em algumas praias do litoral cearense nesta pesquisa. Segundo Calliari *et al.*, (2003), o estado refletivo é caracterizado por elevados gradientes de praia e fundo marinho adjacente, com zona de surfe reduzida, prevalecendo em praias fortemente compartimentadas, ou em zonas protegidas, na presença de areias grossas ou após longos períodos de acreção, com arrebentação predominante ascendente ou mergulhante. A prainha do Canto Verde, classificada como refletiva, apresentou, no entanto, areia fina e arrebentação com ondas deslizantes. Para outras praias estudadas, foi possível observar as características típicas dos estágios morfodinâmicos classificados pelo parâmetro ω , como nas praias ultradissipativas de Redonda e Majorlândia.

Com relação aos valores do RTR, estes indicaram que a influência das marés é a principal ação modificadora dos perfis observados nas praias cearenses estudadas. McLachlan e Dorvlo (2005) afirmam que o perfil da praia não é meramente em função do sedimento; mas as marés também influenciam o perfil, semelhante à função das ondas, com praias tornando-se mais amplas com o aumento da amplitude das marés. Ainda segundo estes autores, as marés causam mudanças cíclicas nas praias, podendo atuar passivamente ou ativamente no transporte de sedimento; a sua área de atuação depende fortemente de sua amplitude, pois esta define a quantidade de energia presente em um sistema. A sua influência pode ser tão grande, que nos casos em que supera a atuação das ondas, estabelecem-se "terraços de maré" ou "planícies de marés", como observado na praia de Bitupitá.

Segundo Masselink e Short (1993), apenas em praias com $RTR < 2$ a maré não é uma forte componente modificadora da morfologia praial. Segundo a classificação proposta por estes autores, a prainha de Canto Verde apresenta características do modo refletivo na maré alta, semelhante ao resultado encontrado no modelo Dean, e formando um terraço durante a

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

maré baixa, forma mais aproximada ao visualizado no momento da coleta. Segundo Calliari *et al.* (2003), este seria o tipo de praia intermediária com o menos nível de energia, com areia fina e face da praia relativamente íngreme; características confirmadas na referida praia. Nas praias ultradissipativas de Redonda, Majorlândia e Caetanos, confirmou-se a zona de surfe com múltiplas linhas de quebra de ondas (dissipação de energia), e um perfil largo de baixo gradiente. Já nas praias ultradissipativas com valores de Dean intermediários (2-5), como na praia de Diogo, as condições da zona de surfe na maré alta podem ser de intermediárias a refletivas, situação também observada, já que a realização dos perfis, neste dia de coleta, aconteceu durante a subida da maré. Iguape, Flecheiras e Paracuru, apresentam-se segundo o modelo de Masselink e Short (1993), como as praias mais variáveis e complexas segundo a morfodinâmica; podendo apresentar a zona de surfe com características refletivas, intermediárias e dissipativas.

Devido a esta discussão, é importante considerar a classificação do estágio morfodinâmico das praias do litoral cearense usando a combinação que utiliza o parâmetro de Dean e o RTR, observando a correspondência do observado em campo com o estágio calculado, além dos parâmetros individuais envolvidos.

Albuquerque *et al.* (2009), observaram uma boa adequação do Parâmetro Relativo da Maré, na caracterização morfodinâmica da praia do Futuro, Ceará. Já Rosa e Borzone (2008), discutem que elevados valores de RTR foram encontrados e que, em comparação aos grupos morfológicos encontrados, eles não correspondiam totalmente às morfologias observadas; considera-se, no entanto, que as referidas praias tem influências mareais diferentes, pois são classificadas como meso e micromarés, respectivamente. Reitera-se a necessidade de verificar o observado em campo ao resultado proposto por cada índice, além de agrupar índices morfodinâmicos diferentes, na tentativa de obter uma mais completa descrição da morfodinâmica praial das praias cearenses analisadas.

Dias e Rocha-Barreira (2011), sugeriram a classificação da praia da Taíba segundo o Parâmetro Relativo da Maré e o Índice da Praia (BI) sendo este último suporte ao parâmetro ômega (Dean), numa tentativa de combinar índices e aperfeiçoar a classificação morfodinâmica. Os valores obtidos pelo BI apontaram que, exceto Bitupitá, todas as demais praias estudadas no litoral do Ceará são intermediárias. Observa-se que este índice é composto pelo tamanho do grão do sedimento, extensão da maré e declividade, desconsiderando a ação das ondas, o que resultou na classificação semelhante das praias analisadas, já que este foi o parâmetro mais variável dentre as praias analisadas; também por isso, evidencia-se a influência deste fator nos demais modelos de classificação. Considerando

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

os resultados obtidos nesta pesquisa, destaca-se que é necessário observar e utilizar índices que contemplem aspectos como sedimento, amplitude da maré, declividade do perfil e altura das ondas, fatores de extrema importância para caracterizar uma praia arenosa. É importante ainda destacar que todos os agentes morfodinâmicos são interrelacionados, até certo ponto co-dependentes e em conjunto definem a hidrodinâmica local.

O estado morfodinâmico das praias cearenses analisadas pode ser caracterizado pela baixa variação da extensão das marés, por sedimentos com granulometria composta por areia fina e muito fina, e perfis praias relativamente planos e com grande extensão. Os valores referentes às ondas demonstraram as maiores variações e por isso, definiram a classificação diferente entre o parâmetro Dean e o RTR. Cabe ressaltar aqui que os dados de altura e de período de onda utilizados foram de apenas uma observação (dados pontuais), o que pode ter limitado a eficiência dos modelos na classificação dos estados morfodinâmicos, além de não refletir, necessariamente o estado morfodinâmico mais frequente ou modal. Por se tratar de ambientes extremamente variáveis e mutáveis, pequenas diferenças como o período, altura da onda, ângulo em que as ondas atingem a costa, declividade e dissipação de energia podem promover as variações nos índices morfodinâmicos.

Conclusões

- As praias analisadas no litoral do Ceará apresentaram características morfodinâmicas diferentes;
- O parâmetro de Dean não perdeu sua validade como diagnóstico morfodinâmico, pois os aspectos observados em algumas praias do litoral cearense apresentaram características dos estágios propostos pelo parâmetro;
- O índice da praia (BI) apresentou menor especificidade de classificação morfodinâmica por não considerar a ação das ondas;
- Segundo o parâmetro RTR, as marés são as principais modificadoras dos perfis praias;
- A utilização de outras variáveis, como a medida da zona de espraiamento, e a observação de fatores específicos locais, podem contribuir para desenvolver modelos mais diagnósticos e/ou caracterizar melhor os estados praias;
- Sugere-se uma combinação de índices para caracterizar o estado morfodinâmico das praias cearenses, observando o que foi visualizado em campo.

Capítulo 3: Ocorrência e distribuição de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 (Echinodermata: Mellitidae) na zona de surfe do litoral cearense, Nordeste do Brasil.

Introdução

A análise dos padrões de distribuição espacial é essencial para avaliar as relações organismo-organismo, organismo-habitat e identificar os processos que estruturam as associações bênticas e as suas escalas de atuação (UNDERWOOD; CHAPMAN, 1996; CHAPMAN *et al.*, 2010).

O conhecimento de interações em pequena escala é importante para fazer previsões sobre a distribuição de organismos. Os processos ecológicos que atuam nesta escala (mm a <1m) afetam os organismos de forma direta ou indireta, direcionando o comportamento individual devido a alterações no habitat. Por exemplo, processos hidrodinâmicos, como a ação de correntes e ondas, afetam a geomorfologia local e a estrutura das associações (GALLUCCI; NETTO, 2004), e interações biológicas, como a competição e a predação, podem afetar as propriedades do sedimento, a hidrodinâmica e os padrões de distribuição dos organismos (HEWITT *et al.*, 2002; CHAPMAN *et al.*, 2010). Um indivíduo está sujeito a estas pressões em graus variados, e compreender sua distribuição pode esclarecer as pressões seletivas que influenciam o organismo naquele momento (SWIGART; LAWRENCE, 2008).

Classicamente, Pielou (1960) definiu três categorias de distribuição espacial: aleatória, quando a presença de um indivíduo não afeta a probabilidade de outro indivíduo ser encontrado adjacente a ele; uniforme (regular), quando a presença de um indivíduo decresce a probabilidade de outro indivíduo ser encontrado junto a ele; e agregada, quando a presença de um indivíduo aumenta a chance de encontrar outros indivíduos no mesmo lugar. A distribuição agregada ou em manchas de organismos bentônicos é frequentemente observada e atribuída em larga escala a fatores físicos, e em pequena escala, a uma variedade de distúrbios, entre fatores bióticos e abióticos (MORRISEY *et al.*, 1992).

As praias arenosas são sistemas dinâmicos, nos quais a variabilidade das condições ambientais é uma constante e a estrutura física pode ser definida por três variáveis: o clima da onda, o tamanho dos grãos que compõem o sedimento e o regime das marés (BROWN; MCLACHLAN, 1990; MCLACHLAN; DORVLO, 2005). Considerando os processos hidrodinâmicos, as praias arenosas podem ser divididas em zona de arrebentação, caracterizada pela quebra da onda; zona de surfe, área em que ocorre a dissipação energética das ondas sobre a praia; e zona de espraiamento, identificada como sendo a região delimitada

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

entre a máxima e a mínima excursão dos vagalhões sobre a face praial (CALLIARI *et al.*, 2003). Estes ambientes são extremamente dinâmicos no tempo e espaço, e por isso, diversos modelos tentam classificar o ambiente praial, dentre eles, proposto por Wright e Short (1984), reconhecendo seis estados morfológicos distintos, associados a diferentes regimes de ondas e sedimento, caracterizados por dois estados extremos (dissipativo e refletivo) e quatro estados intermediários.

Segundo a Hipótese Autoecológica (NOY-MEIR, 1979), em praias arenosas, ambientes controlados fisicamente, os fatores físicos condicionam as comunidades e as influenciam mais que as próprias interações biológicas (MCLACHLAN; DORVLO, 2005). Na Hipótese do Habitat Severo (DEFEO *et al.*, 2001, 2003), em praias refletivas, mais severas, os organismos vão empregar mais energia para sua manutenção, resultando em baixa fecundidade e alta mortalidade. Em larga escala, a riqueza é principalmente controlada pelo ambiente físico, enquanto que em pequena escala, em locais com características dissipativas, fatores biológicos tornam-se importantes (DEFEO *et al.*, 2003; McLACHLAN; DORVLO, 2005). O aumento da diversidade de espécies, abundância total e biomassa de praias refletivas para dissipativas é agora considerado um paradigma ao nível de comunidade. Em contraste, há uma escassez de hipóteses sobre os padrões populacionais (DEFEO *et al.*, 2001). Poucos estudos têm investigado como as espécies respondem demograficamente ao ambiente físico, isto é, em termos de abundância, crescimento, mortalidade, fecundidade e outras características populacionais.

A espécie *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 está presente na costa oeste tropical e subtropical do continente americano, do delta do Mississipi até o sul do Brasil (HAROLD; TELFORD, 1990). Costuma habitar a região do sublitoral, próximo à arrebentação das ondas e tende a apresentar comportamento gregário, formando verdadeiros “bancos” de organismos. Particularidades morfológicas, como a forma cônico-achatada, presença de lúnulas e divertículo de areia, são consideradas adaptações da espécie à hidrodinâmica característica da zona de surfe (BORZONE *et al.*, 1997). O limite interno de distribuição da espécie parece estar ligado ao aumento de partículas finas de sedimento com o aumento da profundidade, correlacionado com uma diminuição da interação onda-sedimento (BORZONE *et al.*, 1998).

Algumas características das populações de *M. quinquesperforata* têm sido associadas ao estado morfodinâmico das praias em que ocorrem, apresentando diferenças de extensão do período de estocagem de nutrientes, de liberação de gametas extensão e posição dos “bancos” dos indivíduos (BORZONE, 1999; TAVARES; BORZONE, 2006). Dessa forma, bancos estreitos, com menor densidade, foram característicos do extremo refletivo e grandes bancos

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

observados em extremos dissipativos (BORZONE; GIANUCA, 1990; BORZONE *et al.*, 1998, BORZONE, 1999).

O conhecimento de características demográficas populacionais como abundância, estrutura etária, períodos de recrutamento, crescimento e distribuição espacial e temporal, são fundamentais na interpretação da estrutura e da função do ecossistema costeiro, influenciados por fatores específicos do habitat, como a hidrodinâmica local, o sucesso pós-assentamento, recursos alimentares e níveis de predação (VADAS; ELNER, 2003). A forte ação das ondas na zona de surfe de praias arenosas gera problemas na manutenção dos organismos que desenvolvem estratégias de ancoragem ou enterram-se mais profundamente, sendo, portanto, um ambiente de estresse para as espécies que nele residem (MCLACHLAN; ERASMUS, 1983; BROWN; MCLACHLAN, 1990).

O litoral do Estado do Ceará é caracterizado por grandes extensões de praias arenosas e planícies de acumulação de sedimentos (MATTHEWS-CASCON; LOTUFO, 2006). A faixa litorânea é caracterizada por uma morfologia diferenciada entre a parte Leste e Oeste, onde o divisor geográfico é a cidade de Fortaleza (BENSI; MARINHO; MAIA, 2005). A parte leste do litoral apresenta uma costa mais rochosa caracterizada por um extenso tabuleiro costeiro que chega até a linha de costa com falésias e paleofalésias (BENSI; MARINHO; MAIA, 2005). O litoral oeste apresenta uma planície rasa, extensa e caracterizada pela presença de dunas móveis, ilhas-barreiras com lagunas e vastas áreas de mangues (BENSI; MARINHO; MAIA, 2005; MORAIS *et al.*, 2006). Estas diferenças na formação das porções do litoral cearense promovem aspectos distintos ligados ao aporte e acúmulo de sedimentos, além de influências das correntes, influenciando a morfodinâmica praial dos locais onde reside a espécie *M. quinquesperforata*. Portanto, o objetivo principal deste capítulo foi observar a ocorrência e comparar a distribuição espacial de populações de *M. quinquesperforata* na zona de surfe do litoral do Estado do Ceará.

Para este capítulo, foram consideradas as seguintes hipóteses: as praias cearenses apresentam diferentes aspectos morfodinâmicos, que influenciam diretamente a ocorrência e distribuição de *M. quinquesperforata*; a espécie está limitada a zona de surfe nas praias cearenses; além do fato de que em praias arenosas as comunidades bentônicas são controladas por fatores físicos, as populações de *M. quinquesperforata* também são influenciadas por interações biológicas; e *M. quinquesperforata* apresenta grande plasticidade adaptativa, possuindo características biológicas associadas a diferentes condições ambientais.

Metodologia

Amostragens pontuais foram realizadas nas praias de Redonda, Majorlândia, Prainha do Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Pecém, Paracuru, Flecheiras, Caetanos, Preá, Maceió e Bitupitá, entre agosto de 2010 e abril de 2011 (Capítulo 2). A área de estudo, e os dados sobre a caracterização morfodinâmica das praias estudadas estão descritos detalhadamente no Capítulo 2. Segundo os valores do parâmetro de Dean, as praias do Futuro e Pecém foram consideradas dissipativas; Redonda, Majorlândia, Caetanos e Bitupitá foram caracterizadas como ultradissipativas; Diogo, Iguape, Paracuru, Flecheiras, Preá e Maceió, como intermediárias; e a prainha do Canto Verde, como refletiva. Considerando o RTR, as mesmas são modificadas por marés, exceto a praia do Pecém, classificada como determinada por ondas, e Bitupitá, determinada por marés.

Coleta e análise da distribuição e estrutura etária de *Mellita quinquiesperforata*

Os animais da zona de surfe foram coletados por meio de arrastos perpendiculares à linha de praia, utilizando-se uma draga retangular, com dimensões de 40x15cm e malha com abertura de 5 mm entre os nós. A extensão dos arrastos foi dividida em duas faixas (zonas): 0-30m e 30-60m de distância do limite inferior da zona de varrido das ondas, até aproximadamente 1,5m de profundidade a fim de observar-se a distribuição dos organismos ao longo do transecto, em cada praia. Em cada faixa foram realizados três arrastos.

A densidade de organismos por faixa de coleta foi calculada a partir da média das amostras dividida pela área de cada faixa amostrada e expressa como número de indivíduos/m². Para observar a estrutura etária de *M. quinquiesperforata*, foram obtidos histogramas de frequência de tamanho com intervalos de classes de 6mm (DIAS, 2008). Considerou-se nesta pesquisa que os recrutas representam os menores indivíduos, recém incorporados na população, com até 10mm de largura, enquanto os juvenis representariam, a sequência dos recrutas, equivalentes a indivíduos maiores com até 20mm de largura da carapaça. Já os indivíduos intermediários (sub-adultos) seriam até atingir 40mm, e os adultos, animais maiores que 40mm, correspondem, aproximadamente, ao tamanho em que ocorre o aparecimento das gônadas e consequente desenvolvimento sexual (BORZONE *et al.*, 1997; DIAS, 2008). Foi utilizado um teste de comparação de médias (teste t de Student), a fim de observar se houve diferença significativa na densidade de *M. quinquiesperforata* entre as duas faixas/zonas estudadas, e também entre as classes da estrutura etária, após analisadas a

distribuição (teste de Kolmogorov-Smirnov) e homocedasticidade (teste Levene), utilizando o software STATISTICA® versão 7.0.

O padrão de distribuição espacial foi estimado através do índice de Morisita (I_d), baseado no número de indivíduos de *M. quinquiesperforata* por zona amostrada, conforme recomendações de Brower e Zar (1977): $I_d = n \cdot (\sum X^2) - N^2 / N \cdot (N - 1)$; em que, I_d : índice de Morisita; n : número total de zonas amostradas; N : número total de indivíduos, contidos em n zonas; X^2 : quadrado do número dos indivíduos por zona; s : número de espécies amostradas.

A significância dos valores calculados para o índice de Morisita (I_d) foi obtida mediante o teste do qui-quadrado, para $(n-1)$ graus de liberdade e um nível de significância de 5%. Desse modo, se o valor calculado for menor que o valor tabelado, o (I_d) não difere significativamente de 1, e a espécie apresentará um padrão de distribuição aleatório. Porém, se o valor do qui-quadrado for maior que o valor tabelado, a espécie tenderá a um padrão de distribuição agregada (se $I_d = 1$) ou uniforme (se $I_d > 1$). Para este cálculo, considerou-se as duas zonas em cada praia, se observada diferença significativa na densidade dos organismos entre as mesmas. Quando não observada diferença significativa na densidade entre as zonas, ambas foram somadas e consideradas como uma única área na praia estudada. Também foram realizadas correlações (Spearman) entre os dados ambientais e os dados de densidade, estrutura etária e distribuição, utilizando o software STATISTICA® versão 7.0.

Resultados

Estrutura etária de *Mellita quinquiesperforata*

Foram coletados 975 indivíduos com tamanhos entre 5,87mm e 98,46mm. Destes, 88 indivíduos foram coletados em Redonda (entre 42,39 e 98,46mm de largura), 142 em Majorlândia (33,85 e 95,86mm), 270 na prainha do Canto Verde (7,64 e 71,11mm), 90 na praia do Diogo (5,87 e 76,89 mm), 219 no Iguape (6,24 e 71,24 mm), 25 indivíduos na praia do Futuro (19,29 e 76,27mm), 11 no Pecém (32,39 e 59,44mm), e 130 indivíduos na praia de Preá (8,5 e 52,66mm) (Fig. 6). Não foram encontrados exemplares de *M. quinquiesperforata* nas praias de Paracuru, Flecheiras, Caetanos, Maceió e Bitupitá, nas amostragens realizadas.

A Figura 6 mostra os dados referentes à distribuição das frequências de tamanho de *M. quinquiesperforata*. Todas as populações apresentaram modas de indivíduos adultos, acima de 40 mm de largura. Nas praias do Canto Verde, Iguape e Preá foram evidenciados recrutas. As populações de Redonda, Majorlândia, Futuro e Pecém foram compostas essencialmente por indivíduos adultos, enquanto que nas praias do Canto Verde, Diogo, Iguape e Preá

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Distribuição de *Mellita quinquesperforata* na zona de surfe

Nas praias de Redonda, Canto Verde e Preá, pode-se observar uma diferença significativa ($p < 0,05$) na densidade de *M. quinquesperforata* entre as faixas da zona de surfe. Em Redonda e Canto Verde a maior densidade foi observada na faixa de 0-30m, contínua a faixa entremarés, enquanto que em Preá, a maior densidade foi observada na faixa de 30-60m (Fig. 7).

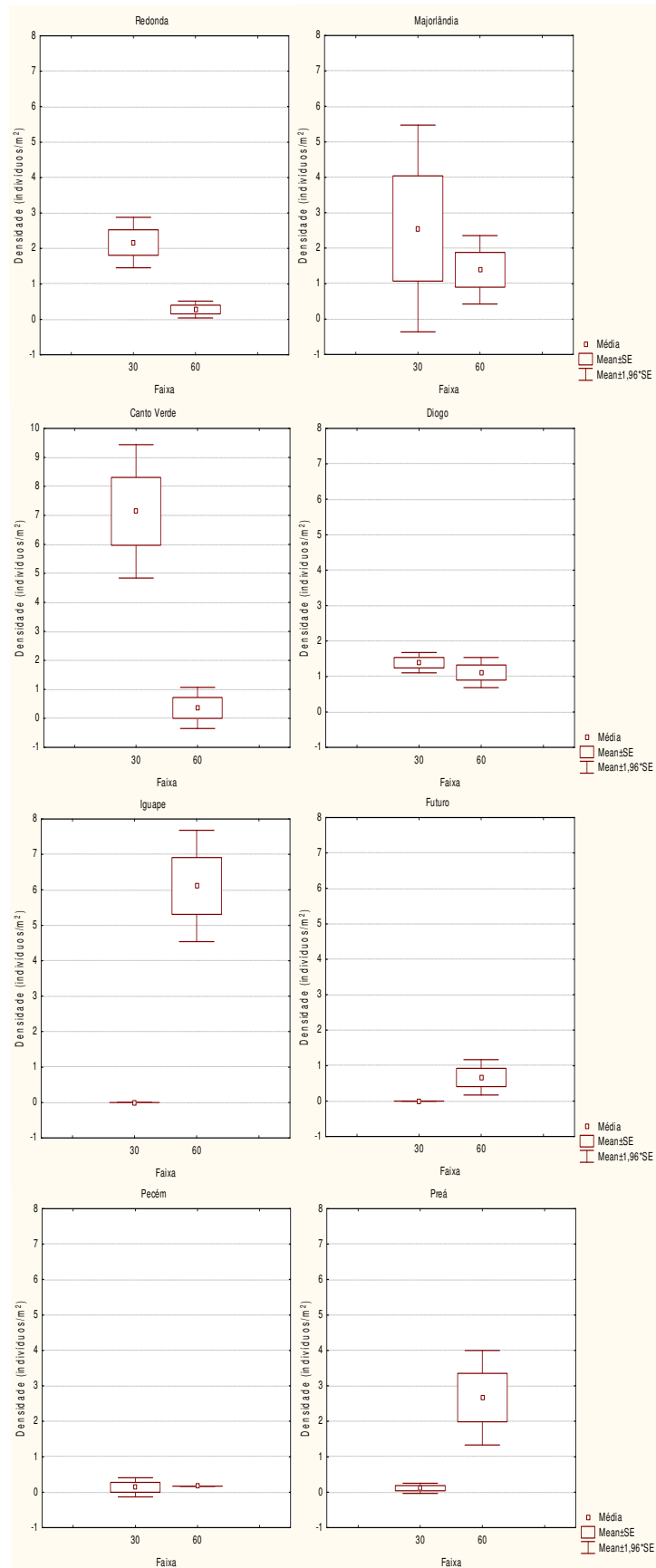
Na praia de Redonda, foi observado um banco de *M. quinquesperforata* na região entremarés, que estendia-se por mais de 200m de comprimento paralelo à praia, ocupando toda a região do mesolitoral inferior, até o infralitoral (faixa 1), correspondendo as zonas de retenção, ressurgência e saturada, com uma extensão perpendicular à linha d'água de aproximadamente 40m. Os indivíduos distribuíram-se em densidades de até 118 indivíduos/m² nesta região do mesolitoral. Foi verificada ainda a presença da espécie *Leodia sexiesperforata* (Leske, 1778) na zona de surfe da praia de Redonda, após a faixa de 30-60m de distância da zona de varrido. Os indivíduos desta espécie são maiores quando comparados a *M. quinquesperforata*, com largura superior a 100mm, corpo muito achatado dorso-ventralmente, com seis lúnulas; não foi observada a capacidade de enterramento desta espécie (observação pessoal).

Nas praias de Majorlândia, Diogo e Pecém não houve diferença significativa entre a densidade de organismos nas duas faixas de coletas ($p > 0,05$), embora na faixa 1 a densidade tenha sido maior. Já nas praias do Iguape e do Futuro, não foram coletados indivíduos nesta faixa, mais próxima da zona de varrido (Fig. 7).

A maior densidade média por faixa foi observada na prainha do Canto Verde, com 7,1 ind/m², seguida pela praia do Iguape, com 6,08 ind/m²; no entanto, as maiores densidades estiveram relacionadas a faixas diferentes, sendo a primeira praia correspondente a zona 1 e na segunda praia a zona 2 de coleta. A baixa densidade observada na praia de Redonda não reflete o tamanho real da população, visto ser a amostragem na zona de surfe, ressaltando-se que apenas nesta praia foram encontrados indivíduos na zona entremarés.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praiar na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Figura 7: Densidade populacional de *M. quinquiesperforata* na zona de surfe das praias de Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Pecém e Preá, considerando diferentes faixas de coleta, entre agosto/2010 e abril/2011.



Legenda: faixa 30 (0-30m), e faixa 60 (30-60m) de distância do varrido das ondas.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

De acordo com o Índice de Morisita, a espécie *M. quinquesperforata* apresentou os três tipos de distribuição espacial nas diferentes praias analisadas, sendo que, o padrão Aleatório foi observado nas praias de Redonda, Diogo e Futuro; a distribuição foi Uniforme nas praias de Majorlândia e Pecém; e Agregada nas praias de Canto Verde e Iguape. Apenas na praia do Preá, o modo de distribuição diferiu nas duas zonas, demonstrando padrão Aleatório e Uniforme nas zonas 1 e 2, respectivamente (Tab. 6).

Tabela 6: Valor do índice de distribuição de Morisita (Id) para as populações de *M. quinquesperforata* na zona de surfe das praias de Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Pecém e Preá, entre agosto de 2010 e abril de 2011.

Praia	Faixa/zona	N	Id	X² calc	X² tab	Distribuição
Redonda	Z1	78	1,0	4,38	5,99	Aleatório
	Z2	10	1,2	3,80	5,99	Aleatório
Majorlândia	Z1 + Z2	142	1,7	102,05	11,07	Uniforme
Canto Verde	Z1	257	1,0	13,87	5,99	Agregada
	Z2	13	1,0	26,00	5,99	Agregada
Diogo	Z1 + Z2	90	1,0	5,06	11,07	Aleatório
Iguape	Z2	219	1,0	7,09	5,99	Agregada
Futuro	Z2	11	1,1	3,45	5,99	Aleatório
Pecém	Z1 + Z2	9	1,8	11,66	11,07	Uniforme
Preá	Z1	4	1,5	3,50	5,99	Aleatório
	Z2	96	1,1	12,56	5,99	Uniforme

Legenda: N: nº total de indivíduos por faixa (s); X² calc: qui-quadrado calculado; X² tab: qui-quadrado tabelado.

Observa-se que a classificação das praias em estados morfodinâmicos não apresenta um padrão de resposta no modo de distribuição dos organismos, ou seja, praias com a mesma classificação apresentam modos diferentes de distribuição.

Discussão

Para McLachlan (1983), a macrofauna possui adaptações específicas para habitar diferentes tipos de praia. As praias refletivas exigem maiores adaptações dos organismos devido às condições ambientais mais adversas, como o impacto das ondas e instabilidade do sedimento, enquanto que em praias dissipativas as situações são opostas, apresentando maior

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

riqueza e estabilidade da macrofauna. Segundo Borzone (1999) e Tavares e Borzone (2006), algumas características das populações de *M. quinquesperforata* confirmam esta associação/adaptação com os diversos estados morfodinâmicos das praias em que ocorrem, apresentando diferenças de extensão do período de estocagem de nutrientes, de liberação de gametas, e extensão e posição dos “bancos” de indivíduos. Tavares e Borzone (1998) e Borzone *et al.* (1998) observaram a distribuição do banco de *M. quinquesperforata* em uma faixa mais estreita em praias refletivas, enquanto que em praias intermediárias a dissipativas esta faixa era mais extensa, com bancos de *M. quinquesperforata* por mais de 2000m e densidade de adultos de 700 indivíduos/m² nestas praias. Esta relação entre a distribuição e densidade, e o estado morfodinâmico (segundo o parâmetro Dean) não foi observada nas praias cearenses analisadas, já que praias com a mesma classificação morfodinâmica, por exemplo, Redonda e Majorlândia, ultradissipativas, não apresentaram distribuição nem densidades semelhantes. A praia do Canto Verde, refletiva, apresentou a maior densidade dos indivíduos, além de praias classificadas como dissipativas apresentarem baixas densidades e distribuição em uma estreita área. Veloso *et al.* (2006), no entanto, ressaltaram que muitas espécies conseguem tolerar um amplo espectro de variação morfodinâmica, mantendo populações abundantes tanto em praias refletivas como em dissipativas. Considerando as demais classificações morfodinâmicas propostas nesta pesquisa, a maioria das praias foi classificada como intermediária e modificadas por marés, segundo o BI e o RTR, respectivamente, também não se verificando uma correspondência entre o estado morfodinâmico e o modo de distribuição. Observou-se, portanto, que os modelos de classificação morfodinâmica propostos não são capazes de explicar as variações na densidade e distribuição da espécie no litoral cearense, e por este motivo, consideramos nesta pesquisa os fatores individuais envolvidos em cada ambiente de praia, capazes de influenciar a distribuição das populações de *M. quinquesperforata*.

Borzone (1992/1993), Harold e Telford (1990), Borzone *et al.*, (1998) e Dias (2008) observaram que *M. quinquesperforata* apresenta uma distribuição subtidal, próxima a quebra de ondas, formando um banco paralelo à linha de costa, em praias de diferentes latitudes. *M. quinquesperforata* também se distribuiu na zona de surfe das praias analisadas do litoral cearense, concentrando-se na zona 1 de coleta, local próximo a arrebatção e turbulência gerada pela dissipação da energia das ondas, exceto na praia de Redonda, onde a espécie esteve também presente na zona entremarés. A maior densidade da espécie na zona de arrebatção/surfe, provavelmente confere aos indivíduos, vantagens na alimentação e menor competição com outras espécies que não conseguem se manter no local.

Destaca-se que a espécie *M. quinquesperforata* ocorreu em todas as praias do litoral leste cearense pesquisado, observando uma redução de indivíduos a partir da praia do Futuro em direção ao lado oeste, estando a partir da praia de Preá, ausente nas praias estudadas no litoral oeste. Fatores como a baixa declividade e grande área entremarés podem contribuir para a diminuição na densidade e desaparecimento da espécie estudada, já que os indivíduos estariam mais expostos à dessecação. Bensi, Marinho e Maia, (2005) apontam que as praias do litoral leste apresentam diferenças quanto à formação de ondas e ângulo de incidência de ondas e de sedimentação em relação ao lado oeste no litoral do Ceará. Segundo os autores, as vastas áreas de mangues no oeste disponibilizam grãos menores, mais finos, que estão dispostos ao longo de perfis muito planos, podendo também influenciar a salinidade local e a manutenção de espécies tipicamente marinhas, como é o caso da espécie estudada. Já na parte leste, há um percentual significativo de sedimentos oriundos dos tabuleiros, o que gera sedimentos mais grossos, a partir de processos erosivos. 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. Estas diferenças entre o litoral leste e oeste foram confirmadas pelas características da zona de surfe e perfis praias, e podem ajudar a compreender as diferenças na densidade e na distribuição de *M. quinquesperforata*.

A praia de Redonda se assemelha a uma enseada, protegida entre duas pontas de falésias. Sem uma elevada dessecação e com condições favoráveis de sedimento e alimento na zona entremarés, confirmada por Bensi, Marinho e Maia (2005), com sedimentos oriundos de um manguezal da região, contribui-se para o modo de distribuição aleatório da espécie, com sua ocorrência até os primeiros 30m do infralitoral. Nesta praia, *M. quinquesperforata* é seguida por *L. sexiesperforata* após a faixa de 30-60m de distância da zona de varrido. É provável que a diferença na granulometria dos sedimentos que compõem a área influencie esta distribuição, uma vez que o sedimento mais fino, formado principalmente por silte, parece desfavorável para *M. quinquesperforata*. Ghiold (1979) e Pomory, Robbins e Lares (1995) confirmaram a preferência de *Mellita tenuis* por substrato arenoso e apresentando intolerância a partículas finas.

Já a diferença na densidade de *M. quinquesperforata* entre as faixas da zona de surfe da praia do Canto Verde, pode estar ligada à maior declividade do perfil praial com menor amplitude da ação da maré, dados comparados com as demais praias que apresentaram o equinoide. A área mais próxima ao entremarés recebe quase toda a energia da arrebentação, favorecendo a manutenção da espécie e criando uma região com condições favoráveis à sua permanência, provavelmente com maior disponibilidade de alimento pela ressuspensão ou

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

revolvimento do sedimento, o que pode justificar também sua maior densidade quando comparada as demais praias. Esta praia foi classificada como refletiva, fator que contribuiria, segundo Tavares e Borzone (1998), para a presença da espécie em uma extensão bem definida, com adultos, recrutas e juvenis juntos, situação igualmente observada na referida praia, apresentando ainda, a agregação dos indivíduos, que confirma a condição ambiental em uma área definida. Borzone *et al.* (1998) também observaram que a distribuição da espécie em perfis refletivos ocorre próximo a área intermareal, o que apoia a diferença na densidade ligada a faixa/zona 1 de coleta.

A baixa densidade de *M. quinquiesperforata* na praia do Diogo pode estar relacionada a presença de grãos maiores, verificados ao longo de toda a face praial, e com areia média na área mais próxima ao entremarés. Bensi, Marinho e Maia (2005), observaram que nesta praia as correntes atuantes geram o transporte de sedimentos para o lado oeste e por isso ocorre a presença de grãos maiores. A explicação para a diminuição da densidade em direção a zona 2 de coleta pode ser a mesma para a praia de Majorlândia, sendo que a área fica atrás da arrebenção, com menor turbulência, deposição de material fino, sendo a preferência da espécie viver próxima a área de arrebenção das ondas, ou seja, zona 1 de coleta.

As praias do Iguape, Futuro e Pecém apresentaram características semelhantes segundo a presença de areia fina na zona de surfe, e valores bem próximos de altura e período de onda, no entanto, a densidade de *M. quinquiesperforata* no Iguape foi maior. Destaca-se uma maior dissipação da energia na praia do Iguape em um perfil praial mais suave do que aqueles encontrados nas praias do Futuro e Pecém. É importante informar que durante a coleta dos indivíduos na praia do Futuro haviam bancos e cavas no infralitoral, o que provavelmente dificultou a captura dos indivíduos. O aumento na altura da onda parece ter sido o principal fator influenciador na densidade da espécie nestas praias, gerando uma zona de arrebenção com características que impedem a permanência dos indivíduos no local, provavelmente pela sua retirada do sedimento. Esta ideia pode reforçar a presença da espécie na zona 2 de coleta, local atrás da arrebenção das ondas, e a mais baixa densidade observada no Pecém, com a maior altura de onda registrada.

É interessante destacar que apesar da classificação do sedimento em areia fina nas duas zonas das praias do Iguape, Futuro, Pecém e Preá, a distribuição espacial de *M. quinquiesperforata* diferiu, o que ressalta a necessidade de análise dos demais parâmetros ligados a morfodinâmica que ajudem a explicar isoladamente os modos de distribuição. Esta informação contrasta com os resultados de Swigart e Lawrence (2008) que apontam o tamanho da partícula do sedimento e a quantidade de alimento como os principais fatores

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

responsáveis por afetar o modo de distribuição dos organismos em pequena escala. Segundo os autores, embora o sedimento possa parecer homogêneo, ele pode ser heterogêneo em pequena escala, com o carbono orgânico não sendo depositado de maneira uniforme, com outras partículas orgânicas movidas por correntes e pela turbidez. Harold e Telford (1982) observaram que a quantidade de matéria orgânica no sedimento em que vive *Echinarachnius parma* varia inversamente com o tamanho da partícula do sedimento, como resultado de material não particulado para microeucariontes e bactérias adsorvidas nas partículas pequenas. Swigart e Lawrence (2008) levantaram a hipótese de que as espécies respondem mais ao alimento do que ao tamanho da partícula do sedimento e que a distribuição agregada deve ocorrer em áreas de alta qualidade nutricional dos sedimentos. Esta explicação sobre a quantidade de alimento pode sustentar a maior densidade e o modo de distribuição agregado da espécie em nas praias do Canto Verde e do Iguape, com as populações em áreas mais definidas da zona de surfe, onde, provavelmente, se concentra o suprimento alimentar. Uma maior dissipação de energia na praia do Iguape, pode ter criado uma área “ótima” para a espécie, semelhante ao observado em Canto Verde.

Com relação a diminuição e desaparecimento de *M. quinquiesperforata* em direção ao litoral oeste, percebe-se que a falta de dados ligados a morfodinâmica na praia do Preá, como dissipação de energia e declividade praias impedem um melhor entendimento da baixa densidade da espécie e do seu modo de distribuição. Na praia de Bitupitá, há quase ausência de zona de arrebentação e surfe, pela baixa altura da onda, além do aporte de grãos menores, mais finos e dispostos em perfis muito planos, confirmado por Bensi, Marinho e Maia (2005). Nas praias de Paracuru e de Flecheiras, o fator responsável pela ausência de *M. quinquiesperforata* pode estar relacionado à presença de recifes de arenito paralelos à praia que amortecem a ação das ondas e também podem impedir o assentamento das larvas da espécie no local.

Weihe e Gray (1968) reportaram que *M. quinquiesperforata* pára e reorienta sua direção quando encontra outro indivíduo; na ausência de objetos e/ou indivíduos o deslocamento é contínuo. Este comportamento poderia resultar numa distribuição aleatória, visualizada em 45% das praias analisadas no litoral cearense; mesmo assim, a espécie apresentou em duas praias o modo de distribuição agregada. Para Swigart e Lawrence (2008), três hipóteses têm sido propostas para explicar os benefícios das agregações: alimentação, resistência ao ataque do predador, e aumento do sucesso da fertilização na eliminação dos gametas. Ainda segundo os autores, as agregações são provavelmente devido uma combinação de proteção e alimentação, realizadas somente por adultos. O modo agregado nas

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

populações de *M. quinquesperforata* no litoral cearense foi composto por recrutas, juvenis, sub-adultos e adultos, nas duas praias que apresentaram as maiores densidades e que estavam em áreas definidas na zona de surfe. Esta agregação de indivíduos de diferentes faixas etárias contradiz Swigart e Lawrence (2008), e a hipótese de exclusão espacial proposta por Tavares (1996), na qual os juvenis não conseguem viver próximos aos adultos pelo alto risco de predação que sofreriam ao tentar recrutar junto aos mesmos. Destaca-se que esta agregação ocorreu em praias classificadas como intermediárias e refletivas, ambientes com maior severidade física, estabelecendo uma área definida para a distribuição, com alimento disponível, sendo provável que a agregação facilite o encontro dos gametas e indique um local ótimo para o assentamento e recrutamento, realimentando a agregação. Observa-se assim, que os fatores físicos são mais importantes no estabelecimento do padrão agregado do que as próprias interações biológicas.

A presença de adultos de *M. quinquesperforata* em todas as praias estudadas pode representar as vantagens destes indivíduos nos diversos tipos praias, com maior ou menor severidade ambiental, por sua capacidade de enterramento e maior peso corporal. Borzone (1999) sugere que as variações temporais e espaciais nos bancos de adultos de *M. quinquesperforata* influenciam fortemente a estrutura da comunidade, modulando sua população através de interações com o ambiente físico e com outros organismos. Para Swigart e Lawrence (2008), a posição e estrutura das manchas variam de acordo com sua susceptibilidade às variações ambientais. Segundo Alvarado (2008), embora agregações de ouriços-do-mar possam estar associadas com atividades reprodutivas, na maioria dos casos essas agregações parecem ser em resposta a fatores ambientais locais ou envolvidos em interações sociais. Não foi observada a influência das populações de *M. quinquesperforata* sobre a comunidade, nem foram acompanhadas as variações nos bancos de organismos, mas os diversos elementos envolvidos na distribuição de *M. quinquesperforata* no litoral cearense, como o tamanho do grão do sedimento, a altura da onda, a inclinação do perfil, ou ainda a extensão da maré, confirma a ideia de que os fatores físicos, ligados a morfodinâmica são mais importantes do que as interações como competição e predação.

Os dados obtidos no litoral cearense permitem a formulação de outras hipóteses para os diferentes modos de distribuição verificados, como a dinâmica ambiental e a capacidade de migração da espécie em questão. Segundo Barros, Borzone e Rosso (2001), alterações nas condições físicas praias podem ocorrer em poucas horas, relacionadas inclusive a variação mareal, o que ressalta a dinamicidade do ambiente praial, e a possibilidade de influenciar as populações residentes. Para McLachlan e Jaramillo (1995), fatores como o regime dos ventos,

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

ondas, correntes e marés estão sujeitos a mudanças estacionais e eventos periódicos que induzem na fauna o desenvolvimento de ritmos de atividades e comportamentos cíclicos específicos. A migração está relacionada ao fato dos organismos saírem da zona destrutiva das ondas, da turbulência excessiva, alterações no sedimento, da ação dos predadores, ou ainda, para manter as populações em locais com condições ótimas de disponibilidade de alimento. O modelo de distribuição de *M. tenuis*, estudado por Swigart e Lawrence (2008), mudou de agregado para aleatório e do aleatório para o agregado em um período de 2hs em 7 das 16 observações realizadas pelos autores. Embora não tenha sido acompanhada a migração de *M. quinquesperforata* estudada no litoral cearense, esta também pode ser uma causa para os diferentes modos de distribuição observados na zona de surfe, tendo a espécie capacidade de movimento de até 15 cm/h, referido por Findlay e White (1983), o que garante uma relativa rapidez e locomoção. Além disso, Veloso *et al.* (2006) afirmam ainda que para a maioria das espécies, oscilações sazonais na densidade das populações são normais, e são relacionadas a muitos fatores como dinâmica reprodutiva e flutuações das variáveis abióticas, fatores estes, não observados/acompanhados no litoral cearense.

Defeo e McLachlan (2005) sugeriram que a plasticidade fenotípica deve ser uma característica das espécies residentes em praias arenosas. O alto grau de variações no comportamento, ecofisiologia e morfologia, permitem aos indivíduos rapidamente se adaptarem. A plasticidade pode apresentar-se por simples mudanças em fatores ambientais, ou mesmo por gradientes latitudinais, com grande escala de variação, conduzindo um ajuste da relação fenótipo-ambiente. Eventos ambientais podem alterar modelos espaciais e temporais de abundância, enquanto os limites de distribuição de espécies praiais podem expandir e contrair ao longo do tempo, apresentando flutuações consideráveis em abundância, acompanhados de eventos de assentamento ou mortalidade em massa. Esta capacidade de se adaptar as diversas condições ambientais pode sustentar os modos de distribuição diferenciados para *M. quinquesperforata*, considerando as diferentes praias estudadas ou mesmo dentro da zona de surfe de uma mesma praia.

Os resultados obtidos no litoral cearense indicam que a distribuição de *M. quinquesperforata* é variável ou mesmo dinâmica, sendo que até variações diárias no ambiente praial podem conduzir diferentes padrões de distribuição e zonação dos organismos. Todos estes fatores ambientais estão envolvidos com aspectos da morfodinâmica praial, mas é provável que as características populacionais de *M. quinquesperforata* estejam relacionadas com um número maior de variáveis, incluindo nestas, componentes abióticos não contemplados diretamente nas fórmulas que compõem os modelos morfodinâmicos, como a

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

deriva de onda ao longo da costa cearense, correntes e ventos; e componentes bióticos, como agregação, alimentação e/ou ainda reprodução.

Conclusões

- Os estados morfodinâmicos, sozinhos, não foram capazes de explicar todas as variações na ocorrência e distribuição da espécie ao longo do litoral cearense;
- As variáveis do ambiente praial como o tamanho do grão, altura da onda, declividade do perfil e dissipação de energia, promoveram variações na densidade e distribuição das populações de *M. quinquesperforata* no litoral cearense;
- A maior densidade da espécie, na maioria das praias, concentrou-se próximo a arrebentação e turbulência gerada pela dissipação da energia das ondas;
- A distribuição da espécie *M. quinquesperforata* no litoral cearense também parece estar relacionada a interações bióticas, como agregação e migração.

Capítulo 4: Variações morfológicas interpopulacionais de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 (Echinodermata: Mellitidae) no litoral do Estado do Ceará, Brasil.

Introdução

A morfometria é o estudo da forma e sua relação com o tamanho, ou ainda sua covariação com outras variáveis; resultado da integração entre diversas respostas alométricas ao longo da ontogenia, e independente do tamanho do organismo (PERES-NETO; BIZERRIL, 1994; PERES-NETO, 1995; BOOKSTEIN, 1998; DRYDEN; MARDIA, 1998). Esta análise baseia uma variedade de estudos relacionados à origem, dimorfismo sexual, fases da vida, taxonomia (variação geográfica, variação inter e intra-táxons, adaptação e origens da adaptação relacionadas ao ambiente), convergência ecomorfológica, sequências evolutivas, questões funcionais ligadas ao tamanho em relação a limites fisiológicos, relações alométricas, além de uma discussão indireta sobre reconhecimento de espécies e seus limites (STRAUSS, 1985).

Muitos traços morfológicos aumentam com o tamanho do corpo. Contudo, os pesquisadores frequentemente distinguem as diferenças na forma de diferenças no tamanho do corpo, necessitando de algum tipo de análise estatística como correção, para a exclusão da influência do tamanho sobre a discriminação entre formas (McCOY *et al.*, 2006). Para retirar esta influência do tamanho, foram criadas algumas análises, como a análise de distorção (“shear analysis”) (HUMPHRIES *et al.*, 1981; REIS *et al.*, 1987) e a análise discriminante independente de tamanho (REIS; PESSOA; STRAUSS, 1990).

A facilidade de obtenção e comparação de dados morfométricos motivam a realização de análises ecomorfológicas. Tais análises buscam determinar a relação entre morfologia e ambiente, no sentido de testar a adaptação de determinados fenótipos, sendo que fenótipos semelhantes devem apresentar usos de habitats mais semelhantes do que o esperado ao acaso (RICKLEFS; MILES, 1994). Desse modo, a forma e o tamanho de um organismo devem caracterizar, aspectos como alimentação, uso de micro-habitat, pressão seletiva, competição e predação, visto que a morfometria é o resultado final (ao menos em um determinado momento) da evolução de um organismo (PERES-NETO, 1995). A morfometria tradicional ou multivariada é caracterizada pela aplicação de métodos multivariados a um grupo de variáveis, com o objetivo de descrever quantitativamente a morfologia e padrões na variação da forma dentro e entre grupos (BLACKITH; REYMENT, 1971; MARCUS, 1990; REYMENT, 1991; ADAMS; ROHLF; SLICE, 2004).

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Os equinodermos mostram plasticidade fenotípica, na qual variações nas condições ambientais, como temperatura, hidrodinamismo, e qualidade e quantidade de alimento, causam mudanças graduais na morfologia (EBERT, 1996). Esta plasticidade pode ser mostrada por mudanças no tamanho da lanterna de Aristóteles, variação sazonal na densidade de pedicelárias, variação no tamanho do corpo em diferentes habitats, variação no número de braços e atrofia sazonal de órgãos internos, afetando além da morfologia, parâmetros fisiológicos como taxa de crescimento e reprodução (RÉGIS, 1978; STANTON *et al.*, 1979; LAWRENCE; LANE, 1982; MARCUS, 1983; LUMINGAS, 1994; LOZANO *et al.*, 1995; TURON *et al.*, 1995; EBERT, 1996).

A família Mellitidae é composta por três gêneros de distribuição geográfica exclusiva no continente americano: *Leodia* Gray, 1851, *Encope* Agassiz, 1841 e *Mellita* Agassiz, 1841. A última revisão sistemática do gênero *Mellita*, realizada por Harold e Telford (1990), reconheceu sete espécies, das quais três possuem distribuição na costa Atlântica: *Mellita isometra* Harold e Telford, 1990, que ocorre de Nantucket até a Flórida, Estados Unidos; *Mellita tenuis* Clark, 1940, do sudeste da Flórida ao oeste da Louisiana, nos Estados Unidos; e *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778, ao longo de toda a costa leste tropical e subtropical do continente americano, do delta do Mississippi, América Central até o sul do Brasil.

A morfologia de espécies de equinoides irregulares, especialmente do gênero *Mellita* tem sido estudada através de abordagens funcionais, ontogênicas e evolutivas. Estas espécies possuem uma morfologia rígida na sua carapaça, margens bem definidas e características marcantes, como lúnulas, sulcos alimentares e petaloides, que podem ser facilmente identificados. Neste sentido, técnicas morfométricas são utilizadas para comparar variações morfológicas entre populações (HAROLD; TELFORD, 1990). Alguns estudos morfométricos foram realizados em equinoides, considerando a função das lúnulas em relação ao hidrodinamismo, crescimento, desenvolvimento, ontogenia e evolução em *M. isometra* (ALEXANDER; GHIOLD, 1980; TELFORD, 1981; TELFORD; HAROLD, 1982, TELFORD, 1988); além da relação entre as dimensões de pódios e o tamanho das partículas capturadas durante o processo de alimentação para *M. isometra* e *Leodia sexiesperforata* (TELFORD; MOOI, 1986). Aspectos morfológicos de *M. quinquiesperforata* segundo diferenças na morfodinâmica praial, foram estudados em praias paranaenses por Tavares (1996) e Corbani (2010).

As espécies que possuem uma ampla faixa de distribuição geográfica, como é o caso de *M. quinquiesperforata*, são boas candidatas a uma investigação exploratória de sua variação morfológica, com diferentes condições ambientais atuando sobre as populações.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

O litoral cearense apresenta pequena variação latitudinal, sujeito a um regime de mesomarsés (MORAIS *et al.*, 2006). Entretanto, segundo Bensi, Marinho e Maia, (2005), a morfologia praial é diferenciada entre a parte leste e oeste da costa do estado, sendo a primeira mais rochosa e caracterizada por um extenso tabuleiro costeiro que chega até a linha de costa com falésias e paleofalésias, e a parte oeste caracterizada por uma planície rasa, com dunas e vastas áreas de mangues. Portanto, os fatores ligados à formação, concentração e retrabalhamento dos sedimentos, relacionados ainda a outros aspectos da morfodinâmica praial, diferenciam as praias ao longo da faixa litorânea cearense. Estas diferenças ambientais podem interferir na morfometria de *M. quinquesperforata*, assim como identificado para sua ocorrência ao longo do litoral e em outras características bioecológicas da espécie, como densidade e distribuição espacial, tal como observado no capítulo 3 desta tese.

O objetivo principal deste capítulo foi analisar morfologicamente, sob a abordagem da morfometria tradicional, as populações de *M. quinquesperforata* em praias com diferente classificação morfodinâmica, ao longo do litoral do Estado do Ceará, verificando a formação de eco-fenótipos ao longo da sua distribuição.

Para este estudo foram estabelecidas as seguintes hipóteses: as praias cearenses apresentam diferentes aspectos morfodinâmicos, que influenciam diretamente a morfometria da espécie *M. quinquesperforata*; e *M. quinquesperforata* apresenta grande plasticidade adaptativa, apresentando suas características biológicas associadas a diferentes condições ambientais.

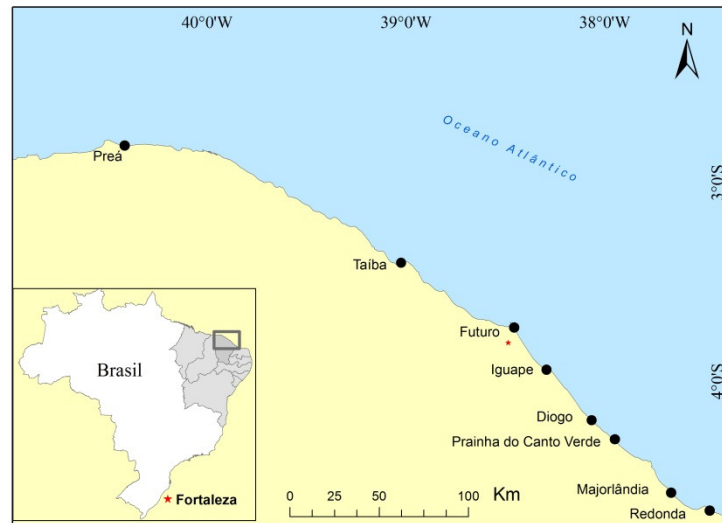
Metodologia

Área de estudo

No período entre agosto de 2010 e abril de 2011, amostragens pontuais foram realizadas nas praias do litoral leste: Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape; na cidade de Fortaleza: praia do Futuro; e no litoral oeste: praias da Taíba e Preá (Fig. 8). Na praia da Taíba (03°30,125'S; 038°54,469'W), os animais foram coletados mensalmente entre 2006 e 2007 (DIAS; 2008). Informações dos municípios onde estão localizadas as praias, pontos de georeferência e época do ano estão descritos no Capítulo 2 desta tese.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Figura 8: Localização das praias de Redonda, Majorlândia, Canto Verde, Diogo, Iguape, Futuro, Taíba e Preá, no litoral do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil.



Fonte: Elaborado por Pedro Henrique Viana Araújo no Software ArcGys.

Segundo a morfodinâmica praial, a praia do Futuro é dissipativa, Redonda e Majorlândia são ultradissipativas, enquanto que Diogo, Iguape, Taíba e Preá são classificadas como intermediárias, e prainha do Canto Verde como refletiva (valores do parâmetro ω , Dean, 1973) (Ver capítulo 2).

Coleta de *Mellita quinquesperforata* para análise morfométrica

Espécimes de *M. quinquesperforata* foram coletados na zona de surfe, por meio de arrastos perpendiculares à linha de praia, utilizando-se uma draga retangular, com dimensões de 40x15cm e malha com abertura de 5 mm entre os nós. Foram escolhidos 30 indivíduos adultos, do total coletado em cada praia. Os adultos apresentam largura superior a 40mm, correspondendo, aproximadamente, ao tamanho em que ocorre o aparecimento das gônadas e consequente desenvolvimento sexual (BORZONE *et al.*, 1997; DIAS, 2008).

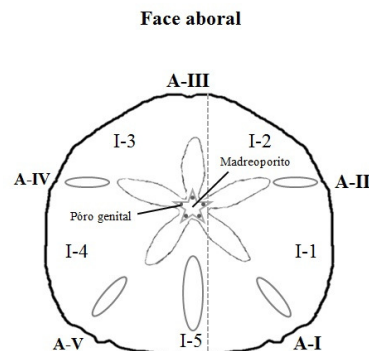
Análises morfométricas

O Sistema de Lóven (DURHAM, 1955) (Fig. 9) é utilizado como referência para a orientação e comparação do arranjo das placas de equinoides. Considerando-se o conjunto de pequenas placas presente na região aboral dos equinoides, podem-se distinguir dois conjuntos: placas genitais (que contêm o gonóporo) e placas oculares, menores e não perfuradas. Dentre as placas genitais há uma diferenciada, cheia de perfurações, chamada madreporito, utilizada

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

como ponto de referência. Assim, as placas genitais recebem números arábicos e as placas oculares são identificadas por números romanos. Partindo de uma visão aboral, a placa genital à direita do madreporito recebe o número 1. A numeração segue o sentido anti-horário. A placa ocular que se encontra à direita da placa genital 1, recebe o número I.

Figura 9: Sistema de orientação de Lóven para *M. quinquiesperforata*, mostrando o eixo de simetria ântero-posterior (linha pontilhada), característico dos equinóides irregulares.



Legenda: A=áreas ambulacrais; I=áreas interambulacrais. A numeração romana é dada para as áreas ambulacrais e a numeração arábica para as áreas interambulacrais, seguindo a orientação de Lóven (modificado de DURHAM, 1955, e MARTINS, 2008). Desenho e montagem de Nertan Silva-Maia.

Nas análises morfométricas, foram considerados 33 parâmetros (Tab. 7) baseados na forma da carapaça, posições e dimensões das lúnulas e largura dos sulcos alimentares, como proposto por Harold e Telford (1990).

Tabela 7: Descrições dos parâmetros utilizados na morfometria das populações de *M. quinquiesperforata* do litoral do Estado do Ceará.

Parâmetros/medidas	Abreviaturas	Descrição
1. Comprimento da carapaça	L	Distância entre o âmbito do ambulacro III (terminação anterior) e o âmbito do interambulacro 5 (terminação posterior);
2. Largura da carapaça	W	Distância perpendicular no ponto central ao eixo ântero-posterior (longitudinal);
3-5. Comprimento ambulacral	A-I, A-II e A-III	Distância da margem do peristômio até o âmbito dos ambulacros I, II e III;
6-8. Comprimento interambulacral	I-3, I-4 e I-5	Distância da margem do peristômio até o âmbito dos interambulacros 3, 4 e 5;
9-10. Comprimento da lúnula ambulacral	ALL-IV e ALL-V	Comprimento das lúnulas presentes nos ambulacros IV e V (medida na face aboral);
11-12. Largura da lúnula ambulacral	ALW-IV e ALW-V	Largura (medida no ponto central das lúnulas) presentes nos ambulacros IV e V (medida na superfície aboral);
13-14. Posição da lúnula ambulacral	ALP-IV e ALP-V	Distância da margem adapical aboral das lúnulas presentes nos ambulacros IV e V até o centro do madreporito;
15-17. Área de drenagem III, IV e V	PD-III, PD-IV e PD-V	Distância máxima entre os canais de alimentação primários dos ambulacros III, IV e V (face oral);
18-24. Perfil longitudinal	LP1, LP2,	Espessura da testa em 7 pontos equidistantes ao longo do eixo

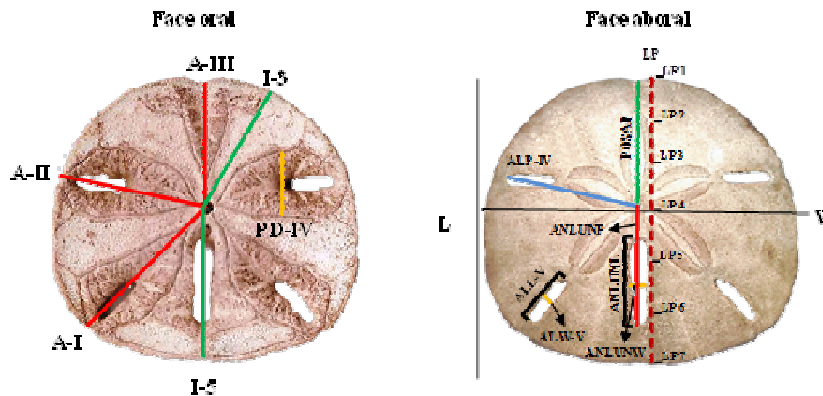
DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

	LP3, LP4, LP5, LP6 e LP7	longitudinal começando no âmbito do ambulacro III até o interambulacro 5;
25-27. Perfil transversal	TP1, TP2 e TP3	Espessura da testa em 3 pontos equidistantes, localizados no lado esquerdo da superfície aboral, iniciando-se no ponto médio do eixo longitudinal (perpendicularmente ao eixo) até o centro do animal;
28. Espessura máxima	MAXT	Espessura da testa no ponto mais vertical do eixo anteroposterior (do lado aboral ao oral);
29. Comprimento da lúnula anal	ANLUNL	Comprimento da lúnula presente no interambulacro 5;
30. Largura da lúnula anal	ANLUNW	Largura da lúnula presente no interambulacro 5;
31. Posição da lúnula anal	ANLUNP	Distância da margem adapical da lúnula abaixo do ânus até o centro do madreporito;
32. Posição do sistema apical	POSAP	Distância do centro do madreporito até o âmbito do ambulacro III;
33. Posição da espessura máxima	POSMAXT	Distância da espessura máxima até o âmbito anterior (aboral).

Fonte: Harold e Telford (1990).

A Figura 10 representa as faces oral e aboral de *M. quinquiesperforata*, onde foram realizadas as medidas morfométricas. A numeração segue o Sistema de Lóven (DURHAM, 1955). Para a realização das medidas foi utilizado um paquímetro digital da marca DIGIMESS® com 0,01mm de precisão.

Figura 10: Esquema da face oral e aboral de *M. quinquiesperforata*, com exemplos de medidas realizadas para o estudo morfométrico.



Fonte: Elaborado pelo autor. Desenho e montagem de Nertan Silva-Maia.

Análises estatísticas

Os organismos foram agrupados de acordo com os grupos morfodinâmicos classificados segundo o parâmetro de Dean (1973), ou seja, em praias dissipativas, ultradissipativas, intermediárias e refletivas. Foi obtida uma Análise de Componentes Principais (ACP) com dados transformados (log na base 10), sendo a primeira equação desta análise considerada o tamanho dos indivíduos. Posteriormente, foram realizadas regressões para cada característica separadamente em relação a primeira componente principal,

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

comparando o tamanho de cada indivíduo com o valor de cada uma das variáveis originais desse mesmo indivíduo, removendo o efeito da variação do tamanho. Os resíduos das regressões (variáveis transformadas, desconsiderando o tamanho) foram submetidos a uma análise discriminante linear (ADL), agora livre de tamanho (BOOKSTEIN *et al.*, 1985, STRAUSS, 1985; REIS; PESSOA; STRAUSS, 1990; MARTINS, 2008).

Para visualizar a separação entre as populações de praias com diferente classificação morfodinâmica, foi plotado um gráfico de associação entre os dois eixos discriminantes ou variáveis canônicas. Os testes estatísticos aqui obtidos foram baseados num nível de significância de 5%, e foram gerados através do pacote estatístico R (2013).

Resultados

A análise de componentes principais reduziu o espaço multidimensional em poucas dimensões para explicar a maior parte da variância dos dados. A primeira componente principal - PC1 explicou 81,6% da variação total, com todos os 33 caracteres apresentando coeficientes positivos e correlação positiva com todas as variáveis (Tab. 8).

Tabela 8: Coeficientes do componente principal (PC) e das variáveis canônicas (eixos discriminantes) livres de tamanho, na análise por grupos morfodinâmicos.

Variáveis	PC-1	CAN1	CAN2
L	0,421	-1.27*	1.28*
W	0,483	0.17	-0.28
A-I	0,267	0.31*	-0.30*
A-II	0,233	0.11	0.02
A-III	0,179	0.36*	-0.32*
I-3	0,204	0.08	-0.18
I-4	0,242	-0.00	0.19
I-5	0,225	0.68*	-0.33*
ALL-IV	0,082	0.20	-0.03
ALL-V	0,095	0.16	-0.00
ALW-IV	0,010	0.09	0.04
ALW-V	0,010	-0.16	0.01
ALP-IV	0,217	-0.40*	0.47*
ALP-V	0,255	-0.10	-0.00
PD-III	0,060	-0.00	0.15
PD-IV	0,101	0.18	0.29*
PD-V	0,103	0.18	-0.01
LP1	0,003	-0.00	-0.01
LP2	0,015	0.00	0.10
LP3	0,029	0.06	-0.08
LP4	0,039	0.04	0.29*

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praiar na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

LP5	0,047	-0.20	0.37*
LP6	0,042	0.21	-0.15
LP7	0,011	-0.03	-0.01
TP1	0,006	0.11	-0.03
TP2	0,023	0.09	0.14
TP3	0,034	0.17	0.04
MAXT	0,050	0.02	-0.24*
ANLUNL	0,132	-0.05	-0.31*
ANLUNW	0,012	-0.12	-0.02
ANLUNP	0,200	0.02	0.28*
POSAP	0,193	0.12	0.16
POSMAXT	0,136	0.10	0.07

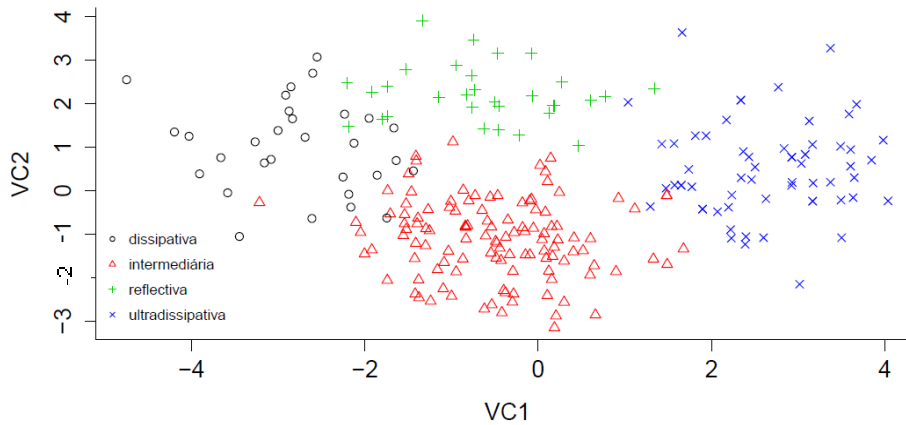
Legenda: PC-1: primeiro coeficiente principal; VC1 e VC2: variáveis canônicas; *maiores valores observados e utilizados.

A análise discriminante linear, realizada com os espécimes de *M. quinquiesperforata* por tipos morfodinâmicos, utilizando os resíduos livres do tamanho, deu origem a 3 equações, sendo VC1=55,53%; VC2=27,61% e VC3=16,86%. As duas primeiras variáveis explicaram 83,14% da variação total dos dados analisados, observando-se uma separação entre os grupos, principalmente relacionada ao comprimento e espessura da testa e características da região posterior do animal. A variável Canônica 1 (55,53%) (Tab. 9) foi associada principalmente às características: comprimento da carapaça (L), comprimento interambulacral 5 (I5), posição da lúnula IV (distância até o madreporito, ALP-IV) e comprimento dos ambulacros I e III (A-I e A-III). Observou-se, portanto, que as características ligadas à variável canônica 1 refletiram o comprimento da carapaça, a região posterior do animal, considerando o interambulacro 5, região em que está a lúnula anal, além de características da margem do indivíduo.

A variável canônica 2 (27,61%) também foi associada ao comprimento total do indivíduo (L), com a distância da lúnula IV até o madreporito (ALP-IV) e com a espessura da testa no ponto 5 (LP5) (Tab. 9). Outras medidas morfométricas importantes para a variável canônica 2 foram o comprimento interambulacral 5 (I5), comprimento dos ambulacros I e III (A-I e A-III), comprimento da lúnula anal (ANLUNL), área de drenagem do ambulacro IV (PD-IV), espessura da testa no ponto 4 (LP4), posição da lúnula anal (ANLUNP) e a espessura máxima do perfil vertical ao longo do eixo anterior/posterior (MAXT). As variáveis discriminantes foram avaliadas segundo seus valores em módulo; os sinais indicam a natureza da contribuição das variáveis na separação dos grupos. Todas as variáveis foram significativas estatisticamente. A Figura 11 refere-se à associação entre as duas primeiras variáveis canônicas.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praiar na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Figura 11: Resultado da análise discriminante linear, apresentando as duas primeiras variáveis canônicas para as medidas de *M. quinquiesperforata* nas praias classificadas segundo o tipo morfodinâmico (parâmetro de Dean).

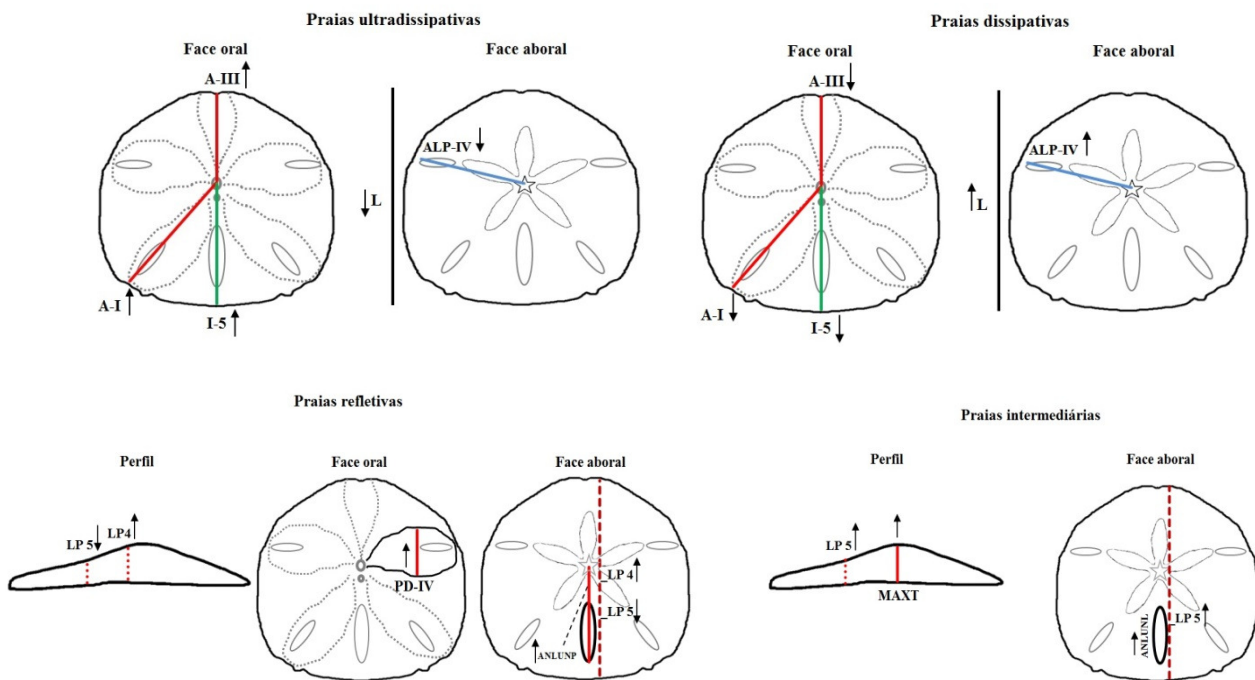


Analisando as variáveis canônicas, pode-se observar uma separação entre os indivíduos segundo a morfodinâmica das praias estudadas. Nas praias ultradissipativas, *M. quinquiesperforata* apresenta o menor comprimento da testa e do ALP-IV, e os maiores valores para o comprimento do interambulacro 5, do AI e AIII. Já os indivíduos residentes em praias dissipativas apresentam o maior comprimento da testa e do ALP-IV, enquanto o interambulacro 5, AI e AII são mais curtos (Fig. 12).

Nas praias intermediárias e refletivas *M. quinquiesperforata* têm o comprimento da testa, do interambulacro 5 e dos ambulacros I e III intermediários/médios (em relação as praias ultradissipativas e dissipativas) mas, nas praias intermediárias *M. quinquiesperforata* apresenta o maior LP5, ANLUNL e MAXT; e nas refletivas o menor LP5, e os maiores valores de ANLUNP, LP4 e PD-IV. A Figura (12) esquematiza a morfologia de *M. quinquiesperforata* nos diferentes tipos morfodinâmicos.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praiar na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

Figura 12: Esquema mostrando as diferenças na morfologia de *M. quinquiesperforata* nas praias agrupadas por tipos morfodinâmicos, classificados segundo o parâmetro Dean.



Fonte: Elaborado pelo autor. Desenho e montagem de Nertan Silva-Maia. Legenda: As setas ↑↓ indicam maior ou menor áreas/medidas.

Discussão

Segundo Hyman (1958), Tavares (1996) e Borzone *et al.*, (1997), os ouriços irregulares apresentam simetria secundariamente bilateral, com crescimento diferenciado de algumas partes do corpo, sendo que o crescimento de *M. quinquiesperforata* caracteriza-se pela mudança da forma da carapaça, apresentando inicialmente um contorno circular e transformando-se gradualmente em um contorno elíptico. Largura e comprimento da carapaça aparecem como as principais variáveis morfométricas, fortemente correlacionáveis, aumentando juntas de acordo com o desenvolvimento do organismo. Telford (1983) e Lawrence (1987) descreveram que a forma dos ouriços irregulares é funcional para o hábito de escavação superficial e que serviria para minimizar forças, como durante o arrasto pela passagem das ondas, facilitando a manutenção da posição no sedimento. No presente trabalho, também foi observado que largura e comprimento são as medidas responsáveis pela maior parte da variação dos dados (PC-1), no entanto, foram avaliados neste trabalho apenas indivíduos adultos, sem uma análise sobre o crescimento.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

As análises bioestatísticas realizadas neste estudo indicaram que as populações de *M. quinquesperforata* são morfologicamente diferentes quando considerados os tipos morfodinâmicos praias baseados no parâmetro de Dean. Nas praias ultradissipativas, Redonda e Majorlândia, a grande energia das ondas, confirmada pela alta dissipação de energia, deve estar relacionada ao menor tamanho dos indivíduos, para evitar a exposição a este fator de estresse, ou ainda como resposta ao fator. A maior área do interambulacro 5 pode estar ligada a uma maior estabilidade do animal, diminuindo o soerguimento e aumentando a permanência no ambiente. Esta parte do animal, geralmente apresenta uma menor espessura quando comparada à parte anterior, e apresenta a lúnula anal que auxiliaria na estabilidade no sedimento. Já a menor distância da lúnula IV até o madreporito indica que a lúnula está numa posição menos marginal, contribuindo para a circulação da água e alimento. Lohavanijaya (1965) indicou em seu estudo com *Echinarachnius parma* Lamarck, 1816, que esses animais desenvolvem carapaças mais largas do que compridas quando expostos a ambientes de maior energia. É provável que o mesmo ocorra com os organismos estudados em Majorlândia, sendo que o maior tamanho do ambulacro III, região anterior, pode aumentar a porção do corpo que fica enterrada e auxiliar na manutenção local.

Na praia dissipativa, praia do Futuro, os espécimes apresentaram o maior tamanho corporal, sendo que nesta praia a densidade de indivíduos foi baixa, provavelmente devido aos valores da altura da onda, próximos a 1m, o que gera maior turbulência e dificulta a permanência da espécie; além da intensa ação antrópica nesta região, confirmada por Rocha-Barreira *et al.* (2001), com consequente impacto sobre as comunidades naturais. Talvez, por isso, numa baixa densidade de indivíduos, os residentes tenham maior disponibilidade de alimento e espaço, o que contribui para um maior tamanho corporal. O menor comprimento do interambulacro 5 e do ambulacro III, pode ser compensado pelo peso do indivíduo, já que um indivíduo maior torna-se mais pesado, com maior volume das estruturas internas, e assim, naturalmente contribui para a permanência do animal no sedimento. O tamanho intermediário da espessura máxima do corpo, assim como do ponto LP5 pode contribuir para diminuir a concavidade do corpo, o que facilitaria sua manutenção no ambiente, principalmente o enterramento total do indivíduo. Confirmando esta ideia, segundo Telford (1981) e Borzone (1992/1993), o hábito escavador superficial da espécie está relacionado ao hidrodinamismo dos ambientes que habitam; eles cavam abaixo da superfície da areia com a extremidade anterior para frente e se cobrem totalmente. O movimento resulta principalmente da ação dos espinhos da superfície oral que empurram o animal para dentro da areia. Segundo Telford (1983) e Lawrence (1987), quanto menor a concavidade, maior seria a resistência do corpo

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

em locais onde houvesse grande energia de ondas como é o caso de ambientes dissipativos e ultradissipativos. Assim, também segundo Corbani (2010) para *M. quinquiesperforata*, ter uma maior altura da carapaça seria desvantajoso aos indivíduos residentes nesses locais.

Na praia refletiva, Canto Verde, o corpo dos indivíduos foi mais achatado dorso-ventralmente, apresentando a menor espessura da testa, e com tamanho das regiões anterior e posterior intermediários entre os analisados. A menor taxa de dissipação de energia, além de um maior período de onda, pode ter gerado uma região “mais favorável”, observando-se com isso, os maiores valores de densidade verificados. É importante destacar que numa maior densidade, em uma faixa estreita de ocupação, *M. quinquiesperforata* também seja influenciada pela agregação dos indivíduos, o que pode ajudar a explicar a forma mais achatada ou “simétrica” dos indivíduos que permanecem juntos em uma área definida na zona de surfe, de certo modo “protegidos”. Destaca-se também o maior valor de espessura no ponto 4, próximo ao madreporito, da distância da lúnula anal até o madreporito e da área de drenagem 4, indicando uma elevação na parte central do animal, região do madreporito, que facilitaria o movimento (descida) da água até a lúnula anal (mais marginal) e a captação do alimento. Telford (1981) e Telford e Harold (1982) afirmam que, em geral, para bolachas-da-praia, o fluxo d’água circula mais rente às áreas da carapaça que são levemente mais inclinadas e com curvaturas íngremes, com turbulências ao redor de indivíduos mais convexos, especialmente sobre a região posterior da carapaça. É provável que uma maior área de drenagem seja necessária para *M. quinquiesperforata* numa praia refletiva, como observado em Canto Verde, onde a quantidade e/ou disponibilidade de alimento deve estar ligada a pequena zona de surfe, além de uma maior competição por este alimento devido a alta densidade. Brown e McLachlan (1990) afirmaram ainda que as praias refletivas são definidas como interfaces com baixa produtividade, sustentadas por entradas de compostos orgânicos vindos do mar.

A forma do corpo de *M. quinquiesperforata* foi mais côncava e com a maior espessura da testa nas praias intermediárias do Diogo, Iguape, Taíba e Preá. Esta forma deve auxiliar os indivíduos a permanecer em ambientes com condições tão variáveis, contribuindo para aumentar a adesão ao sedimento, juntamente com uma maior lúnula anal. Corbani (2010) também observou perfis longitudinais maiores de *M. quinquiesperforata* nas praias intermediárias quando comparados aqueles das praias dissipativas, mas não conseguiu definir padrões, devido às grandes diferenças encontradas entre os indivíduos residentes nestas praias. Segundo Telford (1981) e Telford e Harold (1982), a espessura da carapaça é um caráter morfológico importante para a estabilidade do animal, impedindo seu deslocamento;

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

indivíduos muito planos e finos seriam mais facilmente desenterrados pela velocidade das correntes do que aqueles com maior espessura.

Experimentos realizados por Alexander e Ghiold (1980) demonstraram que em *M. isometra* as lúnulas crescem mais rápido do que a geometria básica da carapaça. Em geral, apresentam alometria inversa entre a largura (negativa) e o comprimento (positiva), isto é, são mais compridas do que largas. As dimensões das lúnulas parecem ser importantes para o aumento da estabilidade do animal, uma vez que Telford (1983) e Borzone *et al.*, (1997) afirmaram que essas estruturas teriam a função de diminuir a força de pressão negativa gerada quando uma corrente de água atua na superfície dorsal (côncava) do corpo, aumentando a força de resistência ao empuxo, uma vez que elas promovem um caminho para a corrente de água para baixo do animal, além de também serem importantes para o aumento da área de drenagem. Para Corbani (2010), animais com menor largura corporal apresentam a lúnula anal mais larga para servir como uma adaptação compensatória a fim de minimizar as forças de soerguimento. Embora não tenha sido pesquisado a morfometria de *M. quinquiesperforata* ao longo do crescimento, no litoral cearense, parece claro que a função das lúnulas está relacionada a maior estabilidade do animal no sedimento.

Tavares (1996) associou as características morfológicas com o estado morfodinâmico de praias do litoral do Paraná, e observou que as populações de *M. quinquiesperforata* desenvolveram distintos padrões morfométricos para cada tipo de praia. Bordos mais espessos foram encontrados somente na praia dissipativa, bordos mais finos na praia refletiva e uma espessura média na praia com características dissipativas à intermediária. Animais com maior altura da carapaça (espessura máxima) ocorreram somente na praia refletiva, enquanto que nas praias de maior energia ambiental (intermediária/dissipativa) essa concavidade foi menor. Foram descritas lúnulas ambulacrais mais largas e lúnula anal com maior comprimento para os animais da praia dissipativa em oposição a lúnulas ambulacrais mais estreitas e lúnula anal menos extensa para os indivíduos da praia refletiva. Corbani (2010), estudando a morfometria de *M. quinquiesperforata* em praias paranaenses, encontrou valores extremos das dimensões corporais totais, como largura e comprimento, mesmo em locais com regimes de energia semelhantes. No estudo realizado no litoral cearense, as variáveis morfológicas de *M. quinquiesperforata* ligadas à separação morfodinâmica foram diferentes das encontradas por Tavares (1996). Destaca-se que Tavares (1996) baseou sua análise na Análise de Componentes Principais, o que neste estudo, serviu para o processo de transformação dos dados, na retirada da influência do tamanho das amostras, conforme Reis, Pessoa e Strauss (1990) e Martins (2008). Além da diferença na escolha do método de análise, maiores discussões precisam ser

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

feitas sobre a classificação morfodinâmica praial submetida a diferentes regimes de marés, para que os estudos apresentados possam ser melhor comparados. Ainda assim, estamos discutindo praias de diferentes latitudes e padrões climáticos. O litoral do Ceará estudado é modificado por marés, sendo que as condições mais variáveis referem-se às condições apresentadas pelo ambiente a partir do parâmetro de Dean, baseado nas características de onda e sedimento. O que é evidente, neste estudo, é que pequenas variações ambientais, até mesmo um único parâmetro, podem promover modificações na morfologia de *M. quinquesperforata*, confirmando sua plasticidade fenotípica.

Defeo e McLachlan (2005) sugeriram que plasticidade fenotípica deve ser uma característica das espécies residentes em praias arenosas. O alto grau de variações no comportamento, ecofisiologia e morfologia, permitem aos indivíduos rapidamente se adaptarem. A plasticidade pode conduzir um ajuste da relação fenótipo-ambiente. Eventos ambientais podem alterar modelos espaciais e temporais de abundância, enquanto os limites de distribuição de espécies podem expandir e contrair ao longo do tempo, apresentando flutuações consideráveis, o que pode promover uma mudança na biometria de *M. quinquesperforata*, exposta a diferentes condições praiais.

As variações morfométricas encontradas nos indivíduos de *M. quinquesperforata* parecem ter sido desenvolvidas como adaptações para a sobrevivência em praias com diferentes condições/estados morfodinâmicos, observando-se que a morfometria não é um processo rápido, mas uma resposta de longo prazo, submetida a situações contínuas ao longo do tempo, que segundo Peres-Neto (1995) é o resultado final de sua evolução, ao menos em um determinado momento. A plasticidade fenotípica verificada pelos distintos padrões morfométricos desenvolvidos pela espécie parece ser o resultado da sua grande capacidade na exploração de diferentes habitats, influenciados muitas vezes por um único parâmetro, como alta dissipação de energia ou maior altura da onda. Reitera-se que maiores discussões precisam ser feitas sobre os modelos de classificação morfodinâmica praial com diferentes regimes de marés, para que a espécie *M. quinquesperforata* possa ser testada como indicadora do estado morfodinâmico, utilizando como base sua morfometria corporal de forma mais acurada.

Conclusões

- Foram observadas variações morfométricas nas populações de *M. quinquiesperforata* estudadas no litoral cearense;
- As características morfodinâmicas foram responsáveis pela diferenciação morfométrica das populações de *M. quinquiesperforata*, sobretudo em relação ao comprimento e espessura da testa, e características da região posterior do animal;
- É necessário conhecer outros fatores físicos, ou observar modificações nos parâmetros morfodinâmicos já estabelecidos, para observar a variação morfológica da espécie *M. quinquiesperforata* ao longo de sua distribuição;
- Confirmou-se mais uma vez, a plasticidade fenotípica de *M. quinquiesperforata*, apresentando modificações na morfologia corporal relacionadas a morfodinâmica praial.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

As praias arenosas abrigam uma biodiversidade única, mas estão sujeitas e ameaçadas por diversos tipos de impactos, apresentando-se, como áreas vulneráveis. Evidencia-se, portanto, a necessidade de se conhecer mais estes ecossistemas, na perspectiva de monitorar/acompanhar as transformações e conservar as características físicas e a informação genética dos organismos residentes.

Há uma busca constante de organismos que possam caracterizar as praias arenosas, indicando também a qualidade destes ambientes, e a necessidade de conservação e gestão. O equinóide irregular *Mellita quinquesperforata* pode ajudar na compreensão das praias arenosas da costa atlântica, considerando sua ampla distribuição, a facilidade em realizar sua coleta, sua dependência de um conjunto de fatores físicos/ambientais para ocorrer, pertencendo a uma área relativamente definida no ambiente praial, geralmente a zona de surfe, e sua sensibilidade às mudanças nos recursos abióticos, como sua diminuição em locais com granulometria muito fina. Além disso, a espécie mantém relações com outros indivíduos do ecossistema, e segundo a literatura, modula e estrutura as comunidades onde reside.

Os estudos publicados com a espécie antes da década de 90, referiam-se, na verdade, as espécies distintas, *M. tenuis* e *M. isometra*, o que nos remete a necessidade de maiores estudos de seus aspectos bioecológicos na tentativa de caracterizar os diversos tipos de praias que *M. quinquesperforata* ocupa e compreender suas diversas respostas às mudanças no ambiente, além de suas relações com outras espécies.

As praias analisadas no litoral do Ceará são ambientes de mesomaráis, e apresentaram características morfodinâmicas diferentes, seguindo distintos modelos de classificação. Os vários modelos propostos foram criados na expectativa de atender a grande variação natural destes ambientes. Sugere-se a partir dos resultados obtidos, que os índices sejam combinados, buscando utilizar na classificação destes ambientes o maior número de variáveis ambientais possíveis, até mesmo observando outros aspectos que não estão contemplados nos modelos atualmente utilizados, reforçando a importância de fatores locais.

A classificação em estágios morfodinâmicos não foi suficiente, como modelos estabelecidos, para explicar todas as variações na ocorrência e distribuição da espécie ao longo do litoral cearense, sendo identificadas algumas variáveis do ambiente praial como o tamanho do grão, altura da onda, declividade do perfil e dissipação de energia, responsáveis por promover variações na densidade e distribuição das populações de *M. quinquesperforata*. Mesmo considerando que a distribuição da espécie pode estar relacionada a interações

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

biológicas, como agregação e migração, observou-se que estas estão condicionadas às mudanças no ambiente físico. Além de influenciar a distribuição, as características morfodinâmicas das praias cearenses contribuíram para as variações morfométricas exibidas pelas populações de *M. quinquesperforata*, indicando que existem variações fenotípicas como resposta a diferentes condições ambientais.

M. quinquesperforata apresentou modificações em vários atributos populacionais relacionados a morfodinâmica praial e interações ecológicas, mas sugere-se também estudos que possam definir padrões morfodinâmicos em praias com diferentes extensões de influência mareal, em latitudes diferentes, a fim de verificar correlações mais fidedignas das respostas de seus organismos residentes. O estudo de *M. quinquesperforata* deve ser abordado de forma integrada com outros organismos, e pode ser extrapolado para promover pesquisas que relacionem a capacidade da espécie de responder ao estresse local provocado por atividades humanas, suas respostas aos distúrbios, e mudanças ao longo do tempo.

Considerando a Hipótese do Habitat Severo (DEFEO *et al.*, 2001, 2003), de que nas praias arenosas as comunidades são influenciadas principalmente pelas características físicas, o equinóide *M. quinquesperforata* pode ajudar a caracterizar o estado morfodinâmico praial, podendo sua presença/ocorrência ser utilizada para definir o tamanho/tipo do grão que compõem o sedimento, além de suas variações morfométricas. Embora a distribuição esteja ligada a aspectos morfodinâmicos, esta característica pode mudar mais facilmente como resposta quase imediata as alterações ambientais, enquanto que a morfometria, por se tratar de uma resposta de longo prazo, pode refletir um padrão ou estado morfodinâmico praial predominante.

Diante do que foi apresentado, reitera-se a necessidade de observar e monitorar os espaços ocupados por *M. quinquesperforata*, para um maior entendimento da complexidade da zona de surfe e da estrutura das comunidades de praias arenosas atlânticas.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

REFERÊNCIAS

ADAMS, D. C.; ROHLF, F. J.; SLICE, D. E. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. **Ital. J. Zool.**, n. 71, p. 5-16, 2004.

ALBINO, J. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das Praias de Bicanga a Povoação, ES.** 1999.145f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar). Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 1999.

ALBUQUERQUE, M. G.; CALLIARI, L. J.; CORRÊA, I. C. S.; PINHEIRO, L. de S. Morfodinâmica da praia do Futuro, Fortaleza-CE: uma síntese de dois anos de estudo. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.1, n.2, p.49-57, 2009.

ALEXANDER, D. E.; GHIOLD, J. The functional significance of the lunules in the sand dollar *Mellita quinquesperforata*. **Biological Bulletin**, n.159, p.561-570, 1980.

ALVARADO, J. J. Seasonal Occurrence and Aggregation Behavior of the Sea Urchin *Astropyga pulvinata* (Echinodermata: Echinoidea) in Bahía Culebra, Costa Rica. **Pacific Science**, v.62, n.4, p.579-592, 2008.

ALVES, M. A. M; EL-ROBRINI, M. Morphodynamics of a macrotidal beach: Ajuruteua, Bragança North Brazil. **Journal of Coastal Research**, n.39, p.949-951, 2004.

ARAÚJO, P. H. V. DE; 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.

BASCOM, W. N. The relationship between sand-size and beach face slope. **American Geophysical Union.**, USA, n. 32, p. 866-874, 1951.

BELL, B. M.; FREY, R. W. Observation on ecology and the feeding and burrowing mechanisms on *Mellita quinquesperforata*. **Journal of Paleontology**, n. 43, p.553-560, 1969.

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, Ceará, Brasil, Ottobre, 2005. Fortaleza, CONBEP, p.802-815, 2005.

BERRIBILI, M. P.; KLEIN, A. H. F.; MENEZES, J. T. Riscos associados ao banho de mar. Estudo de caso da praia do Atalai, SC. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 7, p.97-105, 2007.

BERRILL, N. J.; BERRILL, J. **1001 questions answered about the sea.** Dodd, Mead and Co.: New York. 1957. 305 pp.

- DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.
- BIRKEMEIER, W. A. **A User's guide to ISRP**: The interactive survey reduction program. Instructions Report 114p.,CERC 84-11. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Stations, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, MS, U.S.A, 1985.
- BLACKITH, R.; REYMENT, R. A. **Multivariate morphometrics**. Academic Press: New York. 1971. 258 pp.
- BOOKSTEIN, F. L. A hundred years of morfometrics. **Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, n. 44, p.7-59, 1998.
- BOOKSTEIN, F. L.; CHERNOFF, B.; ELDER, R. L.; HUMPHRIES JR., J. M.; SMITH, G. R.; STRAUSS, R. E. **Morphometrics in evolutionary biology** – The geometry of size and shape change with examples from fishes. The Academy of Natural Science of Philadelphia, Special Publications, n. 15, 1985.
- BORZONE, C. A. Spatial distribution and growth of *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778) on a sandy beach of southern Brazil. **Nerítica**, Curitiba, v.7, n.1-2, p. 87-100, 1992/1993.
- BORZONE, C. A. Influence of *Mellita quinquesperforata* beds on the structure of subtidal benthic communities of sandy beaches. In: CARNEVALI, M. D. C.; BONASORO, F.(Eds). **Proceedings of the 5th European Conference of Echinoderms**. Balkema, Rotterdam, p.433-438, 1999.
- BORZONE, C. A.; GIANUCA, N. M. **A zonação infralitoral em praias arenosas expostas**. In: ACIESP (Eds). SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, São Paulo, v.3, n. 2, p.280-296, 1990.
- BORZONE, C. A.; TAVARES, Y. A. G.; BARROS Jr., F. C. R. Beach morphodynamics and distribution of *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 on sandy beaches of southern Brazil. In: MOOI, R.; TELFORD, M. (Eds). **Proceedings of the 9th International Conference of Echinoderms**. Balkema, Rotterdam, p. 581-586, 1998.
- BORZONE, C. A.; TAVARES, Y. A. G.; SOARES, C. R. Adaptação morfológica de *Mellita quinquesperforata* (CLYPEASTEROIDA, MELLITIDAE) para explorar ambientes com alto hidrodinamismo. **Iheringia**, Ser. Zool., Porto Alegre, n.82, p.33-42, 1997.
- BRANCO, M. P. N. C.; LEHUGEUR, L. G. O.; CAMPOS, J. E. G.; NOGUEIRA, S. R. P. 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.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2. ed. Dubique: Win. C. Brown Publishers, 1977. 226pp.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

BROWN, A. C.; McLACHLAN, A. **Ecology of sandy shores**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. 1990. 328pp.

CALLIARI, L. J.; KLEIN, A. H. F. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas**, v.20, n.1, p.48-56, 1993.

CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JR, E. Morfodinâmica praias: uma breve revisão (Beach morphodynamics: a brief review). **Revista brasileira de oceanografia**. n. 51, p.63-78, 2003.

CARVALHO, M. P. **Fatores meteorológicos, oceanográficos, morfodinâmicos, geológicos e urbanos relacionados a incidência de afogamentos nas praias da costa atlântica de Salvador**. 2002. 167f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, 2002.

CHAPMAN, M. G.; TOLHURST, T. J.; MURPHY, R. J.; UNDERWOOD, A. J. Complex and inconsistent patterns of variation in benthos, micro-algae and sediment over multiple spatial scales. **Marine Ecology Progress Series**. n. 398, p.33-47, 2010.

CHEN, C. P.; CHEN, B. Y. Diverticulum sand in a miniature sand dollar *Sinaechinocyamus mai* (Echinodermata: Echinoidea). **Marine Biology**, Berlin, n.119, p.605-609, 1994.

CHIA, F. S. Selection, storage and elimination of heavy sand particles by the juvenile sand dollar, *Dendraster excentricus* (Eschscholtz). In: BALKEMA, A. A. (Ed.) **Proceedings of the 5th International Conference of Echinoderms**. Galway, p.215-221. 1984.

CORBANI, F. F. L. **Estudo morfométrico do equinóide irregular *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 na costa paranaense**. 2010. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Estadual do Paraná, UNESPAR/FAFIPAR, Paranaguá. 2010.

CORBANI, F. F. L.; TAVARES, Y.A.G.; LOPES, P.R.; BORZONE, C.A.; ROSA, L. C. R. 2007. Análise morfométrica de *Mellita quinquesperforata* (Echinodermata: Echinoidea: Clypeasteroidea) na costa paranaense. RESUMOS....XII Congresso Ciências do Mar, 2007.

DAVENPORT, J.; DAVENPORT, J. L. The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: a review. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** n. 67, p.280-292, 2006.

DAVIS JR., R. A.; FOX W. T. Coastal processes and nearshore sand bars. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.42, n.2, p.401-412, 1972.

DEAN, R. G. Heuristic models of sand transport in the surf zone. **Proceedings of the International Conference on Coastal Engineering Dynamics in the Surf Zone**, Sidney, N.S.W., 1973.

DEFEO, O.; GOMEZ, J.; LERCARI, D. Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. **Marine Ecology Progress Series**, n. 212, p.159-170, 2001.

DEFEO, O.; LERCARI, D.; GOMEZ, J. The role of morphodynamics in structuring sandy beach populations and communities: what should be expected? **Journal of Coastal Research**, n.35, p.352-362, 2003.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

DEFEO, O.; McLACHLAN, A. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multiscale analysis. **Marine Ecology Progress Series**, n.295, p.1–20, 2005.

DIAS, I. C. C. M. **Biologia populacional de *Mellita quinquesperforata* Leske (1778) (Echinodermata: Clypeasteroidea: Mellitidae) na praia da Taíba, Ceará, Brasil.** 2008. 155f. Dissertação. (Ciências Marinhas Tropicais). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

DIAS, I. C. C. M.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Caracterização histomorfológica da gônada feminina de *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778) (ECHINODERMATA: CLYPEASTEROIDEA: MELLITIDAE). In: RESUMOS....**XVI Encontro de Zoologia do Nordeste** (EZN), Garanhuns, 2007.

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.

DRYDEN, I.; MARDIA, K. **Statistical shape analysis**. Chichester: John Wiley and Sons. 1998. 356pp.

DUANE, D. B. Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina. **J. Sed. Petrol.**, v.34, p.864-874, 1964.

DURHAM, J. W. Classification of clypeasteroid echinoids. **University of California**, v.31, n.4, p.73-198, 1955.

EBERT, T. A. Adaptive aspects of phenotypic plasticity in echinoderms. **Oceanologica Acta**, v.19, n.3-4, p.347-355, 1996.

FINDLAY, R. H.; WHITE, D. C. The effects of feeding by the sand dollar *Mellita quinquesperforata* (Leske) on the benthic microbial community. **J. Exp. Mar. Ecol.**, v.72, n.1, p. 25-41, 1983.

FOX, W.T.; DAVIS, R.A. Simulation model for storm cycles and beach erosion on lake Michigan. **Geological Society of America Bulletin**, v. 84, n. 5, p.1769-1790, 1974.

FREIRE, G. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M. **A cobertura sedimentar quaternária da plataforma continental do estado do Ceará.** Fortaleza. Departamento Nacional de Produção Mineral, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Ceará, Brasil. 40p., 1998.

GALLUCCI, F.; NETTO, S. A. Effects of the passage of cold fronts over a coastal site: an ecosystem approach. **Marine Ecology Progress Series**, n. 281, p.79-92, 2004.

GALVIN Jr, C. J. Breaker type classification on three laboratory beaches. **Journal of Geophysical Research**, v.73, n.12, p.3651-3659, 1968.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

GHIOLD, J. Spine morphology and its significance in feeding and burrowing in the sand dollar, *Mellita quinquiesperforata* (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA). **Bull. Mar. Sci.**, v.29, n.4, p.481-490, 1979.

GONDIM, A. I.; LACOUTH, P.; ALONSO, C.; MANSO, C. L. C. Echinodermata da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Biota Neotropica**, v.8, n.2, p.151-159, 2008.

GROSSI-HIJO, C.A. **Macrofauna bentônica da zona de arrebentação da praia da Lagoinha, município de Paraipaba, Ceará, Brasil.** 2007. 56f. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

GROSSI-HIJO, C.A.; VIANA, M.G.; ROCHA-BARREIRA, C.A. Distribuição vertical da macrofauna bentônica na faixa entremarés e zona de arrebentação da praia do Mundaú, Município de Trairi, Ceará, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 15., 2005, Fortaleza. **Anais.....** Fortaleza, p. 816-830, 2005.

HACKING, N. **Sandy beach macrofauna of eastern Australia:** a geographical comparison. 1997. 292f. Tese (Doutorado). University of New England, Armidale, Australia, 1997.

HAROLD, A. S.; TELFORD, M. Systematics, phylogeny and biogeography of the genus *Mellita* (Echinoidea: Clyasteroidea). **Journal of Natural History**, London, v. 24, p.987-1026, 1990.

HAROLD, A. S.; TELFORD, M. Substrate preference and distribution of the northern sand dollar *Echinarachnius parma* (Lamarck). **Proc. Int. Echinoderm Conf. Tampa Bay** (1981), p.243-249, 1982.

HEWITT, J. E.; THRUSH, S. F.; LEGENDRE, P.; CUMMINGS, V. J.; NORKKO, A. Integrating heterogeneity across spatial scales: interactions between *Atrina zelandica* and benthic macrofauna. **Marine Ecology Progress Series**, v. 239, p.115-128, 2002.

HOEFEL, F. G., KLEIN, A. H. F. Environmental and social decision factors of beach safety in the central northern coast of Santa Catarina, Brazil. **Notas Téc. FACIMAR**, n. 2, p.155-166, 1998.

HOEFEL, F.G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas:** uma revisão bibliográfica. Itajaí: Editora Univali, 1998. 92pp.

HUMPHRIES, J. M.; BOOKSTEIN, F.; CHERNOFF, B.; SMITH, G. R. R.; ELDER; POSS, S. G. Multivariate discrimination by shape in relation to size. **Syst. Zool.**, n. 30, p. 291-308, 1981.

HYMAN, L. Notes on the biology of the five-lunuled sand dollar. **Biological Bulletin**, v.1, n.4, p. 54-56, 1958.

JARAMILLO, E.; DUARTE, C., CONTRERAS, H. Sandy beach macroinfauna from the coast of Ancud, Isla de Chiloe, Southern Chile. **Revista Chilena de Historia Natural**, v.73, p. 771-786, 2000.

- DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.
- KENNETT, J. P. **Marine Geology**. USA: Prentice-Hall Inc., 1982.
- KLEIN, A. H. F.; SANTANA, G. G.; DIEHL, F. L.; MENEZES, J. T. Analysis of hazards associated with sea bathing: results of the five years work in oceanic beaches of Santa Catarina state, southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, n. 35, p.107-116, 2003.
- LAITANO, K. S.; GONÇALVES, C.; RESGALLA JR, C. Viabilidade do uso da Bolacha-do-mar *Mellita quinquiesperforata* como organismo teste. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol.**, v. 3, n. 1, p. 9-14, 2008.
- LANE, J. E. M.; LAWRENCE, J. M. Seasonal variation in body growth, density and distribution of a population of sand dollars, *Mellita quinquiesperforata* (Leske). **Bull. Mar. Sci.**, v. 30, n.4, p.871-882, 1980.
- LAWRENCE, J. **A Functional Biology of Echinoderms**. The John Hopkins University Press, Baltimore, 1987. 340pp.
- LAWRENCE, J. M.; LANE, J. The utilization of nutrients by post metamorphic echinoderms. *In*: JANGOUX, M. & LAWRENCE, J.M. (eds.). **Echinoderm nutrition**. A.A.Balkema, Rotterdam, p. 331-371, 1982.
- LIMA, E. J. B; FERNANDES, M. L. B. Diversidade de equinodermos (Echinodermata) no Estado de Pernambuco (Brasil). **Revista Brasileira de Zoociências**. v.11, n.1, p.55- 63, 2009.
- LIMA-VERDE, J. S. Primeira contribuição ao inventário dos equinodermos do Nordeste brasileiro. **Arquivos de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará**, v.9, n.1, p.9-13, 1969.
- LOHAVANIJAYA, P. Variation in linear dimensions, test weight and ambulacral pores in the sand dollar, *Echinarachnius parma* (Lamarck). **Biological Bulletin**, v.128, n.3, p. 401-414, 1965.
- LOZANO, J.; GALERA, J.; LOPEZ, S.; TURON, X. MORERA, G. Biological cycles and recruitment of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. **Marine Ecology Progress Series**, n.122, p.179-191, 1995.
- LUMINGAS, L. J. L. La plasticité chez l'oursin *Sphaerechinus granularis* en rade de macrofauna. **Marine Ecology Progress Series**, n.239, p.115-128, 1994.
- MAGALHÃES, S. H. O.; MAIA, L. P. Short-term morphological characterization of beaches in Caucaia and São Gonçalo do Amarante counties, Ceará State, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, n.36, p.77-87, 2003.
- MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral**. Tese de Doutorado. Universidade de Barcelona. 1998. 256pp.
- MANSO, V. A. V.; CORRÊA, I. C. S.; GUERRA, N. C. Morfologia e Sedimentologia da Plataforma Continental Interna entre as Praias Porto de Galinhas e Campos - Litoral Sul de Pernambuco, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 30, n. 2, p.17-25, 2003.

- DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.
- MARCONDES, A. C. J. **Vulnerabilidade erosiva da praia do Nenel, Ilha Bela (Ilha do Bio), Vitória- ES.** 2005. 76f. Monografia (Graduação em Oceanografia). Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- MARCUS, L. F. Traditional morphometrics. In: **Proceedings of the Michigan morphometrics workshop.** ROHLF, F. J.; BOOKSTEIN, F. L. (eds.). University of Michigan Museum of Zoology, Ann Arbor. Special Publication, n. 2, p.77-122, 1990.
- MARCUS, N. H. Phenotypic variability in echinoderms. In: JANGOUX, M.; LAWRENCE, J. M. (eds) Echinoderms Studies, v.1. Rotterdam: A. A. Balkema, 1983. 203pp.
- MARTINS, E.S. **Desenvolvimento embrionário e larval de *Encope emarginata* (Leske, 1778) (Echinodermata: Echinoidea), e variações morfológicas interpopulacionais ao longo da costa brasileira entre 13°S e 30°S.** 2008. 120f. (Tese) Ciências Biológicas (Zoologia), Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.
- MARTINS, I. X.; MARTINS DE QUEIROZ, A. C. Echinodermos do litoral do estado do Ceará, pp.199-220. In: MATTHEWSCASCON, H.; LOTUFO, T. M. C. (Eds.). **Biota Marinha da Costa Oeste do Ceará.** Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 2006. 248pp.
- MARTINS, I. X. **Predação de *Natica marochiensis* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Gastropoda: Naticidae) da Praia de Quitéria, município de Icapuí – CE.** 1996. 150f. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1996.
- MASSELINK, G.; SHORT, A. D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research**, v.9, n.3, p.785-800, 1993.
- MATOS, E.; MATOS, P.; CORRAL, L.; AZEVEDO, C. Estrutura fina do espermatozoide de *Mellita quinquesperforata* Leske (Echinodermata) do litoral norte do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia.** v. 17, n.3, p.741-745, 2000.
- MATTHEWS-CASCON, H.; LOTUFO, T. M. DA C. 2006. **Biota Marinha da Costa Oeste do Ceará.** Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. 2006. 248pp.
- MATTHEWS-CASCON, H.; PEQUENO, A. P. L. C. Predation by young *Cassia tuberosa* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Gastropoda) on *Mellita quinquesperforata* (Clarck, 1940) (Echinodermata: Echinoidea). **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 34, n. 1/2, p. 82-84, 2001.
- MATTHEWS-CASCON, H.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; FRANKLIN-JÚNIOR, W.; DANTAS, N. P.; LOTUFO, T. M. C.; MARQUES, A. C.; MARTINS, I. X. **Biota marinha da costa oeste do Ceará - Relatório Técnico**, PROBIO (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira). Ministério do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia, 2004. 68pp.

- DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.
- McCOY, M. W.; BOLKER, B. M.; OSENBURG, C. W.; MINER, B. G.; VONESH, J. R. Size correction: comparing morphological traits among populations and environments. **Oecologia**, n.148, p.547–554, 2006.
- McLACHLAN, A.; DORVLO, A. Global Patterns in Sandy Beach Macrobenthic Communities. **Journal of Coastal Research**, v.4, n. 21, p.674–687, 2005.
- McLACHLAN A., ERASMUS, T. (eds.). **Sandy beaches as ecosystems**. Dr. W. Junk Publishers: 1983.
- McLACHLAN, A.; JARAMILLO, E. Zonation on Sandy beaches. **Oceanography and Marine Biology: an annual review**. n.33, p.305-335, 1995.
- McLACHLAN, A. **Sandy beach ecology: a review**. p. 321-381. In: McLACHLAN A., ERASMUS, T. (eds.). *Sandy beaches as ecosystems*. Dr. W. Junk Publishers: 1983.
- MELO, J. T. A.; SILVA, A. E.; SILVA, M. A.; SOUZA, L.de L.G. Estudo comparativo da ocorrência de *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778) (Echinodermata: Echinoidea) nas praias de Cotovelo e Genipabu, no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Publica**, n. 4, p. 47-57, 2008.
- MONTEIRO, D. O. **Levantamento quali-quantitativo da macrofauna bentônica da faixa intertidal da Praia do Futuro, Fortaleza-Ce**. 1997. 107f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.
- MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S.; PINHEIRO, L. S.; SOUZA, M. J. N. DE; CARVALHO, A. M.; PESSOA, P. R. S.; OLIVEIRA, S. H. M. In: MUEHE, D. (org.), **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**, n.1, p.132- 154, MMA (Ministério do Meio Ambiente), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2006.
- MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S.; SILVA, L. P. Riscos Hidrodinâmicos sazonais *versus* balneabilidade da praia do Futuro – CE. **Revista de Ciência e Tecnologia da UECE**. Fortaleza, v.3, n.2, p.59-65, 2001.
- MORRISSEY, D. J.; HOWITT, L.; UNDERWOOD, A. J.; STARK, J. . Spatial variation in soft-sediment benthos. **Mar Ecol. Prog.** n.81, p.197-204, 1992.
- MOSS, J. M.; LAWRENCE, J. M. Changes in carbohydrate, lipid and protein levels with age and season in the sand dollar *Mellita quinquesperforata* (Leske). **J.exp.mar.Biol.Ecol.**, Oldendorf, v. 8, p.225-239, 1972.
- MOURA, M. R. **Processos costeiros e evolução da ocupação nas praias do litoral oeste de Aquiraz, Ceará, entre 1970 e 2008**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará, 137p. 2009.
- MUEHE, D. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. **Revista brasileira de oceanografia**, v. 46, n.2, p.157-169, 1998.
- NIEMEIJER, D.; DE GROOT, R.S. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. **Ecological Indicators**, n.8, p.14–25, 2008.

- DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.
- NOY-MEIR, I. Structure and function of desert ecosystems. **Israel Journal of Botany**, n. 28, p.1–19, 1979.
- OWENS, E. H. Temporal variation in beach and nearshore dynamics. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 47, n.1, p. 168-190, 1977.
- PASSOS, R. C. S. **Variação Morfotextural da praia de Camburi, Vitória – Es**, após engordamento artificial. 2004. 90f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, 2004.
- PENCHASZADEH, P. E.; MOLINET, R. Population ecology of the sand dollar *Mellita quinquiesperforata latiambulacra* (Clark, 1840) on the west-central coast of Venezuela. In: DAVID, B.; GUILLE, A.; FÉRAL, J.P.; ROUL, M. (Eds). **Proceedings of the 8th International Conference of Echinoderms**. Balkema, Rotterdam, p. 827-835, 1994.
- PERES-NETO, P. R. Introdução a análises morfométricas. In: PERES-NETO, P.R.; VALENTIN, J. L.; FERNÁNDEZ, F. A. S. (eds.). **Oecologia Brasiliensis**, v. 2. Tópicos em Tratamento de Dados Biológicos, p.57-89, 1995.
- PERES-NETO, P. R.; BIZERRIL, C. R. S. F. The Jackknifing of multivariate allometric coefficient (Jolicouer 1963): a case study on allometry and morphometric variation in *Corydoras barbatus* (Quoy e Gaimard, 1824) (Siluriformes, Callichthyidae). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. n.37, p.449-454, 1994.
- PIELOU, E. C. A single mechanism to account for regular, random, and aggregated populations. **J. Ecol.**, n.48, p.575-584, 1960.
- PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; PITOMBEIRA, E. S. Caponga Shoreline Rehabilitation Assesments. **Journal of Coastal Research**, Itajaí, Special Issue, v. 35, p. 536-542, 2003.
- POMORY, C. M.; ROBBINS, B. D.; LARES, M. T. Sediment grain size preference by the sand dollar *Mellita tenuis* Clark, 1940 (Echinodermata; Echinoidea): a laboratory study. **Bulletin of Marine Science**, n.56, p. 778-783, 1995.
- PRONABIO - Programa Nacional da Biodiversidade Biológica. **Relatório técnico - Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Praias**. Série Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, 1999. 157p. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/meio/guias/sismica/refere/reltec.pdf>>. Acesso em: jan/2014.
- QUEIROZ, L. R.; ROCHA-BARREIRA, C.A. Macrofauna bentônica da Praia de Arpoeiras, Acaraú, litoral oeste do Estado do Ceará. In: ENCONTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 5., Fortaleza. **Anais....**Fortaleza, p.15-16, 2005.
- RATHBUN, R. A list of the brazilian echinoderms with notes on their distribution. **Trans. Conn. Acad. Arts Sei.** New Haven, n.5, p. 39-158, 1879.
- RAUDKIVI, A. J. **Loose boundary hydraulics**. 3 ed. Pergamon:UK, 1990. 538p.

- DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.
- REGIS, M.B., 1978. Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez deux echinoids (*Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* (L.) du golfe du Marseille. **Téthys**, v.9, n.2, p. 167-181, 1978.
- REIDENAUER, J. A. Sand dollar *Mellita quinquiesperforata* (Leske) burrow trails, sites of harpacticoid disturbance and nematode attraction. **J. Exp. Mar. Ecol.**, v.130, p.223-235, 1989.
- REIS, S. F.; CUNHA, R. A.; GARAVELLO, J. C.; ABE, A. S. Discriminação pela forma em relação ao tamanho: um exemplo com peixes do gênero *Leporinus*, **Ciência e Cultura**. n.39, p.757-761, 1987.
- REIS, S.F., PESSOA, L. M.; STRAUSS, R.E. Application of size-free canonical discriminant analysis to studies of geographic differentiation. **Revista Brasileira de Genética**, v.13, n.3, p. 509-520, 1990.
- REYMENT, R. A. **Multidimensional paleobiology**. Pergamon Press: New York, 1991.
- RICKLEFS, R. E.; MILES, D. B. **Ecological and evolutionary inferences from morphology: an ecological perspective**. In: WAINWRIGHT, P. C.; REILLY, S. M. (eds.), *Ecological Morphology. Integrative Organismal Biology*. The University of Chicago Press, Chicago. 1994.
- ROCHA-BARREIRA, C. A.; BATISTA, W. F.; MONTEIRO, D. O.; FRANKLIN-JÚNIOR, W. 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. A.; HIJO, C. A. G.; FERNANDES, D. A. O.; SILVA, H. L.; VIDAL, J. M. A.; QUEIROZ, L. R.; VIANA, M. G.; BASTOS, P. R. P. J. **Levantamento da macroinfauna bentônica de ambientes inconsolidados – faixa entre-marés de praias arenosas**. Zoneamento Ecológico e Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará. Relatório Técnico- SEMACE/FCPC/LABOMAR-UFC. 2005.126p.
- ROCHA-BARREIRA, C. A.; MONTEIRO, D. O.; FRANKLIN-JÚNIOR, W. Macrofauna bentônica da faixa entremarés da praia do Futuro, Fortaleza, Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, n.34, p. 23-38, 2001.
- ROSA, L. C.; BORZONE, C. A. Uma abordagem morfodinâmica na caracterização física de praias estuarinas da Baía de Paranaguá, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n.2, p.237-245, 2008.
- SCHLACHER, T. A.; DUGAN, J.; SCHOEMAN, D. S.; LASTRA, M.; JONES, A.; SCAPINI, F.; McLACHLAN, A.; DEFEO, O. Sandy beaches at the brink. **Divers. Distrib.** n. 13, p. 556-560, 2007.
- SCHLACHER, T. A.; SCHOEMAN, D. S.; DUGAN, J. E.; LASTRA, M.; JONES, A.; SCAPINI, F.; McLACHLAN, A. Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. **Marine Ecology**. n. 29, p.70–90, 2008.

- DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.
- SCHLACHER, T.A.; SCHOEMAN, D. S.; LASTRA, M.; JONES, A.; DUGAN, J.; SCAPINI, F.; McLACHLAN, A. Neglected ecosystems bear the brunt of change. **Ethol. Ecol. Evol.** n.18, p.349–351, 2006.
- SEINFRA. **Atlas do Potencial Eólico do Estado do Ceará**. 94p. Secretaria da Infraestrutura (SEINFRA), Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em: <<http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/downloads/category/6-nergia?download=16%3Ap>>. 2001.
- SHORT, A. D. Beach hazards and safety. In: Short A.D. (ed). **Handbook of Beach Shoreface Morphodynamics**, pp.293-303, John Wiley & Sons: New York, U.S.A, 1999.
- SHORT, A. D. Macro–meso tidal beach morphodynamics – An overview. **Journal of Coastal Research**, n.7, p.417-436, 1991.
- SHORT, A. D. The role of wave height, slope, tide range and embaymentisation in beach classification: a review. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 69, p. 589–604, 1996.
- SHORT, A. D.; WRIGHT, L. D. Physical variability of sandy beaches. In: McLACHLAN, A.; ERASMUS, T. (ed.). **Sandy beaches as ecosystems: 1st International Symposium on Sandy Beaches**, South Africa, p.17-21, 1983.
- SILVA, P. R. F. G.; LEHUGEUR, L. G. O; FONTELES, H. R. N.; SILVA, J. G. Estudo morfodinâmico da praia do futuro, município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, n.33, p.149-156, 2000.
- SMITH, A. L. Comparison of macrofaunal invertebrates in sand dollar (*Dendraster excentricus*) beds and in areas free of sand dollars. **Marine Biology**, n.65, p.191-198, 1981.
- SOARES, A.G. **Sandy beach morphodynamics and macrobenthic communities in temperate, subtropical and tropical regions**—a macroecological approach. 2003. 152f. Tese (Doutorado) University of Port Elizabeth, Port Elizabeth, South Africa, 2003.
- SONU, C. J. Three–dimensional beach changes. **Journal of Geology**, v.87, n.5, p.42-64, 1973.
- SOUZA, J. R. B.; GIANUCA, N. M. Zonation and seasonal variation of the intertidal macrofauna on a sandy beach of Parana state, Brasil. **Sci. Mar.**, v.59, n.2, p.103-111, 1995.
- SOUZA, J. R. B. **Produção secundária da macrofauna bentônica da praia da Atami -PR**. 1998.129f. Tese (Dissertação em Zoologia) - Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- SOUZA, P. H. G. O. *et al.* Processos Erosivos e Balanço Sedimentológico na Praia de Paracuru – Ceará – Brasil. Anais **VI Simpósio Brasileiro de Geomorfologia**. Goiânia – GO. 2006.
- STANTON, K.; FLOWERS, C.; KUHT, P.; MILLER, R.; SMITH, C. **Teaching compensation of Left neglect through a language** – oriented. Program. Paper presented at the Annual American Speech and Hearing Association Convention, Atlanta, 1979.

- DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.
- STEIMLE, F.N. Population dynamics, growth and production estimates for the sand dollar *Echinarachnius parma*. **Fish. Bull.**, v.88, n.1, p. 179-189, 1989.
- STRAUSS, R. E. Static allometry and variation in body form in the South American catfish genus *Corydoras* (Callichthyidae). **Systematic Zoology**, v. 34, p.381-396, 1985.
- SUGUIO, K. Tópicos em Geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas. **Revista do Instituto de Geociências**, n. 1, p.1-40, USP, São Paulo, Brasil, 2003.
- SWIGART, J. P.; LAWRENCE, J. M. Small-scale distribution of sand dollars *Mellita tenuis* and *Encope michelini* (Clypeasteroidea, Echinodermata) off the Central Florida Gulf Coast. **Gulf of Mexico Science**, n.1, p. 46-56, 2008.
- TAVARES, Y. A. G.; BORZONE, C. A. General features of population dynamics of the sand dollar *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778) in southern Brazilian sandy beaches In: MOOI, R.; TELFORD, M. (Eds). **Proceedings of the 9th International Conference of Echinoderms**. Balkema, Rotterdam, p.837-842, 1998.
- TAVARES, Y. A. G.; BORZONE, C. A. Reproductive cycle of *Mellita quinquesperforata* (Leske) (Echinodermata, Echinoidea) in two contrasting beach environments. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.23, n.2, p.573-580, 2006.
- TAVARES, Y. A. G. **Ecologia populacional de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 (Echinodermata: Echinoidea: Clypeasteroidea) em diferentes praias do litoral do Paraná, Brasil**. 1996. 191f. Dissertação (Mestrado em Zoologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.
- TELFORD, M. A hydrodynamic interpretation of sand dollar morphology. **Bull.mar. Sci.**, Florida, v.31, n.3, p.605-622, 1981.
- TELFORD, M. An experimental analysis of lunule function in the sand dollar *Mellita quinquesperforata*. **Marine Biology**, v. 76, p. 125-134, 1983.
- TELFORD, M.; HAROLD, A. S. Lift, drag and camber in the northern sand dollar, *Echinarachnius parma*. In *Echinoderms: Proceedings of the International Conference*, Tampa Bay, LAWRENCE, J. (ed.) A.A. Balkema, Rotterdam, p. 235-241, 1982.
- TELFORD, M.; MOOI, R. Resource partitioning by sand dollars in carbonate and siliceous sediments: evidence from podial and particle dimensions. **Biological Bulletin**, v. 171, p. 197-207, 1986.
- TELFORD, M.; MOOI, R.; ELLERS, O. A new model of podial deposit feeding in the sand dollar, *Mellita quinquesperforata* (Leske): the sieve hypothesis challenged. **Biological Bulletin**, v.169, p.431-448, 1985.
- TELFORD, M. Ontogenetic of regulatory mechanisms and evolution of mellitid lunules (Echinoidea, Clypeasteroidea). **Paleobiology**, v. 14, p. 52 – 63, 1988.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

TOLDO, E. E.; DILLENBURG, S. R.; ALMEIDA, L. E. S. B.; TABAJARA, L. L.; MARTINS, R.; CUNHA, L. O. B. P. Parâmetros morfométricos da Praia de Imbé, RS. **Pesquisas**, v. 20, n. 1, p. 27-32, 1993.

TOMMASI, L. R. Equinodermes do Brasil. II. Equinodermes da Baía do Trapandé, situada no complexo estuarino-lagunar de Cananéia, SP. **Bolm Inst. oceanogr.** São Paulo, n.20, p.23-26, 1971.

TOMMASI, L. R. Lista dos equinóides recentes do Brasil. **Contrib. Inst. Oceanogr. São Paulo, Série Oceanogr. Biol.**, São Paulo, v. 11, p.1-50, 1966.

TOMMASI, L. R. Observações sobre equinóides do Brasil. **Ver. Brasil. Biol.**, Rio de Janeiro, v.24, n.1, p.83-93, 1964.

TOMMASI, L. R. Os equinodermas do litoral de São Paulo. I. Echinoidea, Crinoidea e Holothuroidea do bentos costeiro. **Pap.Dep.Zool.Sec.Agr.S.Paulo**, São Paulo, v.13, n.2,p. 19-44, 1957.

TURON, X.; GIBIRET, G.; LOPEZ, S.; PALACIN, C. Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in 2 contrasting habitats. **Marine Ecology Progress Series**, v. 122, p. 193-200, 1995.

UNDERWOOD, A. J.; CHAPMAN, M. G. Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. **Oecologia.**, n.107, p.212-224, 1996.

VADAS, R. L.; ELNER, R. W. Responses to predation cues on food in two species of sympatric, tropical sea urchins. **Marine Ecology**, n. 24, p.101-121, 2003.

VELOSO, V. G.; CARDOSO, R. S.; FONSECA, D. B. Adaptações e biologia da macrofauna de praias arenosas expostas com ênfase nas espécies da região entre-marés do litoral fluminense. **Oecologia Brasiliensis**. Volume III: Ecologia de Praias Arenosas do Litoral Brasileiro. In: ABSALÃO, R.; ESTEVES, A. M. (eds), p.135-154, 1997.

VELOSO, V. G.; SILVA, E. S.; CAETANO, C. H. S.; CARDOSO, R. S. Comparison between the macroinfauna of urbanized and protected beaches in Rio de Janeiro State, Brazil. **Biological conservation**, v.27, p. 510-515, 2006.

VIANA, M. G., ROCHA-BARREIRA; GROSSI HIJO, C. A. Macrofauna bentônica da faixa entremarés e zona de arrebentação da praia de Paracuru (Ceará – Brasil). **Braz. J. Sci. Technol.**, v.9, n.1, p.75-82, 2005.

WEIHE, S. C.; GRAY, I. E. Observations on the biology of the sand dollar *Mellita quinquesperforata*. **Journal of Elish. Mitchell Scientific Society**, v. 84, p.315-327, 1968.

WHITE, D. C.; FINDLAY, R. H.; FAZIO, S. D. Effects of bioturbation and predation by *Mellita quinquesperforata* on sedimentary microbial community structure. In: **Estuarine Perspectives**. New York: Academic Press, p.163-171, 1980.

WRIGHT, L. D.; GUZA, R. T.; SHORT, A. D. Dynamics of a high energy dissipative surf zone. **Marine Geology**, v.45, n.1-2, p.41-62, 1982.

DIAS, I.C.C.M. Influência da morfodinâmica praial na distribuição e variações morfométricas de *Mellita quinquiesperforata* Leske, 1778 no litoral do Estado do Ceará.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D.; GREEN, M. O. Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. **Marine Geology**, v.62, n.3, p.339-364, 1985.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamics variability of surf zone and beaches – A synthesis. **Marine Geology**, v.56, p. 93-119, 1984.

XAVIER, L. A. R. Inventário dos Equinodermos do Estado de Santa Catarina, Brasil. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.** v.14, n.2, p.73-78, 2010.