



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
MESTRADO CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

Ismália Cassandra Costa Maia Dias

**Biologia populacional de *Mellita quinquesperforata* Leske (1778)
(ECHINODERMATA: CLYPEASTEROIDA: MELLITIDAE)
na praia da Taíba, Ceará, Brasil.**

Fortaleza - Ceará

2008

Ismália Cassandra Costa Maia Dias

**Biologia populacional de *Mellita quinquiesperforata* Leske (1778)
(ECHINODERMATA: CLYPEASTEROIDA: MELLITIDAE) na
praia da Taíba, Ceará, Brasil.**

Dissertação submetida ao curso de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira.

Fortaleza

Junho-2008

R532b Dias, **Ismália Cassandra Costa Maia**

Biologia populacional de *mellita quinquesperforata* Leske (1778) (ECHINODERMATA: clypeasteroidea: mellitidae) na praia da Taíba, Ceará, Brasil/ **Ismália Cassandra Costa Maia Dias**, 2008. **145f.**; il. color. Enc

Orientadora: Profa. Dra. **Cristina de Almeida Rocha Barreira**
Área de concentração: **Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos**

Dissertação Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Fortaleza, 2008.

1. *Mellita quinquesperforata* - crescimento 2. Morfodinâmica praia 3. *Mellita quinquesperforata* - ciclo reprodutivo I. Rocha-Barreira, **Cristina de Almeida** (Orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Instituto de Ciências do Mar III. Título

CDD 570

Ismália Cassandra Costa Maia Dias

**Biologia populacional de *Mellita quinquiesperforata* Leske (1778)
(ECHINODERMATA: CLYPEASTEROIDA: MELLITIDAE) na praia da Taíba,
Ceará, Brasil.**

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

Aprovada em: 06 / 06 / 2008.

Banca Examinadora

.....

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

.....

Prof^º. Dr. José Roberto Feitosa Silva
Universidade Federal do Ceará - UFC

.....

Prof^ª. Dra. Yara Aparecida Garcia Tavares
Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR (FAFIPAR)

A minha família, ao mar, aos
equinodermos e aos grandes amigos que
fiz nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, senhor de tudo, pelo presente da vida, pela força para a realização dos sonhos e por não me abandonar, mesmo nos momentos mais difíceis.

À Prof^ª. Dra. Cristina de Almeida Rocha-Barreira, por sua orientação, mesmo depois do primeiro e-mail que me escreveu: “*Com relação ao tema, seria bom que conversássemos pessoalmente. A princípio não tenho interesse em desenvolver estudos com equinodermos, mas podemos conversar mesmo assim...*” Após a tal conversa, desenvolvemos este trabalho e ela sempre me recebeu com sugestões para a sua elaboração e execução. Na verdade, gostaria de agradecer principalmente por sua amizade e por seus exemplos de luta, coragem e trabalho, às vezes penso: “como ela consegue?” A você professora, meu muito obrigada!

Ao Prof. Dr. José Roberto Feitosa por sua amizade e sugestões para a execução deste trabalho. Também agradeço por seus ensinamentos e repreensões que construíram em mim uma nova maneira de ver a Biologia e suas linhas de pesquisa e atuação. Obrigada também por ter aceitado ser meu professor do estágio à docência, como sofri! Professores como ele a gente nunca esquece, por mais que tente!!!

À Prof^ª. Dra. Yara Tavares, primeiramente por sua disponibilidade e respostas as minhas perguntas e milhares de e-mails, e depois, por seu acolhimento, carinho e atenção que construíram uma grande amizade. Por suas sugestões, disponibilidade, durante várias horas por dia, sentada ao meu lado, me perguntando e ao mesmo tempo me ajudando a encontrar as respostas, eu agradeço.

Ao Centro de Diagnóstico de Enfermidades de Organismos Aquáticos-CEDECAM, principalmente à Prof^ª. Dra. Tereza Cristina Gesteira, por ter aberto as portas do seu laboratório, proporcionando a realização das análises histológicas (confecção das lâminas), e também aos seus alunos, Camila, Flaviano e Cecília por sua ajuda.

Ao Prof. Paulo Roberto da Silva, Laboratório de Oceanografia Geológica, por ceder seu espaço na realização das análises granulométricas e principalmente ao Buda por ter me ensinado e acompanhado nas amostras de sedimento.

Ao Laboratório de Zoobentos, considerando todos os amigos que de alguma forma contribuíram para este trabalho, em especial ao Mestre Wilson Franklin por ter visualizado os ovócitos da *Mellita* pela primeira vez, e por ter participado de várias coletas.

Um agradecimento todo especial faço a Carlos Grossi-Hijo por que sem ele este trabalho não teria sido realizado. Em praticamente todas as coletas (calculei 99%) ele participou e foi realmente o autor dos arrastos de praia. Aos ajudantes quase forçados (ninguém queria ir pra minhas coletas!) eu agradeço. A Wilson, Giordano, Fred, Buda, Leonardo, Fabiano, Glauber e a todos os pescadores que ajudaram para a realização das coletas na praia da Taíba.

Às superpoderosas “garotas-coleta”, Adriana, Magalline e Krishna por um dia intenso na Taíba. Nesta ocasião o Sr. Wilson era o bendito sois! Obrigada por me acompanhar sem medo do que ia acontecer.

Às minhas amigas e sofredoras de mestrado, Márcia, amiga inseparável da histologia, mesmo quando eu chorava ao quebrar ou danificar alguma coisa do laboratório (às vezes, alheio), e a minha amiga Adriana, amiga pra todas as horas, gráficos ou apresentações ou até mesmo quando ia lá em casa pra instalar algum programa. A vocês duas, obrigada por tantos finais de semana juntos, só nós e o Zé.

À Flávia Lima-Verde por sua ajuda na histologia, conselhos, palavras de incentivo e muitas coletas de *Nassarius*, companheira de Siqueira Mucuripe (ela sempre me acordava próximo a minha parada) e a Tatiane Martins, por sua amizade, suas palavras de incentivo, e disposição para qualquer tarefa, mesmo quando eu estava desanimada ou triste.

À todas as pessoas que costuraram *Mellita* comigo e anotaram o peso, a largura e o comprimento dos 4.134 indivíduos. Então, a Adriana, Márcia, Luciana, Jenneth, Samara, Kcrischna, Karine, e a Aline, mentor da idéia de costurar as etiquetas. À Rossana, por ter emprestado seu carro e sua força numa das coletas. À Mariana, por nossas conversas histológicas e sobre a vida real, e à Karine por sua amizade. À Lidianne, por nossas conversas e pelo apoio na fase louca final, e à Aline Fernandes, pelo abstract. À Rafaela, minha amiga querida, por nossas conversas e por seu carinho e incentivo.

Agradeço também a Dona Raimundinha, mãe da Márcia, por nossos deliciosos almoços, super exclusivos, com todas as nossas vontades atendidas; e a Dona Tereza Cristina, mãe da Flávia, por tantas caronas, principalmente quando ficávamos no laboratório até tarde nos finais de semana.

Gostaria de agradecer ao amigo Pedro Viana, que me iniciou na rotina Fisat, e que por muitos dias mandou, pelo *msn*, curvas e valores de “Rns” das mais variadas classes de tamanhos para eu verificar. Obrigada por sua amizade e discussões sobre o crescimento e reprodução das nossas espécies de estudo, também por aquelas frases “você vai conseguir”, elas me ajudaram bastante!

Aos novos amigos do Laboratório de Zoologia da FAFIPAR, Fernanda, Guilherme, Pablo, Maris, Emily, Marcelo, Patrícia e as baianas Camila e Luciana, por terem me acolhido em Paranaguá, e por tanta atenção, carinho e disponibilidade em ajudar; realmente me senti em casa, mesmo quando brincavam com meu sotaque e expressões.

De modo especial a meus pais Marta e Luís, 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 aos meus irmãos Renata e Flávio por seu carinho, incentivo e torcida.

A Nertan Dias, meu amor, marido e companheiro, por seu carinho, paciência e otimismo, e por sua participação em algumas coletas, mesmo tendo outras obrigações a cumprir. Também pelo seu incentivo em dizer: “vá e dará tudo certo!” e pelo desenho da *Mellita* que ilustra as folhas “de rosto” dos capítulos. Também à sua família, que agora é também minha, pelo incentivo e solidariedade.

A minha cunhada Neuman, que no momento em que eu mais precisei me acolheu em sua casa e me deu livre acesso a seu computador na reta final desta dissertação. Também por sua amizade e conselhos nas altas horas da madrugada, quando eu já desanimava.

Finalmente à CAPES, pelo apoio financeiro com a bolsa de auxílio; certamente não seria possível minha permanência no Mestrado/Laboratório do Zoobentos sem a referida ajuda.

RESUMO

Aspectos da biologia populacional de *Mellita quinquesperforata* foram estudados na praia da Taíba, Ceará (03°30,125'S; 038°54,469'W), no período de junho de 2006 a agosto de 2007. A altura, período das ondas, temperatura, salinidade e granulometria foram registrados. Os dados de pluviosidade foram obtidos através da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Perfis de praia, parâmetros adimensional de Dean (Ω) e escalar da arrebentação (Σ), Índices da Praia (BI) e da Extensão Relativa da Maré (RTR) foram calculados para a descrição do estado morfodinâmico praiial. 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). Para a análise do ciclo reprodutivo, foram retiradas, mensalmente, as gônadas de 30 indivíduos adultos com largura superior a 40mm, 20 delas para o processamento histológico e 10 para o Índice Gonadal (IG). As células iniciais e os estágios de desenvolvimento gonadal foram caracterizados, e cerca de 100 ovócitos foram medidos por mês. As médias do IG foram testadas através da análise de variância unifatorial (ANOVA). Os indivíduos coletados foram divididos em classes de tamanho com 20mm de amplitude. Para a análise da distribuição espacial foi calculada a densidade média por faixa de coleta e os valores foram plotados no software Sigma Plot® (versão 10.0). Histogramas de frequências de classes de 5mm (largura) foram analisados com o auxílio do software FISAT II (Versão 1.2.2) para a determinação dos parâmetros da curva de crescimento, recrutamento e mortalidade. Análises de correlação de Spearman (STATISTICA® versão 6.0) relacionaram os parâmetros ambientais com a densidade e com os estágios do desenvolvimento gonadal. Salinidade e pluviosidade apresentaram variações significativas durante o período de estudo e a classificação média do sedimento foi composta por areia fina. Os valores do parâmetro de Dean (Ω) e do BI classificaram a praia como intermediária, com perfis topográficos apresentando diferenças durante o estudo. Os valores do parâmetro escalar da arrebentação indicaram dissipação das ondas, e o RTR indicou a ação das marés como principal modificadora dos perfis de praia. Diferenças na coloração das gônadas puderam caracterizar macroscopicamente o sexo; as fêmeas apresentaram gônadas de cor lilás, enquanto que os machos, cor creme. As células da linhagem germinativa e o padrão de desenvolvimento foram semelhantes aos equinóides em geral, com um ciclo reprodutivo caracterizado pela frequência de indivíduos em estágio de reserva de nutrientes. De modo geral, machos e fêmeas apresentaram sincronismo no desenvolvimento gonadal. A alocação de nutrientes está relacionada à manutenção da espécie na zona de surfe e ao investimento no tamanho do gameta feminino. A densidade dos organismos apresentou diferenças significativas ao longo do estudo ($p < 0,01$); o mês de novembro de 2006 apresentou a maior densidade, caracterizando o evento do recrutamento. Não houve diferença significativa na distribuição dos organismos dentre as faixas, embora exista uma tendência à separação de jovens e adultos, estando os primeiros mais próximos à linha de costa. Apenas os organismos entre 60-80mm foram mais abundantes significativamente na faixa 2 (30-60m). Foi verificada uma alta taxa de crescimento e mortalidade para a espécie, com longevidade estimada de 2,36 anos. A salinidade apresentou correlação positiva significativa com a densidade, enquanto a pluviosidade apresentou correlações com os estágios do desenvolvimento gonadal. Os resultados sugerem que em *Mellita quinquesperforata* os fatores ambientais são tão importantes quanto as demandas fisiológicas.

Palavras-chave: *Mellita quinquesperforata*, distribuição, crescimento, ciclo reprodutivo, morfodinâmica praiial.

ABSTRACT

Population biology aspects of *Mellita quinquesperforata* were studied in Taíba Beach, state of Ceará (03°30,125'S; 038°54,469'W) between June of 2006 and August of 2007. Wave height, period, temperature, salinity and granulometry were registered. Pluviosity data was obtained from *Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos* (FUNCEME). Cross-shore profile, Dimensionless Dean's Parameter (Ω), Surf Scale Parameter (Σ), Beach Index (BI) and Relative Tidal Range (RTR) were calculated for the morphodynamic beach description. Animals were sampled using a dredge perpendicular to the beach, divided into two line-transects (0 – 30 m and 30 – 60 m distant from the wave washing-zone). Monthly, the gonads of 30 adults with width superior to 40 mm were removed for the reproductive cycle analyses, 20 for histological processing and 10 for Gonad Index (GI), respectively. The initial cells and the gonad development stages were characterized and the average of 100 oocytes were measured a month. GI means were tested through unifactorial analysis of variance (ANOVA). Individuals were divided in size classes of 20 mm amplitude. Values of spatial distribution were calculated using the mean density in the sampling line-transect, results were plotted using the software Sigma Plot® (10.0 version). Frequency class histograms of 5 mm (wide) were analyzed using software FISAT II (1.2.2 version) for determination of growth, recruitment and mortality. Spearman correlation analysis (STATISTICA® 6.0 version) compared environmental parameters with density and the gonad development stages. Salinity and pluviosity presented significant variations during the study period and average classification of the sediment was composed by fine sand. Dean's parameter (Ω) and BI values classified the beach as intermediate, with topographic profile presenting differences during the study. The values of the surf scale parameter indicated a dissipation of waves and the RTR indicated the tidal action as the main modifier of the beach profile. Differences in the gonad colour could macroscopically classify gender; females presented lilac coloured gonad and males presented creamy coloured gonad. Germinative cells lineage and development patterns were similar, in general, to echinoids, with reproductive cycle characterized by the frequency of individuals in the nutrient reserve stage. In general, males and females presented synchronism in the gonadal development. The allocation of nutrients is related to the maintenance of the species in the surf-zone and the investment in the size of the females gamete. Organism densities presented significant differences ($p < 0,01$) along the study period; the month of november of 2006 presented highest density, characterizing the recruitment event. There were no significant differences in the organisms distribution along the transect-lines, although there is a tendency to separate juveniles from adults, where the former are nearest to the shoreline. Only 60 – 80 mm organisms were significantly more abundant in the transect-line 2 zone (30 – 60 m). It was observed a high growth rate and mortality for this species with longevity estimated in 2.36 years. Salinity was positively correlated with density, while pluviosity presented correlation with the gonad development stages. Results suggests that for *Mellita quinquesperforata* the environmental factors are as important as the physiological demand.

Key-words: *Mellita quinquesperforata*, distribution, growth, reproductive cycle, beach morphodynamic.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01 Localização da praia da Taíba, São Gonçalo do Amarante – Ceará, com a indicação do local de coleta (imagem modificada do site Google Earth, acesso em Outubro de 2007).	26
Figura 02 Visualização da metodologia de obtenção do perfil praiial utilizando vasos comunicantes, praia da Taíba, coleta dia 13/08/07.	27
Figura 03 Variações de temperatura registradas na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.	30
Figura 04 Variações de salinidade registradas na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.	31
Figura 05 Variações de pluviosidade registradas na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.	31
Figura 06 Perfis topográficos (A, B, C, D, E, F, G, H) da região entremarés e zona de surfê da Praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. O eixo representativo da distância (m) também marca o nível do mar.	35
Figura 07 (A) Draga de arrasto utilizada na coleta de <i>Mellita quinquiesperforata</i> . (B) Material biológico fixado em formol salino. Fotografia em 13/08/07.	55
Figura 08 Flutuação da razão sexual de <i>Mellita quinquiesperforata</i> na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. A linha observada no número 1 representa a razão sexual 1:1.	58
Figura 09 Diferenças na coloração e na morfologia folicular de machos e fêmeas da espécie <i>Mellita quinquiesperforata</i> , na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. Escala: 1cm.	59
Figura 10 Secções histológicas da gônada feminina de <i>Mellita quinquiesperforata</i> , com as células germinativas em detalhe nos folículos ovarianos. Legenda: Og (oogônia), Opv (ovócito pré-vitelogênico), Ov (ovócito vitelogênico), Om (ovócito maduro), Cf (célula folicular), Cp (célula da parede folicular) e Eg (Epitélio germinativo). FN (fagócitos nutritivos). Escalas: A (5µm); B, C e D (20µm).	61
Figura 11 Secção histológica da gônada masculina de <i>Mellita quinquiesperforata</i> . Seqüência de células masculinas que caracterizam a espermatogênese em direção ao lúmen gonadal. Espermatogônias (Sg), espermatócitos (Sc), espermátides (St) e espermatozóides (Sp). Fagócitos nutritivos (FN). Lúmen Gonadal (LN). Coloração H-E. Escala: 5µm.	63

DIAS, I.C.C.M. Biologia populacional de <i>Mellita quinquesperforata</i> Leske (1778)...	11
Figura 12 Estágios de desenvolvimento das gônadas femininas de <i>Mellita quinquesperforata</i> , na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. A e B: proliferação, C e D: em maturação, E e F: maturação máxima, G: desova, H e I: reserva. FN: fagócitos nutritivos; Opv: ovócito pré-vitelogênico; Ov: ovócito vitelogênico; Om: ovócito maduro; OR: ovócito remanescente; L: lúmen. (Coloração H.E.). Escalas: A, D, F, G e I (100µm); C e E (200µm); B e H (20µm).	65
Figura 13 Estágios de desenvolvimento nas gônadas masculinas em <i>Mellita quinquesperforata</i> , na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. A e B: proliferação, C: em maturação, D e E: maturação máxima, F, G e H: emissão de gametas, I e J: reserva. FN: fagócitos nutritivos; CP: células primárias; SP: espermatozóides (Coloração H.E.). Escalas: A, C, D, F, G (100µm); B, E, H, I, J (20µm).	68
Figura 14 Frequência dos estágios de desenvolvimento gonadal das fêmeas de <i>Mellita quinquesperforata</i> , praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.	70
Figura 15 Frequência dos estágios de desenvolvimento gonadal dos machos de <i>Mellita quinquesperforata</i> , praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.	72
Figura 16 Diâmetro dos ovócitos (µm) de <i>Mellita quinquesperforata</i> , na praia da Taíba, Ceará, período de junho/2006 a agosto/2007.	73
Figura 17 Índice gonadal (%) das fêmeas (A) e dos machos (B) de <i>Mellita quinquesperforata</i> , praia da Taíba, Ceará, período de junho/2006 a agosto/2007.	75
Figura 18 Desenho esquemático de <i>Mellita quinquesperforata</i> , demonstrando as medidas realizadas em laboratório. C - comprimento (medida antero-posterior); L - largura (maior medida perpendicular ao comprimento).	97
Figura 19 Densidade populacional de <i>Mellita quinquesperforata</i> na zona de surfe da praia da Taíba (CE), observada no período de junho/2006 a agosto/2007, considerando as diferentes faixas de coleta.	101
Figura 20 Valores de densidade considerando as diferentes faixas de coleta, faixa 30 (0-30m) e faixa 60 (30-60m) de distância do varrido das ondas, praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.	102
Figura 21 Densidade média das classes de tamanho de <i>Mellita quinquesperforata</i> nas diferentes faixas de coleta, praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. A= classe A (indivíduos abaixo de 20mm); B= classe B (entre 20-40mm); C= classe C (entre 40-60mm) e D= classe D (entre 60-80mm).	103

Figura 22	Distribuição de <i>Mellita quinquiesperforata</i> de acordo com as classes de tamanho, nas faixas 1 (0-30m) e faixa 2 (30-60m) na zona de surfe da praia da Taíba (CE), durante o período de junho/2006 a agosto/2007.	104
Figura 23	Histogramas mensais da frequência de tamanho (largura em mm), considerando uma classe de 5mm, dos indivíduos de <i>Mellita quinquiesperforata</i> na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.	107
Figura 24	Curvas de crescimento obtidas pela rotina Elefan I, programa Fisat II, para a espécie <i>Mellita quinquiesperforata</i> , na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. $L_{\infty}=82\text{mm}$, $K=0,8$, $C=0,1$ e $WP=0,8$, $R_n: 0,326$.	109
Figura 25	Curva de captura originada na rotina Powell Wetherall do programa Fisat II para a espécie <i>Mellita quinquiesperforata</i> , na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.	110
Figura 26	Padrão de recrutamento estimado pelo programa Fisat II para <i>Mellita quinquiesperforata</i> na praia da Taíba durante o período de junho/2006 a maio/2007. $L_{\infty}=82\text{mm}$, $K=0,8$, $C=0,1$ e $WP=0,8$.	111

LISTA DE TABELAS

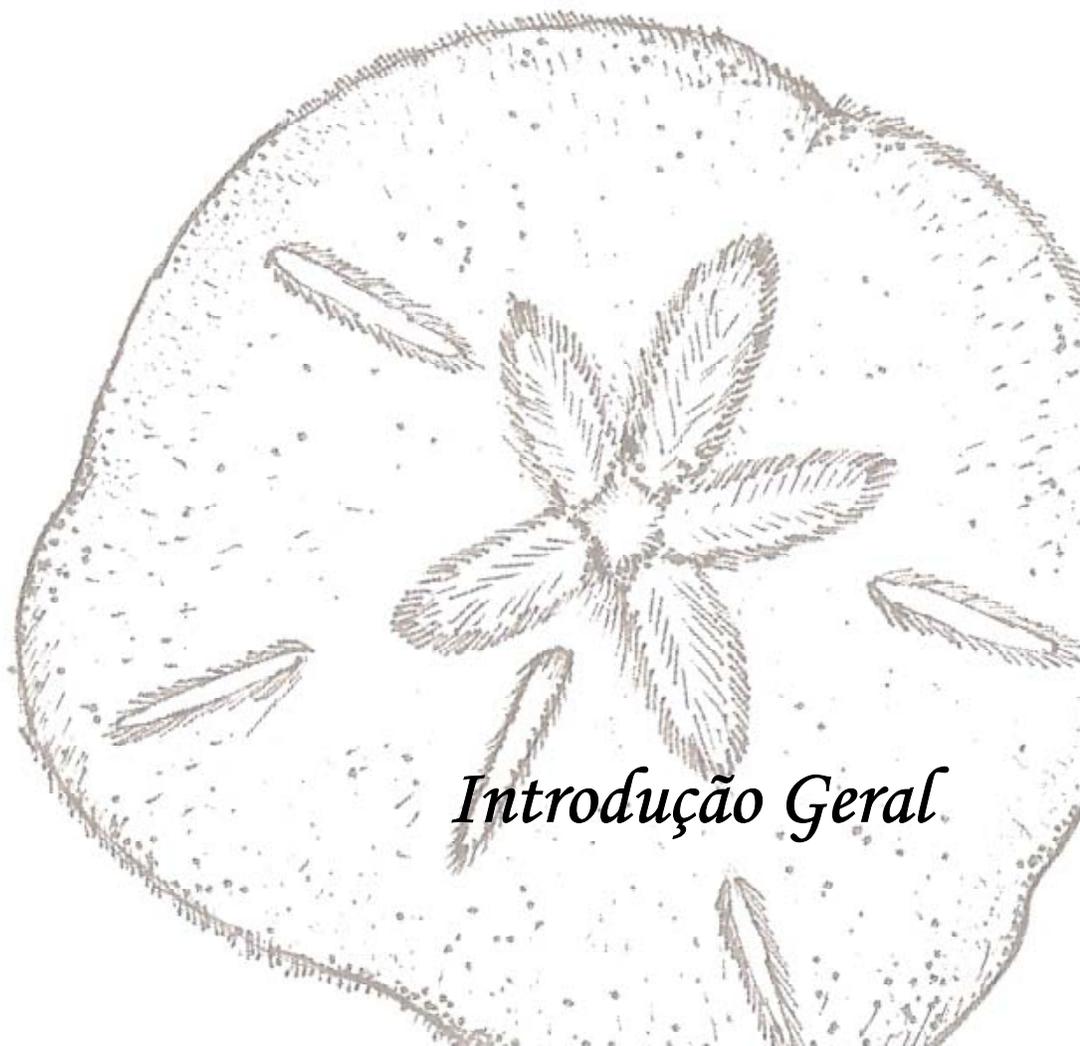
		Página
Tabela 01	Classificação granulométrica do sedimento na zona de arrebentação na praia da Taíba, no período de junho/2006 a agosto/2007. Valores de média e mediana apresentados em “phi” ($-\log_2$ diâmetro do grão em mm). Z1(0-30m), Z2 (30-60m).	33
Tabela 02	Dados utilizados para o cálculo do parâmetro de Dean, valores do Índice da Praia (BI), Índice da Extensão Relativa da Maré (RTR), Parâmetro escalar da arrebentação (Σ) e o coeficiente de arrebentação (β), obtidos na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.	34
Tabela 03	Correlação de Spearman (R) entre estágios de desenvolvimento gonadal de machos e fêmeas de <i>Mellita quinquiesperforata</i> e parâmetros ambientais, praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.	77
Tabela 04	Parâmetros de crescimento obtidos nas diferentes rotinas do programa Fisat II, na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. L_{∞} =comprimento assintótico; K =constante de crescimento, C =amplitude de sazonalidade e WP =época do ano com redução ou parada do crescimento.	108
Tabela 05	Comparação entre os parâmetros populacionais de espécies do gênero <i>Mellita</i> . L_{∞} =comprimento assintótico; K =constante de crescimento e Z =taxa de mortalidade por captura.	118

SUMÁRIO

	Página
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xi
Introdução Geral	15
Capítulo 1: Caracterização Morfodinâmica da Praia da Taíba, Ceará.	20
1. INTRODUÇÃO	21
1.1 METODOLOGIA	25
1.1.1 Caracterização da Área de Estudo	25
1.1.2 Amostragem	26
1.1.3 Análise granulométrica	27
1.1.4 Análise dos dados	28
1.2 RESULTADOS	30
1.3 DISCUSSÃO	38
1.4 CONCLUSÃO	49
Capítulo 2: Ciclo Reprodutivo de <i>Mellita quinquiesperforata</i> na praia da Taíba, Ceará.	50
2. INTRODUÇÃO	51
2.1 METODOLOGIA	55
2.1.1 Coleta de dados	55
2.1.2 Amostragem	55
2.1.3 Procedimentos no laboratório	56
2.1.4 Análise dos dados	57
2.2 RESULTADOS	58
2.2.1 Razão sexual de <i>Mellita quinquiesperforata</i> na praia da Taíba, Ceará.	58

2.2.2	Caracterização da morfologia externa das gônadas de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	58
2.2.3	Caracterização das células germinativas	59
2.2.3.1	Células germinativas Femininas	60
2.2.3.2	Células germinativas Masculinas	62
2.2.4	Caracterização das fases de desenvolvimento gonadal de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	63
2.2.4.1	Fêmeas	63
2.2.4.2	Machos	66
2.2.5	Ciclo reprodutivo de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	69
2.2.6	Diâmetro dos ovócitos de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	72
2.2.7	Índice Gonadal de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	74
2.2.8	Parâmetros ambientais	76
2.3	DISCUSSÃO	78
2.4	CONCLUSÃO	92
Capítulo 3:	Distribuição espaço-temporal e crescimento de <i>Mellita quinquiesperforata</i> na praia da Taíba, Ceará.	93
3.	INTRODUÇÃO	94
3.1	METODOLOGIA	96
3.1.1	Coleta de dados	96
3.1.2	Amostragem	96
3.1.3	Procedimentos de laboratório	96
3.1.4	Análise dos dados	97
3.2	RESULTADOS	101
3.2.1	Distribuição espaço-temporal de <i>Mellita quinquiesperforata</i> na zona de surfe	101

3.2.2 Estrutura etária de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	105
3.2.3. Análise de crescimento de <i>Mellita quinquiesperforata</i>	108
3.3 DISCUSSÃO	112
3.4 CONCLUSÃO	125
CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
REFERÊNCIAS	127
APÊNDICES	141
Apêndice 1 - Processamento Histológico e Coloração Hematoxilina-Eosina	142
Apêndice 2 - Resultado da estatística do Teste χ^2 (Qui-quadrado) para a proporção sexual de machos (M) e fêmeas (F) em <i>Mellita quinquiesperforata</i> , na praia da Taíba, período de junho de 2006 a agosto de 2007. Graus de liberdade=1 χ^2 crítico = 6,635 $\alpha=0,01$. PSO: proporção sexual observada e PSE: proporção sexual esperada.	143
Apêndice 3 - Resultado do teste Tukey (<i>post hoc</i>). Diâmetro médio dos ovócitos de <i>Mellita quinquiesperforata</i> X meses. Valores em negrito são significativos.	144
Apêndice 4 - Resultado do teste Tukey (<i>post hoc</i>). Índice Gonadal de indivíduos femininos de <i>Mellita quinquiesperforata</i> X meses. Valores em negrito são significativos.	144
Apêndice 5 - Resultado do teste Tukey (<i>post hoc</i>). Índice Gonadal de indivíduos masculinos de <i>Mellita quinquiesperforata</i> X meses. Valores em negrito são significativos.	145



Introdução Geral

Os membros do Filo Echinodermata encontram-se entre os invertebrados marinhos mais familiares e os seus representantes tornaram-se símbolos da vida marinha. O filo contém cerca de 7000 espécies atuais “viventes”, constituindo o maior grupo de invertebrados deuterostômios (BRUSCA; BRUSCA, 2006). Encontrados em todos os oceanos, latitudes e profundidades, são mais abundantes na região tropical do que nas águas polares. Ocorrem ainda em substratos consolidados, não-consolidados ou sobre outros organismos (ALCÂNTARA, 2004).

Os equinodermos possuem uma simetria pentarradiada, observada na fase adulta, derivada de uma simetria bilateral existente na fase larval; um sistema hidrovacular ou ambulacrário, composto por canais celomáticos com função de coleta, transporte alimentar e locomoção, e a presença de um endoesqueleto composto de ossículos calcários com articulações entre si, ou que podem ser suturados, formando uma caixa esquelética rígida (testa) (HYMAN, 1955).

Possuem ainda um espaçoso celoma no qual está suspenso um bem desenvolvido trato digestivo. Não existe um sistema excretor; as trocas gasosas variam em natureza de grupo a grupo e parece ter se originado independentemente dentro das classes. A maior parte dos membros é dióica sem apresentar dimorfismo sexual. Os tratos reprodutivos são muito simples, pois não há cópula e a fertilização ocorre externamente, na água do mar (BARNES *et al.*, 1993).

Segundo Brusca e Brusca (2006), o filo Echinodermata pode ser dividido sistematicamente em cinco classes: Asteroidea, Ophiuroidea, Holoturoidea, Crinoidea e Echinoidea.

A Classe Echinoidea está representada por indivíduos com o corpo compacto encerrado numa carapaça endoesquelética; não possuem braços, mas as cinco áreas ambulacrais da carapaça refletem a típica organização pentâmera dos equinodermos. Incluem animais marinhos conhecidos comumente como ouriços-do-mar, ouriços-cordiformes e bolachas-da-praia. Apresentam uma ampla distribuição nos mares, das regiões entremarés até os oceanos profundos (HICKMAN *et al.*, 2001).

Os equinodermos da classe Echinoidea foram tradicionalmente divididos em dois grupos: os Regularia e os Irregularia. Os ouriços conhecidos como irregulares são diagnosticados primariamente por apresentarem a forma do corpo usualmente ovalada (Ordem Spatangoida), circular e às vezes pentagonal (Ordem Clypeasteroida). Apresentam ainda como característica peculiar a simetria bilateral secundariamente, com a boca localizada anteriormente e o ânus

posterior, relacionada com o hábito de escavação desenvolvido por este grupo. Incluem os ouriços cordiformes e as bolachas-da-praia (LAWRENCE, 1987).

A “testa” nos irregulares expandiu-se para uma parede espessa, sólida, achatada e com forma discóide para as bolachas-da-praia, enquanto que, para os ouriços cordiformes esta testa é fina, frágil e com um formato mais “globoso” ou “inflado” (HENDLER *et al.*, 1995).

Geralmente, os pés ambulacrários são usados para locomoção, percepção sensorial e para a manipulação de objetos. Muitos destes pés formam tubos que aparecem organizados em “pétalas” na superfície aboral usados para respiração e na superfície oral, onde são utilizados para locomoção e alimentação (HENDLER *et al.*, 1995).

Os indivíduos da Ordem Clypeasteroidea são muito representativos e abundantes na comunidade bêntica de praias arenosas, contribuindo por grande parte da produção secundária nesses ambientes (STEIMLE, 1989). Equinóides da família Mellitidae representam um claro exemplo de adaptações de um grupo invertebrado da macrofauna à ambientes arenosos com hidrodinamismo ambiental (BORZONE *et al.*, 1998).

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 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 de toda a costa oeste tropical e subtropical do continente americano, do delta do Mississipi, América Central até o sul do Brasil.

A espécie *Mellita quinquesperforata* é a mais comum “bolacha-da-praia” encontrada na costa atlântica. Costuma habitar a região do sublitoral, próximo à arrebentação das ondas de ambientes inconsolidados e tende a apresentar comportamento gregário. Particularidades morfológicas, como a forma cônico-achatada e a presença de lúnulas têm sido consideradas adaptações hidrodinâmicas na exploração desses ambientes (BORZONE *et al.*, 1997).

O grande número de trabalhos na literatura sobre a classe Echinoidea concentra-se predominantemente em equinóides regulares. Há pouco conhecimento sobre *Mellita quinquesperforata*, uma vez que muitos trabalhos anteriores com esta espécie referiam-se às espécies *Mellita tenuis* e *Mellita isometra* (HAROLD; TELFORD, 1990).

Os estudos realizados com espécies de *Mellita* observaram vários aspectos. Hyman (1955) verificou que a simetria secundariamente bilateral permite uma polarização capaz de promover os movimentos conhecidos como progressão e rotação no animal. Kenk (1944) e Findlay e White (1983), estudaram a capacidade de migração e/ou deslocamento da espécie.

O tipo de alimentação tem sido motivo de dúvidas e controvérsias. Alguns autores têm sugerido que a superfície dorsal do organismo atuaria como uma peneira seletiva coletando pequenas partículas, num tipo de alimentação chamada muco-ciliar. Juntamente com estas partículas seriam ingeridos foraminíferos, outros microeucariontes não-fotossintéticos, e frações de silte e argila, utilizando as bactérias aderidas a estas partículas (MOSS; LAWRENCE, 1972; LANE; LAWRENCE, 1980; FINDLAY; WHITE, 1983).

Telford *et al.* (1985) sugeriram um tipo de alimentação de depósito altamente seletiva. 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.

Aspectos reprodutivos de espécies do gênero *Mellita* foram estudados por alguns autores (LANE; LAWRENCE, 1979; CHEN; CHEN, 1993; BENTLEY, 1998, TAVARES; BORZONE, 2006). Nestes ouriços irregulares as gônadas são comprimidas e ocupam o espaço dos interrádios da carapaça devido à forma cônica-achatada. A maioria é reconhecidamente dióica, sem dimorfismo sexual. Possuem fecundação externa, com desenvolvimento indireto passando por fase larval planctônica (larva equinoplúteo) (GRASSÉ, 1948; LAWRENCE, 1987).

É reconhecida a importância de *Mellita quinquesperforata* como agente modificador das propriedades texturais do sedimento, principalmente na atividade de bioturbação da meiofauna. Devido a sua capacidade de escavar o sedimento, a espécie influencia 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 *et al.*, 1980, FINDLAY; WHITE, 1983; REIDENAUER, 1989).

Há alguns registros que descrevem a ocorrência e a distribuição de *Mellita quinquesperforata* para a costa brasileira (TOMMASI, 1966; BORZONE; GIANUCA, 1990; SOUZA; GIANUCA, 1995). Estudos no Rio Grande do Sul e Paraná analisaram a dinâmica

populacional e padrões de distribuição relacionando-os a características ambientais (BORZONE, 1992, TAVARES; BORZONE, 1998; BORZONE *et al.*, 1998).

A influência de *Mellita quinquesperforata* sobre a estrutura das comunidades bentônicas de praias arenosas no Paraná foi estudada por Borzone (1999). Mais recentemente, o ciclo reprodutivo da espécie foi estudado, considerando dois ambientes praias com características morfodinâmicas diferentes (TAVARES; BORZONE, 2006).

Observa-se, portanto, que as pesquisas realizadas com esta espécie restringem-se à região Sul do Brasil. No Ceará, o único trabalho realizado com a espécie em questão, trata da predação do molusco *Cassia tuberosa* sobre o animal (MATTHEWS-CASCON; PEQUENO, 2001).

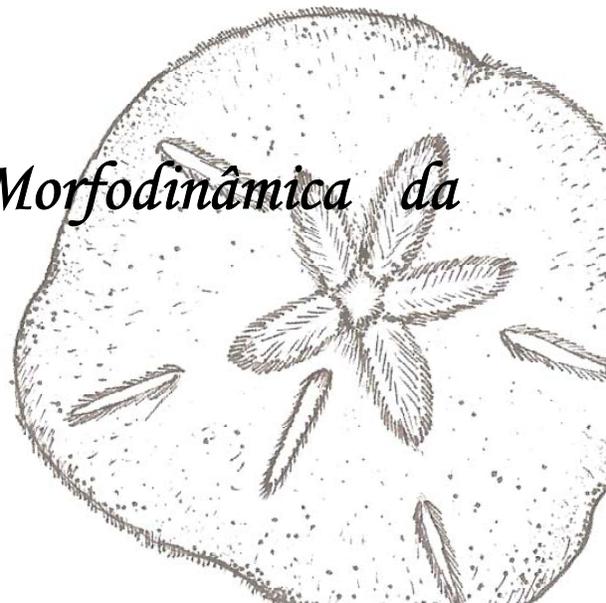
Mellita quinquesperforata foi o organismo coletado na praia da Taíba que apresentou a maior abundância e uma dominância absoluta na zona de arrebentação quando comparada à faixa intermareal da praia (ROCHA-BARREIRA *et al.*, 2005).

O conhecimento de características demográficas populacionais tais como, abundância, estrutura etária, períodos de recrutamento, crescimento e distribuição espacial e temporal, são fundamentais na interpretação da estrutura e da função de um ecossistema (MARGALEF, 1980).

O objetivo desta pesquisa foi estudar aspectos da biologia populacional do equinóide irregular *Mellita quinquesperforata* na praia da Taíba, Ceará, caracterizando a morfodinâmica praias, analisando a distribuição da população, sua abundância, densidade, ciclo reprodutivo, crescimento, recrutamento, longevidade e suas relações com os parâmetros ambientais.

Para tanto, o texto deste trabalho foi dividido em 3 capítulos, visando apresentar de forma mais objetiva os temas abordados, sendo estes: **“Caracterização Morfodinâmica da Praia da Taíba, Ceará”**, **“Ciclo Reprodutivo de *Mellita quinquesperforata* na praia da Taíba, Ceará”** e **“Distribuição espaço-temporal e crescimento de *Mellita quinquesperforata* na praia da Taíba, Ceará”**.

*Capítulo 1: Caracterização Morfodinâmica da
Praia da Taíba, Ceará.*



1. INTRODUÇÃO

As praias arenosas são um dos mais dinâmicos ecossistemas marinhos do mundo. Consistem de depósitos de sedimentos que são continuamente retrabalhados pelas ondas, e se estendem desde a base das ondas até o limite da zona de “varrido” (SHORT; WRIGHT, 1983).

Segundo McLachlan e Dorvlo (2005), são ambientes 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.

Por conta de sua localização, as praias são tidas como ambientes de transição entre o oceano e o continente por vários autores (KENNETT, 1982; HOEFEL, 1998; ALBINO, 1999). Por este motivo, sofrem modificações causadas tanto pelos processos continentais quanto por processos marinhos, desenvolvendo, dessa forma, aspectos sedimentares e morfodinâmicos distintos. Estas modificações no ambiente praiial, 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.

O estudo de Bascom (1951) concluiu que a declividade da praia está relacionada ao diâmetro do grão e à quantidade de energia da onda que atinge um determinado ponto. Conseqüentemente, praias mais protegidas apresentam um perfil mais inclinado (mais íngreme) que praias expostas com o mesmo tamanho de grãos.

Na década de 70, destacou-se um grupo de pesquisadores australianos, que elaborou um modelo de variação de perfil de praia, bem como os aspectos hidrodinâmicos e sedimentares a este relacionado. De acordo com a escola australiana, as praias arenosas são o produto da interação das ondas com o fundo arenoso na linha de costa (HOEFEL, 1998).

Entre os trabalhos mais importantes destaca-se a revisão realizada por Short e Wright (1983), onde são apresentados seis estados hidrodinâmicos, sendo dois extremos e quatro intermediários. Segundo os autores, a ocorrência de um desses estados hidrodinâmicos é dependente de dois fatores principais: o nível de energia de onda (que controla o limite da zona de espriamento) e o tamanho do sedimento ou granulometria.

Ao aproximar-se da praia, as ondas quebram-se e, de acordo com Wiegel (1964) através de uma rebentação deslizante, mergulhante, ou ascendente. Galvin Jr. (1968), aplicando o coeficiente de rebentação (β), introduziu o termo “frontal” para descrever o tipo de rebentação

intermediária entre o tipo deslizante e ascendente. O coeficiente de rebentação considera a altura da onda de rebentação, a gravidade, a declividade do perfil de praia e o período das ondas.

As principais condições ambientais para os dois extremos morfodinâmicos são para as praias dissipativas, um amplo e plano perfil praial, composto por areia fina e ondas do tipo deslizante, e para as praias reflectivas, um íngreme e estreito perfil, usualmente composto por areia grossa e ondas tipicamente mergulhantes ou frontais (BORZONE *et al.*, 1998).

Os estados intermediários entre os extremos citados acima, na ordem do mais dissipativo para o mais reflectivo, são chamados de banco e calha longitudinal, banco e praia rítmicos ou de cúspides, bancos transversais e cúspides, e terraço de baixa-mar (GOMES, 2004).

Na zona costeira, os movimentos principais de sedimentos formam os perfis costeiros, produzindo configurações erosivas e deposicionais (KOMAR, 1998). Segundo Komar (1983), os processos mais importantes no tocante à modificação do perfil praial são as ondas, o nível do mar, que pode causar inundação de áreas costeiras e aumentar a extensão da zona de surfe; as correntes litorâneas, que transportam os sedimentos da praia postos em suspensão pela ação das ondas, e o transporte longitudinal e transversal de sedimentos.

Estudos enfocando o gerenciamento costeiro tentam encontrar um parâmetro simples que descreva o movimento de sedimento incipiente perto da praia; para tanto, foi desenvolvido o conceito de Perfil Praial de Equilíbrio (PPE). Esse conceito, que foi primeiramente postulado por Dean (1977), tem sido definido como a forma final que o perfil praial adota sob condições de ondas constantes e um dado tamanho de grão (GOMES, 2004).

No processo de interação entre as ondas e o sedimento, o perfil do declive praial tende a tomar uma forma fixa correspondente ao clima de ondas. Um período suficientemente longo de ação das ondas resulta no estabelecimento de um perfil de equilíbrio, o qual permanece praticamente imutável até que o regime de ondas comece a mudar. Contudo, numa praia, as forças modificadoras nunca são constantes e mudanças na topografia da praia ocorrem freqüentemente (GOMES, 2004).

Short e Wright (1983) desenvolveram um conceito morfodinâmico para classificar as praias e este tem sido extensivamente usado por vários ecólogos na descrição do ambiente praial. Uma simples fórmula inclui o perfil da praia, as características do grão que compõe o sedimento, e a altura e o período das ondas que atuam na linha de costa, permitindo uma mais objetiva e completa descrição da dinâmica ambiental.

Devido à extrema dinâmica em tempo e espaço do ambiente praiial, a macrofauna presente nestes ambientes tem sido considerada fisicamente controlada (MCLACHLAN; DORVLO, 2005). Uma hipótese proposta por Noy-Meir (1979), chamada de Hipótese Autoecológica, afirma que, em ambientes controlados fisicamente, as comunidades são estruturadas por respostas independentes de espécies individuais aos fatores físicos, sendo as interações biológicas mínimas.

Nas últimas décadas, os estudos sobre praias arenosas concentraram-se em compreender a influência dos fatores físicos na composição, abundância e zonação das espécies (HACKING, 1997; BRAZEIRO, 1999; JARAMILLO *et al.*, 2000; SOARES, 2003; MCLACHLAN; DORVLO, 2005). Estes estudos têm demonstrado boas correlações entre os atributos das comunidades e índices que indicam o estado praiial.

O primeiro índice usado para caracterizar o ambiente físico e explicar mudanças na comunidade, foi o parâmetro adimensional de Dean (Ω) 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, torna-se inadequado para situações de macromarés. Devido a este fato, outro índice foi desenvolvido para comparar praias sujeitas a diferentes amplitudes de marés, o BSI, Índice do Estado Praial, que envolve os componentes do parâmetro de Dean, multiplicado pelo fator marés; ele tem apresentado boas correlações com muitos tipos praiiais (MCLACHLAN; DORVLO, 2005).

Soares (2003) desenvolveu um outro índice, o BDI, Índice de Depósito Praial, baseado na medida do perfil da praia multiplicado pelo tamanho da partícula do sedimento; este índice apresentou-se satisfatório para praias de regime microtidais.

McLachlan e Dorvlo (2005), testaram novos índices: a Área, medida da área entremarés obtida pela amplitude das marés, dividida pela declividade praiial, e o Índice da Praia, BI, similar a área com a inclusão do tamanho da partícula do sedimento; ambos apresentam medidas logaritmizadas. O Índice da Praia mostrou os melhores resultados quando comparado a outros índices utilizados, considerando as variáveis riqueza de espécies, abundância e biomassa. O BI também pode explicar padrões em macroescala, quando a latitude é considerada (MCLACHLAN; DORVLO, 2005).

No Brasil, apesar de 9200km 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 o morfodinamismo destas áreas 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.*, 2002; QUEIROZ; ROCHA-BARREIRA, 2005; VIANA *et al.*, 2005). A zona de arrebentação foi pouco estudada até o momento (MATTHEWS-CASCON *et al.*, 2004; GROSSI-HIJO *et al.*, 2005; GROSSI-HIJO, 2007).

Os estudos de Silva *et al.* (2000), Castelo Branco *et al.* (2005) e Rocha-Barreira *et al.* (2005), destacam-se por considerar aspectos da morfodinâmica ambiental em praias cearenses. A praia da Taíba, ambiente de estudo desta pesquisa, não possui dados de caracterização morfodinâmica, nem dados referentes a demais parâmetros ambientais.

Portanto, a fim de avaliar o ambiente no qual a população da espécie *Mellita quinquiesperforata* foi estudada, o objetivo principal deste capítulo foi caracterizar a morfodinâmica da praia, descrevendo sua variabilidade morfológica, determinando o estado morfodinâmico praiado e relacionando-o com as variáveis ambientais coletadas.

1.1 METODOLOGIA

1.1.1 Caracterização da Área de Estudo

O litoral do Estado do Ceará possui aproximadamente 570Km 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 onde ocorrem dunas móveis e fixas; esta predominância arenosa da faixa litorânea é ocasionalmente interrompida por afloramentos rochosos e os recifes de praia (MATTHEWS-CASCON *et al.*, 2004).

Segundo Castelo Branco *et al.* (2005), o Estado sofre influências das movimentações da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que corresponde a uma região de concentração das correntes de ventos alísios provenientes dos hemisférios norte e sul, verificados ao longo do Equador Térmico da Terra, responsáveis pela pronunciada sazonalidade dos regimes pluviométricos e de ventos. De acordo com a migração da ZCIT, o clima cearense caracteriza-se pela presença de períodos de chuvas intensas em função do posicionamento da ZCIT no hemisfério sul, e quando posicionada no hemisfério norte configura-se o início da estiagem, com dias ensolarados e quentes.

A estação com maior índice pluviométrico, varia de 4 a 7 meses, seguidos por um período acentuadamente seco. Em geral, o período chuvoso inicia-se no mês de dezembro, consolidando-se a partir da segunda quinzena de fevereiro, com as precipitações de maior expressão ocorrendo entre os meses de março e maio. Por outro lado, o período mais seco ocorre entre os meses de setembro a novembro (MAGALHÃES; MAIA, 2003).

Entre os meses de agosto a dezembro, estiagem, a temperatura tende a aumentar, causando redução da umidade, aumento da insolação e maior velocidade dos ventos, 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 morfodinâmica das praias (MAGALHÃES; MAIA, 2003).

A praia da Taíba está localizada no litoral oeste no Município de São Gonçalo do Amarante (03°30,125'S; 038°54,469'W) (Figura 1). Apresenta 14 Km de extensão, com uma faixa larga de areia, dunas e recifes de arenitos, possui muitas falésias com reentrâncias formadas pelo hidrodinamismo das marés (PAIVA; MACEDO, 1997).



Figura 1: Localização da praia da Taiba, São Gonçalo do Amarante – Ceará, com a indicação do local de coleta (imagem modificada do site Google Earth, acesso em Outubro de 2007).

1.1.2 Amostragem

Em cada coleta, foram registradas a temperatura da água, salinidade e granulometria do sedimento. A altura e o período das ondas foram também registrados. Foram utilizados um termômetro digital tipo espeto (marca Incoterm) com precisão de 1°C, um refratômetro manual portátil modelo RTS-101 ATC (marca Instrutherm, resolução 1%), um cronômetro para a contagem da quebra das ondas, contando o número de ondas que chegavam à praia em 3 minutos e o tempo entre elas; e uma régua de alumínio para medir a altura da onda, obtida através da colocação da régua no ponto de máximo recuo, realizando a leitura alinhando-se a crista da onda com a linha do horizonte, de acordo com Gomes (2004).

Foram realizados perfis de praia, utilizando-se a técnica dos vasos comunicantes (Figura 2). Era demarcado um transecto perpendicular à linha da água, abrangendo toda a região

entremarés e zona de arrebentação, para a caracterização do perfil; através das variações do nível da água nos vasos comunicantes foi possível verificar o desenho e a declividade da praia.



Figura 2: Visualização da metodologia de obtenção do perfil praial utilizando vasos comunicantes, praia da Taíba, coleta dia 13/08/07.

Os dados de precipitação pluviométrica para o município de São Gonçalo do Amarante foram obtidos através da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

1.1.3 Análise granulométrica

As análises granulométricas do sedimento foram realizadas na Divisão de Oceanografia Abiótica do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará (UFC). Foram considerados sedimentos referentes a duas faixas de coleta, de 0-30m e 30-60m de distância do limite inferior da zona de varrido das ondas, até aproximadamente 1,5m de profundidade. Para cada faixa foi utilizado um amostrador cilíndrico de PVC com 10cm de diâmetro.

As amostras foram secas em estufa a uma temperatura de aproximadamente 60°C. A seguir, foram quarteadas, para a obtenção de uma quantidade próxima a 100g de sedimento. Este material seguiu para o peneiramento úmido o qual separa a fração lama da fração arenosa (limites das classes = 0,062mm de diâmetro).

A amostra voltou à estufa a 60°C, e depois de seca novamente, sofreu o peneiramento mecânico onde se separam as classes arenosas e cascalhos, ou seja, frações de 0,062mm até 2,00mm. Este peneiramento foi realizado manualmente e em um agitador mecânico (*rot up*), onde cada amostra foi disposta em um jogo de 12 peneiras com aberturas de $\frac{1}{4}$ de “phi” (Φ), de

acordo com a escala de classificação de Wentworth (1922) apud Suguio (1973), variando de 2 a 4 Φ (onde “phi”= $-\log_2 d$, sendo “d” o diâmetro em milímetros dos grãos). No final, pesou-se o conteúdo de cada peneira e a amostra foi acondicionada em sacos plásticos e identificada pela fração granulométrica a qual pertencia.

Os resultados das análises granulométricas foram submetidos ao Programa de análise granulométrica ANASED 5j, desenvolvido no Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada da Universidade Federal do Ceará.

Os parâmetros granulométricos foram calculados a partir de dados gráficos obtidos das curvas acumulativas de distribuição e frequência elaborada na escala “phi”, caracterizando a curva em relação a sua tendência central, grau de dispersão, grau de assimetria e grau de agudez dos picos. Estes valores avaliaram a descrição dos sedimentos em termos de suas várias propriedades, incluindo a média e a mediana, obtendo-se ainda o grau de seleção, grau de assimetria e a curtose.

1.1.4 Análise dos dados

Os parâmetros ambientais coletados (temperatura, salinidade, pluviosidade e sedimento) foram submetidos à análise de variância não paramétrica de Kruskal-wallis, e à análise de correlação de Spearman através do programa Statistica® versão 6.0.

Foram utilizados quatro índices para a descrição do estado morfodinâmico da praia a partir dos dados de ondas, de sedimento e dos perfis topográficos.

O primeiro, parâmetro adimensional de Dean (Ω):

$\Omega = H_b * 100 / (W_s * T)$, onde H_b é a altura da onda na arrebentação (m), W_s é a velocidade de sedimentação da partícula do sedimento e T o período da onda (s) (Wright e Short, 1984). Morfologicamente, valores de $\Omega < 2$ indicam praias reflexivas, $2 < \Omega < 5$ indicam praias intermediárias e $\Omega > 5$ praias dissipativas (MCLACHLAN; DORVLO, 2005).

Para o cálculo do parâmetro de Dean (Ω), foi necessário os valores da altura da onda (m), do período da onda (s) e da velocidade de decantação das partículas. Para o cálculo do W_s (decantação das partículas), utilizou-se o tamanho médio do grão observado na zona intermediária da zona de surfe, correspondendo as faixas de 30 e 60 metros em relação a zona de varrido das ondas, de acordo com Gomes (2004) e Grossi-Hijo (2007).

O segundo parâmetro, o parâmetro escalar da arrebentação (“surf-scaling parameter”):

$\Sigma = \frac{ab \cdot \omega^2}{g \cdot \tan^2 \beta}$, 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 principalmente as características da arrebentação, existindo uma 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 realizado o coeficiente de arrebentação proposto por Galvin Jr. (1968), representado pela fórmula:

$\beta = \frac{g m T^2}{H b}$, onde g é a gravidade, m é a declividade do perfil, T o período em segundos e $H b$ a altura da onda na zona de arrebentação. Através deste coeficiente adimensional é possível conhecer o tipo de ondas na arrebentação, sendo que valores de $\beta < 0,068$ caracterizam ondas deslizantes e $0,068 > \beta < 0,09$ ondas mergulhantes.

O BI, Índice da Praia considera o tamanho da partícula do sedimento (“phi”+1), a amplitude da maré e a declividade da praia (ângulo do perfil) (MCLACHLAN; DORVLO, 2005). É calculado pela fórmula:

BI = log₁₀ (tamanho do grão do sedimento x máxima extensão da maré/declividade do perfil). Valores de BI < 1,5, indicam praias reflectivas; BI > 3, praias dissipativas e 1,5 < BI < 3, praias intermediárias.

O RTR, Extensão Relativa da Maré, considera a amplitude das marés pela altura da onda:

RTR = máxima extensão da maré/altura da onda. Baixos valores (<3) indicam praias determinadas pela ação de ondas, valores entre 3 e 12 indicam praias modificadas por marés (regime de mesomarés) e valores maiores (>12) indicam praias determinadas por marés (regime de macromarés).

1.2 RESULTADOS

Considerando os parâmetros ambientais coletados, a praia da Taíba apresentou variações ao longo do período de amostragem. A temperatura variou de 25,6°C (junho/07) a 30,3°C (maio/07), não evidenciando diferença significativa entre os meses analisados, segundo o teste não paramétrico de Kruskal-wallis ($p=1,00$) (Figura 3).

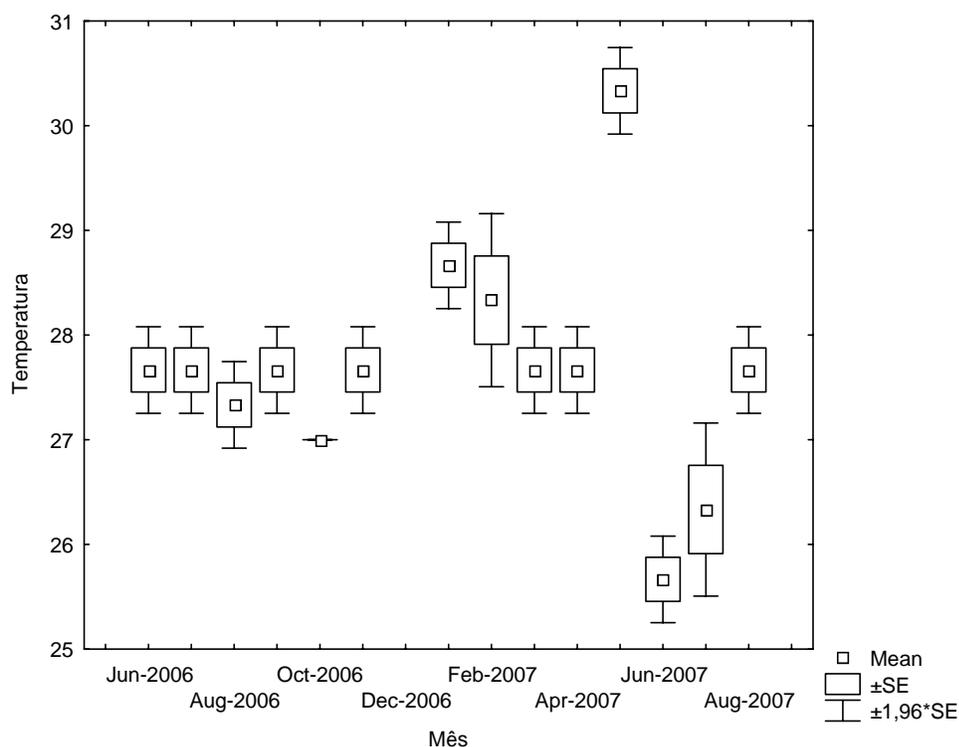


Figura 3: Variações de temperatura registradas na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.

A salinidade apresentou valores entre 34,3 (setembro/06 e abril/07) e 39,3 (novembro/06 e fevereiro/07), apresentando diferenças significativas durante o período de amostragem ($p<0,01$), com salinidades mais baixas no período de junho a setembro de 2006 (Figura 4).

Com base nos dados fornecidos pela FUNCEME, a região de São Gonçalo do Amarante apresentou o maior índice de precipitação pluviométrica no mês de fevereiro de 2007, enquanto que nos meses de agosto, outubro e novembro de 2006 e agosto de 2007 não foi registrado a ocorrência de chuvas (Figura 5). A análise de variância não-paramétrica dos valores mensais totais de precipitação entre os meses evidenciou diferenças significativas ($p<0,001$).

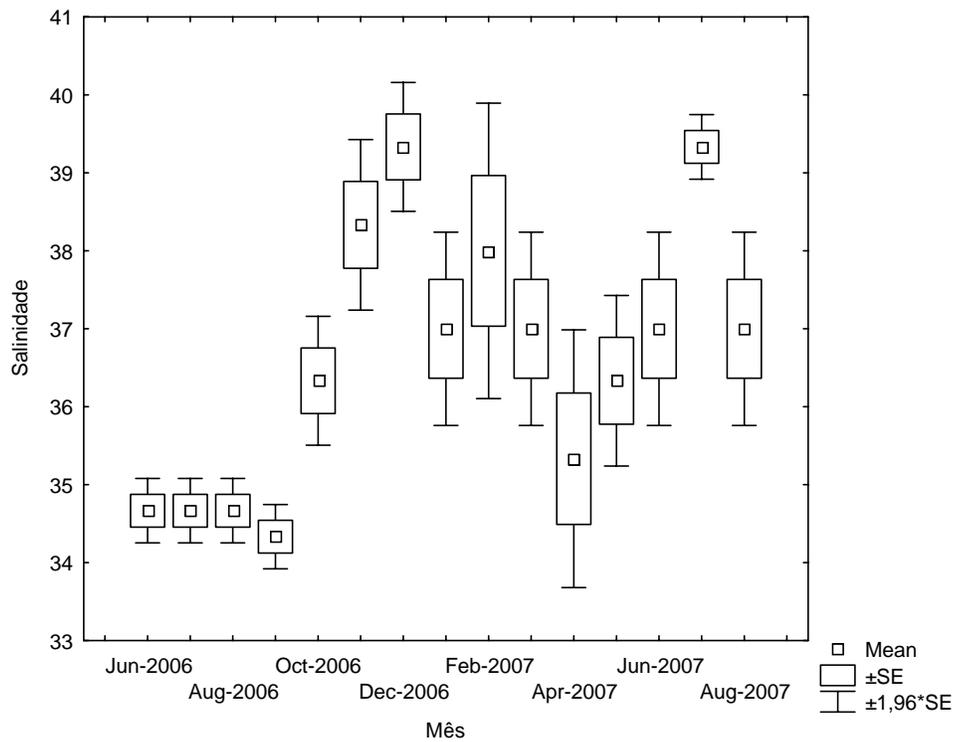


Figura 4: Variações de salinidade registradas na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.

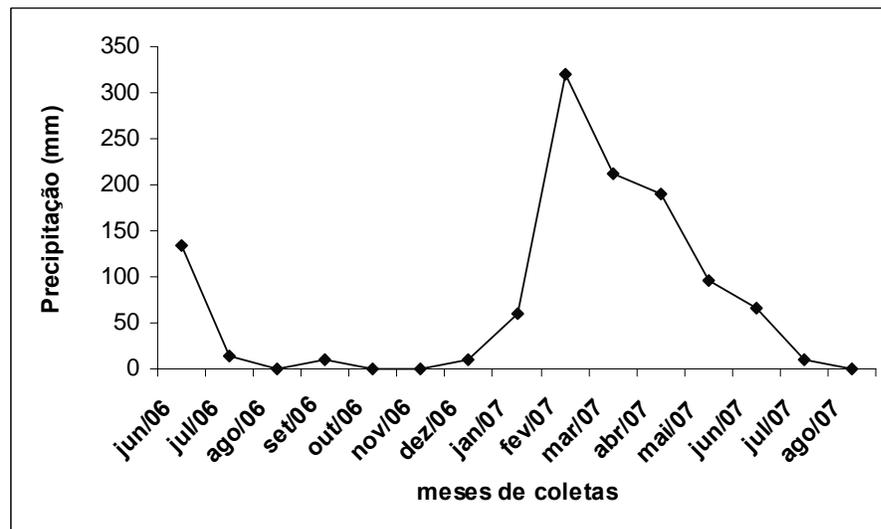


Figura 5: Variações de pluviosidade registradas na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.

Uma análise de correlação de Spearman foi realizada entre os valores de salinidade e precipitação pluviométrica, esta, porém, não apresentou valores significativos. A análise de

variância não paramétrica dos valores do sedimento não apresentou diferenças significativas entre os meses de coleta, nem entre as faixas dentro da zona de surfe.

Verificou-se, que a classificação média do sedimento foi quase sempre composta por areia fina ou muito fina, com valores médios do grão entre $1,80\Phi$ a $3,09\Phi$. O grau de seleção variou entre 1,39 a 0,48, sendo classificado como pobremente selecionado, moderadamente selecionado ou bem selecionado (67% moderadamente selecionados). A curtose variou de 0,67 a 1,92, apresentando amostras mesocúrticas, leptocúrticas, platicúrticas, muito leptocúrticas e muito platicúrticas (47% leptocúrticas). Para ambas as faixas de coleta foram observadas pequenas frações de cascalho, que variaram de 0,02% a 2,69% das amostras analisadas (Tabela 1).

Para a faixa 1 (0-30m de distância da zona de varrido), o tamanho médio dos grãos, ao longo do período de estudo, ficou entre $1,80\Phi$ a $3,09\Phi$, compreendendo na maior parte das amostras areia fina (73,4%). Em apenas uma amostra no mês de Agosto de 2007, o tamanho médio do grão caracterizou areia média ($1,80\Phi$) (Tabela 1).

O sedimento para esta faixa de coleta, apresentou-se moderadamente selecionado em 73,4% das amostras, com grau de seleção variando entre 0,48 a 1,21. Os valores de assimetria, variaram de 0,01 a -0,46, com 40% das amostras muito negativa. Segundo os valores de curtose, 53,3% das amostras apresentou sedimentos leptocúrticos, 13,3% muito leptocúrticos, 26,6% mesocúrticos e 6,6% platicúrticos (Tabela 1).

Para a faixa 2 (30 – 60m da zona de varrido), o tamanho médio do grão variou de $1,83\Phi$ a $3,05\Phi$, sendo a maioria representante da fração areia fina (73,4%). A fração areia média correspondeu a cerca de 20% das amostras e areia muito fina a cerca de 6,6%. Os valores da assimetria variaram de -0,03 a -0,47, correspondendo a 46,6% muito negativa, 46,6% negativa e apenas 6,6% aproximadamente simétrica (Tabela 1).

O grau de selecionamento para a faixa 2, variou de 0,60 a 1,27, apresentando 60% do sedimento moderadamente selecionado. Esta faixa também apresentou a maior parte das amostras como leptocúrticas (40%); houve uma maior distribuição dos sedimentos em relação a curtose, já que também se apresentaram sedimentos platicúrticos (26,6%), mesocúrticos (13,3%), muito leptocúrticos (13,3%) e muito platicúrticos (6,6%) (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação granulométrica do sedimento na zona de arrebentação na praia da Taíba, no período de junho/2006 a agosto/2007. Valores de média e mediana apresentados em “phi” ($-\log_2$ diâmetro do grão em mm). Z1(0-30m), Z2 (30-60m).

Amostra	Média	Classificação	Seleção	Classificação	Curtose	Classificação	Assimetria	Classificação	Areia(%)	Finos (%)
260606 Z1	3,02	Areia Muito Fina	0,52	Moderadamente selecionado	1,10	mesocúrtica	-0.21	negativa	98,12	1,85
260606 Z2	2,18	Areia Fina	1,27	Pobrememente selecionado	0,71	platicúrtica	-0.35	muito negativa	98,24	0,83
130706 Z1	3,03	Areia Muito Fina	0,73	Moderadamente selecionado	1,22	leptocúrtica	-0.26	negativa	97,56	1,71
130706 Z2	1,85	Areia Média	1,18	Pobrememente selecionado	0,83	platicúrtica	-0.37	muito negativa	99,56	0,14
110806 Z1	2,77	Areia Fina	0,64	Moderadamente selecionado	1,01	mesocúrtica	-0.13	negativa	99,32	0,58
110806 Z2	2,93	Areia Fina	0,71	Moderadamente selecionado	1,46	leptocúrtica	-0.36	muito negativa	98,14	1,50
070906 Z1	2,81	Areia Fina	0,48	Bem selecionado	0,99	mesocúrtica	0.01	aproximadamente simétrica	98,83	1,17
070906 Z2	2,77	Areia Fina	0,60	Moderadamente selecionado	0,97	mesocúrtica	-0.03	aproximadamente simétrica	98,19	1,81
061006 Z1	2,50	Areia Fina	0,60	Moderadamente selecionado	1,38	leptocúrtica	-0.05	aproximadamente simétrica	99,09	0,88
061006 Z2	2,11	Areia Fina	0,85	Moderadamente selecionado	1,24	leptocúrtica	-0.26	negativa	99,74	0,07
061106 Z1	2,80	Areia Fina	0,66	Moderadamente selecionado	1,26	leptocúrtica	-0.09	aproximadamente simétrica	96,55	3,37
061106 Z2	2,80	Areia Fina	0,68	Moderadamente selecionado	1,28	leptocúrtica	-0.19	negativa	98,43	1,52
051206 Z1	2,36	Areia Fina	1,09	Pobrememente selecionado	1,56	muito leptocúrtica	-0.42	muito negativa	96,09	1,22
051206 Z2	2,10	Areia Fina	0,85	Moderadamente selecionado	1,01	mesocúrtica	-0.23	negativa	99,67	0,24
220107 Z1	2,87	Areia Fina	0,54	Moderadamente selecionado	1,09	mesocúrtica	-0.01	aproximadamente simétrica	98,43	1,56
220107 Z2	2,05	Areia Fina	1,08	Pobrememente selecionado	0,85	platicúrtica	-0.32	muito negativa	99,63	0
160207 Z1	2,35	Areia Fina	0,64	Moderadamente selecionado	1,40	leptocúrtica	-0.03	aproximadamente simétrica	99,21	0,76
160207 Z2	2,56	Areia Fina	0,98	Moderadamente selecionado	1,46	leptocúrtica	-0.24	negativa	97,88	1,54
070307 Z1	2,30	Areia Fina	1,13	Pobrememente selecionado	1,69	muito leptocúrtica	-0.46	muito negativa	97,81	1,22
070307 Z2	2,95	Areia Fina	0,78	Moderadamente selecionado	1,92	muito leptocúrtica	-0.45	muito negativa	98,75	0,73
030407 Z1	2,95	Areia Fina	0,64	Moderadamente selecionado	1,13	leptocúrtica	-0.28	muito negativa	98,32	1,60
030407 Z2	2,25	Areia Fina	1,22	Pobrememente selecionado	1,17	leptocúrtica	-0.47	muito negativa	99,52	0,03
030507 Z1	3,09	Areia Muito Fina	0,50	Moderadamente selecionado	1,43	leptocúrtica	-0.3	muito negativa	99,05	0,75
030507 Z2	1,83	Areia Média	1,39	Pobrememente selecionado	0,67	muito platicúrtica	-0.1	negativa	97,57	1,60
130607 Z1	2,89	Areia Fina	0,77	Moderadamente selecionado	1,37	leptocúrtica	-0.37	muito negativa	96,9	3,09
130607 Z2	3,05	Areia Muito Fina	0,86	Moderadamente selecionado	1,75	muito leptocúrtica	-0.39	muito negativa	95,38	4,12
160707 Z1	2,69	Areia Fina	0,72	Moderadamente selecionado	1,27	leptocúrtica	-0.15	negativa	99,13	0,84
160707 Z2	1,93	Areia Média	1,14	Pobrememente selecionado	0,84	platicúrtica	-0.24	negativa	97,02	2,69
130807 Z1	1,80	Areia Média	1,21	Pobrememente selecionado	0,79	platicúrtica	-0.36	muito negativa	97,64	0,77
130807 Z2	2,42	Areia Fina	0,74	Moderadamente selecionado	1,22	leptocúrtica	-0.15	negativa	100,45	-0,47

A Tabela 2 sumariza os dados oceanográficos e morfodinâmicos, Parâmetro de Dean (Ω), Índice da Praia (BI), Índice da Extensão Relativa da Maré (RTR), Parâmetro escalar da arrebentação (Σ) e o coeficiente de arrebentação (β) obtidos na praia da Taíba.

A altura e o período das ondas foram registrados durante os meses de fevereiro a agosto de 2007; a altura variou entre 0,40m a 0,60m e o período foi de 5,93s a 8,31s. Os valores do parâmetro de Dean (Ω) variaram de 1,71 a 2,55, classificando a praia como predominantemente intermediária, apresentando, porém, nos meses de fevereiro, março e maio de 2007, características do modo reflectivo ($\Omega < 2$). Reforçando este resultado, o Índice de Praia, BI, apresentou valores entre 2,15 a 2,50, também indicativos de estados intermediários (Tabela 2).

O parâmetro escalar da arrebentação e o RTR também foram calculados para os meses de fevereiro a agosto de 2007. Os valores do parâmetro escalar da arrebentação variaram entre 3,16 até 11,40, indicando que a arrebentação desta praia apresenta um estado de dissipação das ondas. Já os valores de RTR variaram de 4,5 a 6,5, indicando que a praia sofre modificações pelas marés (regime de mesomarés). O coeficiente de arrebentação (β) variou de 0,01 a 0,03, indicando a ocorrência de ondas deslizantes (Tabela 2).

Tabela 2: Dados utilizados para o cálculo do parâmetro de Dean, valores do Índice da Praia (BI), Índice da Extensão Relativa da Maré (RTR), Parâmetro escalar da arrebentação (Σ) e o coeficiente de arrebentação (β), obtidos na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.

Mês/2007	Média do sedimento*	W_s^{**}	Altura da onda (m)	Período da onda (s)	Dean (Ω)	Classificação	BI	Classificação	RTR	Σ	β
Fevereiro	2,46	3,50	0,50	7,26	1,97	Reflectiva	2,50	Intermediária	5,60	4,62	0,03
Março	2,62	3,00	0,41	7,86	1,73	Reflectiva	2,50	Intermediária	6,09	3,16	0,02
Abril	2,60	3,00	0,40	6,00	2,22	Intermediária	X	X	6,50	X	X
Mai	2,46	3,50	0,50	8,31	1,71	Reflectiva	2,27	Intermediária	5,20	4,61	0,01
Junho	2,97	2,50	0,50	7,83	2,55	Intermediária	2,33	Intermediária	5,40	5,33	0,01
Julho	2,31	3,80	0,50	6,37	2,06	Intermediária	2,15	Intermediária	5,40	9,06	0,01
Agosto	2,11	4,00	0,60	5,93	2,52	Intermediária	2,20	Intermediária	4,50	11,40	0,03

Os perfis topográficos apresentaram algumas diferenças durante o período de estudo (Figura 6). O perfil de junho de 2006 apresentou mais de 80m da porção arenosa da praia, declividade de aproximadamente 1/22, uma descida (degrau) de aproximadamente 4 metros e uma cava expressiva (1metro) (Figura 6A). O perfil pode ser classificado como crista/canal.

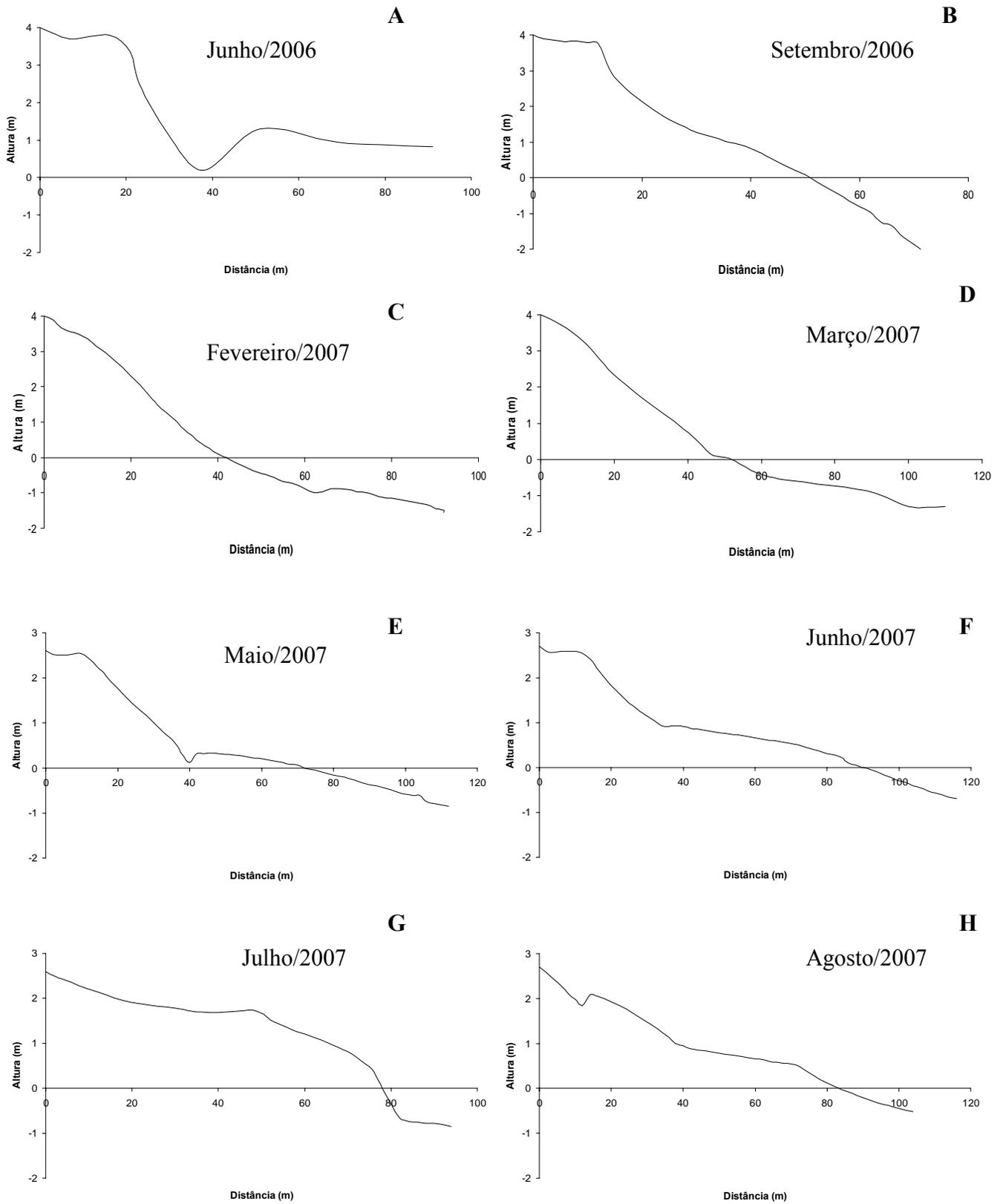


Figura 6: Perfis topográficos (A, B, C, D, E, F, G, H) da região entremarés e zona de surfê da Praia da Taiba, período de junho/2006 a agosto/2007. O eixo representativo da distância (m) também marca o nível do mar.

O perfil representativo do mês de setembro de 2006 apresentou a área entremarés com aproximadamente 50m de extensão. Apresentou uma declividade de 1/24, com a formação de um degrau e uma descida contínua de 4 metros que se estendeu à zona de surfe com 2m de profundidade. Perfil classificado como terraço de baixa mar (Figura 6B).

O perfil do mês de fevereiro de 2007, apresentou uma queda contínua de 4m de altura, sem a formação de um degrau no supralitoral. A declividade foi de 1/33, com uma porção arenosa de 40m de extensão e uma profundidade da zona de surfe de aproximadamente 2 m, caracterizada por uma descida mais atenuada e um pequeno canal e banco (Figura 6C). O perfil de março de 2007 apresentou um desenho bem semelhante ao mês anterior, com uma declividade de 1/35, a mesma descida na região entremarés, e a profundidade da zona de surfe (Figura 6D).

A partir do mês de maio de 2007, os perfis apresentaram uma diminuição de sua altura em relação ao nível do mar. No referido mês, o perfil apresentou um degrau com menos de 20m de extensão e aproximadamente 3m de altura, uma queda contínua e uma pequena cava. A zona entremarés apresentou quase 80m de extensão e a zona de surfe apresentou uma queda suave até aproximadamente 1m de profundidade (Figura 6E). A declividade foi de 1/21, sendo o perfil caracterizado como terraço de baixa mar.

O perfil do mês de junho de 2007 apresentou uma altura inferior a 3m, um degrau com quase 20m de extensão e uma porção arenosa entremarés com 90m. Há uma visível queda no perfil, mas a calha apresentada no mês anterior não se desenvolveu de forma notável neste mês; há, porém, uma pequena quebra na descida representando um novo degrau a 1m de altura com uma inclinação mais tênue. A declividade foi de 1/20 e a profundidade da zona de surfe foi inferior a 1m (Figura 6F). Esta representação pode ser classificada como Terraço de baixa mar.

No mês de julho de 2007, a declividade do perfil de praia foi 1/16, com uma altura de aproximadamente 3m e uma extensão da região entremarés de quase 80m. Um degrau mais suave caracterizou este perfil que apresentou uma queda de 1m e uma zona de surfe com profundidade também de 1m (Figura 6G). Perfil classificado como Terraço de baixa mar.

O último perfil realizado, agosto de 2007, apresentou declividade de 1/19, com uma pequena cava no pós-praia e uma descida contínua de 2m. A região entremarés demonstrou comprimento semelhante ao mês anterior com pouco mais de 80m e uma profundidade da zona de surfe inferior a 1m (Figura 6H). Perfil classificado como Terraço de baixa mar.

Em todos os perfis realizados, a porção submersa, abaixo do nível do mar, foi observada até no máximo 2 metros de profundidade, apresentando quase sempre um declive contínuo acompanhando o perfil emerso como no mês de setembro de 2006 ou mais suave com a formação de pequenos bancos/cavas como nos meses de fevereiro e março de 2007 (Figura 6).

No período de estudo, a zona de surfe caracterizou-se como bem definida, relativamente extensa (50 a 100m), sendo freqüente a ocorrência de mais de uma linha de quebra de ondas e uma zona de espraçamento de ondas que chegou a se deslocar bastante ao longo do perfil praiial (observação visual).

1.3 DISCUSSÃO

Os valores de temperatura encontrados na praia da Taíba não apresentaram grandes variações durante o período de estudo, confirmando as condições deste parâmetro para as regiões tropicais, e para a área nordestina. O menor e o maior valor de temperatura não corresponderam aos valores de maior e menor precipitação pluviométrica.

Grossi-Hijo (2007), analisando a zona de surfê da praia da Lagoinha, Ceará, verificou que no mês de dezembro, considerado período seco, ocorreu o maior valor de temperatura (30°C), enquanto que no mês de maio, época de chuva, ocorreu a menor temperatura (22°C). Esse autor também não visualizou diferenças expressivas no período de amostragem, confirmando mais uma vez, as condições de temperaturas elevadas durante todo ano nas regiões tropicais.

Com relação a precipitação pluviométrica observada, evidenciou-se duas estações características da região de estudo. Desta forma, os meses de julho a dezembro de 2006 caracterizaram o período seco, enquanto que os meses de janeiro a junho de 2007 foram representativos do período de chuvas, como visto por Grossi-Hijo (2007).

Os dados de salinidade também apresentaram diferenças significativas entre os meses de coletas. Esses dados, porém, não se correlacionaram positivamente com os períodos de precipitação pluviométrica. Assim, valores que marcaram altas ou baixas salinidades ocorreram tanto na época de estiagem (período seco) como na época de chuvas.

Grossi-Hijo (2007), observou que os valores de salinidade encontrados não diferiram estatisticamente durante os meses de coleta, apresentando valores homogêneos que ocorreram, como no presente estudo, durante os períodos seco e chuvoso.

Os resultados obtidos para o regime de ondas na praia da Taíba foi semelhante ao encontrado por Castelo Branco *et al.* (2005) ao estudar a morfodinâmica de praias arenosas do Ceará. Nesse estudo, os meses de julho, agosto e setembro foram marcados pelas maiores alturas das ondas, em torno de 1,5m, correspondendo ao início do período de estiagem, conseqüentemente, com maior velocidade dos ventos.

Apesar de não ter sido verificada a intensidade dos ventos para a praia da Taíba, esses dados podem justificar a variação dos valores da altura das ondas, visto ser o regime de ventos semelhante para o Estado cearense como um todo. Além disso, a altura das ondas pode ser muito variável, dependente de outros fatores como declividade do perfil de praia, estado

morfodinâmico, granulometria, aporte fluvial ou mesmo importância das ondas ou marés na dinâmica costeira.

De acordo com Leão (2005), o vento, dentre os elementos climáticos, assume função importante na morfogênese litorânea por causa da edificação de dunas costeiras e por gerar ondas e correntes que, juntamente com as marés, estabelecem o padrão de circulação das águas marinhas nas zonas litorâneas e sublitorâneas.

Freire e Cavalcanti (1998) afirmam que 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.

No trabalho de Grossi-Hijo (2007), as maiores alturas da onda ocorreram em dezembro e janeiro e as menores foram em maio e julho, não estando relacionadas aos períodos de intensidade dos ventos ou caracterização morfodinâmica.

Passos (2004) afirmou que a altura das ondas na arrebentação varia por inúmeros efeitos como convergência e divergência de ortogonais, variações batimétricas e ondulações das ondas de borda, levando ao desenvolvimento de uma série de células de circulação, cada uma caracterizada por uma corrente longitudinal, fluindo paralela à praia, e uma corrente de retorno. Tais correntes colocam os sedimentos finos em suspensão e são responsáveis pelo transporte dos mesmos para fora da zona de maior dinâmica da praia.

Apesar de não terem sido evidenciados estes efeitos, eles devem estar relacionados a altura das ondas, ao transporte dos sedimentos e conseqüentemente à morfodinâmica da praia da Taíba.

Com relação aos períodos das ondas na praia da Taíba, estes estão provavelmente relacionados com a altura das ondas, já que ondas maiores apresentaram também maiores períodos, ao estado morfodinâmico da praia ou a intensidade dos ventos já referida como ação que influencia a altura das ondas.

Castelo Branco *et al.* (2005) observaram que os períodos das ondas variaram, no geral, de 6,0 a 10 segundos no decorrer do levantamento de perfis praias. Estes autores afirmaram que o comportamento do período das ondas não mostrou relação de dependência com a sazonalidade do regime eólico.

O sedimento na praia da Taíba constituiu-se quase sempre de areia fina, com baixa porcentagem de finos (silte e argila); este resultado pode refletir o grau de seleção do sedimento na zona de surfe, produzido pela turbulência que impede a deposição de material fino.

Para Manso *et al.* (2003), o diâmetro médio reflete a média geral de tamanho dos grãos dos sedimentos, os quais são afetados pela fonte de suprimento de material, pelo processo de deposição e pela velocidade de correntes. Considerando as duas faixas de coleta, o tamanho médio dos grãos para a Taíba foi de $2,64\Phi$, classificado como areia fina, sendo este valor o resultado de vários processos na praia, como os já mencionados, ventos, altura e período de ondas, correntes longitudinais, marés ou declividade do perfil.

Apesar da porção de areia fina ter sido a mais representativa nas duas zonas amostradas, na zona 2 da praia da Taíba a areia média apresentou uma maior porcentagem quando comparada a zona 1, provavelmente, devido a ação das ondas da zona de quebra que selecionou o sedimento, movendo as partículas mais finas.

Com relação a assimetria, esta apresentou valores negativos na maior parte das amostras nas duas zonas consideradas. Segundo Rocha-Barreira (2001), a assimetria negativa caracteriza as condições de dinâmica deposicional, isto é, as partículas finas da carga sedimentar são selecionadas pela turbulência gerada na arrebentação, fazendo com que tais diâmetros de grão estejam praticamente ausentes no sedimento interno da zona de surfe.

Esta afirmação corrobora com os baixos percentuais de finos (silte e argila) encontrados na presente pesquisa e com a classificação de areia média em alguns meses na faixa 2 de coleta, que apresentou a maior porcentagem de assimetria negativa ou muito negativa das amostras realizadas.

Segundo Folk e Ward (1957), quando a assimetria é negativa, a amostra apresenta uma cauda em direção aos grãos grossos e a média situa-se no lado mais grosso em relação à mediana. Se a assimetria é positiva, a curva deforma-se em direção aos grãos finos e a média se posiciona no lado mais fino em relação à mediana. Sendo assim, as amostras referentes à praia da Taíba, que, na maior parte, foram negativas ou muito negativas estão em direção aos grãos grossos, confirmadas pela classificação “areia” e com baixa porcentagem de material fino (silte e argila).

Duane (1964) afirmou que valores negativos de assimetria são indicativos de áreas em processo de erosão, enquanto valores positivos indicam deposição. Em oposição a Duane (1964), Bittencourt (1992) afirmou que para as praias de Armação e Caixa-Pregos (Bahia) não existiu

qualquer tipo de relação aparente entre o sinal da assimetria e as fases de erosão e construção praial, o mesmo sendo evidenciado para a Taíba, considerando que os valores da assimetria foram quase sempre negativos mesmo quando os perfis demonstraram características deposicionais.

Bittencourt (1992) pôde constatar que a praia de Caixa-Pregos (BA) reflete baixas intensidade e variabilidade das ondas que a atingem observando uma baixa variabilidade nos valores da assimetria. Já nas praias de Atalaia (PI) e Armação (BA), a considerável variação nos valores da assimetria deve refletir as maiores intensidade e variabilidade das ondas que ali atuam.

Isto evidencia a baixa variabilidade das ondas na praia da Taíba, verificando-se para tanto, valores de assimetria quase sempre negativos, ou seja, também pouco variáveis.

Alguns autores têm sugerido também a existência de uma certa relação entre o sinal da assimetria e a granulometria. Assim, Chakrabarti (1977) encontrou resultados que apontam que os sedimentos da face da praia mais positivamente assimétricos são aqueles mais grossos do que 0,250mm. Já Friedman (1961) considera que areias grossas da face da praia tanto podem ser positivas quanto negativas.

A praia da Taíba apresentou predominantemente assimetria negativa, concordando mais aproximadamente com Chakrabarti (1977), não estando aqui considerados, porém, os valores de sedimentos de toda a face de praia.

A maior parte das amostras, tanto na zona 1, quanto na zona 2 apresentaram sedimentos moderadamente selecionados e em menores porcentagens pobremente selecionados. Para Almeida (2006), a pobre seleção está associada a condições de energia moderada do clima de ondas antecedentes.

Segundo o sistema de classificação proposto por McLachlan (1980) a praia da Taíba pode ser considerada como uma praia de energia de onda moderada, através das estimativas da altura e do período das ondas, bem como número de linhas de quebra e largura da zona de arrebentação, o que explica a seleção moderada da maioria dos valores de sedimento encontrados.

Para Passos (2004), a seleção de sedimentos ao longo do perfil praial varia transversalmente em tamanho. O diâmetro do sedimento reflete a topografia de fundo e a intensidade local da turbulência e da energia de dissipação das ondas. Em um perfil transversal, os menores materiais acumulam-se onde o movimento de água é mais lento e os materiais maiores onde é mais veloz.

Mais uma vez foi confirmada a seleção de material fino na Taíba, evidenciando-se na faixa de coleta 2, onde há a quebra das ondas há também a presença de materiais mais grossos, expressos como areia média em algumas amostras. Deve-se ressaltar, porém, a moderada ação das ondas na praia, confirmada pela maioria das amostras serem constituídas por areia fina ou muito fina.

Os estudos de Leão (2005) reforçam a afirmação supra citada, pois indica que grãos maiores são encontrados em pontos de máxima turbulência e o tamanho dos grãos tende a decrescer com o decréscimo da turbulência. Este autor afirmou também que as ondas representam a principal entrada de energia para os sistemas praias. Portanto, estes são diretamente dependentes da variabilidade do próprio clima de ondas, que na praia da Taíba apresentou baixa variabilidade, com conseqüente baixa variabilidade de sedimentos.

Para Almeida (2006), um ambiente com alta seletividade apresenta sedimentos com valores de desvio padrão mínimos e valores de curtose extremos. Na Taíba, as amostras das duas zonas apresentaram-se na maioria, moderadamente selecionadas e com valores de curtose caracteristicamente leptocúrticas, demonstrando ser este ambiente de moderada seletividade.

Segundo Castelo Branco *et al.* (2005), a interpretação dos parâmetros texturais das amostras de sedimento revelam uma relação com os estádios morfodinâmicos dissipativo, e intermediário a dissipativo. As amostras dos perfis dissipativos mostraram a predominância de sedimentos bem selecionados a moderadamente selecionados, com tamanho de grão variando de areia média a fina. E os sedimentos presentes nas praias de morfologias intermediárias a dissipativas assumiram uma gradação de areia média a fina em direção a antepraia.

Embora para esta pesquisa não tenha sido avaliado os sedimentos de toda a face praial, a praia da Taíba apresenta o estado morfodinâmico intermediário na maior parte do ano, confirmado por índices morfodinâmicos e perfis praias.

Observando os desenhos dos perfis de junho e setembro de 2006, parece ser o referente ao mês de setembro um resultado de um processo sequencial de erosão do perfil de junho. Já os perfis de fevereiro e março de 2007 apresentaram visualmente as mesmas características, com a aparência de mais uma vez constituírem-se de perfis de erosão quando comparados aos meses anteriores, principalmente devido ao desaparecimento do degrau antes formado na porção emersa e a diminuição da zona entremarés, sendo que, quando comparados ao mês de setembro de 2006, a porção abaixo do nível do mar apresentou uma declividade mais suave.

Em maio de 2007, o perfil apresentado parece ter recuperado sedimento na porção emersa, com um aumento na extensão da zona entremarés e através da formação de um pequeno degrau e uma pequena cava. Em junho de 2006, o perfil parece ser uma continuação do mês anterior, sendo que o perfil de julho de 2007 realçou ainda mais o processo de acresção de sedimento que foi sendo construído a partir de maio de 2007. O último perfil realizado, agosto de 2007, demonstrou a tendência à erosão, já que visualmente houve a formação de cavas não muito proeminentes, com uma diminuição na quantidade de material emerso.

Segundo Castelo Branco *et al.*(2005), a morfologia da face de praia, em determinado momento, é uma resposta às condições de ondas modais, ao regime de marés e à ação eólica.

Manso *et al.* (2003) afirmaram que o declive da face de praia é então relacionado ao diâmetro médio da areia e energia de onda que alcança aquele ponto. A quantidade de energia está ligada as condições de refração, por conseguinte, praias que são protegidas são mais íngremes para um mesmo tamanho de grãos de sedimento que praias expostas.

Marcondes (2005) fez a correlação entre a inclinação da face praial e a característica granulométrica dos sedimentos da praia, através da plotagem dos dados no gráfico proposto por Wiegel (1964) e obteve a classificação do grau de exposição da praia segundo a exposição às ondas. Seguindo este autor, a praia da Taíba pode ser considerada como protegida, caracterizada por areia fina, ação moderada das ondas e moderada inclinação praial (ângulos de 16° a 35°).

Ainda segundo Marcondes (2005), os caminhos de transição entre perfis ou estados intermediários foram reconhecidos. Quando a altura modal das ondas excede 2m, o tipo persistente é o de Banco e cava longitudinais, quando as ondas estão entre 1,5 a 2m predominam os Bancos e praias rítmicos, entre 1,5 a 1m aparece o tipo Banco transversal e *rip*, e sob baixa energia, ondas menores que 1m, o tipo crista canal ou terraço de maré baixa prevalece. Estas são praias de maior variabilidade tanto temporal, devido as variações energéticas, quanto espacial, devido à forma das cúspides e dos bancos.

Considerando os estágios descritos por Marcondes (2005), a praia da Taíba foi caracterizada principalmente como crista/canal ou terraço de maré baixa ou “baixa mar”. Este estágio é representativo de baixa energia devido a baixa altura das ondas. A classificação de praia protegida, assim obtida, fornece uma idéia da baixa influência do clima de ondas em termos de erosão e da capacidade de mobilização dos sedimentos da zona submersa.

No trabalho de Castelo Branco *et al.* (2005), foi verificado que os perfis dos meses de fevereiro a junho de 2002, foram marcados por um sutil rebaixamento nos seus traçados, justificado pelo intermitente canal de deságüe da lagoa do Batoque, que se desenvolveu cortando a face de praia na forma de calha larga e rasa, durante os meses de maiores precipitações.

Considerando os resultados dos perfis praias da Taíba, a diminuição da altura dos perfis que ocorreu a partir de maio de 2007, também corresponde aos períodos de maiores precipitações como encontrado por Castelo Branco *et al.* (2005), sem, no entanto, ter uma análise de possíveis deságües fluviais na região estudada.

A sazonalidade das características morfológicas das praias estudadas por Weschenfelder e Zouain (2002), também foi constatada através das variações do volume subaéreo, com os perfis de verão e inverno apresentando o máximo e o mínimo volume subaéreo respectivamente, em relação ao outono e à primavera. Este resultado é semelhante ao encontrado na Taíba e por Castelo Branco *et al.* (2005) em praias cearenses.

As praias analisadas por Castelo Branco *et al.* (2005) no estado do Ceará foram caracterizadas como pertencentes ao extremo morfodinâmico dissipativo, intermediário, destacando-se a presença de terraço e microfalésia no pós-praia, dissipativos para intermediários e intermediários para dissipativos.

De acordo com Maia e Meireles (2003), as praias cearenses correspondem, no geral, a praias no estágio morfodinâmico intermediário, caracterizado por barras e sulcos (piscinas), seguindo a classificação proposta por Short e Wright (1983). De acordo com este estudo, foi possível perceber feições topográficas distintas embora as praias estejam classificadas no mesmo estágio morfodinâmico.

Wright e Short (1984) formaram a base da atual classificação da tipologia praial para praias dominadas por ondas e de micro marés. As ferramentas propostas por esses autores para a determinação do estado morfodinâmico são a comparação visual do perfil topográfico e a aplicação do parâmetro de Dean (1977).

Os valores do parâmetro de Dean (Ω) durante os meses de coleta classificaram a praia como intermediária, apresentando, porém, em alguns meses características do modo reflectivo. Nestes meses a praia da Taíba deveria ser classificada como reflectiva, mas entende-se que os valores obtidos estavam bem próximos ao valor limite intermediário. Além disto, as

características dos perfis praias e o Índice da Praia corroboram a classificação intermediária, com terraços de baixa mar e banco e calha longitudinal.

Almeida (2006) apresentou em seu trabalho as interações entre o parâmetro de Dean e os perfis praias, afirmando que o estado reflectivo se manifesta com valores médios de Dean de 1,5, com isso, a praia da Taíba apresenta-se realmente como uma praia intermediária já que seus valores segundo este parâmetro são sempre superiores ao apresentado.

Segundo a extensão dos perfis apresentados, estes também podem ser classificados como intermediários, com comprimento máximo de aproximadamente 115m, resultado confirmado por Castelo Branco *et al.* (2005) que teve seus perfis praias intermediários com os menores comprimentos de perfis apresentando até 120 m.

Wright e Short (1984) ressaltaram que apesar do pequeno intervalo de variação possível do parâmetro de Dean (Ω) para que a praia permaneça no estado morfodinâmico intermediário, é dentro dessa faixa estreita que as maiores variações morfológicas ocorrem. Ressaltam ainda que os valores de Ω precisam ser inferiores a 1 para que praia permaneça no estado morfodinâmico extremo reflectivo e maiores do que 6 para que permaneça na sua condição de estado completamente dissipativo.

Viana (2006) afirmou em seu trabalho com duas praias cearenses, que a plasticidade de feições que praias de estágio intermediário podem possuir, mudando, ao longo do ano, podem estar de acordo com a intensidade do vento, correntes, altura e intensidade de ondas.

Para McLachlan e Brown (2006), a declividade do perfil praias depende da interação dos processos de varrido e de retorno das ondas. Comprovadamente, nos meses com características reflectivas, a altura das ondas apresentou baixos valores, indicando uma limitada habilidade das mesmas em erodir a superfície praias.

McLachlan e Dorvlo (2005) afirmaram que o parâmetro de Dean é baseado na medida do transporte potencial da partícula do sedimento e da energia da onda, sendo capaz de expressar a habilidade das ondas em mover sedimento. Considerando os resultados obtidos, pode-se observar que para a Taíba, as ondas têm uma limitada ação em erodir a praia, tornando-a mais acrescional, ou seja, acumulando sedimento na porção subaérea quando comparada à porção submersa.

Segundo Muehe (1993), o perfil transversal de uma praia vai depender do ganho ou perda de areia, de acordo com a energia das ondas, ou seja, de acordo com as alternâncias entre tempo bom (ganho de sedimento) e tempestade (erosão). Nas zonas em que o regime de ondas se

diferencia significativamente entre verão e inverno, a praia desenvolve perfis sazonais típicos de acumulação (perfil de verão) e erosão (perfil de inverno).

Com isso, atingindo a praia um equilíbrio às diferentes condições oceanográficas, ela desempenhará um essencial papel de proteção da costa contra a erosão marinha. Por fim, os estados intermediários se caracterizam por uma progressiva redução da largura da calha longitudinal, como resposta às variações nas características hidrodinâmicas.

O acréscimo de sedimento foi visto durante os meses de maio, junho e julho de 2007, enquanto que, em fevereiro, março e agosto de 2007 houve uma visível erosão. Este resultado não está de acordo com Muehe (1993) sobre a formação de perfis sazonais, provavelmente por não ser o regime de ondas diferentes significativamente entre verão e inverno, nem mesmo serem determinantes dos perfis.

O sistema morfológico de crista/canal e principalmente terraço de baixa mar estiveram presentes nos meses analisados, sendo que esta tipologia está de acordo com o modelo morfológico de Short (2003) para praias de meso e/ou macromarés.

Segundo Passos (2004), os estados intermediários se caracterizam por uma progressiva redução da largura da calha longitudinal, em decorrência da migração do banco submarino da zona de arrebentação em direção à praia como resposta às variações nas características hidrodinâmicas.

Passos (2004) também afirmou que os tipos de ondas de arrebentação indicam o modo de dispersão de energia da onda. Nas ondas deslizantes a turbulência começa na crista e envolve a frente da onda e segue por distâncias de até vários comprimentos de onda. Por outro lado, nas ondas mergulhantes o processo é mais violento, ocorrendo em uma distância de só 2 ou 3 alturas de onda, de forma que a energia de dissipação está concentrada em uma zona estreita. As ondas frontais se elevam, entretanto, a base da onda atinge a face da praia tão rapidamente que a crista se desmorona e desaparece; ocorrem em praias de alto-gradiente com ondas de baixa declividade.

Quando considerados os valores do parâmetro escalar da arrebentação da praia da Taíba, estes, variaram entre 4,16 até 11,02, indicando que a arrebentação desta praia apresenta um estado de dissipação das ondas. Confirmando este resultado, o índice de arrebentação apresentou valores entre 0,015 e 0,032, classificando as ondas da arrebentação como deslizantes, indicando que a influência da quebra das ondas é um processo gradual e extenso.

Este resultado descaracteriza mais uma vez os perfis “reflectivos” segundo o parâmetro de Dean encontrados nesta pesquisa, que deveriam apresentar então, ondas mergulhantes, indicativas de uma maior declividade, além de sedimentos mais grossos.

Castelo Branco *et al.* (2005) puderam observar em sua pesquisa, durante o período de maio a setembro, o desenvolvimento de ondas classificadas como mergulhantes, com valores do coeficiente de rebentação de 0,068 a 0,09, imprimindo uma maior declividade no perfil praial.

Marcondes (2005) caracterizou a praia de seu estudo como reflectiva, com areias médias ($1,47\Phi$) contidas em perfis relativamente bem inclinados, onde os tipos de arrebatção predominantes foram frontais e ascendentes, e as alturas das ondas não ultrapassaram 1m nem mesmo sob condições de alta energia.

Segundo Leão (2005), outro importante processo é a maré, com mudanças no nível da água, de pequeno espaço temporal, causam mudanças cíclicas nas praias, podendo atuar passivamente ou ativamente no transporte de sedimento. A área de atuação da maré depende fortemente de sua amplitude, pois esta define a quantidade de energia presente em um sistema. A influência pode ser tamanha que, nos casos em que sua influência supera a das ondas, estabelecem-se "terraços de maré".

Segundo Castelo Branco *et al.* (2005), para o Estado do Ceará, 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 segundo Davies (1964) como mesomaré.

O RTR é uma medida da importância relativa das ondas e marés em influenciar a morfologia praial. Para este trabalho, os valores de RTR indicaram que a influência das marés é a principal ação modificadora dos perfis demonstrados. Confirmando este resultado, McLachlan e Dorvlo (2005) afirmam que o perfil da praia não é meramente em função do sedimento; as marés também influenciam o perfil, semelhante à função das ondas, com praias tornando-se mais amplas com o aumento da amplitude das marés.

Para Gaze (2005), a subida e descida do nível da água pela maré e as associadas correntes oscilatórias de enchente e vazante são os aspectos mais óbvios dos movimentos da água em muitas regiões costeiras e estuários. Além da importância hidrodinâmica, as marés são fundamentais a respeito da ecologia e qualidade de água de um ambiente.

No trabalho de Santos *et al.* (2004), as amplitudes máximas da maré foram até 1,40 m, o que segundo Muehe (1993) essa pequena amplitude não favorece a geração de correntes de maré capazes de transportar areia.

Sabaini (2005) encontrou o resultado da equação RTR igual a 2,2 e, sobretudo, as características morfológicas e sedimentológicas mostraram que a praia do Atalaia é do tipo dissipativa dominada por ondas. Contudo, não descartou a influência da macromaré semidiurna na referida praia. Segundo Masselink e Short (1993), apenas em praias com $RTR \ll 2$ a maré não é uma forte componente modificadora da paisagem geomorfológica, corroborando a importância das marés na modificação praial da Taíba.

Weschenfelder e Zouain (2002) afirmaram que o estado morfodinâmico praial depende de uma série de fatores interdependentes que condicionam o “equilíbrio morfológico-dinâmico” do sistema. Eles afirmam juntamente com Komar (1983) que as características do regime de ondas incidentes, configuração morfológica da região costeira e plataforma continental adjacente, variáveis do estoque sedimentar disponível e processos harmônicos produzidos pela ação das marés e correntes, são condicionantes dos processos erosivo-depositivos atuantes no sistema.

A evolução das feições da linha de costa é resultante dos processos morfodinâmicos, que ocorrem em resposta às mudanças nas condições externas. Essa evolução ocorre em função do ajuste entre a topografia, a hidrodinâmica e o volume de sedimentos que chega ao litoral, repercutindo no transporte sedimentar e gerando mudanças nas formas costeiras numa ampla escala temporal e espacial.

Sendo assim, as variações da linha de costa podem ser observadas a partir de estudos que apresentem uma série temporal e espacial, evidenciando processos deposicionais ou erosivos. Essas variações podem se processar em curto, médio ou longo período, de acordo com a intensidade dos mecanismos físicos que ocorrem na linha de costa e que atuam de forma concomitante (ondas, correntes costeiras e marés), causando transformações que podem resultar em um processo de progradação em direção ao mar ou em um recuo da linha de costa em direção do continente.

A praia da Taíba apresentou processos deposicionais e erosivos, característicos de uma praia arenosa com condição morfodinâmica intermediária, apresentando perfis influenciados principalmente pela ação das marés, além de considerar também a ação das ondas e o tipo de sedimento existente no local.

1.4 CONCLUSÃO

- A turbulência gerada pelas ondas na zona de surfe na praia da Taíba selecionou o sedimento, impedindo a deposição de material fino e caracterizando a área de coleta como constituída basicamente por areia fina.
- O estado morfodinâmico intermediário da praia da Taíba revelou perfis morfodinâmicos variáveis ao longo do período de estudo, dependentes de parâmetros relacionados à própria dinâmica praias.
- A Taíba pode ser considerada como uma praia de energia de onda moderada, com baixa variabilidade na altura e período das ondas na zona de surfe.
- A ação das marés é a principal ação modificadora dos perfis observados.

*Capítulo 2: Ciclo Reprodutivo de Mellita
quinquesperforata na praia da Taíba, Ceará.*



2. INTRODUÇÃO

Os equinodermos têm sido bastante utilizados como organismos-teste para a embriologia. De fato, muitas das informações sobre a atividade reprodutiva deste grupo tornaram-se possíveis através de coleções e estudos designados primariamente a esta temática (BOOLOOTIAN, 1966).

A pouca mobilidade, o grande tamanho corporal e um ciclo reprodutivo anual faz dos equinodermos organismos particularmente importantes em vários trabalhos de reprodução (BYRNE, 1990; LAEGDSGAARD *et al.*, 1991; LESSIOS, 1991; KING *et al.*, 1994; DRUMMOND, 1995; BENTLEY, 1998).

Na classe Echinoidea, ocorre a gonocoria, sendo os gametas liberados no ambiente onde ocorre a fertilização. Tipicamente, possuem alta fecundidade e produzem ovos pequenos, com dimensões inferiores a 250 μm e o desenvolvimento larval é predominantemente planctotrófico. Formas de desenvolvimento pelágico com larvas lecitotróficas e não pelágico (incubação e encapsulação) são menos comuns (LAWRENCE, 1987; PEARSE; CAMERON, 1991; JAECKLE, 1995; GEORGE, 1996).

As gônadas de equinóides são essencialmente formadas por ácinos ou túbulos, os quais se ramificam e se comunicam, suspensos pelo mesentério no celoma perivisceral. Muitos equinóides irregulares tem apenas 4 gônadas, resultado da movimentação do ânus e do periprocto do sistema apical para o lado oral do organismo (BOOLOOTIAN, 1966).

As gônadas consistem de três camadas epiteliais: o peritônio perivisceral, o epitélio muscular e o epitélio germinal. O epitélio germinal é a camada mais interna do túbulo gonadal e apresenta dois tipos celulares principais: células gametogênicas e células não germinais denominadas fagócitos nutritivos (ADIYODI, 1983; PEARSE; CAMERON, 1991).

A gametogênese em equinóides caracteriza-se como uma seqüência regular de mudanças, tanto nas células gametogênicas quanto nos fagócitos nutritivos. Esta seqüência é denominada de ciclo gametogênico ou reprodutivo. Um ciclo envolve a multiplicação e a diferenciação das células precursoras dos gametas, crescimento, acúmulo e liberação de gametas maduros e um período de repouso ou recessão da atividade gonadal, onde gametas residuais ou remanescentes são reabsorvidos (GIESE, 1959; LANE; LAWRENCE, 1979).

Nas fêmeas, as oogônias ocorrem separadas umas das outras ao longo da lâmina basal do epitélio germinativo e apresentam-se como células compactas com 5 a 10 μm de diâmetro.

Transformam-se em ovócitos pré-vitelogênicos ainda no epitélio germinal. Com o crescimento celular, o gameta feminino assume a forma típica de ovócito vitelogênico. Durante a vitelogênese a presença de interdigitações e microvilosidades une os gametas aos fagócitos nutritivos garantindo a transferência de nutrientes por difusão ou pinocitose (ADIYODI, 1983).

O ovócito vitelogênico é liberado no lúmen gonadal e é envolto por uma membrana que contém grânulos corticais. Devido ao aumento do volume celular, estes ovócitos, considerados maduros, assumem formas poliédricas no lúmen gonadal e são estocados até a desova no meio externo (PEARSE; CAMERON, 1991).

Nos machos, as espermatogônias são células compactas com 3 a 5 μm de diâmetro, ricas em ribossomos e com um grande núcleo. Os espermátócitos diferenciam-se das espermatogônias e formam colunas de células empilhadas. Divisões meióticas acontecem até a formação de espermátides. Durante este processo de espermiogênese, ocorre síntese protéica e de glicogênio para o aumento do citoplasma celular. O produto final é um “primitivo” espermatozóide, com um núcleo cônico e um acrossomo terminal, além do flagelo. Eles são acumulados até a emissão para o meio externo (PEARSE; CAMERON, 1991).

Os fagócitos nutritivos, também chamados de células nutritivas ou acessórias, são reconhecidos por desempenhar importante papel na gametogênese. Holland e Giese (1965) denominaram de fagócitos nutritivos células com uma dupla função: a de manter conexões de nutrição com as células sexuais e a de fagocitar estas células quando as mesmas se tornarem residuais após a liberação dos gametas.

Segundo Holland e Holland (1969) está comprovado que os fagócitos nutritivos possuem conexões citoplasmáticas com os ovócitos durante o processo de vitelogênese. A morfologia destas células varia consideravelmente em relação à fase de desenvolvimento gametogênico, posição no lúmen gonadal e aparentemente entre espécies (PEARSE; CAMERON, 1991).

Os fagócitos são pequenos e pouco diferenciados quando as gônadas estão cheias de gametas; depois da liberação dos gametas e da fagocitose do material residual, eles aumentam em número e formas, preenchendo toda a gônada, aparecendo como glóbulos eosinófilos, os quais representam provavelmente um estoque de produtos protéicos. Devido a este acúmulo, algumas espécies de equinóides apresentam uma fase de aumento de peso da gônada e de reserva nutritiva (LANE; LAWRENCE, 1979; PEARSE; CAMERON, 1991; TAVARES, 2004).

A avaliação do estado de desenvolvimento das gônadas dos indivíduos numa população é comumente utilizada na análise do ciclo reprodutivo, podendo ser realizada através de descrições histológicas e/ou quantificada através do cálculo do índice que expressa a participação das gônadas no peso total do animal. O Índice Gonadal (IG) tem sido largamente utilizado em equinóides irregulares (VERNON *et al.*, 1993; GUETTAFF; SAN MARTIN, 1995; TAVARES; BORZONE 2006).

A dinâmica do desenvolvimento gonadal pode ser, em geral, sincrônica em um mesmo indivíduo ou entre indivíduos de uma mesma população (ROCHA-BARREIRA, 2001). Equinóides geralmente têm um ciclo reprodutivo anual e podem liberar os gametas nos períodos de primavera-verão (PEARSE, 1968; NICHOLS *et al.*, 1985, KHOTIMCHENKO *et al.*, 1988). Isto pode ser uma adaptação que assegure à larva abundantes recursos planctônicos e favoráveis temperaturas para o desenvolvimento (GIESE; PEARSE, 1974).

A variabilidade reprodutiva dentro de uma mesma espécie ocorre entre populações separadas geograficamente ou que habitam ambientes heterogêneos próximos. A plasticidade intraespecífica pode ser resultante de diversidade genética, adaptação fenotípica aos estímulos externos ou ambas (ERNEST; BLAKE, 1981). Espécies temperadas tendem a liberar os gametas mais cedo e por curtos períodos do ano, enquanto espécies tropicais podem liberar durante todo ano, além de eventos restritos ao período do verão (PEARSE; CAMERON, 1991).

Fatores ambientais têm sido reportados como “gatilhos” para sincronização do ciclo gametogênico dos equinodermos. Existe uma considerável discussão entre autores com relação a exata função da temperatura na regulação dos ciclos reprodutivos de espécies de invertebrados marinhos (COCANOUR; ALLEN, 1967). Entretanto, a temperatura da água tem sido amplamente sugerida como fator regulador do desenvolvimento gonadal de alguns equinóides (GIESE; PEARSE, 1974; YAMAMOTO *et al.*, 1988).

Temperatura da água, fotoperíodo, disponibilidade de alimentos e ritmos lunares têm sido freqüentemente sugeridos como principais fatores exógenos que afetam a reprodução de espécies de equinodermos (LESSIOS, 1984; PEARSE; CAMERON, 1991; FREIRE *et al.* 1992; CHEN; CHEN, 1993 e BENTLEY, 1998).

A disponibilidade de alimento pode ser mais importante em controlar o tamanho da gônada do que o tempo do desenvolvimento gonadal em equinodermos de águas rasas. Porém, em águas profundas, onde a temperatura é menos variável e há pouca ou nenhuma luz, a

sazonalidade da quantidade de matéria orgânica tem sido sugerida para sincronizar gametogênese em equinodermos (VERNON *et al.* 1993).

A presença de ritmos reprodutivos independentes das condições locais pode indicar a manifestação de um controle endógeno. Fisiologicamente, de acordo com Grotta e Luneta (1980), admite-se que a reprodução seja comandada por fatores intrínsecos, com a interação hormonal entre os centros controladores da reprodução, o ciclo gametogênico e as reservas nutricionais, sendo esta interação sincronizada pelos fatores ambientais.

Embora numerosos estudos tenham examinado aspectos de reprodução de equinóides, comparativamente um pequeno número tem colocado em foco ouriços irregulares e especificamente espécies de *Mellita* (LANE; LAWRENCE, 1979; CHEN; CHEN, 1993; BENTLEY, 1998, TAVARES; BORZONE, 1998).

A reprodução, o desenvolvimento embrionário e o ciclo de amadurecimento gonadal são aspectos importantes para o entendimento da biologia de qualquer organismo, uma vez que, sem indicações seguras sobre o ritmo e o ciclo reprodutivo, outros aspectos biológicos seriam difíceis de serem compreendidos (NARCHI, 1976, ROCHA-BARREIRA, 2001).

Recentemente, a atividade reprodutiva de *Mellita quinquiesperforata* foi analisada através da análise histológica e do índice gonadal em dois ambientes constrictantes no sul do Brasil (TAVARES; BORZONE, 2006).

Estudos sobre reprodução permitem a construção de modelos relacionando a reprodução e/ou manutenção da vida como uma função das características ambientais (FREIRE *et al.*, 1992). Nesta proposta, *Mellita quinquiesperforata*, uma espécie com uma ampla distribuição latitudinal, torna-se um bom modelo para o conhecimento das estratégias reprodutivas sob diferentes condições ambientais.

Tendo em vista o pouco conhecimento da biologia reprodutiva de equinodermos habitantes da zona de surfe de praias arenosas, neste capítulo o objetivo geral foi caracterizar o ciclo reprodutivo de *Mellita quinquiesperforata*, na praia da Taíba, Ceará.

Como objetivos específicos podem se destacar: determinar a proporção sexual da população; caracterizar morfo-histologicamente as gônadas femininas e masculinas; descrever os principais eventos da gametogênese e associá-los a uma escala de estágios de maturidade, avaliar temporalmente a frequência dos estágios de maturidade e a variação do diâmetro médio dos ovócitos e analisar a variação do índice gonadal e sua possível relação com os fatores ambientais.

2.1 METODOLOGIA

2.1.1 Coleta de dados

Os espécimes de *Mellita quinquesperforata* foram coletados mensalmente, de junho de 2006 a agosto de 2007, na praia da Taíba (03°30,125'S; 038°54,469'W), município de São Gonçalo do Amarante, Ceará. As coletas foram realizadas em marés baixas de sizígia, de acordo com a tábua de marés para o Porto do Pecém, CE, publicadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN, 2006, 2007).

2.1.2 Amostragem

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, com as lâminas que formam a base inclinadas em 45° e malha com abertura de 5mm entre os nós (Figura 7A).

A extensão do arrasto foi dividida em duas faixas transversais à linha d'água: 0-30m e 30-60m de distância do limite inferior da zona de varrido das ondas, até aproximadamente 1,5m de profundidade. Em cada faixa, foram realizados três arrastos. As delimitações das faixas foram realizadas através de marcas feitas no cabo da draga; o material retido na draga foi acondicionado em sacos plásticos, devidamente etiquetado e fixado com solução de formol salino a 4% por 24 horas, depois foi lavado e conservado em álcool a 70% (Figura 7B).



Figura 7: (A) Draga de arrasto utilizada na coleta de *Mellita quinquesperforata*. (B) Material biológico fixado em formol salino. Fotografia em 13/08/07.

Em cada coleta foram registrados dados ambientais como temperatura da água, salinidade, granulometria do sedimento e precipitação pluviométrica. A metodologia utilizada na coleta destes parâmetros está descrita com maiores detalhes no Capítulo 1.

2.1.3 Procedimentos no laboratório

Para a análise do ciclo reprodutivo, mensalmente vinte (20) espécimes acima de 40mm de largura foram escolhidos ao acaso, para a retirada das gônadas e posterior processamento histológico.

As gônadas foram retiradas para a caracterização morfo-histológica, observando-se caracteres macroscópicos como forma e cor. Em seguida, foram submetidas à desidratação em série alcoólica crescente (70% a álcool absoluto), diafanização em xilol, impregnação e inclusão em parafina, formando blocos à temperatura ambiente. Estes foram seccionados a 5µm de espessura, utilizando um micrótomo manual. As secções foram coradas segundo o método Hematoxilina-Eosina (adaptado de JUNQUEIRA; JUNQUEIRA, 1983) (Apêndice 1).

Mensalmente, foram confeccionadas lâminas de tecido gonadal, sendo o reconhecimento do sexo e da fase do desenvolvimento gonadal realizado sob microscópio óptico. As lâminas foram observadas e fotografadas em microscópio binocular com óptica infinita, modelo TNB-04T-PL, marca OPTON, com câmera digital acoplada (modelo DCE-2), para a verificação do grau de desenvolvimento da série gametogênica.

Foram medidos, em cada mês, o diâmetro de aproximadamente 100 células femininas, considerando oogônias, ovócitos pré-vitelogênicos, vitelogênicos e maduros, através de microscópio binocular acoplado ao computador, utilizando-se o programa ScopePhoto © versão 1.0. O diâmetro correspondeu ao maior eixo de cada ovócito, sendo consideradas células que apresentavam o núcleo evidente.

Para a análise do Índice gonadal (IG), 10 indivíduos por mês foram escolhidos com largura superior a 40mm. Após a fixação e mensuração, cada animal foi dissecado, sendo retirada a máxima quantidade de tecido gonadal presente. As gônadas e o restante da carapaça animal foram secas separadamente em estufa com temperatura constante de 60°C.

A primeira pesagem foi realizada com 24 horas, sendo o peso acompanhado diariamente até ser estabilizado. Foi utilizada uma balança eletrônica de precisão analítica (0,0001g), modelo FA 2104N, marca Bioprecisa.

O Índice Gonadal foi definido como a relação:

$$\text{IG} = \frac{\text{peso seco das gônadas}}{\text{peso seco total}} \times 100$$

2.1.4 Análise dos dados

A determinação dos tipos celulares foi realizada com base nos trabalhos de Pearse e Cameron (1991) e Santana (1996) e sua caracterização de acordo com a morfologia e afinidade aos corantes empregados. O desenvolvimento gonadal de cada indivíduo foi estabelecido de acordo com a escala de estágios gametogênicos proposta por Tavares e Borzone (2006): proliferação ou crescimento, pré-maturação, maturação máxima, eliminação (desova, para fêmeas, ou emissão, para machos) e repouso.

A avaliação do desenvolvimento gonadal baseou-se na aparência da maior parte dos folículos observados. As frequências dos estágios de desenvolvimento gonadal foram representadas em histogramas por sexo utilizando-se o software STATISTICA® versão 6.0.

A razão sexual foi calculada mensalmente pela relação $r = \text{número de machos/número de fêmeas}$ e analisada estatisticamente pelo teste de “Qui-quadrado” (χ^2) (onde, H_0 : r é igual a 1; H_1 : r é diferente de 1), assumindo um nível de significância de 99%.

Análises de variância (ANOVA) unifatoriais foram aplicadas para testar as médias mensais do Índice Gonadal (IG) e as diferenças no diâmetro mensal das células observadas, utilizando-se o software STATISTICA®, versão 6.0. O teste *a posteriori* de Tukey identificou as diferenças significativas ($p < 0,05$).

Foram realizadas análises de correlação não-paramétrica de Spearman, através do software STATISTICA® versão 6.0, entre os estágios do desenvolvimento gonadal e parâmetros como temperatura, salinidade e pluviosidade.

Na análise dos resultados e na discussão desta pesquisa foram consideradas todas as estações climáticas (primavera, verão, outono e inverno), embora na região do Nordeste brasileiro sejam visualizadas ou percebidas apenas duas, uma seca e outra chuvosa, relacionadas às variações no regime pluviométrico. Este procedimento foi adotado a fim de facilitar as comparações com estudos realizados em regiões Temperadas.

2.2 RESULTADOS

2.2.1 Razão sexual de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba, Ceará.

Nas análises microscópicas foram identificados 151 machos e 149 fêmeas para *Mellita quinquiesperforata*, com uma razão sexual média de 1:0,98. Os resultados do teste χ^2 aceitaram a hipótese nula (H_0), para a razão sexual igual a 1 para *M. quinquiesperforata* ($\chi^2 = 1,18$; GL=15; $\alpha=0,01$) (Apêndice 2). A Figura 8 apresenta as variações mensais na razão sexual de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba.

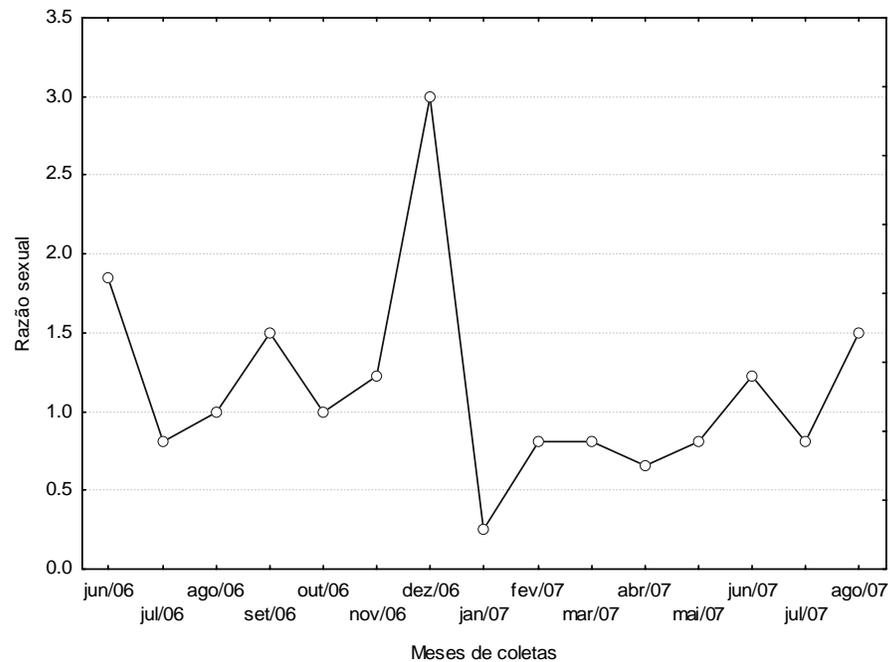


Figura 8: Flutuação da razão sexual de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. A linha observada no número 1 representa a razão sexual 1:1.

2.2.2 Caracterização da morfologia externa das gônadas de *Mellita quinquiesperforata*

Durante a dissecação dos indivíduos, observou-se, que eles possuem 4 gônadas dispostas radialmente e ligadas à superfície aboral por uma fina membrana. Foi possível observar a existência de diferenças de coloração entre gônadas femininas e masculinas. As primeiras apresentaram uma coloração lilás, com variações na escala cromática (intensidade da cor) (Figura 9). Já as gônadas masculinas apresentaram variações na intensidade da cor que foram desde a cor

creme até castanho (Figura 9). A caracterização do sexo, baseada na coloração das gônadas, foi confirmada após análise histológica.

Cada gônada apresentou um ducto central, chamado de gonoduto, que se dirigiu para um gonóporo. Os gonóporos são poros para a eliminação dos gametas, localizados no centro da superfície aboral, que nem sempre foram facilmente visualizados.

O gonoduto apresentou ramificações até formar estruturas em formas de cachos, compactos e denominados de folículos. Na gônada feminina, estes folículos foram um pouco mais arredondados e individualizados que nos machos, onde os mesmos apresentaram-se mais alongados e interligados (Figura 9).

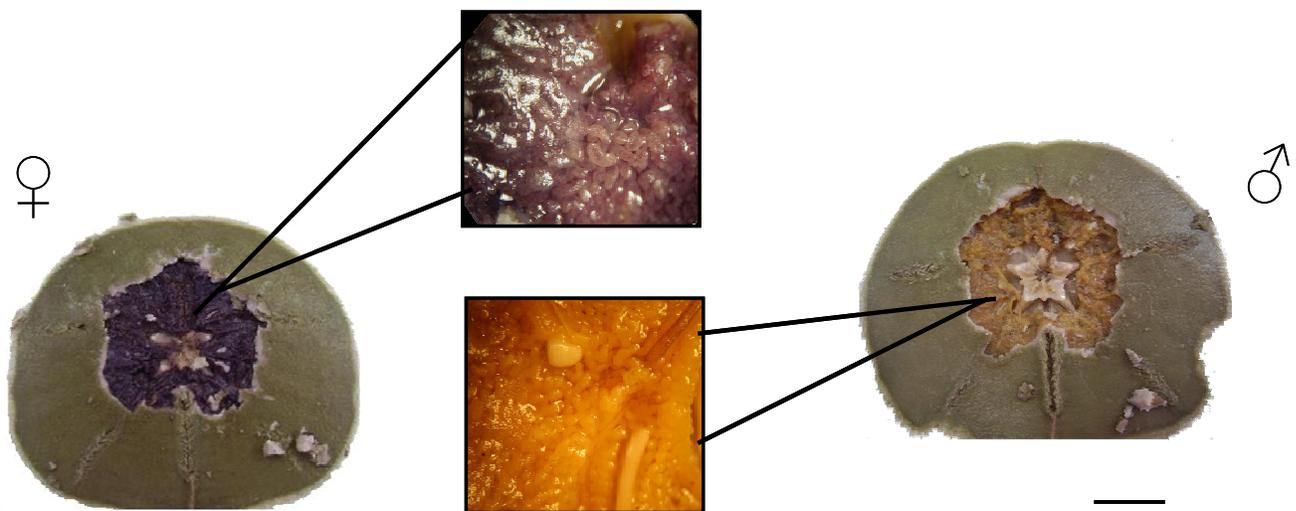


Figura 9: Diferenças na coloração e na morfologia folicular de machos e fêmeas da espécie *Mellita quinquiesperforata*, na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. Escala: 1cm.

2.2.3 Caracterização das células germinativas

Com base no estudo microscópico de secções das gônadas de machos e fêmeas de *Mellita quinquiesperforata*, foi possível identificar e descrever suas células germinativas de acordo com o estágio de desenvolvimento gametogênico. Para os machos, esta análise foi pouco detalhada devido às células serem de pequeno tamanho, o que dificultou a observação.

2.2.3.1 Células germinativas Femininas

Através da análise microscópica, observou-se o revestimento e a composição dos folículos, evidenciando as células da linhagem germinativa feminina e o processo de maturação das mesmas.

O revestimento externo do folículo é composto por células pavimentosas, com núcleo evidente e intensamente corado com hematoxilina; já o citoplasma apresentou-se transparente, não reagindo positivamente à coloração Hematoxilina-Eosina (Figura 10A).

Subjacente a esta camada há aparentemente um espaço vazio que deve corresponder a tecido conjuntivo não evidenciado pela coloração. Abaixo deste tecido pode ser identificado o epitélio germinativo, que é responsável pela produção das células sexuais e somáticas (fagócitos nutritivos) (Figura 10A). Os fagócitos apresentaram-se esféricos, com tamanhos variados e corados positivamente com eosina em diferentes intensidades; observou-se também que eles se distribuíram entre as células sexuais.

O processo de maturação das células sexuais femininas ocorre da periferia para o lúmen do folículo (tubo). De acordo com as alterações morfológicas sofridas por estas células, evidenciado principalmente por seu crescimento decorrente do acúmulo de substâncias que formam o vitelo, foi possível identificar quatro estágios de desenvolvimento (Figura 10):

Oogônias – ligadas à parede do tubo ou folículo representaram as células iniciais de maturação da linhagem feminina. Apresentaram-se arredondadas, pouco desenvolvidas e encontraram-se isoladas em relação às outras do mesmo estágio. Núcleo evidente, ocupando quase todo volume celular; o núcleo com afinidade à eosina enquanto que o citoplasma apresentou-se acidófilo (Figura 10A).

Ovócitos pré-vitelogênicos – ainda ligados à parede do folículo, apresentaram-se como células elípticas, com o citoplasma um pouco mais desenvolvido em relação ao núcleo e com reação positiva a hematoxilina. O núcleo apresentou-se rosado, com um contorno mais escuro e cromatina dispersa; o nucléolo foi bem evidente no centro do núcleo com reação positiva a hematoxilina (Figura 10B).

Ovócitos vitelogênicos – ligados à parede do tubo ou já destacados deste, apresentaram-se arredondados com um citoplasma bem desenvolvido em relação ao núcleo e contendo muitos grânulos. A membrana que envolve o citoplasma é espessa e corou-se com hematoxilina; foi

observada a presença de células foliculares ao redor deste ovócito. O nucléolo apresentou-se basófilo e esteve deslocado na periferia do núcleo (Figura 10C).

Ovócitos maduros – preenchem todo o folículo; células bem desenvolvidas e com tamanho maior em relação às células sexuais anteriores. Apresentaram formato poligonal e seu citoplasma apresentou um aspecto granular, decorrente da deposição de material nutritivo (vitelo). O núcleo celular não foi facilmente visualizado. Em volta de cada ovócito maduro foram visualizadas várias células foliculares destinadas à nutrição, estas células, apresentaram núcleo achatado, fortemente corado com hematoxilina e uma fina camada citoplasmática (Figura 10D).

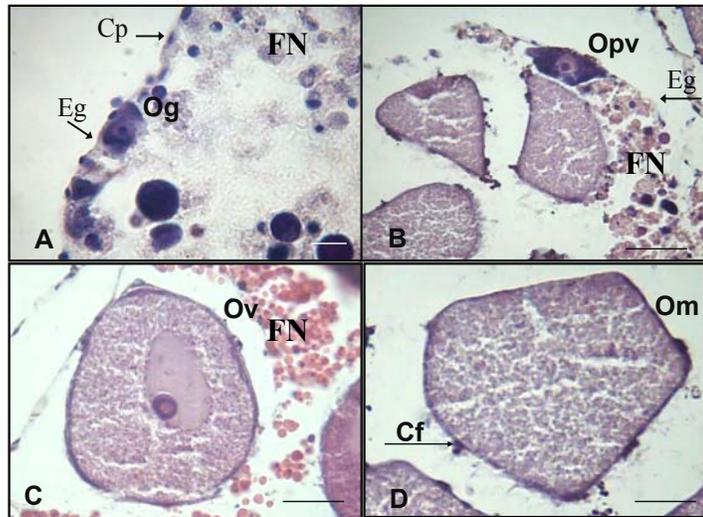


Figura 10: Secções histológicas da gônada feminina de *Mellita quinquiesperforata*, com as células germinativas em detalhe nos folículos ovarianos. Legenda: Og (oogônia), Opv (ovócito pré-vitelogênico), Ov (ovócito vitelogênico), Om (ovócito maduro), Cf (célula folicular), Cp (célula da parede folicular) e Eg (Epitélio germinativo). FN (fagócitos nutritivos). Escalas: A (5 μ m); B, C e D (20 μ m).

O ovário pode também ser classificado como imaturo ou maduro, dependendo do estágio de maturação das células germinativas e da quantidade de material nutritivo. O imaturo caracteriza-se por oogônias e ovócitos pré-vitelogênicos e vitelogênicos rodeados por fagócitos nutritivos. Já o ovário maduro apresenta ovócitos vitelogênicos e maduros, onde poucos fagócitos nutritivos podem ser visualizados.

2.2.3.2 Células germinativas Masculinas

Observou-se que o revestimento externo do folículo masculino assemelha-se ao feminino, composto por células pavimentosas, reagindo o núcleo positivamente a hematoxilina. O espaço correspondente ao tecido conjuntivo presente, como nas fêmeas, nem sempre foi facilmente visualizado.

O epitélio germinativo masculino também é responsável pela produção das células sexuais e somáticas (fagócitos nutritivos). A diversidade e o tamanho dos fagócitos equivale às gônadas femininas. A relação entre a quantidade de fagócitos e de células sexuais definiu o estágio de desenvolvimento da gônada.

Assim como nas gônadas femininas, a maturação das células sexuais masculinas ocorreu da periferia para o lúmen do folículo. Baseado nas alterações morfológicas das células germinativas presentes nos folículos foi possível identificar os seguintes tipos celulares: espermatogônias, espermatócitos, espermátides e espermatozóides (Figura 11).

É válido destacar que durante o processo de espermatogênese, as células sofrem divisões e transformações que lhes conferem aspectos diferenciados. As divisões celulares não foram visualizadas ao nível de microscopia óptica, sendo, portanto, os tipos aqui apresentados correspondentes àqueles mais evidentes morfológicamente e facilmente reconhecíveis principalmente em relação às alterações de tamanho.

As espermatogônias localizam-se próximas à parede folicular. Estas células apresentaram-se fortemente basofílicas, com citoplasma de volume reduzido em relação ao núcleo, o qual é grande e contém um nucléolo também basofílico (Figura 11).

Mais distante da parede foram encontrados os espermatócitos; assim como as espermatogônias, estas células também são basofílicas. Caracterizaram-se pelo crescimento do núcleo em relação ao tamanho do citoplasma. O volume citoplasmático estava ainda mais reduzido que nas espermatogônias (Figura 11).

A diferenciação básica dos espermatócitos em relação as espermatogônias foi o menor tamanho celular dos espermatócitos, visto que a coloração foi muito semelhante, fortemente basofílica. Além disso, estas células estavam destacadas da parede folicular (Figura 11).

As espermátides apresentaram-se bastante pequenas, às vezes visualizadas com um aspecto um pouco alongado, apresentando núcleo arredondado, basófilo, pouco perceptível (Figura 11).

O espermatozóide apresentou-se relativamente alongado na região da cabeça, o flagelo bem curto e apresentando coloração semelhante à cabeça (basófila) (Figura 11). Quando estavam na região central do folículo, formaram enormes massas de células, sem uma orientação aparente.

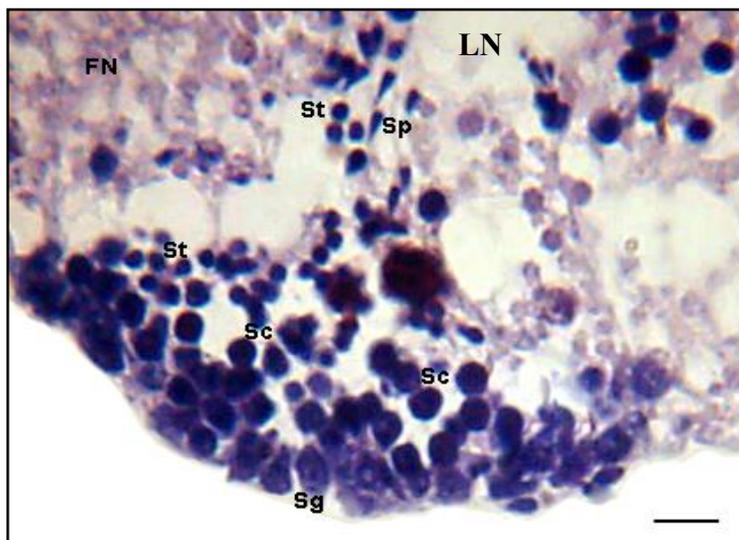


Figura 11: Secção histológica da gônada masculina de *Mellita quinquiesperforata*. Sequência de células masculinas que caracterizam a espermatogênese em direção ao lúmen gonadal. Espermatogônias (Sg), espermatócitos (Sc), espermátides (St) e espermatozóides (Sp). Fagócitos nutritivos (FN). Lúmen Gonadal (LN). Coloração H-E. Escala: 5µm.

2.2.4 Caracterização das fases de desenvolvimento gonadal de *Mellita quinquiesperforata*

Com base nas observações histológicas das lâminas de machos e fêmeas de *Mellita quinquiesperforata*, considerando a predominância das células germinativas e a relação destas com o número de fagócitos nutritivos, foram identificadas e descritas as seguintes fases do gametogênico para machos e fêmeas: proliferação ou crescimento, pré-maturação, maturação máxima, eliminação (desova, para fêmeas, ou emissão, para machos) e repouso.

2.2.4.1 Fêmeas

I – Proliferação

O tecido gonadal se encontra ocupado por fagócitos nutritivos. Entretanto, junto à parede dos folículos, podem ser observadas oogônias e ovócitos pré-vitelogênicos com intensa basofilia. Alguns (poucos) ovócitos vitelogênicos podem ser visualizados em direção ao centro do lúmen folicular (Figura 12A e B).

II – Em maturação ou pré-maturação

Numerosos ovócitos vitelogênicos ou maduros estão presentes no lúmen folicular, mas muitos ovócitos pré-vitelogênicos e alguns vitelogênicos ainda são encontrados aderidos à parede do tecido gonadal. Com a diferenciação celular, os ovócitos apresentam a região nuclear bastante visível, e devido ao aumento, tanto em número quanto em dimensão das células, há uma redução na presença dos fagócitos nutritivos que se distribuem entre a parede do folículo e o lúmen, rodeando os ovócitos vitelogênicos e maduros presentes no lúmen (Figura 12C e D).

III – Maturação máxima

Um grande número de células maduras preenche o lúmen dos folículos. Os ovócitos maduros são caracterizados pelo aspecto compactado, apresentando formas poliédricas. Devido o tamanho destes ovócitos, há aparentes espaços entre eles, visualizados por causa das formas poliédricas. Circundando a superfície celular podem ser visualizados vários grânulos corticais localizados logo abaixo da membrana celular. Alguns ovócitos pré-vitelogênicos ou vitelogênicos são visualizados na periferia folicular. Não há fagócitos nutritivos neste estágio (Figura 12E e F).

IV – Eliminação de gametas

Por se tratar de gônadas femininas, este processo também pode ser chamado de Desova. Os folículos sofrem contrações e o lúmen gonadal possui um aspecto esvaziado, podendo ainda conter ovócitos maduros remanescentes, mas predominam os espaços vazios. Fagócitos nutritivos foram raros ou ausentes. Mesmo durante este estágio, há presença de ovócitos pré-vitelogênicos ou vitelogênicos ligados à parede folicular. O processo de fagocitose às vezes torna-se evidente pela presença de estruturas fortemente basofílicas (Figura 12G).

V - Reserva

O lúmen gonadal é preenchido pelos fagócitos nutritivos que apresentam inclusões de tamanho e coloração variada. Em algumas secções, o processo de acumulação dos fagócitos nutritivos ainda não estava completo, podendo ser visualizados alguns espaços vazios no lúmen semelhantes à desova. Alguns aspectos da proliferação podem ser confundidos com esta fase. No entanto, não há presença de células germinativas viáveis, e nesta fase também pode ser verificada a remoção de células germinativas através do processo de fagocitose (Figura 12H e I).

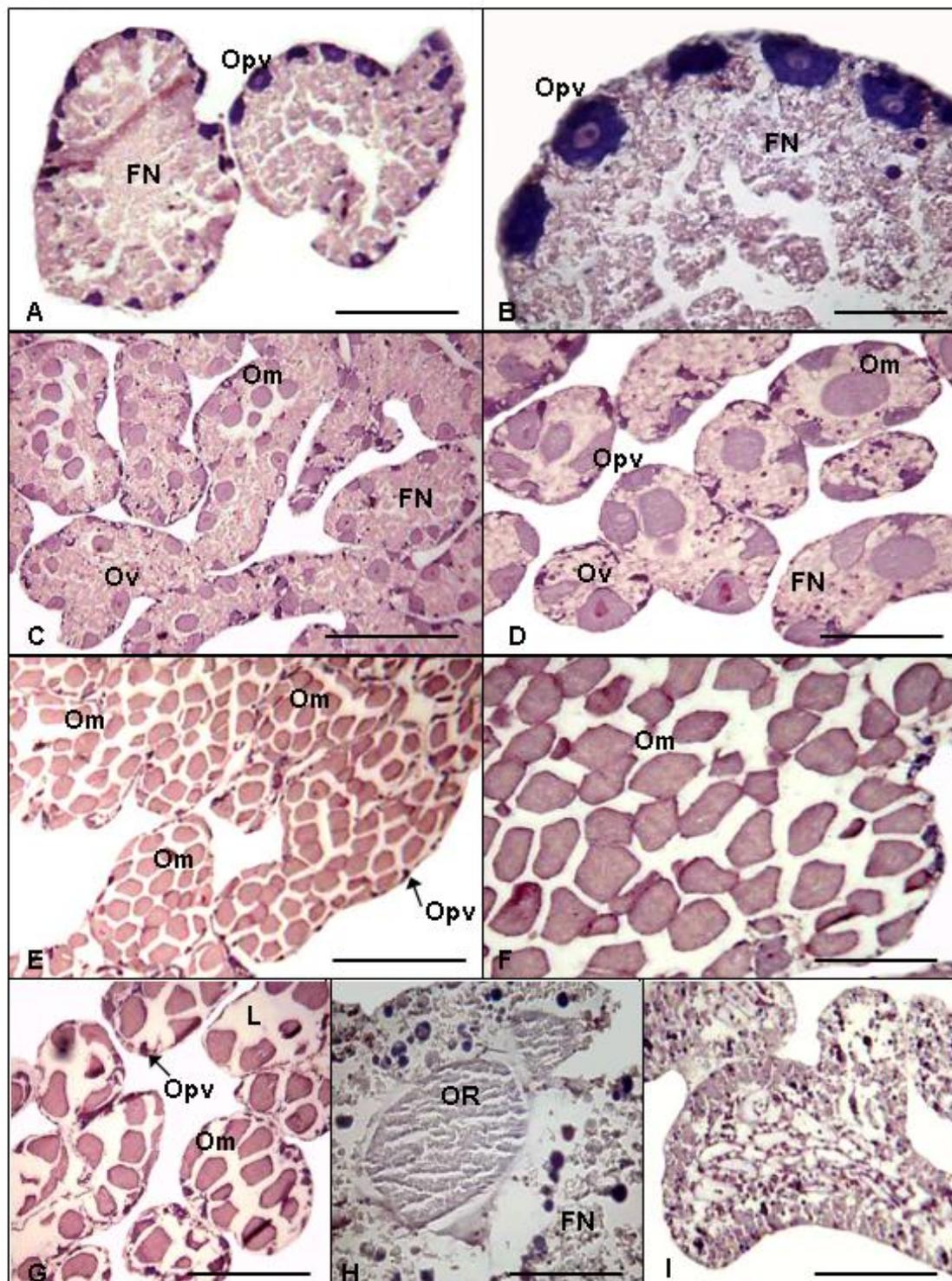


Figura 12: Estágios de desenvolvimento das gônadas femininas de *Mellita quinquiesperforata*, na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. A e B: proliferação, C e D: em maturação, E e F: maturação máxima, G: desova, H e I: reserva. FN: fagócitos nutritivos; Opv: ovócito pré-vitelogênico; Ov: ovócito vitelogênico; Om: ovócito maduro; OR: ovócito remanescente; L: lúmen. (Coloração H.E.). Escalas: A, D, F, G e I (100 μ m); C e E (200 μ m); B e H (20 μ m).

2.2.4.2 Machos

I – Proliferação

O epitélio germinal junto à parede do folículo é espesso, devido ao grande número de células sexuais primárias de intensa basofilia (espermatogônias e espermatócitos) formando uma camada periférica contínua que circunda o folículo. Pequenas quantidades de espermatozóides podem ser encontradas no lúmen gonadal envolvidos pelo tecido de reserva (fagócitos nutritivos) que preenche a maior parte dos folículos (Figura 13A e B).

II- Em maturação ou pré-maturação

Ocorre um considerável aumento na quantidade de espermatozóides, os quais formam uma intensa massa basófila no centro folicular. O tecido de reserva sofre em consequência uma redução da área ocupada, estando compreendido entre a parede e o lúmen gonadal ao redor da massa de espermatozóides (Figura 13C).

Células primárias sexuais continuam formando uma estreita faixa junto a parede folicular. Em alguns indivíduos, é evidente a série espermatogênica formando uma seqüência de células germinativas (colunas espermáticas) que se desenvolvem até o centro do folículo.

III- Maturação máxima

Praticamente todos os folículos estão preenchidos por uma densa massa de espermatozóides. Uma estreita faixa de células primárias ainda pode ser vista, mas fagócitos nutritivos são raros ou ausentes, limitando-se entre o epitélio e o lúmen repleto de espermatozóides. A massa de espermatozóides pode ser visualizada com voltas sinuosas que caracterizam o “empacotamento” necessário à eliminação (Figura 13D e E).

IV - Eliminação de gametas

Em machos, esta fase também pode ser chamada de Emissão. A massa de espermatozóides desprende-se da parede do folículo, com isso foi possível visualizar um estreito espaço entre a série espermatogênica inicial e a massa de espermatozóides (Figura 13F e H).

Em alguns casos, ocorrem espaços vazios no lúmen e a massa de espermatozóides aparenta um certo grau de desorganização espacial (Figura 13H). Imagens de contração da estrutura do folículo, redução do número de células e espaços vazios no lúmen foram sinais

característicos. Em muitos folículos, há “pacotes” de células iniciais com espermatozóides numa completa desorganização folicular (Figura 13G).

V- Reserva

Em alguns folículos, poucos espermatozóides podem ser encontrados no lúmen com esparsos fagócitos nutritivos. Os fagócitos nutritivos podem ocorrer distribuídos irregularmente ou em nítida fase de expansão da ocupação do lúmen. Em estágios avançados, essas células ocupam praticamente todo o lúmen, com presença ou não de espermatozóides. Estes ainda serão reabsorvidos em alguns folículos (Figura 13I e J).

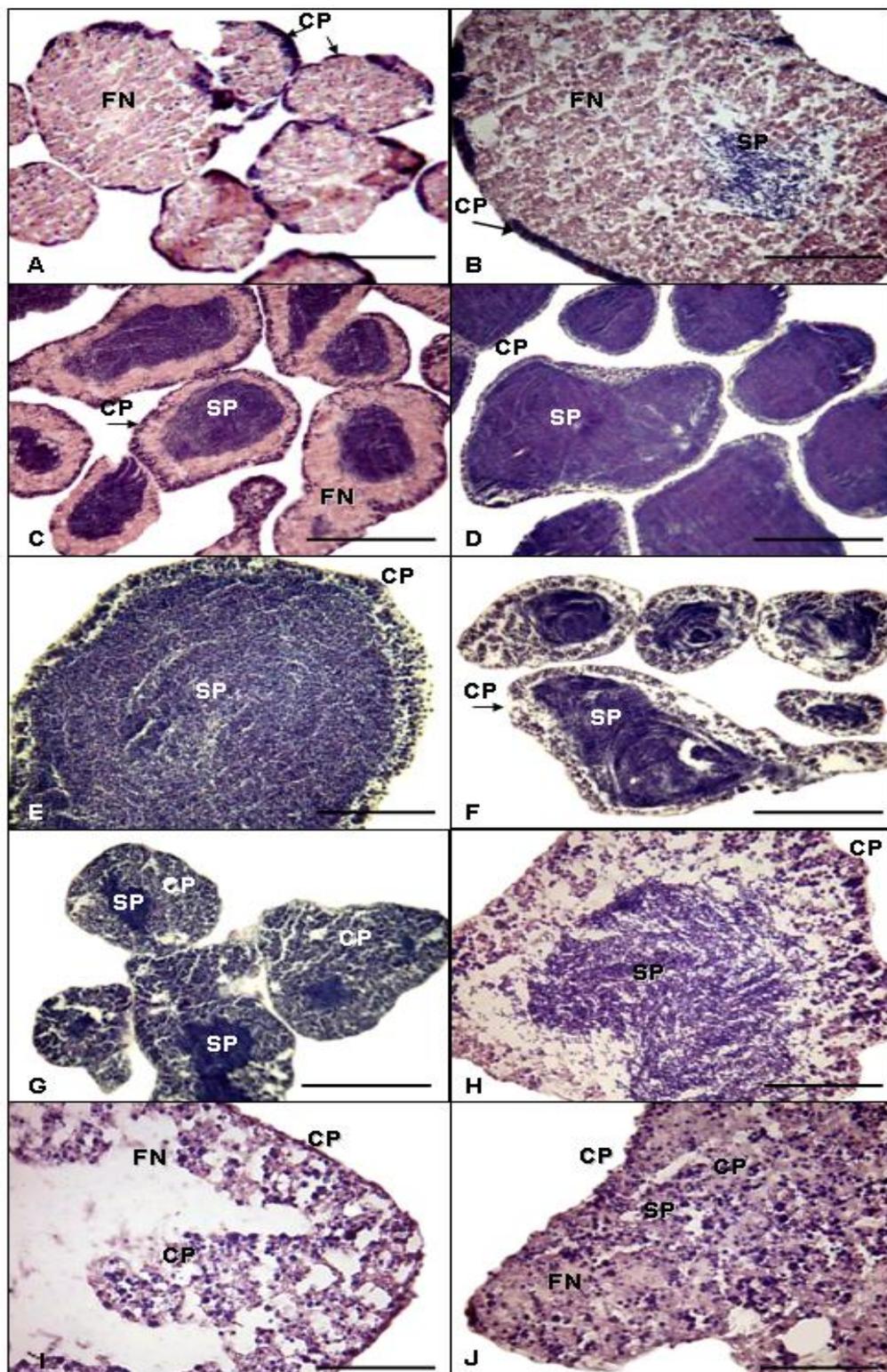


Figura 13: Estágios de desenvolvimento nas gônadas masculinas em *Mellita quinquiesperforata*, na praia da Taiba, período de junho/2006 a agosto/2007. A e B: proliferação, C: em maturação, D e E: maturação máxima, F, G e H: emissão de gametas, I e J: reserva. FN: fagócitos nutritivos; CP: células primárias; SP: espermatozoides (Coloração H.E.). Escalas: A, C, D, F, G (100 μ m); B, E, H, I, J (20 μ m).

2.2.5 Ciclo reprodutivo de *Mellita quinquiesperforata*

Nas fêmeas, o período de repouso da atividade reprodutiva caracterizou-se pela duração, representando um percentual superior a 30% das fêmeas durante todo o período de inverno (junho a setembro/2006) e início da primavera (outubro/2006). Os meses de agosto e setembro de 2006 apresentaram respectivamente 100% e 75% das fêmeas neste estágio (Figura 14).

Observou-se também, que, no mês de junho (2006), a desova apresentou o maior percentual (42,8%), estando representados ainda os estágios de proliferação e maturação máxima, ambos, com 14,29% das gônadas femininas. Em julho de 2006, além da reserva de nutrientes, apresentando o mesmo valor, observou-se o estágio de proliferação (36,3%) e em menor porcentagem o estágio de desova (27,2%) (Figura 14).

O estágio de proliferação também foi intenso, caracteristicamente após o período de repouso, representando 77% das fêmeas em novembro (2006) e 100% das fêmeas representadas nos meses de dezembro de 2006 e janeiro de 2007. Este estágio de desenvolvimento correspondeu em maior escala aos meses da primavera (outubro a dezembro de 2006) até o início do verão (janeiro de 2007) (Figura 14).

Nos meses de fevereiro e março de 2007, 54,5% e 36,3% das fêmeas, respectivamente, representaram o período de “Em maturação”, sendo visualizados todos os demais estágios de desenvolvimento no mês de fevereiro (2007), com 18% destes correspondendo à proliferação de das fêmeas observadas. Vale destacar, também, um pequeno percentual de desova observado neste mês (9,09%) (Figura 14).

Em março (2007), além do período de “Em maturação”, foram também observados outros estágios, destacando-se com o mesmo percentual (36,3%), o estágio de desova das fêmeas, caracterizando o início da eliminação dos gametas femininos. Esta fase, que se iniciou no final do verão e se estendeu durante o outono, correspondeu às maiores frequências aos meses de maio e junho de 2007, com respectivamente 90,9% e 66,6% das fêmeas representadas. O mês de abril (2007) também foi importante neste período, contribuindo com um percentual de desova de 50%, além de apresentar maturação máxima para 41,67% das fêmeas amostradas no mês (Figura 14).

Comparativamente ao mês de junho de 2006, junho de 2007 apresentou seu maior percentual de fêmeas no estágio de desova (66,6%) e, assim como no ano anterior, a reserva de nutrientes começou a ser expressivamente representada, correspondendo neste mês a 33,3% (Figura 14).

Julho (2007) apresentou a maior parte das gônadas no estágio de reserva (72,7%), igualmente ao respectivo mês do ano anterior, observando-se também, 27,7% das gônadas em estágio de desova, mais uma vez semelhante ao mesmo período do ano anterior (Figura 14).

Agosto (2007), igualmente ao referente mês de 2006, apresentou 100% das gônadas representadas em estado de reserva de nutrientes, demonstrando um certo sincronismo na atividade reprodutiva (Figura 14).

Observou-se durante o período de amostragem que apenas em três meses (dezembro/2006 e janeiro e maio/2007) não havia fêmeas em reserva de nutrientes, evidenciando-se, portanto, que este período é bem característico da população em questão (Figura 14).

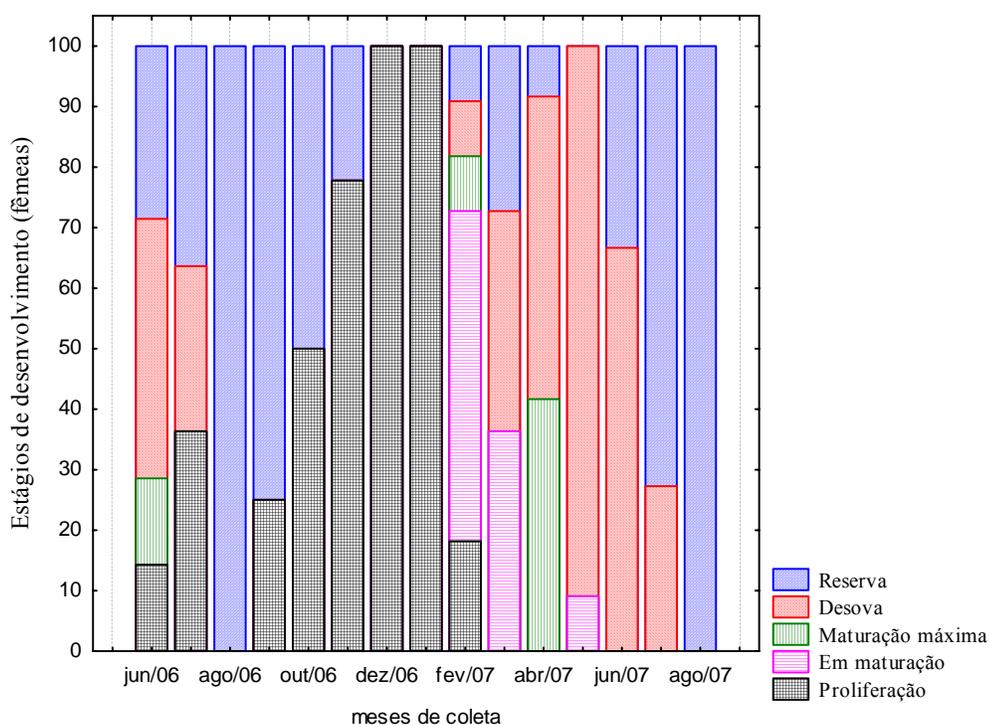


Figura 14: Frequência dos estágios de desenvolvimento gonadal das fêmeas de *Mellita quinquesperforata*, praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.

Nos machos, o estágio de emissão de gametas foi bem expressivo, ocorrendo nos meses de junho a novembro de 2006, do inverno ao início da primavera com picos em julho (66,6%) e agosto (60%) de 2006. Observaram-se também expressivos percentuais (acima de 40%) desta fase no período de março a agosto de 2007 (Figura 15).

A emissão de gametas foi observada então, em praticamente todas as estações do ano, com um pico registrado no outono, no mês de junho de 2007 que apresentou 100% dos indivíduos neste estágio (Figura 15).

Observando-se os histogramas que representaram os estágios de desenvolvimento gonadal dos machos, pode-se verificar que o período de reserva de nutrientes também é importante para a população. Assim como a emissão de gametas, ele só não esteve representado em apenas dois meses de coletas (fevereiro e março de 2007) (Figura 15).

Os meses com maiores freqüências de organismos na fase de reserva de nutrientes foram os de novembro e dezembro de 2006 com 90,9% e 100%, respectivamente. De junho (2006) a janeiro (2007), a reserva esteve sempre representada com mais de 20% dos indivíduos em cada mês neste estágio de desenvolvimento (Figura 15).

Comparativamente ao ano de 2006, nos meses de julho e agosto de 2007 foram apresentados maiores percentuais de reserva (33,3% e 58,3%), sendo que para o mês de junho de 2007 não foi evidenciada a reserva de nutrientes, devido 100% dos indivíduos estarem em emissão de gametas (Figura 15).

O estágio de proliferação foi evidenciado em janeiro e fevereiro de 2007, período do verão, com 50% e 33,3%, respectivamente, dos indivíduos coletados. Já o período de “em maturação” seguiu os meses de fevereiro e março de 2007, ambos, com 44,4% das freqüências observadas. Em julho de 2006, um pequeno percentual deste estágio foi verificado (11,1%) (Figura 15).

O estágio de maturação máxima para machos foi pouco observado no período de amostragem, correspondendo a valores de 15,3% e 11,1%, nos meses de junho de 2006 e fevereiro de 2007, respectivamente (Figura 15).

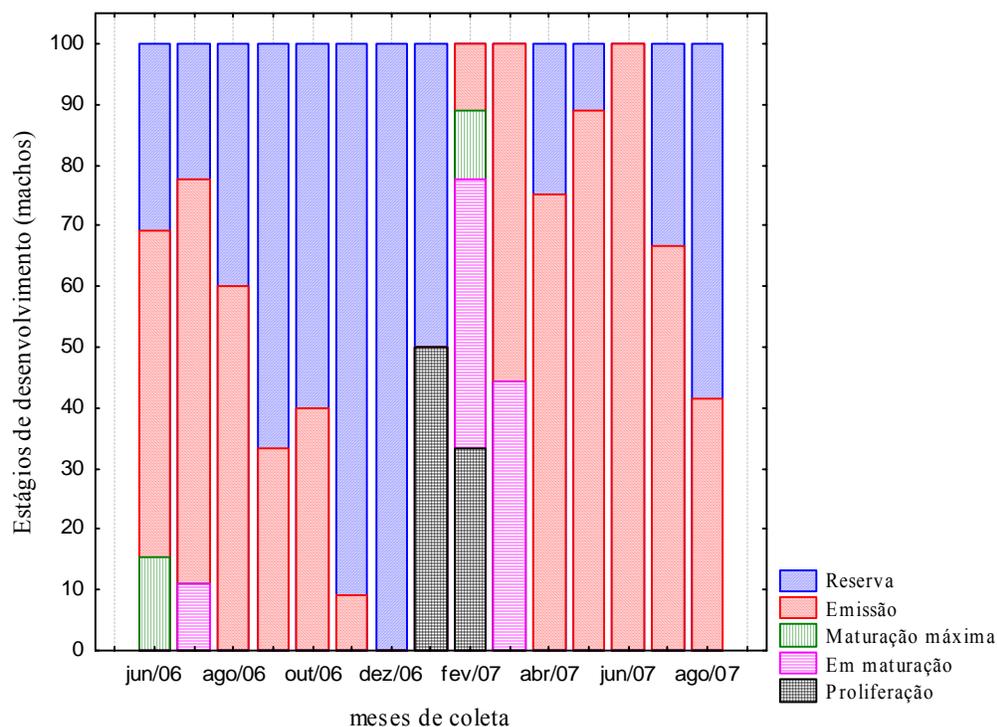


Figura 15: Frequência dos estágios de desenvolvimento gonadal dos machos de *Mellita quinquiesperforata*, praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.

2.2.6 Diâmetro dos ovócitos de *Mellita quinquiesperforata*

O diâmetro dos ovócitos apresentou diferenças significativas durante os meses analisados ($p < 0,001$) (Figura 16). O menor e maior valor medido, $5\mu\text{m}$ e $144\mu\text{m}$, foram encontrados nos meses de novembro de 2006 e março de 2007, respectivamente.

Nos meses de junho e julho de 2006, diferentes estatisticamente dos demais, o tamanho dos ovócitos foi intermediário aos demais apresentados, com médias de $74\mu\text{m}$ e $69\mu\text{m}$, (Figura 16), respectivamente, correspondentes a ovócitos pré-vitelogênicos, vitelogênicos e maduros evidenciados em estágios de proliferação, maturação máxima e desova das fêmeas no período (Figura 14). No mês de agosto de 2006, todas as fêmeas estavam em reserva, não sendo possível, portanto, realizar a medida de nenhuma célula sexual ($p < 0,005$) (Figura 16).

A espécie *Mellita quinquiesperforata* apresentou o menor diâmetro dos ovócitos (com até $20\mu\text{m}$) durante os meses de setembro, outubro e novembro de 2006, meses diferentes estatisticamente de todos os demais amostrados ($p < 0,005$) (Figura 16).

Vale destacar que as células mensuradas, nestes meses, foram caracteristicamente compostas por oogônias, em pequeno número nos meses de setembro e outubro de 2006, e por ovócitos pré-vitelogênicos (em maior número) durante novembro (2006). Estas células corresponderam ao estágio de proliferação da maioria das fêmeas durante outubro e novembro (2006), sendo um pequeno número contado para setembro, quando uma grande parcela das fêmeas estava em reserva de nutrientes (Figura 14).

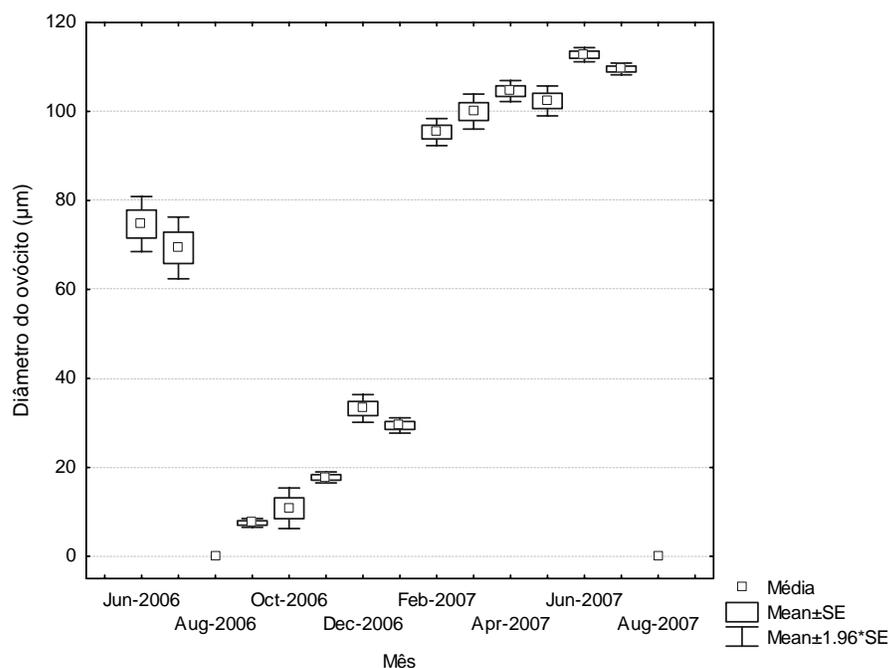


Figura 16: Diâmetro dos ovócitos (μm) de *Mellita quinquiesperforata*, na praia da Taíba, Ceará, período de junho/2006 a agosto/2007.

Houve um crescente aumento no tamanho dos ovócitos visualizados nos meses de setembro a dezembro de 2006. A partir de janeiro de 2007, houve uma notável diferença entre os tamanhos verificados nos meses anteriores (setembro a outubro de 2006) em relação aos maiores tamanhos encontrados, equivalentes aos meses de fevereiro a julho de 2007 (Figura 16).

Os meses de fevereiro e março de 2007 não foram diferentes estatisticamente (Figura 16), apresentando ovócitos pré-vitelogênicos, vitelogênicos e maduros, representando fêmeas que estavam principalmente em estágio de em maturação no mês de fevereiro e no estágio de em maturação e desova no mês de março ($p < 0,03$).

O tamanho dos ovócitos medidos em março de 2007 não foi diferente estatisticamente dos meses de abril e maio de 2007 (Figura 16). Junho de 2007 apresentou as maiores medições, entre 81 e 137 μ m (média 112,7 μ m), correspondentes a ovócitos maduros, equivalentes ao estágio de desova da maioria das fêmeas referentes ao mês (Figura 14). Segundo o teste de Tukey (Apêndice 3) este mês não foi diferente estatisticamente apenas dos meses de abril e julho de 2007 ($p > 0,005$).

De modo geral, nos meses de maior diâmetro dos ovócitos (fevereiro a julho de 2007), foram evidenciados principalmente os estágios de em maturação, maturação máxima e desova na maioria das fêmeas analisadas. Em menor percentual apareceu também o estágio de proliferação, que apresentou ovócitos pré-vitelogênicos (Figura 14).

Agosto de 2007, sincronicamente com o mesmo período do ano anterior, apresentou suas fêmeas em estágio de reserva e novamente nenhum ovócito foi medido (Figura 16).

Considerando as estações climáticas e o diâmetro dos ovócitos, observou-se que o maior número de ovócitos maduros foi referente ao final do verão e outono, correspondentes ao período de chuvas na região de estudo. Já os menores valores medidos, estiveram relacionados a primavera, período seco no Nordeste.

2.2.7 Índice Gonadal de *Mellita quinquiesperforata*

As variações do índice gonadal para machos ($p < 0,001$) e fêmeas ($p = 0,004$) foram significativas entre os meses de amostragem. Nas fêmeas, o índice variou entre 0,24% (abril/07) a 2,15% (fevereiro/07). Para os machos, o índice variou entre 0,33% a 2,62%, referentes aos mesmos meses apresentados para as fêmeas (Figura 17).

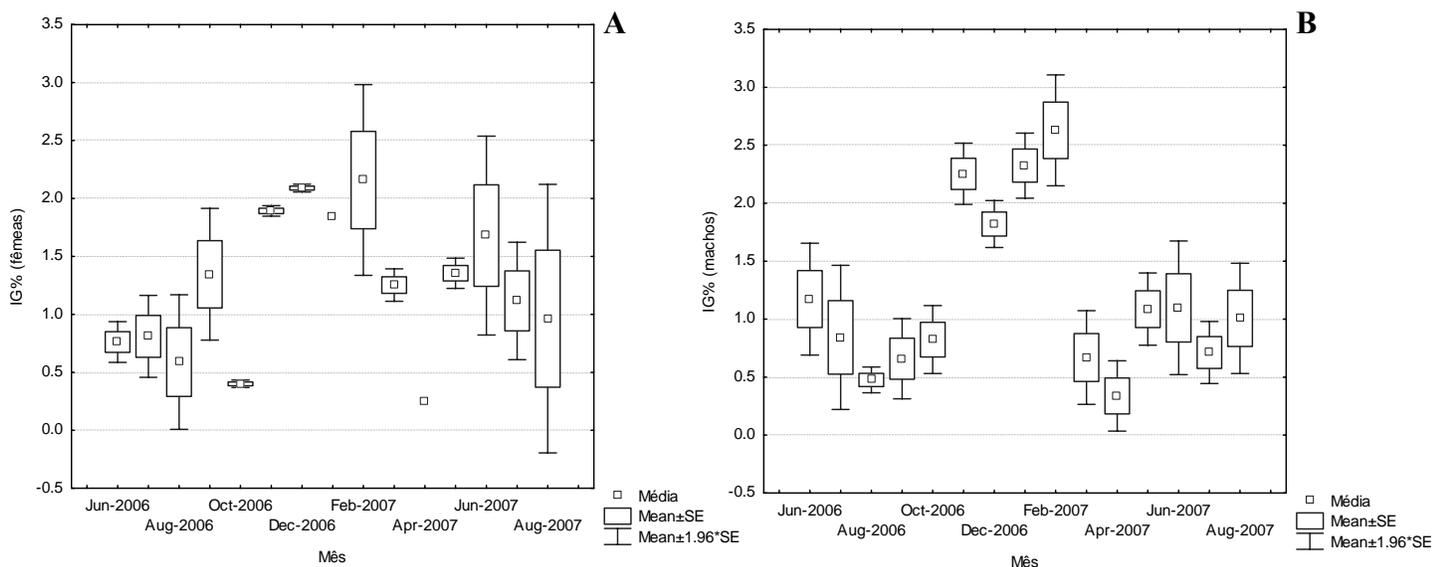


Figura 17: Índice gonadal (%) das fêmeas (A) e dos machos (B) de *Mellita quinquiesperforata*, praia da Taíba, Ceará, período de junho/2006 a agosto/2007.

Considerando as fêmeas analisadas, verificou-se diferenças significativas do índice gonadal entre os meses de coleta (Figura 17). No teste de Tukey, para comparações dois a dois (Apêndice 4) observou-se que os meses responsáveis pelas maiores diferenças (diferenças significantes) foram julho de 2006 e fevereiro de 2007.

De modo geral, os índices femininos sofreram acréscimos até atingir o mês de fevereiro (2007), depois ocorrendo um decréscimo dos valores (Figura 17). Observando os meses com maiores valores do índice gonadal feminino, novembro (1,89%) e dezembro (2,08%) de 2006 e janeiro (1,84%) e fevereiro (2,15%) de 2007, tem-se que eles corresponderam principalmente aos estágios de proliferação para os primeiros três meses apresentados e ao estágio de em maturação, para o mês de fevereiro de 2007 (Figura 14).

Analisando as variações do índice gonadal para os machos, observou-se um relativo sincronismo com os valores apresentados pelas fêmeas. Os meses com os maiores valores foram novembro e dezembro (2006) e janeiro e fevereiro (2007), com valores entre 1,82% e 2,62% do peso da gônada em relação ao peso do corpo animal. Os meses de novembro (2006), janeiro e fevereiro (2007) foram diferentes estatisticamente de todos os demais meses de amostragem exceto com relação a dezembro de 2006 (Figura 17).

O teste de Tukey (Apêndice 5) indicou várias diferenças significantes entre os meses, apresentando novembro de 2006 e fevereiro de 2007 como os meses responsáveis pelas maiores diferenças (diferenças significantes) em relação aos demais analisados ($p=0,0001$).

Os menores índices foram em agosto de 2006 e abril de 2007, com 0,47% e 0,33% respectivamente, correspondendo aos estágios de emissão de gametas. Já os maiores foram correspondentes à reserva de nutrientes, proliferação e em maturação (Figura 15).

2.2.8 Parâmetros ambientais

Com relação aos parâmetros ambientais, as variações mensais de temperatura foram pequenas e sem diferenças significantes entre os meses, já os valores de salinidade e pluviosidade variaram significativamente entre os meses da amostragem (Capítulo 1).

A análise de correlação não-paramétrica de Spearman entre os estágios de desenvolvimento gonadal de machos e fêmeas de *Mellita quinquiesperforata* e os parâmetros de temperatura, salinidade e pluviosidade, apresentou alguns valores significativos (Tabela 3).

Os machos da população apresentaram correlações positivas e significativas entre temperatura e proliferação, e entre pluviosidade e em maturação. Estas correlações indicam que com um aumento de temperatura da água há um aumento na proliferação das células sexuais masculinas, e com o aumento da precipitação pluviométrica há um aumento na maturação das células sexuais do desenvolvimento gonadal masculino (Tabela 3).

A correlação entre pluviosidade e reserva apresentou valor negativo indicando que quando a precipitação pluviométrica é maior, o estágio de reserva acontece em menor escala na população masculina (Tabela 3).

Para as fêmeas, a pluviosidade apresentou-se como parâmetro mais correlacionado ao desenvolvimento gonadal. Foram observados valores significativos e positivos entre este parâmetro e as fases de em maturação, maturação máxima e eliminação, fato que indica que o aumento da precipitação pluviométrica está diretamente relacionado ao desenvolvimento destas fases. A eliminação apresentou o maior valor de correlação (R) indicando uma forte influência da precipitação sobre a desova dos gametas (Tabela 3).

O parâmetro pluviosidade apresentou valor significativo também em relação a reserva de nutrientes, mas este valor foi negativo, demonstrando que quanto maior é a precipitação menor é a porcentagem de fêmeas em reserva (Tabela 3).

A correlação negativa entre a reserva de nutrientes e a temperatura da água nas fêmeas mostra uma relação inversa, onde quanto maior a temperatura menor será a alocação de recursos.

O parâmetro salinidade não apresentou nenhum valor de correlação significativo entre as fases do desenvolvimento gonadal. A temperatura, de modo geral também não apresentou valores significantes, exceto nos machos em relação à proliferação, e nas fêmeas em relação à reserva (Tabela 3).

O diâmetro médio dos ovócitos (μm) foi também correlacionado com os parâmetros de temperatura, salinidade e pluviosidade. A pluviosidade apresentou o único valor significativo de correlação ($R=0,6198$). O valor positivo de “R” significa que o aumento do diâmetro do ovócito está positivamente relacionado ao aumento da precipitação pluviométrica, ou seja, quanto maior a precipitação maior o tamanho médio do ovócito.

Tabela 3: Correlação de Spearman (R) entre estágios de desenvolvimento gonadal de machos e fêmeas de *Mellita quinquiesperforata* e parâmetros ambientais, praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.

Parâmetros/Fases	Proliferação	Em maturação	Maturação máxima	Eliminação	Reserva
<i>Machos</i>					
Temperatura	0.542987	0.265088	0.254164	-0.350084	-0.110796
Salinidade	0.235811	0.217971	0.039812	-0.359376	0.045457
Pluviosidade	0.347529	0.537274	0.493857	0.295403	-0.800016
<i>Fêmeas</i>					
Temperatura	0.273183	0.512719	0.225335	0.041577	-0.663305
Salinidade	0.167273	0.291392	-0.256425	-0.176831	-0.224761
Pluviosidade	-0.278784	0.639426	0.608486	0.740252	-0.534428

Valores em negrito representam correlações estatisticamente significativas.

2.3 DISCUSSÃO

A proporção sexual apresentada pela espécie *Mellita quinquesperforata* na praia da Taíba confirmou a informação estabelecida por Lawrence (1987) de que espécie gonocóricas, as quais representam a grande maioria das espécies do grupo Echinodermata, tipicamente possuem uma razão sexual de 1:1.

Os indivíduos da espécie *Mellita quinquesperforata* coletados na praia da Taíba não apresentaram dimorfismo sexual externo. Esta observação confirma a informação feita por Grassé (1948) e Hyman (1955) para o grupo em geral. Tyler e Tyler (1966) também comentaram a ausência de dimorfismo sexual para a maioria dos equinóides; estes autores afirmaram ainda que vários outros autores discutiram a questão do dimorfismo sexual para espécies de ouriços regulares.

Delavault (1966) enumerou várias características, entre elas, tamanho e forma da testa, aspectos das papilas genitais ou poros genitais para diferenciar machos e fêmeas. Para *Mellita quinquesperforata* coletada na praia da Taíba, os caracteres morfológicos externos não apresentaram diferenças entre os sexos, tendo sido observado, no entanto, diferenças morfológicas e de coloração entre as gônadas dos diferentes sexos.

A caracterização do sexo, através da coloração das gônadas, foi confirmada após a análise histológica. Todas as lâminas observadas confirmaram que gônadas com colorações mais claras, cor creme ao castanho escuro, representaram indivíduos masculinos, enquanto que as gônadas com colorações do vinho ao lilás, representaram indivíduos femininos. Resultado semelhante foi encontrado por Cocanour e Allen (1967) na determinação do sexo de *Echinarachnius parma*.

Sobre a coloração diferenciada das gônadas de equinóides, outros trabalhos fazem esta referência, sendo que, na maioria, descrevem tais diferenças para equinóides regulares. Santana (1996) estudando *Echinometra lucunter* no litoral cearense observou que fêmeas apresentaram gônadas de coloração alaranjada, e os machos, gônadas de cor creme. Observações semelhantes, no caso de gônadas femininas, foram realizadas por Grassé (1948) para a espécie *Paracentrotus lividus* e Chatlynne (1969) para *Strongylocentrotus purpuratus*.

Para *Mellita quinquesperforata*, no presente estudo, foram observadas quatro gônadas confirmando a informação para equinóides irregulares feita por vários autores como Grassé

(1948), Hyman (1955) e Chatlynne (1969); também foram observadas pequenas diferenças em relação à morfologia externa da gônada.

Santana (1996) também observou as mesmas diferenças morfológicas nas gônadas de *Echinometra lucunter*, e supôs que o formato arredondado ou mais esférico das células sexuais femininas, principalmente no estágio de maturação, está relacionado à morfologia externa do folículo. Já nos machos, as células correspondentes, ao sofrerem o processo de espermiogênese, tornam-se menores e alongam-se, fato que pode contribuir para a diferenciação do folículo. Esta explicação também pode ser utilizada para as diferenças observadas em *Mellita quinquiesperforata* estudada na praia da Taíba.

Sobre o revestimento e a composição da parede que constitui a gônada de equinóides, as informações são reveladas por trabalhos clássicos, como os de Hyman (1955), Chatlynne (1969), Adiyodi (1983) e Pearse e Cameron (1991). Os trabalhos sobre reprodução geralmente consideram os estágios de desenvolvimento gonadal, sem, no entanto, fazer referências às particularidades das células germinativas nem sobre a constituição morfológica gonadal.

Hyman (1955), Holland e Giese (1965) e Pearse e Cameron (1991), descreveram que a parede ovariana dos equinóides, em geral, compõe-se de epitélio celômico externo (peritônio visceral), camada mediana de fibras musculares e tecido conjuntivo revestido por epitélio germinativo, que por sua vez envolve o lúmen gonadal.

Para *Mellita quinquiesperforata* coletada no presente estudo, foram observados apenas o revestimento externo e o epitélio germinativo. Provavelmente, as demais estruturas constituintes da parede folicular não foram visualizadas devido ao método de coloração. Em algumas lâminas que representavam o repouso, foi possível visualizar um pouco de tecido conjuntivo, evidenciado como linhas finas e alongadas no centro folicular.

Com relação às células da linhagem germinativa feminina, o padrão de desenvolvimento e os tipos celulares apresentados em *Mellita quinquiesperforata* neste estudo foram semelhantes aos trabalhos realizados para os equinóides em geral (CHATLYNNE, 1969; ADIYODI, 1983 e PEARSE; CAMERON, 1991).

Descrições semelhantes às células germinativas femininas de *Mellita quinquiesperforata*, neste estudo, foram observadas para *Echinometra lucunter*, estudada por Santana (1996) na praia de Flecheiras, Ceará. As características de oogônias, ovócitos pré-vitelogênicos e maduros seguiram o mesmo modelo de desenvolvimento.

Foi observado nos ovócitos pré-vitelogênicos de *Mellita quinquiesperforata* a ocorrência de cromatina descondensada e nucléolos proeminentes. Para Melo (2002), isto é um indicativo de síntese de RNA e ribossomos pela célula. Nos ovócitos vitelogênicos, o deslocamento do nucléolo para a periferia nuclear, possivelmente indica que ocorre a passagem de material do nucléolo para o citoplasma do ovócito, afirmação confirmada por Souza (2006).

Com relação à linhagem germinativa masculina, foi difícil estabelecer características destas células, devido ao pequeno tamanho, forte reação basofílica, o que impediu muitas vezes a visualização das estruturas internas da célula. Não foram visualizadas divisões celulares, nem alterações na cromatina nuclear; todas as descrições realizadas foram baseadas na morfologia externa visível ao microscópio óptico, observando-se, portanto, alterações no tamanho celular.

Santana (1996) observou que para os estágios iniciais de desenvolvimento espermático, os trabalhos realizados são direcionados principalmente para aspectos quantitativos (proporção das células germinativas) relacionados ao ciclo reprodutivo, o que dificultou comparações com seu trabalho.

Holland e Giese (1965), estudando o equinóide *Strongylocentrotus purpuratus*, descreveram as espermatogônias como células iniciais masculinas, contendo pouco citoplasma e um núcleo basofílico, os espermatócitos contendo vários núcleos, as espermatídes com ausência de citoplasma e os espermatozóides possuindo um núcleo alongado, cabeça cônica e flagelo.

As características das células germinativas masculinas de *Mellita quinquiesperforata* foram semelhantes às de *Echinometra lucunter* estudada por Santana (1996) para espermatócitos e espermatídes. Em relação as espermatogônias, estas se apresentaram fortemente basofílicas para *Mellita quinquiesperforata*, contrário do que foi observado para *Echinometra lucunter*.

Matsui (1968), descrevendo períodos de maturação em seis espécies de equinóides caracterizou as espermatogônias como células pequenas, com afinidade pelo corante hematoxilina, não fazendo referências à morfologia das células subseqüentes do desenvolvimento gametogênico. A caracterização das espermatogônias assemelha-se ao observado para *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba.

Chia *et al.* (1975) afirmaram, para trinta e sete espécies de equinóides, que o espermatozóide apresenta uma cabeça cônica, de comprimento variável. Pearse e Cameron (1991) completaram a esta descrição, a presença de uma vesícula acrossomal bem desenvolvida e do flagelo, além de mencionar a presença de mitocôndrias e centríolos.

O espermatozóide de *Mellita quinquiesperforata* estudado na praia da Taíba apresentou a cabeça um pouco alongada, mas seguiu o padrão semelhante à maioria dos equinóides, não sendo possível, visualizar, ao nível do microscópio de luz, o acrossoma nem as demais estruturas internas.

Observando o ciclo de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba, região do Nordeste brasileiro, considerando que existem apenas duas estações climáticas percebidas, ligadas a pluviosidade, foi possível visualizar que as fêmeas desta população eliminaram seus gametas predominantemente durante o período chuvoso, enquanto os machos eliminaram tanto na estação seca quanto na chuvosa. A reserva de nutrientes para ambos os sexos ocorreu durante o período seco da região.

A principal característica do ciclo reprodutivo de *Mellita quinquiesperforata* estudada na praia da Taíba foi a grande frequência de indivíduos em estágio de reserva de nutrientes, tanto para machos como para fêmeas. Para os indivíduos masculinos, a emissão de gametas também foi uma característica marcante, ocorrendo durante grande parte do período analisado, indicando um estado praticamente contínuo. Para estes indivíduos a relação entre emissão de gametas e reserva de nutrientes foi sempre contrária.

De modo geral, machos e fêmeas apresentam certa sincronização dos estágios de desenvolvimento. Os resultados apresentados indicam que os meses de inverno e primavera corresponderiam às épocas de reserva, proliferação e início da maturação dos indivíduos. Os meses do outono corresponderiam a principal época de emissão dos gametas.

A eliminação de gametas ocorreu no outono para machos e fêmeas. Esta atividade esteve sincronizada entre os sexos em junho e julho de 2006 e de março a julho de 2007, com picos em junho de 2007 para ambos os sexos. O sincronismo na liberação dos gametas masculinos e femininos durante o outono de 2006 deu suporte ao recrutamento de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba, visualizado no mês de novembro de 2006 (Capítulo 3).

Clypeaster ravenelii, estudada por Vernon *et al.* (1993) no Golfo do México, apresentou um ciclo anual de gametogênese com a eliminação de gametas no final do inverno, entre o final de janeiro e começo de março. Isto esteve ligado a um maior suprimento alimentar para as larvas, por que neste período houve picos de produção primária na região.

Segundo Lessios (1981), na maioria das espécies de clima temperado a liberação dos gametas ocorre em um estreito período, geralmente na primavera, com o intuito de assegurar as

condições ideais para a fertilização e a sobrevivência das larvas. Os organismos aproveitam períodos favoráveis das condições ambientais para sustentar seus maciços esforços reprodutivos.

Mellita quinquesperforata, presente na praia da Taíba, região tropical, libera seus gametas por um tempo maior, provavelmente relacionado à quantidade de alimento e as demais condições ambientais pouco variáveis ao longo do ano.

Tavares (2004), estudando *Echinometra lucunter* no litoral do Paraná, observou uma marcada sazonalidade do ciclo gametogênico, com as fases do desenvolvimento gonadal bem pontuais durante determinadas estações climáticas. Deve-se observar que a espécie foi estudada em uma área subtropical, com marcada sazonalidade ambiental, o que direciona também os eventos individuais, confirmando, portanto, a influência latitudinal sobre a reprodução da espécie.

Segundo Lawrence e Lane (1982), nos equinodermos, as demandas metabólicas destinadas à atividade reprodutiva são tão intensas que os organismos despendem a maior de parte do ano preparando-se tanto nutricional como fisiologicamente. Mudanças sazonais na gametogênese pode ser o resultado de diferentes requerimentos nutricionais para atividades de síntese associadas ao crescimento e maturação dos gametas.

Lessios (1984) registrou diferenças no ciclo reprodutivo de *Echinometra lucunter* em populações que vivem em condições hidrodinâmicas distintas. Em áreas abrigadas, o autor não encontrou um padrão sazonal no desenvolvimento gonadal da espécie no Panamá.

As populações de *Echinometra lucunter* em Barbados, estudadas por Lewis e Storey (1984), também apresentaram diferenças na periodicidade da liberação de gametas. Os indivíduos localizados na área de menor agitação da água apresentaram dois eventos de emissão contrastando com a população submetida a condições mais severas, onde foi registrada apenas uma época de eliminação de gametas.

O grande período de alocação de recursos observado em *Mellita quinquesperforata* na praia da Taíba e o fato do ciclo reprodutivo não ser contínuo pode expressar uma adaptação às condições ambientais as quais a espécie está submetida. Segundo Borzone (1992), a preferência de bolachas-da-praia por viver próximas a quebra das ondas ou em locais com severas condições ambientais determina grande alocação de recursos para a manutenção e conseqüentemente menos para crescimento e reprodução.

Tavares e Borzone (2006) estudaram o ciclo reprodutivo de *Mellita quinquesperforata* em duas praias paranaenses com diferentes estados morfodinâmicos e observaram que as

estratégias de alocação de recursos foram diferentes. Além da extensão do período de reserva energética, a época de eliminação de gametas também apresentou variações entre as duas populações.

Ambas as populações, no trabalho de Tavares e Borzone (2006), exibiram um período de estocagem durante outono/inverno, embora na praia de Atami, 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 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.

Na praia da Taíba, *Mellita quinquiesperforata* exibiu um grande período de estocagem de nutrientes assim como *Mellita quinquiesperforata* na praia de Atami (PR), mas apresentou este estágio durante as estações de inverno/primavera, correspondentes ao período seco da região.

Os resultados de Tavares e Borzone (2006) revelaram que o grande período de estocagem desenvolvido pela população de *Mellita quinquiesperforata* na praia de Atami, 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 reflectiva de Pontal do Sul, com menor severidade hidrodinâmica, este período foi reduzido e recursos puderam ser empregados para a reprodução por um período mais longo.

Tavares e Borzone (2006), observaram 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.

A praia da Taíba foi caracterizada como praia intermediária durante toda amostragem (Capítulo 1), este parâmetro explica, portanto, a grande alocação de nutrientes realizada pela população que precisa de energia para a própria manutenção na zona de surfe, fato semelhante ao observado para *Mellita quinquiesperforata* na praia de Atami (PR).

Lane e Lawrence (1979) e Penchaszadeh e Molinet (1994) sugeriram uma diferença nas estratégias reprodutivas em espécies de *Mellita* com respeito ao período de estocagem e de liberação de gametas. Quando um breve acúmulo de nutrientes acontece no ciclo, a população pode liberar seus gametas continuamente. Ao contrário, quando uma grande alocação de recursos é realizada, em resposta a um estresse ambiental, existe uma diminuição da atividade reprodutiva.

Mellita quinquesperforata, na praia da Taíba, demonstrou esta diminuição da atividade reprodutiva que pode ser explicada, provavelmente, como uma resposta a necessidade de manutenção numa praia intermediária com moderada ação das ondas na zona de surfê.

Esta redução da atividade reprodutiva foi maior para as fêmeas do que para os machos da população de *Mellita quinquesperforata* estudada na praia da Taíba. As fêmeas utilizaram as gônadas como local de acúmulo de substâncias de reserva durante o inverno até a primavera, já os machos acumularam reservas durante os meses do final da primavera e início do verão.

O desenvolvimento de uma fase de estocagem para alocar recursos foi descrito por Moss e Lawrence (1972) para *Mellita tenuis*. Nesta espécie, picos de constituintes químicos, como lipídeos e proteínas, nas gônadas foram associados aos períodos de menor quantidade de alimentos, devido a severas tempestades de inverno, quando indivíduos foram completamente deserterrados e suas lúnulas tornaram-se entupidas (fechadas). Isto reforça mais uma vez a idéia de que sob um grande estresse ambiental espécies de *Mellita* estocam nutrientes.

Os indivíduos do sexo masculino de *Mellita quinquesperforata* estudados na praia da Taíba apresentaram uma maturação mais rápida de seus gametas quando comparados às fêmeas. Confirmando isto, foi observado que o estágio de proliferação nas fêmeas compreendeu um maior período quando comparado aos machos; além disso, após a rápida proliferação masculina, as fases de em maturação e maturação máxima foram também restritas a poucos meses. Na observação de todo o período de estudo, verificou-se apenas 2 (dois) meses para que se completasse a espermatogênese. Para as fêmeas de *Mellita quinquesperforata*, foi observado que para a completa oogênese foram necessários cerca de 6 (seis) meses até a desova.

Observou-se também que para os machos, o estágio de maturação máxima foi pouco evidenciado, por que assim que se completa este estado há o início da eliminação dos espermatozoides, sendo um limite tênue entre um e outro estado. Muitas vezes, na fase chamada maturação máxima já podiam ser evidenciados um ou outro folículo com características de emissão dos gametas.

Confirmando este resultado, Pearse e Cameron (1991) afirmaram que o ciclo espermatogênico, da produção de espermatozoides até o acúmulo de um grande número destas células pode ser completada em 1 ou 2 meses. Além disso, o tempo necessário para a diferenciação de espermatogônias também é muito curto. Holland e Giese (1965), estudando o

desenvolvimento induzido de *Stroglyocentrotus purpuratus* encontrou espermátocitos depois de 3 dias, espermátides depois de 6 dias e espermatozóides depois de 12 dias pós-indução.

Já para as fêmeas, segundo Pearse e Cameron (1991), o ciclo de desenvolvimento é mais longo, sendo os ovócitos armazenados por dois ou três meses antes da liberação por algumas espécies. Estes autores também informaram que o tempo para a completa vitelogênese varia consideravelmente entre as diferentes espécies de equinóides.

Chen e Chen (1993) observaram diferenças no tempo de desenvolvimento entre machos e fêmeas de uma população de *Sinaechinocyamus mai* em Taiwan. Para as fêmeas, os autores verificaram que são necessários cerca de 6 meses até a desova, já para os machos, o tempo para o completo desenvolvimento foi de um mês. Resultado semelhante ao visualizado para *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba.

Lawrence e Lane (1982) e Pearse e Cameron (1991) descreveram que nas fêmeas o desenvolvimento dos gametas é mais dispendioso energeticamente do que nos machos. Isso implica em um maior investimento metabólico para oogênese e, conseqüentemente, uma maturação mais lenta do que a observada nas gônadas masculinas.

As características da gametogênese de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba foram semelhantes à seqüência geral de mudanças em outros equinóides (FUJI, 1960; PEARSE; GIESE, 1966; LANE; LAWRENCE, 1979). No primeiro estágio, houve um acúmulo de nutrientes com o aumento da gônada. Depois deste processo, as células gametogênicas começaram a crescer e maturar na parede do folículo; no final da maturação, ovócitos e espermatozóides ocuparam todo o lúmen gonadal com um reduzido número de fagócitos nutritivos. Após a liberação dos gametas, as células sexuais presentes foram reabsorvidas pelos fagócitos e depois houve acúmulo de material de reserva para o próximo ciclo.

Segundo Moss e Lawrence (1972) em espécies de *Mellita*, o estômago é menos proeminente do que em outras espécies de ouriços. Neste caso, as gônadas servem como o órgão primário de reserva do animal para gametogênese e períodos de menor quantidade de alimentos ou altas demandas de energia.

As variações dos índices gonadais de machos e fêmeas de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba foram semelhantes, evidenciando e confirmando um certo sincronismo no desenvolvimento gonadal. Os valores foram um pouco superiores para os machos, provavelmente relacionados ao maior número de gametas produzidos e armazenados nas gônadas masculinas.

MacCord e Ventura (2004), estudando *Cassidulus mitis* no Rio de Janeiro, observaram que o índice gonadal dos machos foi superior aos visualizados para as fêmeas. Esta diferença, segundo os autores, pode estar relacionada à característica reprodutiva das fêmeas que produzem um menor número de células devido um maior investimento energético, sendo que os machos produzem muitas células reprodutivas. Esta explicação reforça as diferenças observadas nos índices gonadais de machos e fêmeas de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba.

Os meses indicativos dos maiores valores do índice gonadal foram referentes principalmente aos estágios de proliferação e de em maturação, observados para os dois sexos durante o verão.

Deve-se observar que os estágios de proliferação e de em maturação são constituídos por uma grande quantidade de reserva de nutrientes, todos os folículos estão completos por fagócitos nutritivos, sendo nas fêmeas acrescentados ovócitos, que durante a fase de em maturação podem compreender ovócitos vitelogênicos e maduros em grande percentual folicular; para os machos na fase de em maturação há uma relativa quantidade de espermatozóides no centro folicular, além do material de reserva circundante. Isto garante um aumento do peso da gônada tanto feminina quanto masculina, confirmando que o tamanho gonadal aumenta pelo estoque de nutrientes e o desenvolvimento e acúmulo de células sexuais.

Os menores valores do índice gonadal encontrados para *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba foram referentes aos estágios de maturação máxima e desova para as fêmeas e de emissão para os machos, para ambos os sexos durante o outono. No estágio de eliminação de gametas, realmente, há uma diminuição da gônada, porque os folículos se contraem e conseqüentemente tornam-se esvaziados pela eliminação.

O estágio de maturação máxima, apontado como também responsável pela diminuição do índice gonadal das fêmeas, deve estar relacionado a uma diminuição das reservas nutritivas, já que não foram visualizados fagócitos nutritivos, com ovócitos maduros no lúmen gonadal que apresentam espaços entre si.

Ainda com relação ao índice gonadal, os valores apresentados por *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba foram superiores aos valores encontrados para a mesma espécie estudada por Tavares e Borzone (2006) em praias paranaenses. Além disso, no estudo no Paraná, as fêmeas obtiveram um maior índice quando comparados aos machos, o contrário observado na praia da Taíba.

No trabalho de Tavares e Borzone (2006), o índice gonadal teve um pico na primavera em Atami como consequência da alocação de recursos e proliferação, e somente um pico do índice no verão representando o estágio de maturação. Em Pontal do Sul, o período reprodutivo mais extenso provavelmente atenuou a variação do índice gonadal feminino, mas para os machos, o índice mostrou variações, com altos valores no verão que representaram indivíduos maduros.

As diferenças observadas entre os índices gonadais de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba e nas praias paranaenses podem ser determinadas pela quantidade e estratégia de alocação de recursos.

Altos valores de índice gonadal foram encontrados por Niesen (1977) para *Dendraster excentricus* como resultado de um maior fluxo de matéria orgânica no ambiente. Para a espécie *Clypeaster ravenelii* estudada por Vernon *et al.* (1993) no Golfo do México, o aumento no índice gonadal ocorreu devido à acumulação de materiais orgânicos estocados nos fagócitos nutritivos durante a reabsorção dos gametas, antes da rápida proliferação.

Embora não se tenha conhecimento sobre o fluxo de matéria na praia da Taíba, provavelmente, as alterações no índice gonadal de *Mellita quinquiesperforata* devem também estar relacionadas a maior disponibilidade de recursos.

Em *Mellita tenuis*, Lane e Lawrence (1979) verificaram que o aumento no índice gonadal durante o verão foi em parte relacionado à acumulação de nutrientes por indivíduos com 2 ou mais anos de idade.

Para *Echinometra lucunter*, estudado por Ventura *et al.* (2003), o pico do índice gonadal no final da primavera foi influenciado tanto pelo acúmulo de reservas quanto pelo crescimento celular. Tavares (2004) também obteve resultado semelhante para a mesma espécie no litoral paranaense. Estes resultados confirmam a importância destes estágios no aumento do índice gonadal para espécies em equinóides.

Segundo Lawrence e Lane (1982) a quantidade de alimento pode ser um importante fator na regulação do crescimento gonadal. Ebert (1968) observou que o crescimento gonadal de *Strongylocentrotus purpuratus* foi limitado pela qualidade e quantidade de alimento. Já Gonor (1973) sugeriu que diferenças na amplitude anual do índice gonadal de *S. purpuratus* foi devido a fontes esporádicas de alimento.

Em relação ao tamanho dos ovócitos, as variações nestas medidas acompanharam as fases de desenvolvimento gonadal das fêmeas. As menores medidas foram evidenciadas justamente

durante os meses de proliferação, quando se observam principalmente ovócitos pré-vitelogênicos de pequeno tamanho. Em contrapartida, os maiores valores estiveram relacionados às fases de maturação, maturação máxima e mais expressivamente à desova. É claro que durante a desova, os gametas compreendam os maiores ovócitos, com o nível máximo de maturação, o que garante o sucesso da fecundação e do desenvolvimento embrionário.

Segundo Lessios (1987), o tamanho dos ovócitos de invertebrados marinhos é um importante parâmetro da história de vida relacionado ao modo de desenvolvimento e alocação de recursos. Durante condições favoráveis, quando o custo de manutenção é reduzido, alocação de recursos pode ser direcionada e transferida como máxima energia para os gametas.

Esta tese explicou as diferenças do tamanho do ovócito encontradas entre as duas populações de *Mellita quinquiesperforata* estudadas por Tavares e Borzone (2006). A média do diâmetro do ovócito maduro em Atami (praia dissipativa/intermediária) mostrou menores valores, enquanto que em Pontal do Sul os valores foram maiores (praia reflectiva).

Tavares e Borzone (2006) mediram para *Mellita quinquiesperforata* em Atami ovócitos com 75 a 90 μ m e em Pontal do Sul ovócitos com 80 a 115 μ m. Os ovócitos maduros de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba mediram entre 90 e 137 μ m, com média de 109 μ m de diâmetro. Os valores apresentados estão mais próximos aos encontrados para a praia de Pontal do Sul, onde há um maior investimento na produção dos gametas. Deve-se observar, no entanto, que a praia da Taíba é uma praia intermediária e os valores deveriam então, estar mais próximos aos encontrados em Atami.

Considera-se, portanto, que embora em uma praia com características intermediárias, sob moderado estresse ambiental, *Mellita quinquiesperforata* apresenta um relativo investimento no tamanho dos gametas. Comparado ao trabalho de Tavares e Borzone (2006), *Mellita quinquiesperforata* na Taíba deve ter a sua disposição um maior número de nutrientes, fornecidos por uma época mais extensa, durante a estação seca, numa área tropical, como pode ser evidenciado nas lâminas histológicas. Esta maior disponibilidade de alimento garante um maior investimento no tamanho do ovócito.

George (1996) apresentou diferentes interpretações dos modelos de história de vida envolvendo o tamanho dos ovócitos, associando, por exemplo, o tamanho, a quantidade e o estresse ambiental. As fêmeas produziram uma maior quantidade de ovócitos pequenos em

condições ambientais favoráveis, enquanto que, em situações adversas haveria uma produção menor de ovos com dimensões maiores.

Esta informação confirma novamente a produção de grandes ovócitos por *Mellita quinquiesperforata* na Taíba, sob um moderado estresse e durante um determinado período. De acordo com Sibly e Calow (1987), haveria um tamanho ótimo para a produção de ovócitos abaixo do qual haveria um comprometimento da sobrevivência da prole.

Segundo Lessios (1990), os equinóides são organismos com desenvolvimento planctotrófico e o ovo constitui o único investimento parental devotado à prole. A presença de substâncias de reserva pode ser interpretada como um investimento na produção de ovos de maior tamanho.

Para George (1996), a hipótese de uma produção de gametas maiores traduziria uma estratégia voltada para a sobrevivência da larva e/ou juvenil. Diante de uma estratégia onde é alto o custo da manutenção, a alocação de energia poderia ser maximizada assegurando, conseqüentemente, o desenvolvimento pós-zigótico no plâncton onde a competição por alimento é maior.

Bentley (1998) afirmou que as características reprodutivas em equinóides mostram uma variação na periodicidade e intensidade da liberação de gametas entre os anos e entre populações. Segundo o mesmo autor, são conhecidas as proposições feitas com relação à ação dos fatores ambientais (isolados ou não) na sincronia dos ciclos reprodutivos em equinóides. A maturação dos gametas, e posterior liberação, pode ser influenciada por fatores abióticos, podendo existir assim uma estreita relação entre o ciclo reprodutivo e as variações ambientais.

O estudo realizado por Tavares e Borzone (2006) com *Mellita quinquiesperforata* indicou as condições morfodinâmicas das praias arenosas como fator modelador das diferenças encontradas no ciclo reprodutivo entre populações de uma praia dissipativa/intermediária e outra reflectiva. Além da morfodinâmica, a salinidade também foi sugerida como um dos principais fatores ambientais que causaram as diferenças no ciclo reprodutivo nas diferentes condições hidrodinâmicas.

Tal exemplo argumenta a idéia de que a variabilidade reprodutiva intraespecífica pode ocorrer entre populações separadas espacialmente ou que habitam ambientes heterogêneos. Segundo Ernest e Black (1981), Lessios (1984) e Ventura *et al.* (2003), esta variabilidade pode expressar divergências genéticas, adaptações fenotípicas aos estímulos externos ou ambos.

Comparado ao trabalho de Tavares e Borzone (2006), *Mellita quinquesperforata* estudada na Taíba, praia caracteristicamente intermediária, apresentou a precipitação pluviométrica como principal fator capaz de influenciar as fases do desenvolvimento gonadal.

As correlações feitas entre a pluviosidade e os estágios de desenvolvimento sugerem que as fêmeas de *Mellita quinquesperforata* estudadas na Taíba são mais influenciadas por este parâmetro ambiental do que os machos. Este resultado explica a relativa periodicidade da desova observada nas fêmeas e ao mesmo tempo explica o grande período de emissão realizada pelos machos que não está relacionado a este parâmetro nem a qualquer outro medido em campo.

As variações de salinidade não pareceram interferir no ciclo gametogênico de *Mellita quinquesperforata* na praia da Taíba, visto que nenhuma correlação entre este parâmetro e as fases de desenvolvimento foi significativa. Já as variações de temperatura apontaram para uma influência diferenciada entre os machos e fêmeas da população, indicando um aumento do estágio de proliferação nos machos e na reserva das fêmeas.

Vernon *et al.* (1993) não verificou correlação significativa entre as variações do índice gonadal e as variações na temperatura da água para *Clypeaster ravenelii*, apesar das diferenças neste parâmetro serem significativas na região do Golfo do México.

Cocanour e Allen (1967) observaram que a espécie *Echinarachnius parma* apresentou uma correlação positiva entre o aumento da temperatura e o aumento do índice gonadal, já o ouriço regular *Strongylocentrotus droebachiensis* apresentou na mesma área de estudo relação inversa entre temperatura e índice gonadal.

Para a espécie *S. mai*, estudada por Chen e Chen (1993), o índice gonadal, o tamanho dos ovócitos e o tempo de liberação corresponderam com as variações de temperatura, sendo apontada então como o principal fator para a sincronização da liberação dos gametas.

Ainda comparando *Mellita quinquesperforata* estudada na Taíba e em praias do Paraná por Tavares e Borzone (2006), constatou-se que há semelhanças entre as populações da praia da Taíba e de Atami, em função do semelhante estado morfodinâmico. Ambas as populações desenvolveram longos períodos de reserva de nutrientes, além de uma redução na atividade reprodutiva observada através de um determinado período de desova.

Vance (1973) postulou uma correlação negativa entre investimento no crescimento, na reprodução e na manutenção. Como a reprodução requer uma boa parte da energia do animal, a

seleção deve favorecer os modelos de reprodução que são mais eficazes, ou seja, aqueles que resultam num grande número de descendentes por caloria destinada ao evento reprodutivo.

Assim, populações submetidas ao estresse ambiental empregam maior quantidade de energia para a própria sobrevivência (manutenção) explicando a semelhança entre as populações de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba e em Atami.

O sucesso reprodutivo de uma espécie está associado com sua capacidade de converter a energia adquirida no ambiente com a produção de gametas. O modelo característico da reprodução de cada espécie depende de ambos fatores genéticos e ambientais. A praia da Taíba foi caracterizada como praia intermediária durante toda amostragem, este parâmetro explica, portanto, a grande alocação de nutrientes realizada pela população que precisa de energia para a própria manutenção na zona de surfe, e explica também o tamanho dos ovócitos, observando um relativo investimento reprodutivo.

Os resultados obtidos e discutidos neste capítulo sugerem que em *Mellita quinquiesperforata* os fatores ambientais são tão importantes quanto as demandas fisiológicas. Os dados disponíveis para as populações de *Mellita quinquiesperforata* são um claro exemplo de como espécies com ampla ocorrência geográfica respondem às diferenças ambientais. Isto confirma ainda a alta plasticidade desta espécie para escolher a melhor estratégia para a direção da sua história de vida.

2.4 CONCLUSÃO

- *Mellita quinquesperforata* não apresenta dimorfismo sexual externo;
- Diferenças de coloração da gônada podem caracterizar macroscopicamente o sexo dos indivíduos de *Mellita quinquesperforata*;
- As células da linhagem germinativa e a maturação gonadal para ambos os sexos de *Mellita quinquesperforata* seguiram o padrão descrito para outras espécies do grupo Echinodermata;
- A principal característica do ciclo reprodutivo de *Mellita quinquesperforata* foi a frequência de indivíduos em estágio de reserva de nutrientes;
- A espécie *Mellita quinquesperforata* apresentou sincronismo no ciclo gametogênico entre os sexos, embora o desenvolvimento das fêmeas tenha sido mais lento devido o maior investimento no tamanho do gameta;
- As variações na precipitação pluviométrica influenciaram os estágios de desenvolvimento gonadal e o tamanho dos ovócitos em *Mellita quinquesperforata*;
- Os aspectos reprodutivos de *Mellita quinquesperforata* estão provavelmente relacionados à morfodinâmica praial, aos requerimentos e reservas nutricionais, e ao crescimento individual.

*Capítulo 3: Distribuição espaço-temporal e
crescimento de Mellita quinquiesperforata na praia
da Taíba, Ceará.*



3. INTRODUÇÃO

Num ecossistema, a unidade biológica é a população, que consiste em um número de subunidades que apresentam fluxo particular de energia no ambiente. O padrão de crescimento depende de fatores genéticos e ambientais. Embora seja uma característica do indivíduo, o crescimento pode ser descrito em função da média da população (VENTURA, 1997).

O crescimento individual é, juntamente com a reprodução e a mortalidade, um componente importante na bionomia de uma espécie. As diferentes estratégias bionômicas dos organismos são resultantes dos investimentos realizados na própria reprodução e sobrevivência (BEGON; MORTIMER, 1987).

A matéria e a energia alocadas para uma determinada função não estarão disponíveis para uma outra, assim como, o desenvolvimento de um determinado atributo biológico pode limitar o desenvolvimento de um outro. Desta forma, a energia alocada para o crescimento somático não estará disponível para a reprodução (VENTURA, 1997).

A taxa de crescimento somático pode ser estimada a partir da análise das distribuições de frequência de comprimento, de experimentos de marcação e recaptura de indivíduos, e pela análise de linhas de crescimento presentes em estruturas corporais rígidas (estruturas de aposição) (EBERT, 1973). A escolha entre estes métodos depende diretamente das características biológicas da espécie estudada e do ambiente onde se encontra.

Vários são os métodos disponíveis para a obtenção dos parâmetros de crescimento, a partir da distribuição de tamanho dos indivíduos da população. Técnicas desenvolvidas para o estudo da dinâmica populacional de peixes têm sido aplicadas às populações de invertebrados marinhos, inclusive equinodermos (BORZONE, 1992; FREIRE *et al.*, 1992; PENCHASZADEH; MOLINET, 1994; TAVARES, 1996; VENTURA, 1997).

Apesar das diferentes características morfológicas e fisiológicas das espécies, os modelos formulados para o manejo dos estoques pesqueiros independem do filo ao qual a população estudada pertence, portanto, podem ser utilizados adequadamente para invertebrados (LONGHURST; PAULY, 1987).

O modelo da curva de crescimento de Von Bertalanffy (VBGF) é, dentre vários, o mais utilizado para descrever o crescimento médio individual na fase explorável dos recursos pesqueiros. A estimação dos parâmetros pode ser feita por métodos que envolvem regressão

linear simples, desde que se disponha de dados observados de comprimentos (ou pesos) médios à idade. A princípio, as avaliações com uso do comprimento baseiam-se na conversão do tamanho em idade, de forma que na maioria dos casos assume-se que as populações têm crescimento de acordo com a fórmula de Von Bertalanffy (VBGF) (BERTALANFFY, 1938,1957).

Em geral, é aceito que em águas temperadas o crescimento é afetado fortemente por oscilações sazonais, muitas vezes devido à temperatura e/ou disponibilidade de alimento. A necessidade de utilizar um modelo Von Bertalanffy (VBGF) com variação é discutida por vários autores. Versões sazonais para modelos analíticos, como o método de produção-por-recruta (SPARRE; VENEMA, 1993) e curvas de captura de comprimento-convertido (PAULY, 1990) foram desenvolvidas e incorporadas aos pacotes estatísticos.

Os equinodermos possuem no seu padrão de crescimento características básicas como uma pequena taxa de crescimento nos indivíduos recém-metamorfoseados, um rápido crescimento nos indivíduos juvenis e um crescimento mínimo dos adultos; uma sensibilidade ao nível de nutrientes disponíveis, de forma que, tanto o crescimento positivo quanto o negativo sejam possíveis, a necessidade da obtenção periódica de nutrientes para a reprodução e a utilização periódica de nutrientes de reserva (LAWRENCE; LANE, 1982).

Em estudos de dinâmica de populações, é importante verificar, além do ciclo reprodutivo e do esforço energético despendido na reprodução, com que tamanho os indivíduos atingem a maturidade, a taxa de crescimento, a longevidade e as taxas de recrutamento e mortalidade. No Estado do Ceará, até o momento, não tinham sido realizados trabalhos sobre crescimento de populações do filo Echinodermata.

Segundo Matthews-Cascon *et al.* (2004) e Rocha-Barreira *et al.* (2005), a zona de surfe da Praia da Taíba apresentou dominância absoluta de *Mellita quinquiesperforata*, com percentuais em torno de 70% do total de organismos coletados. Esta praia foi o único local em que a espécie se apresentou na zona mais rasa. Estes dados demonstraram a necessidade de uma investigação mais detalhada sobre as características populacionais desta espécie.

O objetivo geral deste capítulo foi, portanto, analisar a distribuição espaço-temporal e os parâmetros da dinâmica populacional da população de *Mellita quinquiesperforata* na Praia da Taíba, caracterizando sua densidade ao longo da zona de surfe, relacionando densidade com as diferentes faixas de coleta e com os parâmetros ambientais e avaliando crescimento, mortalidade, recrutamento e longevidade da espécie.

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Coleta de dados

Os espécimes de *Mellita quinquiesperforata* foram coletados mensalmente, de junho de 2006 a agosto de 2007, na praia da Taíba (03°30,125'S; 038°54,469'W), município de São Gonçalo do Amarante, Ceará. As coletas foram realizadas em marés baixas de sizígia, de acordo com a tábua de marés para o Porto do Pecém, CE, publicadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN, 2006,2007).

3.1.2 Amostragem

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, com as lâminas que formam a base inclinadas em 45° e malha com abertura de 5mm entre os nós.

A extensão do arrasto foi dividida em duas faixas transversais à linha d'água: 0-30m e 30-60m de distância do limite inferior da zona de varrido das ondas, até aproximadamente 1,5m de profundidade para observar a distribuição dos organismos ao longo do transecto de coleta. Em cada faixa, foram realizados três arrastos. As delimitações das faixas foram realizadas através de marcas feitas no cabo da draga; o material retido na draga foi acondicionado em sacos plásticos, devidamente etiquetado e fixado com solução de formol salino a 4% por 24 horas, depois foi lavado e conservado em álcool a 70%.

Em cada coleta foram registrados dados ambientais como temperatura da água, salinidade, granulometria do sedimento e precipitação pluviométrica. A metodologia utilizada na coleta destes parâmetros está descrita com maiores detalhes no Capítulo 1.

Na análise dos resultados e na discussão desta pesquisa foram consideradas todas as estações climáticas, embora na região do Nordeste brasileiro sejam visualizadas ou percebidas apenas duas, uma seca e outra chuvosa, relacionadas às variações no regime pluviométrico.

3.1.3 Procedimentos de laboratório

Durante a análise do material biológico, os indivíduos foram contados e para todos eles foram observados e registrados dados de comprimento e largura (Figura 18), utilizando um paquímetro de precisão de 0,1mm.

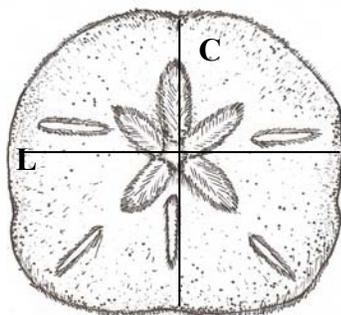


Figura 18: Desenho esquemático de *Mellita quinquiesperforata*, demonstrando as medidas realizadas em laboratório. C - comprimento (medida antero-posterior); L - largura (maior medida perpendicular ao comprimento).

Foi utilizada a largura da carapaça como medida de comprimento, por ser mais adequada para análise dos incrementos de crescimento, visto que, segundo Borzone (1992), esta medida é feita em uma região do corpo menos sujeita a lesões quando são comparadas as regiões anterior e posterior do organismo.

3.1.4 Análise dos dados

A densidade de organismos por faixa de coleta foi calculada a partir da média das amostras e expressa como número de indivíduos/m². Os dados biológicos obtidos foram comparados e correlacionados com os parâmetros ambientais obtidos, para cada faixa amostrada, sendo os dados analisados utilizando-se o software STATISTICA® versão 6.0.

Para avaliar a distribuição espaço-temporal dos organismos na zona de surfe da praia da Taíba, testes de comparação de médias, através de análises de variância foram realizados. Os dados de densidade sofreram transformação em $\log(x+1)$, na tentativa de atender aos pré-requisitos da análise paramétrica. Não atendidos os requisitos, os dados foram comparados através da análise de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis (STATISTICA® versão 6.0).

Análises de correlação não-paramétrica de Spearman foram também utilizadas para relacionar os parâmetros ambientais com densidade. Os valores de distribuição espacial por faixa/classe de tamanho/mês foram plotados e analisados com o auxílio do software Sigma Plot® (versão 10.0).

Foram confeccionados histogramas de frequência de tamanho (considerando a largura da carapaça) com vários intervalos de classes. O número de classes foi determinado segundo a fórmula de Sturges: $V_i = A/K$, onde: V_i = Intervalo de classes, A = Amplitude da variável (Lt)

(Max –Min), K = número de classes calculado pela fórmula: $1 + 3,32 \log n$, onde “n” é o número total de indivíduos. Este cálculo resultou em intervalo de classe de tamanho estimado em 6mm.

Estes histogramas foram interpretados e analisados para a determinação de parâmetros populacionais como crescimento, recrutamento e mortalidade. Para tanto, foi utilizado o software FISAT II (Versão 1.2.2), produzido pela FAO (Food and Agriculture Organization) e pelo ICLARM (International Center for Living Aquatic Resources Management) (GAYANILO; PAULY, 1997).

Antes da entrada de dados no programa FISAT II, utilizou-se a fórmula de Taylor (1962) para estimar L_{∞} (**$L_{\infty} = L$ máximo encontrado em campo/0, 95**).

Foram utilizadas em seqüência as seguintes rotinas do programa Fisat II:

- **Powell-Wetherall:** foram realizadas estimativas preliminares da largura assintótica ou infinita (L_{∞}) e relação taxa de mortalidade (Z)/ taxa de crescimento (K). O gráfico originado revela uma curva de captura; a escolha de um ponto da curva permite ao programa o cálculo de uma equação de regressão e as primeiras estimativas dos parâmetros L_{∞} e relação Z/K foram originadas.
- **Análise de progressão modal utilizando o método Bhattacharya:** este método consistiu na identificação visual das freqüências de comprimento de um determinado grupo etário. As modas mais representativas de cada mês foram selecionadas e deram origem a curvas normais de distribuição.
- **Análise de progressão modal utilizando o Linking of Means:** através desta rotina foi possível fazer as ligações de pontos que representaram a seqüência das classes modais de todo período de amostragem. Mais de um incremento populacional foi escolhido, realizando-se ligações que observaram uma sucessão de modas de adultos, e de indivíduos jovens a intermediários.
- **Análise de crescimento utilizando o método Gulland e Holt Plot:** com os resultados da rotina Bhattacharya, este método produziu uma nova estimativa de L_{∞} e da constante de crescimento K . Esta rotina também originou os dados de variação sazonal e apontou o provável mês com diminuição na taxa de crescimento, ou seja, os valores de C e WP foram fornecidos nesta análise.

- **Shepherd's Method:** nesta rotina foram utilizadas duas sub-rotinas, o "Response Surface" e o "K-Scan", ambas, serviram para delimitar visualmente as variações de L_{∞} e da constante de crescimento K.
- **Estimativa definitiva dos parâmetros populacionais Elefan I:** esta rotina estima os parâmetros L_{∞} e K, onde várias amostras de distribuição de frequência de comprimento são dispostas seqüencialmente e as progressões das modas servem para inferir sobre o crescimento.

Na rotina Elefan I, foi utilizado o modelo de crescimento da equação de Von Bertalanffy modificada para oscilações sazonais:

$$L_t = L_{\infty} \{1 - e^{-K(t-t_0) + (CK/2\pi)[(\sin 2\pi(t-t_s))]} \},$$

onde, L_t = comprimento estimado do indivíduo na idade "t", L_{∞} = comprimento assintótico, K = constante de crescimento, t_0 = idade teórica do indivíduo com comprimento zero, t_s = período do ano em que a taxa de crescimento assume um valor máximo, C = amplitude sazonal de variação no crescimento ou constante de sazonalidade (cujo intervalo de variação é de 0 a 1).

Os valores dos parâmetros de crescimento C (constante de sazonalidade) e WP ("winter point") utilizados para as estimativas de L_{∞} e K na função sazonal de crescimento de Von Bertalanffy foram baseados nos seguintes critérios:

- ❖ Os valores de C devem ser relacionados às diferenças das temperaturas superficiais médias da água nos períodos de verão e inverno que, na praia da Taíba foi de 1,5 °C, correspondendo a valores de C de 0,15 aproximadamente. Também foram testados os valores sugeridos na rotina Gulland e Holt Plot.
- ❖ Os valores de WP devem ser relacionados ao período de menor taxa de crescimento da espécie; neste trabalho foram testados muitos dados, considerando o valor estimado pelo método Gulland e Holt, observando os meses com bruscas variações nos dados ambientais.

Na rotina Elefan I, há três sub-rotinas: Automatic search, Response surface e K-Scan, sendo que para uma dada série de distribuições de frequência são estimados os parâmetros L_{∞} , K, C, WP, SL ("Starting Length") e o SS ("Starting Sample") que são valores (pontos) estabelecidos arbitrariamente por onde a curva deve passar.

Com a interpretação desta série são traçadas as curvas de crescimento. As melhores curvas foram definidas pelo programa, baseado na medida de ajuste:

$$R_n = 10^{(ESP/ASP)} / 10$$

onde ESP= somatório dos picos explicados pela curva traçada e ASP= somatório dos picos identificados nas distribuições de frequência. A relação expressa pelo R_n indica o melhor ajuste encontrado pelo programa para uma dada curva e seu valor máximo é 1.

Cada uma das rotinas do programa Fisat II calcula os valores que correspondem ao crescimento, de forma que cada rotina em particular poderia ser considerada. Neste trabalho, porém, as rotinas foram testadas a fim de se obter um espectro maior de possibilidades ou variações que serviram de base para os parâmetros utilizados na rotina Elefan I.

- **Mortalidade Total (Z):** foi estimada através dos dados da curva de captura pelo método Powell-Wetherall. Os valores fornecidos pelo trecho descendente da curva (a mortalidade teórica da população segue um modelo exponencial negativo) resultaram a relação Z/K ; depois de estabelecido o valor de K , encontrou-se o valor correspondente de Z .
- **Mortalidade natural (M):** foi estimada a partir da relação empírica desenvolvida por Pauly (1980):

$$\log(M) = -0,006 - 0,279 \log(L_\infty) + 0,6543 \log(K) + 0,4634 \log(T),$$

aplicando-se os valores de L_∞ , K e T (média da temperatura do habitat natural da espécie).

- **Modelo de Recrutamento:** expresso através de um histograma cujas oscilações refletem a sazonalidade do recrutamento da população em questão ao serem fornecidos os parâmetros L_∞ , K , C e WP .

A observação da distribuição de frequências de comprimento pode sugerir o momento de maior recrutamento no ano, especialmente se menores comprimentos tiverem sido computados no período amostrado. O valor de t zero foi estimado utilizando-se a fórmula de Pauly (1979):

$$\log(-t_0) = -0,3922 - 0,2753 * \log L_\infty - 1,038 * \log K$$

Longevidade: definida como o tempo que o indivíduo leva para alcançar 95% do comprimento assintótico, foi estimada com base na fórmula proposta por Taylor (1962):

$$A_{0,95\%} = t_0 + 2,996 / K$$

3.2 RESULTADOS

3.2.1 Distribuição espaço-temporal de *Mellita quinquiesperforata* na zona de surfe

No total, foram capturados 4.134 indivíduos durante o período de estudo. Considerando cada faixa em separado, observaram-se diferenças significativas em relação a densidade por mês para a faixa 1 ($p=0,003$) e para a faixa 2 ($p=0,018$) (Figura 19).

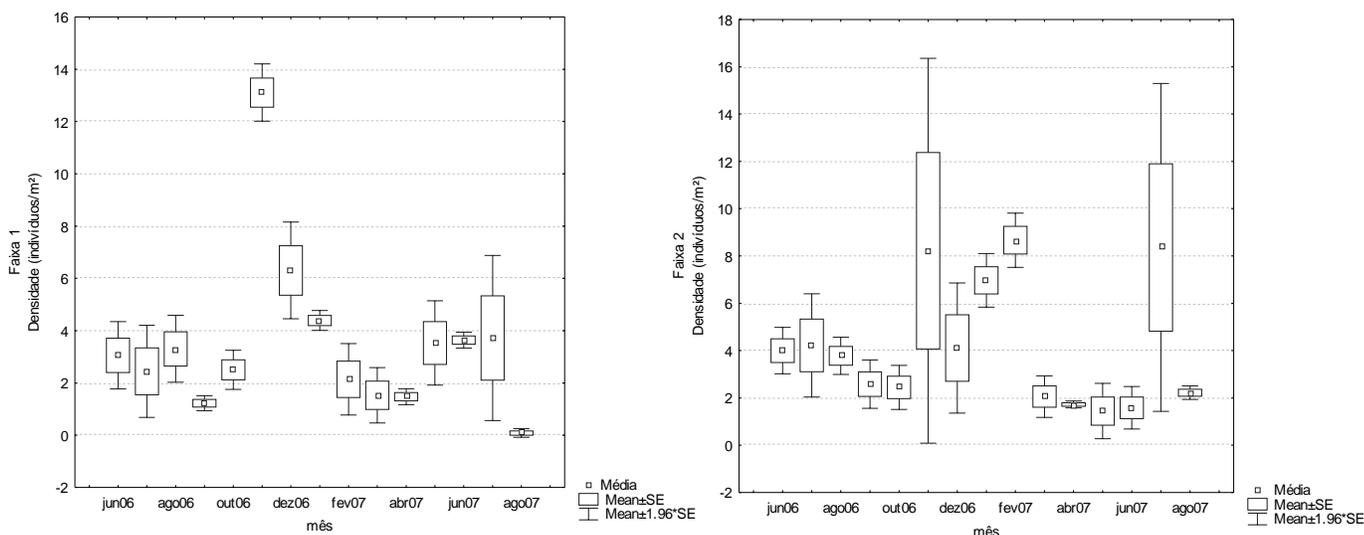


Figura 19: Densidade populacional de *Mellita quinquiesperforata* na zona de surfe da praia da Taíba (CE), considerando as diferentes faixas de coleta, observada no período de junho/2006 a agosto/2007.

Na faixa 1 (0-30m), observou-se que o mês de novembro de 2006 foi diferente estatisticamente de todos os demais meses de amostragem, apresentando o maior valor de densidade (13 indivíduos/m²). Ficou evidente também, que os demais meses de coletas apresentaram baixos valores de densidade, com até 4 indivíduos/m² (Figura 19).

Os meses subsequentes a novembro de 2006, dezembro e janeiro de 2007, apresentaram densidades mais elevadas em relação aos demais (4 a 6 indivíduos/m²), com diferenças significantes em relação aos meses de setembro e outubro de 2006, além de fevereiro, março, abril, junho e agosto de 2007 (Figura 19).

Em relação a faixa 2 (30-60m), o mês de fevereiro de 2007 foi diferente estatisticamente dos meses de junho a outubro de 2006, dezembro de 2006, março a junho de 2007 e agosto de 2007. Além de fevereiro de 2007, novembro de 2006, janeiro e julho de 2007 apresentaram as maiores densidades, com valores entre 7 e 9 indivíduos/m² (Figura 19).

Considerando a distribuição espacial de *Mellita quinquesperforata* na zona de surfe, não foram observadas diferenças significativas entre a densidade dos organismos ao longo das faixas de coleta ($p=0,32$). Entretanto, observou-se uma tendência de uma maior concentração de organismos na faixa 2 de coleta (Figura 20).

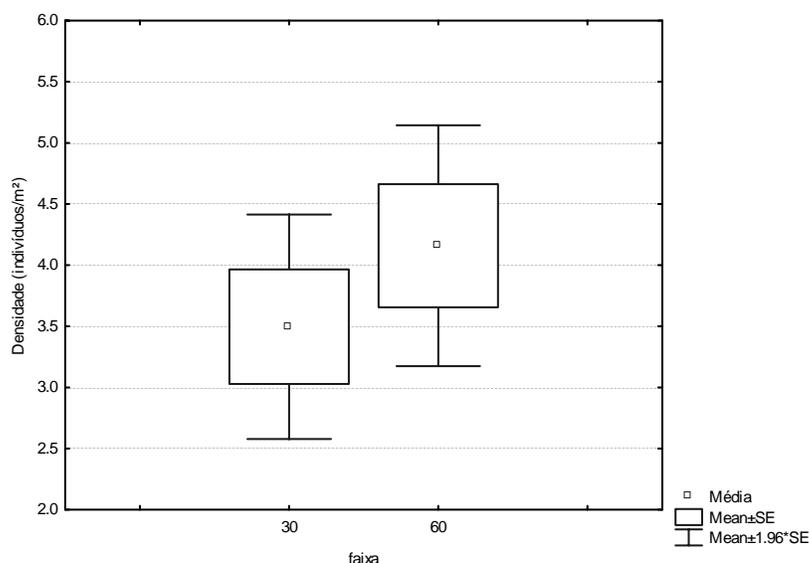


Figura 20: Valores de densidade considerando as diferentes faixas de coleta, faixa 30 (0-30m) e faixa 60 (30-60m) de distância do varrido das ondas, praia da Taiba, período de junho/2006 a agosto/2007.

Os indivíduos coletados foram organizados em cinco classes de tamanho com amplitude de 20 mm. Assim a “Classe A” correspondeu a organismos com até 20 mm de comprimento; a “Classe B” de 20 a 40 mm, a “Classe C” de 40 a 60mm, a “Classe D” de 60 a 80mm e a “Classe E” com organismos maiores de 80mm.

A distribuição dos organismos, considerando as classes de tamanho nas faixas da zona de surfe mostrou-se significativamente diferente apenas para os organismos entre 60-80mm, que foram mais abundantes na faixa 2 ($p=0,006$) (Figura 21). Já para os organismos com até 20mm não houve diferença significativa entre as faixas, embora eles tenham sido predominantes na faixa 1 (0-30m) (Figura 21).

Para os indivíduos com tamanhos intermediários (entre 40 a 60mm), também não houve diferença significativa entre as faixas, embora tenha sido observado uma maior abundância destes

na faixa de coleta 2 (30-60m) (Figura 21). Os indivíduos acima de 80mm, foram pouco representados, constituindo-se de três organismos coletados na faixa 2 (30-60m).

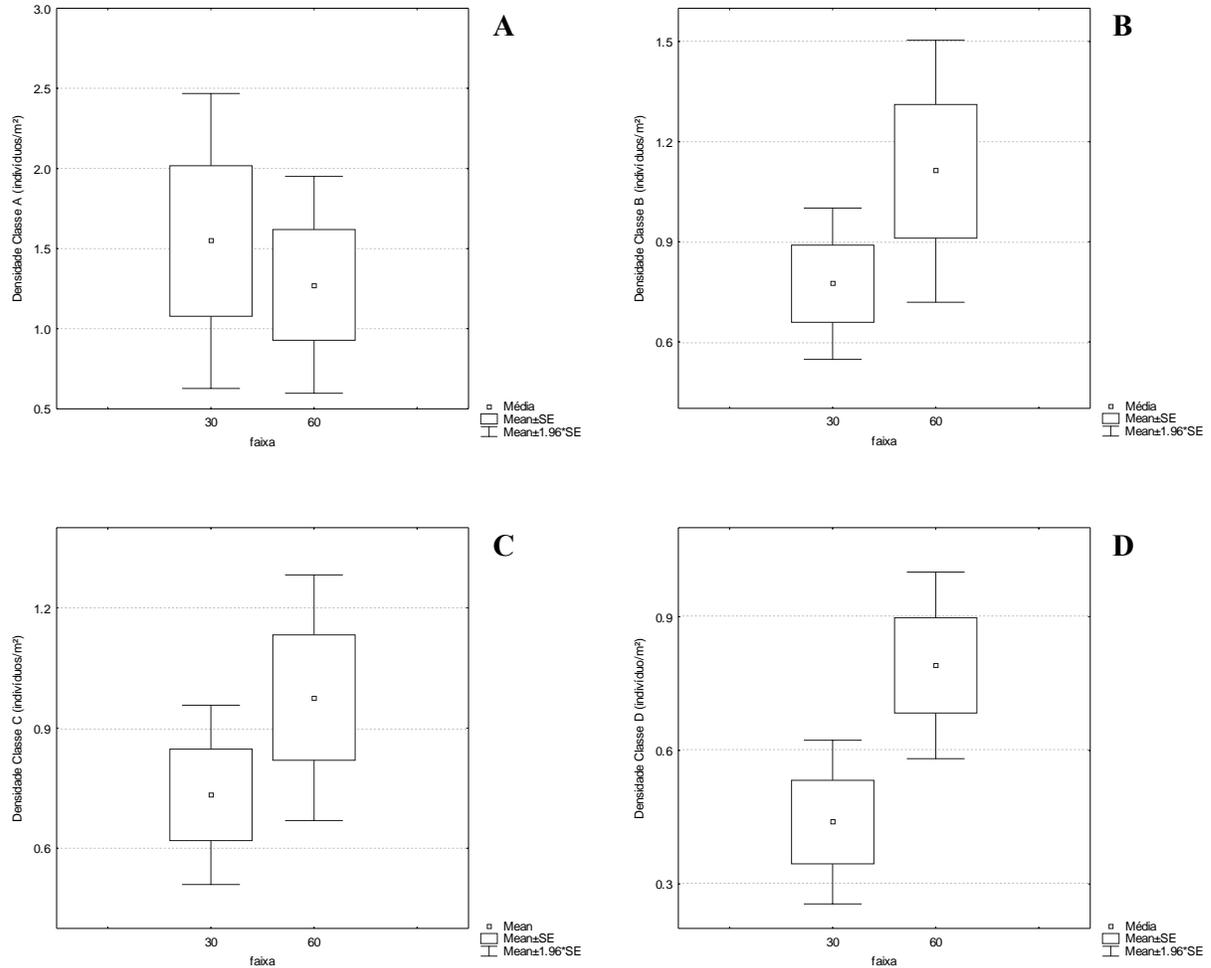


Figura 21: Densidade média das classes de tamanho de *Mellita quinquesperforata* nas diferentes faixas de coleta, praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. A= classe A (indivíduos abaixo de 20mm); B= classe B (entre 20-40mm); C= classe C (entre 40-60mm) e D= classe D (entre 60-80mm).

Durante o período de estudo, observou-se uma seqüência na ocorrência dos organismos nas diferentes classes de tamanho. Em junho/06, observou-se principalmente organismos adultos entre 60-80 mm, distribuídos principalmente na faixa 2. No mês de novembro/06, a maioria dos indivíduos tinha até 20mm, o que pode, provavelmente, indicar um evento do recrutamento evidenciado na faixa 1 (Figura 22).

Nos meses subsequentes, principalmente em fevereiro/07, houve uma predominância de indivíduos entre 20-40mm e em julho/07 a classe mais representada foi a de 40-60mm, distribuídos principalmente na faixa 2 e indicando uma seqüência de classes (Figura 22).

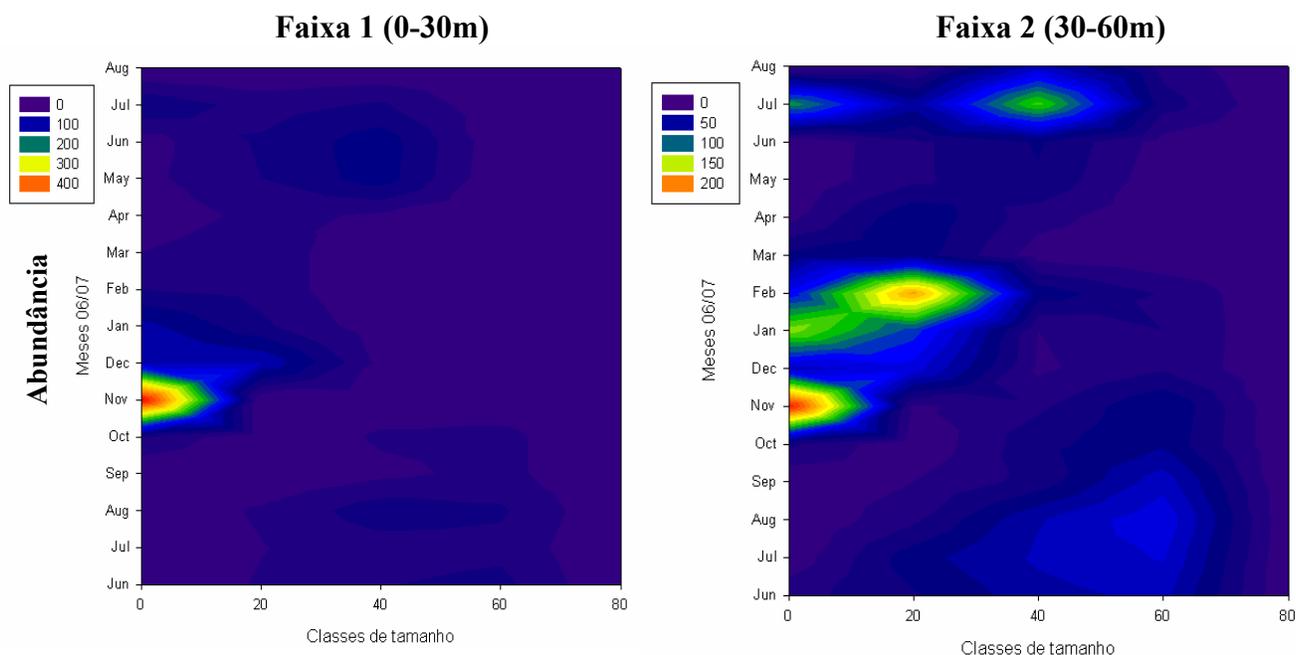


Figura 22: Distribuição de *Mellita quinquesperforata* de acordo com as classes de tamanho, nas faixas 1 (0-30m) e faixa 2 (30-60m) na zona de surfe da praia da Taiba (CE), durante o período de junho/2006 a agosto/2007.

Considerando a distribuição por tamanho de indivíduos (Figura 22), observou-se que os animais adultos apresentam uma tendência a ocorrerem mais afastados da costa, enquanto que os recrutas e juvenis mais próximos à linha da costa ou ainda intercalados com faixas de adultos.

Com relação aos parâmetros ambientais, as variações mensais de temperatura foram pequenas e sem diferenças significantes entre os meses, já os valores de salinidade e pluviosidade variaram significativamente entre os meses da amostragem (Capítulo 1).

A análise de correlação não paramétrica de Spearman entre a densidade e os parâmetros de temperatura, salinidade e pluviosidade, apresentou valor significativo apenas para a correlação entre salinidade e densidade dos organismos ($R=0,287$). Apesar de um baixo valor de correlação, esta análise aponta que a densidade dos organismos tende a aumentar com o aumento da salinidade.

Embora não tenham sido significativas, as correlações entre densidade e temperatura foram positivas, enquanto que entre densidade e pluviosidade foram negativas, evidenciando as relações contrárias entre salinidade e pluviosidade.

Em relação à análise de variância não paramétrica dos valores do sedimento, esta também não apresentou diferenças significativas entre os meses de coleta, nem entre as faixas dentro da zona de arrebentação. Verificou-se para tanto que, a classificação média do sedimento foi quase sempre composta por areia fina ou muito fina (ver Capítulo 1).

3.2.2 Estrutura etária de *Mellita quinquiesperforata*

Foram coletados 4134 indivíduos com tamanhos entre 3,5mm e 82,6mm. A fórmula de Sturges apontou um valor de 6mm como intervalo de classe a ser utilizado. No entanto, a fim de melhor evidenciar os recrutas da população, o intervalo de classe de 5mm também foi testado, tendo se mostrado mais adequado para a análise, uma vez que apresentou os melhores valores de R_n (ajustes da curva de crescimento) quando comparado a outros intervalos testados.

Considerou-se nesta pesquisa, que os recrutas representam os menores indivíduos, recém incorporados na população, com até 10mm de largura, enquanto que os juvenis representariam, portanto, a seqüência dos recrutas, equivalentes a indivíduos maiores com até 20mm de largura da carapaça. Já os indivíduos intermediários seriam até atingir 40mm e os adultos, animais maiores que 40mm, correspondendo, aproximadamente, ao tamanho em que ocorre o aparecimento das gônadas e conseqüente desenvolvimento sexual (BORZONE, 1997).

A Figura 23 mostra os dados referentes à distribuição das freqüências de tamanho de *Mellita quinquiesperforata* obtidas na amostragem da praia da Taíba. A população, durante o período de estudo, apresentou constantes modas de indivíduos maiores que 60mm que diminuíram sua freqüência nos meses de verão.

Modas de indivíduos intermediários (entre 20mm e 40mm) também foram evidentes em muitos meses, com um menor número destes indivíduos durante os meses de maior número de recrutas. Indivíduos com tamanhos menores a 10mm foram freqüentes em dois picos, na primavera de 2006 e durante o inverno de 2007 (Figura 23).

De junho a outubro de 2006, a moda mais representativa de indivíduos foi a de 63,5mm, sendo que, durante estes meses, o número de recrutas com até 8,5mm foi pequeno. Em outubro,

no entanto, houve um aumento no número destes indivíduos com 8,5mm e uma diminuição de indivíduos intermediários entre 13,5 e 43,5mm (Figura 23).

No mês de novembro de 2006, 610 indivíduos apresentaram tamanho inferior a 20mm (90% da amostra mensal). Durante este mês, algumas classes intermediárias não foram representadas, sendo que as classes de adultos foram visualizadas em pequeno número (73 indivíduos), correspondendo a apenas 9,5% da amostra mensal (Figura 23).

Em dezembro de 2006, as classes mais representativas estiveram entre 13,5 mm e 28,5mm e em janeiro de 2007 estiveram entre 8,5mm e 33,5mm, sendo que neste último mês as demais classes de tamanho foram também representadas. Fevereiro (2007) apresentou classes bem representadas de indivíduos intermediários entre 13,5mm e 38,5mm. Em março (2007), estas classes ainda permaneceram, mas as classes de adultos não tiveram representatividade, sendo que algumas delas não foram formadas (Figura 23).

Em abril (2007), duas modas foram bem representadas: uma de indivíduos intermediários (23,5mm) e uma de indivíduos adultos (a primeira moda deste grupo com 43,5mm). Ainda neste mês, os adultos completaram as frequências até 73,5mm. Em maio de 2007, as classes mais abundantes foram as de 43,5mm, 48,5mm e 53,5mm, com indivíduos representados entre 13,5mm até 68,5mm (Figura 23).

Junho de 2007 apresentou como moda principal de indivíduos a de 48,5mm com todas as demais classes representadas, exceto as duas primeiras de 3,5 e 8,5mm. Julho (2007) apresentou as modas de 13,5mm e 53,5mm, com indivíduos de até 73,5mm. Em Agosto (2007) os indivíduos de 53,5mm formaram a classe mais numerosa, com um pequeno número de indivíduos jovens (Figura 23).

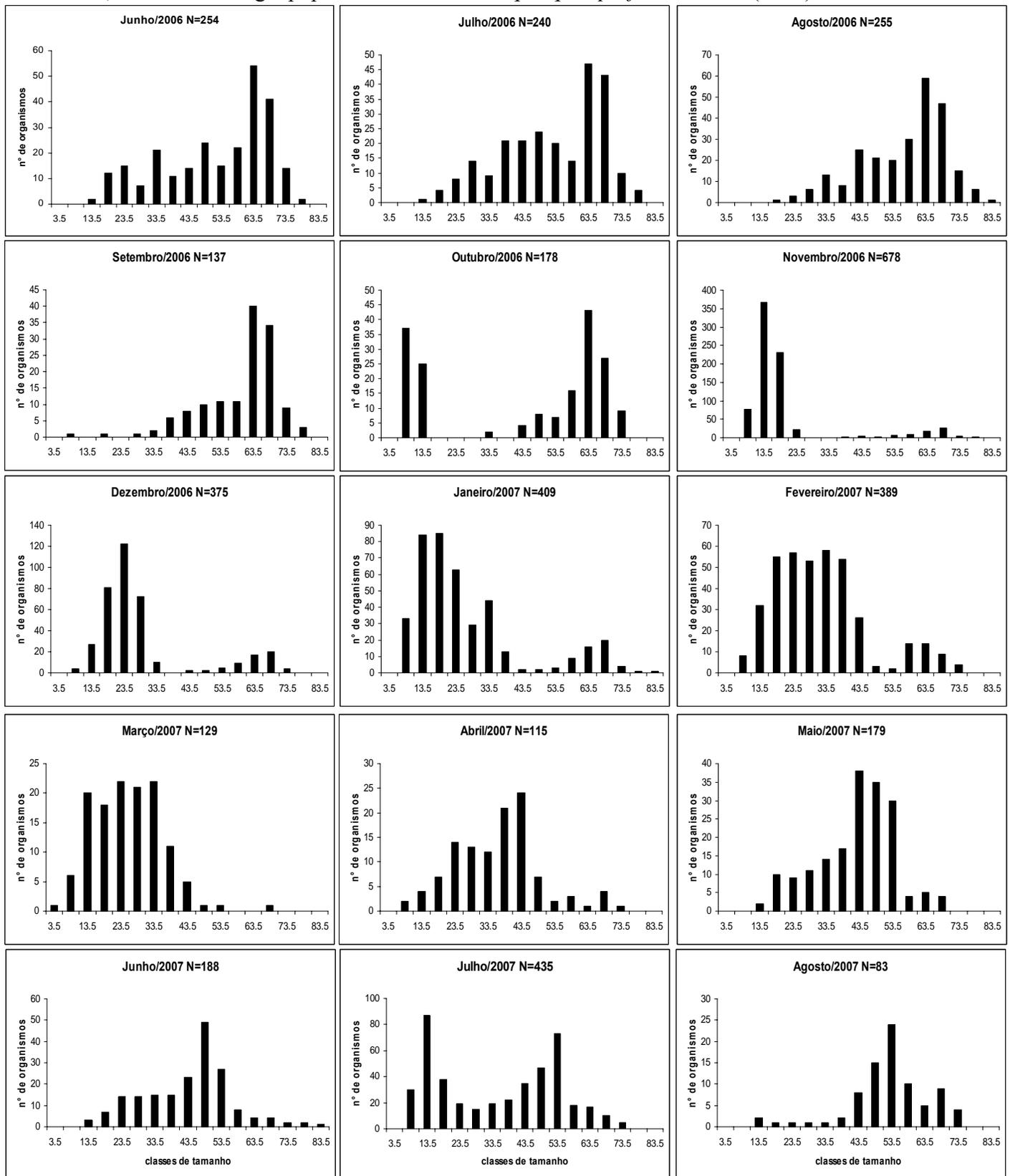


Figura 23: Histogramas mensais da freqüência de tamanho (largura em mm), considerando uma classe de 5mm, dos indivíduos de *Mellita quinquesperforata* na praia da Taiba, período de junho/2006 a agosto/2007.

3.2.3. Análise de crescimento de *Mellita quinquiesperforata*

A primeira estimativa para o L_{∞} foi resultante da fórmula de Taylor (1962) e representou um valor de 87mm. No programa Fisat II, pelo método Powell Wetherall, foram feitas as primeiras estimativas da largura assintótica (L_{∞}) e da relação taxa de mortalidade (Z)/ taxa de crescimento (K), com valores de 83,45mm e 2,75 respectivamente.

Na Tabela 4 são apresentados os valores dos parâmetros de crescimento originados a partir das rotinas e sub-rotinas utilizadas no programa Fisat II. A análise de progressão modal através do método Bhattacharya e do “Linking of Means” serviram de base para o cálculo da rotina “Gulland e Holt Plot”.

Tabela 4: Parâmetros de crescimento obtidos nas diferentes rotinas do programa Fisat II, na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. L_{∞} =comprimento assintótico; K =constante de crescimento, C =amplitude de sazonalidade e WP =época do ano com redução ou parada do crescimento.

Rotinas - Fisat II	L_{∞}	K	C	WP
Powell Wetherall Plot	83.45	x	x	x
Gulland e Holt Plot	93.74	1.41	< 0.6	0.7
Sheperd's Method*	87	1.71	x	x
Sheperd's Method**	83.45	0.88	x	x
Elefan I - K Scan	83.45	1.4	0.1	0.8
Elefan I - Automatic Search	75	1	0.1	0.8

* utilizando como valor da entrada de dados o L_{∞} segundo a fórmula de Taylor (1962).

**utilizando como valor da entrada de dados o L_{∞} segundo resultado do Powell Wetherall.

x=parâmetro não calculado pela rotina.

Os resultados obtidos na rotina Elefan I foram considerados como parâmetros populacionais definitivos. Foi testada uma série de valores para os dados de L_{∞} , K , C e WP na sub-rotina “Automatic Search” na busca dos melhores ajustes das curvas de crescimento (baseado nos maiores valores da relação R_n).

A melhor curva de crescimento para espécie *Mellita quinquiesperforata* correspondeu a um valor de R_n igual a 0,326 (Figura 24). Para este valor de R_n , foram utilizados como dados de entrada os seguintes valores: L_{∞} de 82mm, K igual a 0,8, C de 0,1 e WP igual a 0,8, valores estes baseados na observação do campo e nos dados originados a partir das demais rotinas do Fisat II.

Inicialmente, aceitou-se o valor da constante de sazonalidade C igual a 0,15 correspondendo a diferença da média de temperatura entre o período de inverno e verão, mas a

rotina Elefan I considerou para o melhor R_n um valor igual a 0,1 que correspondeu à diferença de temperatura entre os meses de estiagem e chuva observados no período de amostragem.

O valor assumido para o Winter Point (WP), relacionado a uma diminuição da taxa de crescimento, foi de 0,8, correspondendo ao mês de agosto, representando a reserva de nutrientes observada nas fêmeas da população (ver Capítulo 2), correspondendo ao período com menor incidência de chuvas na região Nordeste.

As curvas de crescimento originadas a partir do R_n de 0,326 são apresentadas na Figura 24. Foram apresentadas 7 coortes de indivíduos, sendo 4 delas representativas de indivíduos adultos, possivelmente bem representadas devido a constante freqüência de adultos visualizada mensalmente.

Os valores de SL (“Starting Length”) e de SS (“Starting Sample”) foram observados, pois correspondem a pontos estabelecidos arbitrariamente por onde a curva deve passar. Com os valores apresentados no resultado do programa, realizou-se a escolha de uma moda de indivíduos adultos (73,5mm) como base para o desenho das curvas.

Uma das coortes apresentadas demonstra o crescimento dos indivíduos intermediários da população e as últimas duas curvas refletem o crescimento de duas coortes que começam nos meses de outubro e novembro de 2006, com as mesmas projeções para o ano de 2007 (Figura 24).

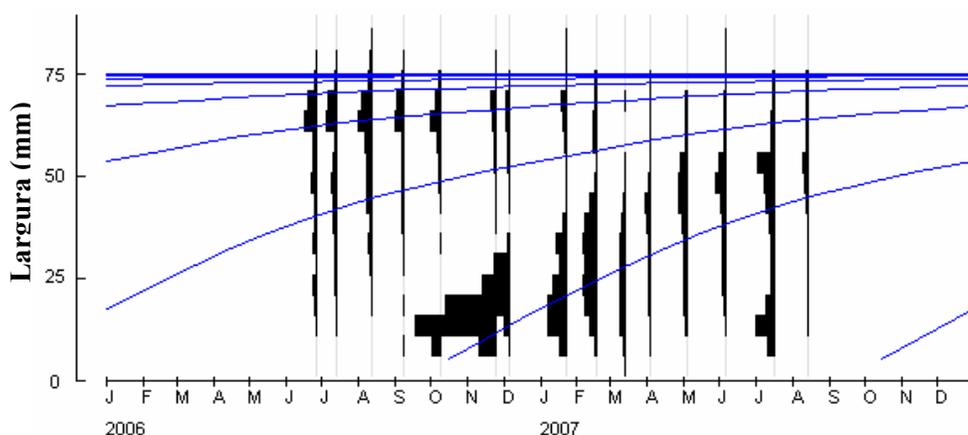


Figura 24: Curvas de crescimento obtidas pela rotina Elefan I, programa Fisat II, para a espécie *Mellita quinquiesperforata*, na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007. $L_{\infty}=82\text{mm}$, $K=0,8$, $C=0,1$ e $WP=0,8$, $R_n: 0,326$.

Também foi considerado o valor de C igual a zero, como sugerido por Pauly e David (1981), para locais onde não existe variação sazonal da temperatura. Neste caso, também foi

desconsiderada a parada ou diminuição do crescimento (WP igual a zero). O Rn resultante foi baixo, apresentando valor de 0,199.

Quando considerado o crescimento contínuo ou não sazonal para esta espécie, observou-se que os valores de L_{∞} e K sofreram alterações, resultando ambos em valores maiores do que os visualizados no crescimento sazonal. L_{∞} obteve um valor de 81,5mm e a constante de crescimento, K, apresentou um valor muito alto (1,9) quando comparado ao valor encontrado anteriormente. Mesmo considerando a largura assintótica encontrada nesta análise, novamente o valor do L_{∞} foi inferior ao maior indivíduo encontrado em campo.

A mortalidade total foi observada através da curva de captura originada na rotina “Powell Wetherall”. Através desta curva foi observado que os animais começam a diminuir na população a partir de 61mm. Partindo do valor da relação Z/K que foi de 2,75 (medida adimensional) e após ter encontrado o valor de K igual a 1 pelo Elefan, tem-se que a mortalidade por captura é de 2,75/ano (Figura 25).

Com relação a mortalidade natural, calculada segundo Pauly (1980) através do programa, o resultado foi de 1,37/ano, considerando o L_{∞} de 75mm, o valor de K igual a 1 e utilizando a temperatura média do ambiente calculada como 27,6°C. A longevidade segundo Taylor (1962) foi equivalente a 2,36 anos.

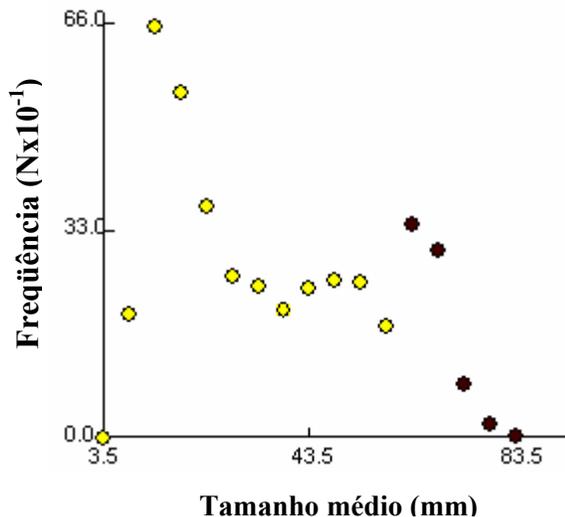


Figura 25: Curva de captura originada na rotina Powell Wetherall do programa Fisat II para a espécie *Mellita quinquiesperforata*, na praia da Taíba, período de junho/2006 a agosto/2007.

O padrão de recrutamento para um ano de amostragem pode ser observado na Figura 26. O valor de “to” foi -0,752. Para esta rotina também foram utilizados os valores de L_{∞} (75mm), K (1), C (0,1) e WP (0,8).

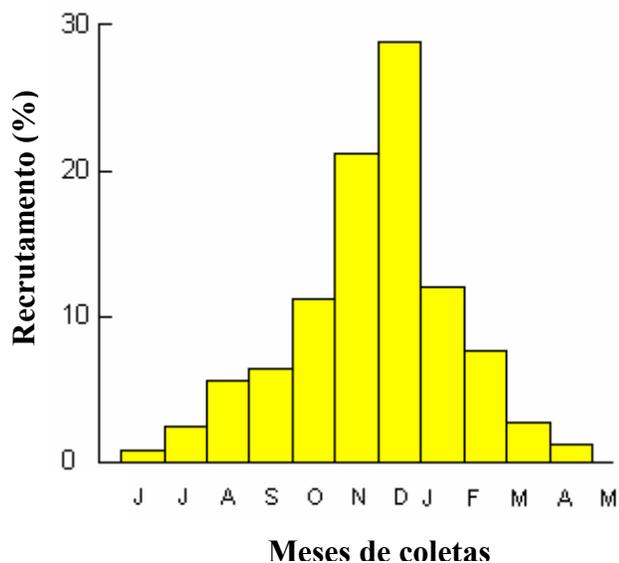


Figura 26: Padrão de recrutamento estimado pelo programa Fisat II para *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba durante o período de junho/2006 a maio/2007. L_{∞} =82mm, K=0,8, C=0,1 e WP=0,8.

Observou-se um período de recrutamento de quatro meses, com os meses de novembro e dezembro de 2006 apresentando os picos deste evento, estendendo-se, portanto, da primavera (outubro/2006) ao verão (janeiro/2007). Todo este período foi responsável por 73,2% do recrutamento total (anual); sendo o pico de recrutas evidenciado no campo em novembro de 2006, responsável por 21,15% do total do recrutamento (Figura 26).

O mês de julho/2007 apresentou um considerável número de recrutas (163 indivíduos menores que 20mm), no entanto, este número não pode ser observado nesta análise de recrutamento, visto que a análise do recrutamento no programa Fisat II, considera um período anual, ou seja, de junho de 2006 a maio de 2007.

3.3 DISCUSSÃO

Segundo Lane e Lawrence (1980), a distribuição dos equinodermos tem sido considerada como “notavelmente agregada ou em manchas”. Este modelo de distribuição parece ser verdadeiro para os equinóides em geral, e para *Mellita quinquesperforata* especialmente. Esta informação é confirmada por vários autores que estudaram a distribuição de equinóides irregulares (EBERT, 1968; MERRIL; HOBSON, 1970; EBERT e DEXTER, 1975; TAVARES, 1996; TAVARES; BORZONE, 1998).

Como propostas para a agregação, Sanders (1968) sugeriu que a água superficial organizaria as comunidades em resposta ao ambiente físico. McLachlan e Dorvlo (2005) apontaram que a energia da onda é fundamental como fator físico para controlar a distribuição dos organismos. Birkeland e Chia (1971) propuseram a agregação para desova e eliminação, defesa contra predadores, condições desfavoráveis do meio e um local de suplemento alimentar.

Borzone (1992) mostrou que *Mellita quinquesperforata* tem uma distribuição subtidal, próxima a quebra de ondas, onde forma um banco paralelo à linha de costa. Na praia da Taíba, *M. quinquesperforata* também apresentou este modo de distribuição, não se observando indivíduos na região entremarés e considerando que a coleta foi até 60m de distância da linha de costa, caracteristicamente zona de surfe interna onde ocorre o ponto principal de quebra das ondas.

Harold e Telford (1990) descreveram a ocorrência de *Mellita quinquesperforata* em uma estreita extensão de profundidade ao redor da quebra das ondas. Outras espécies de bolachas da praia mostraram uma distribuição batimétrica ampla, como *Echinarachnius parma* que se estende desde a zona entremarés até 1.650m, segundo Ghiold (1979).

Mellita tenuis, estudada por Salsman e Tolbert (1965), aparece restrita a uma estreita faixa ao longo da costa do Panamá. Na zona de surfe, a densidade aumenta até os 7m de profundidade, depois diminuindo progressivamente até os 15m, onde ela desaparece completamente, sendo substituída por *Encope michelini*.

Na praia da Taíba, provavelmente *Mellita quinquesperforata* é seguida por *Leodia sexiesperforata*. Alguns indivíduos desta espécie foram coletados esporadicamente junto com *M. quinquesperforata* nos arrastos de maior distância da linha de costa.

Borzone *et al.* (1998) também demonstraram que a distribuição de *Mellita quinquesperforata* é relacionada ao estado morfodinâmico praiial, revelando que as maiores

extensões destes bancos ocorreram em estados morfodinâmicos dissipativos ou ultradissipativos enquanto que as menores extensões estavam presentes em praias reflexivas.

Segundo o autor acima citado, o parâmetro de “surf-scaling” foi o índice morfodinâmico que melhor explicou a distribuição da espécie *Mellita quinquiesperforata* em praias ao longo da costa paranaense (sul do Brasil).

Este resultado sugere que *Mellita quinquiesperforata* limite seu habitat principalmente a zona próxima à costa e à zona de surfe interna quando presente. O aumento de material fino com o aumento da profundidade provavelmente limita sua distribuição além da costa. A extensão destes subambientes é determinada, portanto, pelas características do estado morfodinâmico praiial.

Segundo o parâmetro “surf-scaling” observado na praia da Taíba (Capítulo 1), a zona de surfe apresentou em todo período de amostragem características de uma área de dissipação de energia sobre a praia. Além disso, a praia foi considerada como intermediária, com relativa extensão da zona de influência das ondas. Considerando este fator, caracteriza-se a espécie *Mellita quinquiesperforata*, como um grupo ou “banco” de organismos com abundâncias intermediárias em comparação a praias dissipativas e reflectivas.

Segundo Tavares (1996) a distribuição do banco de *Mellita quinquiesperforata* nas praias da Ilha do Mel e planície de Praia de Leste foi bastante variada, sendo possível observar que em locais com menor zona de surfe (praias reflectivas) o banco ocorreu em uma faixa mais estreita, enquanto que em praias com ampla zona de surfe (praias intermediárias a dissipativas) esta faixa era mais extensa. Esta observação confirmou-se para a Praia da Taíba.

Borzone *et al.* (1998) afirmaram que a falta de referências sobre as características morfodinâmicas nas quais uma dada espécie habita dificulta a comparação com outras áreas. A separação do gênero *Mellita* em três diferentes espécies atlânticas (HAROLD; TELFORD, 1990) necessita de uma revisão do habitat específico para as mesmas.

Weihe e Gray (1968), e Bell e Frey (1969) descreveram que espécies de *Mellita* preferem viver próximas ou dentro de depressões no perfil praiial. Na praia da Taíba, *Mellita quinquiesperforata* não apresentou esta preferência, visto que suas densidades não sofreram aumento significativo durante os meses em que houve a formação de perfis do tipo banco-canal ou cavas no infralitoral. Tavares (1996) também não evidenciou esta preferência, indicando a

existência local de fortes correntes paralelas à costa como modificadoras da distribuição ou da densidade da espécie em questão.

A densidade populacional de *Mellita quinquiesperforata* mostrou diferenças significativas entre os meses, sendo que os maiores valores registrados corresponderam a um maior número de recrutas e juvenis, durante a estação da primavera de 2006 (novembro e dezembro), e verão de 2007 (janeiro e fevereiro), períodos caracterizados na região com a ausência de chuvas.

As menores densidades da população foram observadas na estação do outono (março e abril de 2007), correspondente à época de chuvas na região nordestina, provavelmente associadas a este fator ambiental.

Tavares (1996) verificou na praia de Atami (PR) as maiores densidades durante o verão. A baixa densidade de *Mellita quinquiesperforata* no inverno deu-se, segundo a referida autora, devido à migração da espécie para profundidades maiores do que aquelas alcançadas pela amostragem. Esta migração para áreas mais profundas no inverno também foi observada por Borzone (1992), no Rio Grande do Sul, tendo como causa o aumento da ação das ondas e ampliação da zona de surfe pelas tempestades no inverno.

Este comportamento migratório influenciado por fatores ambientais, parece ser um hábito comum também a outros equinodermos. Ebert e Dexter (1975) observaram a movimentação dos bancos de *Mellita grantii* e *Encope grandis* devido a tempestades. Morin *et al.* (1985) também citaram o deslocamento do banco de *Dendraster excentricus* no outono e inverno para maiores profundidades.

Deve-se considerar para tanto, que estas áreas sofrem marcadas alterações dos fatores ambientais nas diferentes estações, possivelmente com um afastamento da espécie devido as baixas temperaturas da água, disponibilidade de alimento, ou alterações na granulometria e zona de distribuição.

Modificações ambientais não são tão significativas para a região Nordeste, observando pequenas variações nos parâmetros como temperatura. As variações de pluviosidade parecem ser as mais importantes e devem estar relacionadas às variações de densidade populacional.

Segundo Lane e Lawrence (1980), a densidade de “bolachas-da-praia” pode flutuar de um ano para outro com altas densidades ocorrendo depois de um recrutamento de juvenis e decrescendo posteriormente devido a eventos de mortalidade.

Esta afirmação foi confirmada nos 3 meses subseqüentes ao de novembro de 2006 (mês de recrutamento) com um aumento na densidade dos organismos nos meses de dezembro de 2006 e janeiro e fevereiro de 2007, superando os valores médios obtidos nos meses anteriores. Os eventos de mortalidade, no entanto, não puderam ser comprovados apesar de se observar uma diminuição na densidade após este período.

Bentley e Cockcroft (1995), estudando *Echinodiscus bisperforatus*, observaram as maiores densidades durante o inverno. As baixas densidades encontradas para esta espécie podem ser explicadas pelo aumento de exposição ao ar e com condições rigorosas de ventos.

Embora não tenha sido verificada a distribuição de *Mellita quinquesperforata* em profundidades além da faixa dos 60m de distância da zona de varrido das ondas, na praia da Taíba, a diminuição das densidades parece estar ligada ao aumento da precipitação pluviométrica, com uma conseqüente baixa de salinidade. Este fenômeno poderia promover uma migração da população para áreas mais profundas, onde a salinidade se mantivesse elevada e sem variações significativas. A temperatura e o tipo de sedimento apresentaram poucas variações e parecem não ter influenciado a população estudada.

Weihe e Gray (1968) afirmaram que *Mellita isometra* na Carolina do Norte, não ocorre quando as variações de salinidade representam um componente principal do ambiente, associando altas taxas de mortalidade a baixas salinidades.

Em Quizandal, Venezuela, Penchaszadeh e Molinet (1994) também observaram que a população de adultos de *M. quinquesperforata* mostrou diferenças na densidade devido a fatores como dispersão e agregação. Birkeland e Chia (1971) discutiram variações nas densidades de *Dendraster excentricus* provavelmente devido ao agrupamento.

Bentley e Cockcroft (1995) afirmaram que as faixas de sedimentos parecem também ter relação com a distribuição em manchas para *Echinodiscus bisperforatus*, apresentando animais mais próximos a depressões que concentravam material fino.

Segundo Weihe e Gray (1968), populações de “bolachas-da-praia” são encontradas em habitats que consistem de areia, nunca presentes em extremos de areia grossa ou de natureza extremamente fina (silte). A presença de areia fina, muito fina e média encontradas em toda a extensão de coleta na praia da Taíba garante, portanto, a ocorrência de *Mellita quinquesperforata* no local.

Estudando *Dendraster excentricus*, Morin *et al.* (1985) observaram que esta espécie forma bancos desde a zona entremarés até a zona subtidal com sedimentos muito diferentes, apresentando também uma variedade de distribuições, posições no substrato e habitats tróficos em relação à exposição das ondas.

Borzzone (1992) relatou a preferência da espécie *Mellita quinquesperforata* em ocupar uma faixa imediatamente atrás da zona de surfe em praias sulriograndenses. No presente trabalho, para a Taíba, esta zona corresponde à faixa 2 (30-60m) de coleta e a uma área além desta faixa, onde foram encontradas as maiores densidades médias durante o período de 15 meses de coletas.

Com relação à distribuição por classes de tamanho, a espécie *Mellita quinquesperforata* na praia da Taíba apresentou uma tendência à separação entre recrutas e juvenis de organismos adultos, sendo que durante no período característico do recrutamento, recrutas e juvenis estiveram mais próximos à linha da praia, enquanto que os adultos estiveram sempre mais afastados, próximos à quebra das ondas.

Considerando equinóides irregulares, são poucas as referências sobre a zonação por tamanho dos indivíduos. Merrill e Hobson (1970) observaram a distribuição por faixa etária de *Dendraster excentricus* com juvenis mais abundantes próximos à costa, movendo-se para o fundo com a idade.

Borzzone (1992) afirmou que indivíduos maiores que 60mm apresentaram-se na zona mais rasa, com os menores indivíduos (largura < 10mm) mais abundantes com o aumento da profundidade. No entanto, ele verificou que durante o recrutamento, indivíduos entre 10 e 20mm se distribuíram por todo o transecto de coleta, ocorrendo nas estações de amostragem mais rasas.

Penchaszadeh e Molinet (1994) observaram uma diferença na distribuição de juvenis e adultos, estando os primeiros em locais mais protegidos e em maiores profundidades. No entanto, durante o período de recrutamento em massa, estes pesquisadores também evidenciaram indivíduos jovens em locais mais rasos.

Já Tavares (1996) afirmou que o padrão de distribuição por faixa etária nas praias paranaenses evidenciou animais adultos ocorrendo mais afastados da costa e juvenis mais próximos à linha d'água.

Na praia da Taíba, assim como encontrado por Tavares (1996), juvenis e recrutas alcançaram suas maiores densidades na primavera e verão, ocupando a posição mais rasa do

infralitoral, e concentrando-se em locais com baixa densidade de adultos. Vale evidenciar, que durante estes meses as modas de adultos foram pouco representadas.

Lane e Lawrence (1980) afirmaram que as larvas de *Mellita tenuis* assentam primariamente em áreas bentônicas rasas. A observação feita por estes autores pode indicar o mesmo comportamento para *Mellita quinquesperforata* e reforçar o evento do recrutamento ocorrido na faixa 1, mais rasa, no mês de novembro de 2006, encontrada na praia da Taíba.

As diferenças na zonação por tamanho indicam uma separação dos indivíduos por faixa etária, o que define uma hipótese de exclusão espacial. Segundo Tavares (1996), esta hipótese confirma a idéia de que os juvenis não conseguem viver próximos aos adultos pelo alto risco de predação que sofreriam ao tentar recrutar junto aos mesmos.

Esta hipótese pode explicar o grande recrutamento visualizado na praia da Taíba, em novembro de 2006, com os indivíduos pequenos ocorrendo numa ampla faixa do infralitoral e o desaparecimento “provisório” dos animais maiores.

Lane e Lawrence (1980) e McClinton *et al.* (1994) afirmaram que as características do recrutamento, realizado em áreas mais rasas, pode ser uma possível causa desta segregação entre juvenis e adultos.

Com relação à análise da dinâmica populacional, freqüências de tamanho foram utilizadas por muitos autores para estudar espécies de equinodermos irregulares. Lane e Lawrence (1980) utilizaram freqüências de comprimento e o método Walford no software Fabens. Este programa foi também utilizado para *Mellita grantii* e *Encope grandis* no trabalho de Ebert e Dexter (1975).

Steimle (1989) utilizou freqüências de comprimento de 2mm e refinou a análise de crescimento utilizando o software NORMSEP. Penchaszadeh e Molinet (1994) utilizaram intervalos de classes de 2mm, tendo como medida de comprimento o eixo ântero-posterior, além do método Bhattacharya.

No presente estudo, a análise de freqüência de comprimento foi utilizada como sugerido para outros equinóides. Observando as freqüências das classes de tamanho mais representativas no período de amostragem, caracterizou-se a população como jovem a intermediária, revelando grandes abundâncias destes indivíduos, apesar das classes de adultos sempre presentes na amostragem.

Os parâmetros de crescimento calculados no presente estudo são comparados na Tabela 5 com populações do gênero *Mellita* em outros locais.

Tabela 5: Comparação entre os parâmetros populacionais de espécies do gênero *Mellita*. L_{∞} =comprimento assintótico; K=constante de crescimento e Z=taxa de mortalidade por captura.

Espécie	Referência	Local de estudo	L_{∞} (mm)	K	Z
<i>Mellita isometra</i>	Weihe;Gray, 1968	Carolina do Norte	123	0.55	0.87
<i>Mellita tenuis</i>	Ebert;Dexter, 1975	México	63	0.33	0.3
<i>Mellita grantii</i>	Ebert;Dexter, 1975	México	37.9	0.59	0.86
<i>Mellita tenuis</i>	Lane;Lawrence, 1980	Flórida	149	0.46	0.95
<i>Mellita quinquiesperforata</i>	Borzzone, 1992	Rio Grande do Sul (Brasil)	70.3	0.28	1.4
<i>Mellita quinquiesperforata</i>	Penchaszadeh;Molinet, 1994	Venezuela	82.9	0.66	0.98
<i>Mellita quinquiesperforata</i>	Tavares, 1996	Paraná, (Brasil)	61	0.7	1.17
<i>Mellita quinquiesperforata</i>	Souza, 1998	Paraná (Brasil)	70.5	0.68	1.13
<i>Mellita quinquiesperforata</i>	neste estudo	Ceará (Brasil)	75	1	1.37

O valor estimado de L_{∞} para *Mellita quinquiesperforata* no presente trabalho foi superior aos encontrados por Borzzone (1992), Tavares (1996) e Souza (1998) para a mesma espécie. Este valor foi também superior a outras espécies apresentadas, como *Mellita grantii* e *Mellita tenuis*, ambas no México, mas foi inferior a outras, inclusive a *Mellita quinquiesperforata* estudada por Penchaszadeh e Molinet (1994), *Mellita isometra* e *Mellita tenuis* (estudadas por Lane; Lawrence, 1980).

Com relação às taxas de crescimento apresentadas pela população estudada, o valor foi superior a todas as demais estimativas. Tais diferenças podem ser devido ao tipo de método utilizado para estimar o crescimento, além dos diferentes habitats ocupados pela espécie e inter-relações com outras espécies presentes no ambiente.

O melhor ajuste obtido para as curvas de crescimento de *Mellita quinquiesperforata* foi originado a partir do método de oscilação sazonal, embora o valor calculado da intensidade desta variação (C) tenha sido pequeno.

Segundo Ventura (1997), o crescimento sazonal é freqüente entre os equinodermos e pode ser determinado por fatores extrínsecos (ambientais) e intrínsecos (fisiológicos). O valor da constante de sazonalidade, para a presente pesquisa foi o resultado das variações da temperatura da água dos meses secos e chuvosos.

Em relação ao tamanho assintótico (L_{∞}) obtido na rotina Elefan I (75 mm), inferior ao tamanho do maior indivíduo coletado, há algumas suposições: o programa considerou as modas

de adultos mais representativas como pontos de partida para as curvas de crescimento (valor SL), que corresponderam às modas pertencentes à classe de 73,5mm.

Um outro fator, é que há poucos indivíduos com tamanho superior a 68,5mm, fato confirmado ao se considerar a curva de captura originada na rotina “Powell Wetherall” que indicou que a partir de 61mm os indivíduos começam a “desaparecer” ou sair da população com maior intensidade e as abundâncias diminuem. Há ainda um outro fator relevante, os organismos coletados acima de 68,5mm podem representar indivíduos da borda do grupo que “escaparam” aos eventos de predação e com boas condições de sobrevivência, considerando que a taxa de mortalidade é muito elevada para a espécie.

O método utilizado também pode ter influenciado o tamanho apontado como o comprimento máximo atingível. Penchaszadeh e Molinet (1994) afirmaram que de acordo com o método havia valores diferentes para o comprimento assintótico, sendo que segundo o método “Ford Walford”, os valores do L_{∞} também foram subestimados em seu trabalho.

Ebert (1975) indicou que para espécies tropicais, grandes equinóides possuem rápido crescimento. Esta informação confirma novamente a possível subestimação do comprimento assintótico para *Mellita quinquiesperforata* neste estudo. Problemas de aumento ou subestimação do L_{∞} por diferentes métodos já haviam sido também citados por Borzone (1992).

Com relação à taxa de crescimento apresentada pela população em estudo, o valor encontrado para K foi o maior valor quando comparado a qualquer outra espécie da família Mellitidae (Tabela 5).

O baixo valor de K encontrado por Borzone (1992) pode ser justificado através de diferenças na alocação de energia. Uma população que vive condicionada a um regime ambiental com alta turbulência (praia ultradissipativa) realiza uma maior alocação de recursos para sua própria manutenção e menor para o crescimento e a reprodução.

Tal hipótese explicaria os maiores valores de K para a população da Taíba, residente numa praia com características intermediárias, sem um regime ambiental muito estressante, com animais que dispenderiam menos energia para a manutenção e mais para as demais atividades fisiológicas. Justificaria ainda a semelhança com o valor estimado por Penchaszadeh e Molinet (1994) para uma população residente em uma praia protegida do Mar do Caribe.

Considerando as informações disponíveis, pode-se verificar que o comprimento máximo ou assintótico é um parâmetro muito variável entre as espécies do gênero *Mellita*. Tanto o

comprimento máximo quanto a taxa de crescimento são características genéticas das espécies de equinodermos.

A diminuição do crescimento, caracterizado pelo valor do “Winter Point” (WP), ocorreu no mês de agosto, sendo que neste mês o fator que deve ter influenciado a diminuição deste parâmetro foi a reserva de nutrientes realizada pelas fêmeas, confirmada pela análise histológica dos tecidos gonadais (ver Capítulo 2).

Este fato é muito importante por que há um acúmulo de nutrientes como forma de investimento energético para a produção dos gametas, que é maior do que para qualquer outra atividade somática. Foram observados histologicamente, machos e fêmeas da população, sendo que os primeiros apresentaram uma quase constante liberação de gametas. Já para as fêmeas, o fato de liberar continuamente os gametas provavelmente poderia comprometer o tamanho do gameta viável, sendo evidenciado, portanto, um longo período de reserva, maturação até a desova.

No mês de agosto de 2006, não foram evidenciadas alterações significativas de temperatura na área de estudo, o que correspondeu à condição tipicamente tropical da região, com altas temperaturas ao longo de todo ano. Em relação a pluviosidade, também não foram evidenciadas grandes precipitações para este mês, visto que a maior incidência de chuvas ocorreu no primeiro semestre do ano. É provável, portanto, que a redução do crescimento somático tenha sido causada realmente pelo investimento energético no desenvolvimento gonadal.

Para *Astropecten brasiliensis* e *Astropecten cingulatus*, a diminuição do crescimento foi observada em relação a diminuição da temperatura. Segundo Ventura (1997), o efeito do crescimento gonadal sobre o somático depende, indubitavelmente, da quantidade de nutrientes adquirida e só irá ocorrer para os indivíduos que alcançaram a maturidade. Isto reforça ainda mais a hipótese da diminuição do crescimento estar relacionada à reserva de nutrientes.

Segundo Ventura (1997) e de acordo com as informações obtidas para outros equinodermos, a variação de temperatura da água, o desenvolvimento gonadal e a aquisição de nutrientes são parâmetros relevantes na determinação do padrão de crescimento das espécies.

Em relação ao recrutamento, os menores indivíduos de *Mellita quinquiesperforata* foram amostrados com maior frequência, em novembro de 2006 (primavera). Segundo Tavares (1996), a população da praia de Atami (PR) apresentou um recrutamento anual, ainda que variável, com aparecimento de coortes no início e final da primavera.

Para *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba, parece existir um recrutamento anual, confirmado pelo desenvolvimento gonadal da espécie, principalmente das fêmeas da população (ver Capítulo 2). O período de recrutamento estimado para pelo programa Fisat II considerou apenas um ano de amostragem, sendo evidenciado o evento ocorrido em novembro de 2006, estação da primavera, que se estendeu até os meses do verão.

Na população estudada por Borzone (1992), no Rio Grande do Sul, o recrutamento ocorreu entre outono e inverno. Penchaszadeh e Molinet (1994), na Venezuela, encontraram um constante recrutamento de juvenis durante todo ano, com um pico máximo no início do verão. Já Tavares e Borzone (1998) em Atami, registraram um recrutamento no final do inverno ao verão.

A ausência de recrutamento verificada na população de *Mellita quinquiesperforata* da Praia de Pontal do Sul, no estudo de Tavares (1996), não parece ser um fato tão incomum. Ebert e Dexter (1975), estudando populações de *Mellita grantii* entre 1969 e 1972, encontraram um recrutamento somente em 1971. Isto mostra que o sucesso reprodutivo não é igual todo ano.

Em populações de equinodermos, o recrutamento pode ser inexpressivo durante longos períodos. Segundo McClintock *et al.* (1994), populações de *Clypeaster ravenelii* não apresentam recrutamento significativo, com um ciclo reprodutivo anual, e liberação de gametas no final do inverno.

Segundo Tavares e Borzone (2006), as dificuldades encontradas pelos juvenis e recrutas em praias com estreita faixa de distribuição (segundo a hipótese de exclusão) provavelmente devem comprometer o recrutamento. É ainda possível que variações de salinidade influenciadas pelo regime de precipitações, principalmente no verão, tornem o ambiente pouco favorável às larvas. Dexter (1977), estudando *Encope stokesi* na costa pacífica do Panamá, encontrou grande mortalidade de jovens com o decréscimo da salinidade.

Lane e Lawrence (1980) afirmaram que o insucesso observado no recrutamento em *Mellita tenuis* foi devido à mortalidade durante os estágios iniciais da vida bentônica, quando as condições físicas (turbulência da água) podem ter um papel fundamental na sobrevivência de recrutas e juvenis.

Penchaszadeh e Molinet (1994) evidenciaram em seu estudo um constante recrutamento de *Mellita quinquiesperforata*. Este comportamento pode estar relacionado à estratégia reprodutiva da mesma espécie relatada anteriormente por Lane e Lawrence (1979), na qual, sob uma contínua produção de ovos, pequenos períodos de estocagem são acompanhados por

contínua liberação de gametas e/ou simultâneos períodos de grande liberação e grande estocagem ocorre.

Analisando o material histológico, *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba apresentou o período de liberação de gametas durante o outono, e um marcado período de reserva de nutrientes, que se estendeu do inverno até o início da primavera, o que sustenta um recrutamento único anual (ver Capítulo 2).

Lane e Lawrence (1979) reportaram grandes liberações de gametas durante primavera e outono para *Mellita tenuis* em Tampa Bay. Steimle (1989) apresentou um bem documentado estudo com recrutamentos anuais variáveis e sobrevivência de coortes para *E. parma*.

Para *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba, o comprimento inicial dos indivíduos recém-metamorfoseados foi calculado segundo a fórmula de Pauly (1979) e resultou em um valor que não é mencionado em outros trabalhos. Isto se deve ao fato de que poucos estudos relatam ou calculam este parâmetro, quase sempre considerado zero por falta de informações.

Ebert (1975) propôs correlações positivas entre os parâmetros L_{∞} , K e Z para espécies de ouriços regulares. Mas a afirmativa que espécies maiores crescem mais rápido do que as menores não se enquadra ao panorama encontrado para ouriços irregulares. Para a população de *Mellita quinquiesperforata* estudada na praia da Taíba, a correlação positiva apresentou-se válida apenas com relação aos parâmetros taxa de crescimento (K) e taxa de mortalidade (Z).

Outro fato também evidenciado por Ebert (1975) foi que alguns modos de distribuição indicaram que o sucesso do recrutamento não é o mesmo a cada ano e que as taxas de crescimento são relativamente altas. Segundo este autor, a mortalidade aparece alta em ouriços que vivem até 6 anos.

Borzzone (1999) afirmou que a segregação entre juvenis e adultos pode explicar os insucessos dos recrutamentos. Penchaszadeh e Molinet (1994) evidenciaram alta mortalidade de *Mellita quinquiesperforata* relacionada com insucessos do recrutamento de um ano.

Fatores ambientais como a dessecação durante a maré baixa também são uma possível causa da mortalidade, resultado observado para *Diadema antillarum* na Flórida e para a espécie *Mellita isometra*, estudada por Weihe e Gray (1968).

Ebert e Dexter (1975) acrescentaram a este fator, aumentos na temperatura como responsáveis também pela mortalidade de *Encope grandis* e *Mellita grantii*. Freire *et al.* (1992) relacionaram para *Cassidulus mitis*, elevadas taxas de mortalidade estão associadas com a ação

de ondas em tempestades de inverno que lançam vários indivíduos para porções superiores da praia.

O parâmetro mortalidade é em geral bastante alto em todas as espécies de ouriços irregulares já estudadas. A taxa de mortalidade por captura (Z) estimada para *Mellita quinquesperforata* no estudo de Borzone (1992) foi um pouco maior quando comparada com as calculadas no presente estudo e no trabalho de Penchaszadeh e Molinet (1994). Altas taxas de mortalidade parecem ser uma constância em populações de *Mellita quinquesperforata* independentemente das condições ambientais de maior ou menor grau de hidrodinamismo.

Segundo Penchaszadeh e Molinet (1994), *Mellita quinquesperforata* apresentou uma longevidade estimada entre 2,82 a 3,42 anos, resultados bem semelhantes ao encontrado para a mesma espécie no presente estudo. Vale ressaltar que os dados relativos ao número de indivíduos, tamanho, ambiente de estudo e outros parâmetros populacionais foram semelhantes entre os dois trabalhos.

Observando os prováveis efeitos da latitude sobre as características populacionais, tem-se que variações no regime climático e dos ventos, temperatura e pluviosidade são marcadamente influenciadas pelas variações latitudinais.

Assim, a população de *Mellita quinquesperforata* estudada na Venezuela por Penchaszadeh e Molinet (1994) pode apresentar características muito semelhantes quando comparadas a uma população da mesma espécie no Estado do Ceará. Ambos locais pertencem à região tropical, próximos à linha equatorial, além de representarem praias protegidas; isto explica as diferenças entre populações desta mesma espécie quando comparada, por exemplo, com a presente na região sul do Brasil, marcada pela sazonalidade característica de uma região subtropical ou temperada, ou seja, em maiores latitudes.

Birkeland e Chia (1971) afirmaram que *Dendraster excentricus* pode atingir até 9 anos de idade, sendo assumida uma morte natural. Segundo Ebert e Dexter (1975) com a possível exceção de *Encope grandis*, todas as demais espécies de bolachas da praia parecem possuir uma expectativa de vida de 1 a 5 anos. Segundo Dexter (1977), *Encope stokesi* tem uma baixa expectativa de vida, inferior a 1 ano.

Steimle (1989) estimou que a expectativa de vida de *E. parma* é pelo menos de sete a oito anos de vida, talvez com um acréscimo de quinze anos. Embora se tenha conhecimento sobre a

dinâmica populacional de muitas espécies de equinóides, a expectativa de vida ou longevidade nem sempre é fornecida.

Mellita quinquesperforata apresentou na praia da Taíba um menor tamanho quando comparado a outras populações e espécies atlânticas do mesmo gênero. Estimou-se, no entanto, elevadas taxas de crescimento e mortalidade. As variações encontradas para a relação largura assintótica/taxa de crescimento em demais populações, parecem refletir a capacidade de sobrevivência desse ouriço irregular em locais de hidrodinamismo distinto (adaptação fenotípica).

A comparação dos parâmetros de crescimento de *Mellita quinquesperforata* com outras espécies da família Mellitidae atestou algumas diferenças, como o tamanho máximo atingido, a taxa de crescimento, a mortalidade e a longevidade, dados estes, específicos de cada população submetida a regimes ambientais diferentes além de características fisiológicas próprias.

3.4 CONCLUSÃO

- A espécie *Mellita quinquiesperforata* apresentou-se distribuída na zona de surfe sob a influência da ação das ondas.
- A população de *Mellita quinquiesperforata* foi caracterizada como jovem a intermediária;
- A maior densidade de *Mellita quinquiesperforata* observada na praia da Taíba esteve relacionada ao evento do recrutamento durante o período de estudo;
- Foi observada uma separação de jovens e adultos dentre as faixas de coleta, na praia da Taíba;
- O estado morfodinâmico intermediário e as variações de pluviosidade provavelmente são os principais fatores que influenciam a densidade média de *Mellita quinquiesperforata* na praia da Taíba;
- A alta taxa de crescimento esteve diretamente relacionada à mortalidade e pode refletir no tamanho máximo atingido pelos indivíduos da população;
- A diminuição da taxa de crescimento esteve relacionada à reserva de nutrientes para a reprodução;
- Foi observado um recrutamento anual, durante o período seco na região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie *Mellita quinquesperforata* está distribuída em todo o continente americano e demonstra sua alta plasticidade e estratégias de sobrevivência de acordo com as diferentes condições ambientais as quais está submetida.

Devido à extrema dinâmica em tempo e espaço do ambiente praial, a macrofauna presente nestes ambientes tem sido considerada fisicamente controlada. Segundo a Hipótese Autoecológica, em ambientes controlados fisicamente, as comunidades são estruturadas por respostas independentes de espécies individuais aos fatores físicos, sendo as interações biológicas mínimas.

Portanto, os resultados obtidos e discutidos nesta dissertação sugerem principalmente que, para a população de *Mellita quinquesperforata* na praia da Taíba, os fatores ambientais são tão importantes quanto às demandas fisiológicas, sendo o ambiente um agente de direção para a fisiologia interna animal.

O estado morfodinâmico intermediário apresentado pela praia da Taíba influenciou as características da população de *Mellita quinquesperforata* no local. Foi possível perceber a influência do regime ambiental na densidade dos organismos, na estratégia de alocação de recursos, nas taxas de crescimento e mortalidade e conseqüentemente na estratégia da reprodução e tamanho dos ovócitos disponíveis.

Os parâmetros ambientais característicos do nordeste brasileiro também refletiram na estratégia de vida de *Mellita quinquesperforata*. O regime de precipitação pluviométrica, principal fator das mudanças ambientais no Nordeste, parece influenciar as variações de densidade, a periodicidade da reprodução e de maneira indireta o estado morfodinâmico da praia da Taíba.

Os fatores intrínsecos, como os estágios de desenvolvimento gonadal, o tempo de maturação e o tamanho dos ovócitos, mostraram correspondência com as variações ambientais, e, ainda assim, foram semelhantes ao padrão já observado em outras espécies do grupo.

Segundo vários autores, a história de vida de um organismo pode ser sumarizada em três atividades essenciais: crescimento, manutenção e reprodução. Considerando estas atividades, *Mellita quinquesperforata* demonstra ser uma espécie bem sucedida na área estudada, com estratégias de vida muito eficazes que permitem sua permanência no local.

REFERÊNCIAS

ADIYODI, R. G. **Reproductive biology of invertebrates: Oogenesis, Oviposition and Oosorption.** Chichester: John Wiley & Sons, v.1, 1983.

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.

ALCÂNTARA, D.S. **Estudos preliminares do ciclo reprodutivo de *Luidia senegalensis* (Lamarck, 1816) na enseada da Caraguatatuba, sudeste do Brasil.** 2004. 37f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Fundação de Ensino Octávio Bastos, São Paulo, 2004.

ALMEIDA, E.R.S. **Estado morfodinâmico da praia Central de Marataízes, ES.** 2006. 54f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

BARNES, R. S. K., CALOW, P. ;OLIVE, P.J. W. **The invertebrates - a new synthesis.** Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1993. 582p.

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

BEGON, M.; MORTIMER, M. **Population Ecology.** 2ed. Oxford: Backwell Scientific Publication, 1987. 220p.

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

BENTLEY, A.C. Reproductive cycle and gonadal histology of *Echinodiscus bisperforatus* along the southern coast of South Africa. In: MOOI, R.;TELFORD, M. (Eds). **Proceedings of the 9th International Conference of Echinoderms.** Balkema, Rotterdam, p. 571-576, 1998.

BENTLEY, A.C.; COCKCROFT, A.C. Sublittoral sand dollar (*Echinodiscus*) communities in two bays on the south African coast. **S.Afr. J. Zool.**, v.30, n.1, p.5-17, 1995.

BERTALANFFY, L. von. A quantitative theory of organic growth (inquires on growth laws). **Human Biol.**, v.10, n.2, p.181-213, 1938.

BERTALANFFY, L. von. Quantitative laws in metabolism and growth. **Quart. Rev. Biol.**, v. 32, n.3, p.217-231. 1957.

BIRKELAND, C.; CHIA, F-S. Recruitment risk, growth, age and predation in two populations of sand dollars, *Dendraster excentricus* (Eschscholtz). **J. Exp.mar. Biol. Ecol.**, v.6, p.265-278, 1971.

BITTENCOURT, A.C.S.P. A questão da predominância ou não de valores negativos de assimetria das distribuições granulométricas para os depósitos da face da praia - uma polêmica revisitada. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n.1, p.107-111, 1992.

BOOLOTIAN, R.A. Reproductive physiology. In: BOOLOTIAN, R.A. (Ed). **Physiology of Echinodermata**. New York: Interscience, 1966. 822 p.

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.

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, 2., São Paulo, v.3, p.280-296, 1990.

BORZONE, C. A.; SOARES, C. R.; ANGULO, R. J. **Proposta para a categoria e o plano de manejo das ilhas oceânicas do litoral do Paraná**. Pontal do Sul: UFPR. Relatório apresentado à Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 1994. 76 p.

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, v.82, p.33-42, 1997.

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.

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

BRUSCA, R.C.; BRUSCA, G.J. **Invertebrados**. 2ed. Editora Guanabara Koogan, 2006. 1098p.

BYRNE, M. Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. **Mar. Biol.**, New York, v.104, p.275-289, 1990.

CASTELO-BRANCO, M.P.N.; 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.

CHAKRABARTI, A. Polymodal composition of beach sands from the east coast of India. **J. Sed. Petrol.**, v. 47, p.634-641, 1977.

CHATLYNNE, L.G. A histochemical study of oogenesis in the Sea Urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. **Biol. Bull.**, Woods Hole, v. 136, p. 167-184, 1969.

CHEN, B. Y.; CHEN, C. P. Reproduction and development of a miniature sand dollar *Sinaechinocyamus mai* (Echinoidea: Echinodermata) in Taiwan. **Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.**, Taipei, v.32, n. 2, p. 100-110, 1993.

CHIA, F.S.; ATWOOD, D.; CRAWFORD, B. Comparative morphology of echinoderm sperm and possible phylogenetic implication. **Amer. Zool.**, n.15, p.533-565, 1975.

CHRISTIANSEN, H.E; BRODSKY, R.S.; CABRERA, M.E. La microscopia aplicada con criterio poblacional en el estudio de las gónadas de los vertebrados y invertebrados marinos. **Physis**, Séc A, v.32, n.35, p.467-480, 1973.

CLARK, H.J. A revision of the keyhole urchins (*Mellita*). **Proceeding of the U.S. Natural Museum**, v. 89, p.437-442, 1940.

COCANOUR, B.A.; ALLEN, K. The breeding cycles of a sand dollar a sea urchin. **Comp. Biochem. Physiol.** v. 20, p. 327-331, 1967.

DEAN, R.G. **Heuristic model of sand transport in the surf zone**. Conference Eng. Yn. In the surf zone. Sydney, Australia, 1977, 7p.

DELAVAUULT, R. Determinism of sex. In: BOOLOOTIAN, R.A. (Ed). **Physiology of Echinodermata**. New York: Interscience, 1966, 822 p.

DEXTER, D. M. A natural history of the sand dollar *Encope stokesi* (L. Agassiz) in Panama. **Bull. Mar. Sci.**, v.27, n.3, p. 544-551, 1977.

DHN - **Diretoria de Hidrografia e Navegação** – Porto do Pecém. Disponível em: <http://www.mar.mil.br>. Acesso em: mar. 2006; jan. 2007.

DRUMMOND, A. E. Reproduction of the sea urchins *Echinometra mathaei* and *Diadema savigny* on the South African eastern coast. **Mar. Fresh. Res.**, v. 46, p. 751-455, 1995.

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

EBERT, T.A. Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion. **Ecology**, v.49, p.1075-1091, 1968.

- EBERT, T.A. Estimating growth and mortality rates from size data. **Oecologia**, v.11, p.281-298, 1973.
- EBERT, T.A. Growth and mortality of post-larval echinoids. **Am. Zool.**, v.15, p.755-775, 1975.
- EBERT, T.A.; DEXTER, D.M. A natural history study of *Encope grandis* and *Mellita grantii*, two sand dollars in the Northern Gulf of California, Mexico. **Mar. Biol.** v. 32, p.397-407, 1975.
- ERNEST, R.G.; BLAKE, N.J. Reproductive patterns within sub-populations of *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea). **J.exp.mar.Biol.Ecol.**, Amsterdam, v. 55, p.25-37, 1981.
- FINDLAY, R.H.; WHITE, D.C. The effects of feeding by the sand dollar *Mellita quinquiesperforata* (Leske) on the benthic microbial community. **J. Exp. Mar. Ecol.**, v.72, n.1, p. 25-41, 1983.
- FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos Riverbar: a study in the significance of grain size parameters. **J. Sed. Petrol.**, v. 27, p.3-26, 1957.
- FREIRE, C.A.; SANTOS, P.J.P.; FONTOURA, R.A.; MAGALHÃES, O.; GROHMANN, P.A. Growth and spatial distribution of *Cassidulus mitis* (Echinodermata, Echinoidea) on a sandy beach in southeastern Brazil. **Mar. Biol.**, Berlin, v.112, p. 625-630, 1992.
- FREIRE, G.S.S.; CAVALCANTI, V.M.M. **A cobertura sedimentar quaternária da plataforma continental do estado do Ceará.** Fortaleza, DNPM. 10º Distrito, Depto de Geologia, Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada, Universidade Federal do Ceará, 1998. 40p.
- FRIEDMAN, G.M. Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. **J. Sed. Petrol.**, v. 31, p.514-529, 1961.
- FUJI, A. Studies on the biology of the sea urchin. I superficial and histological gonadal changes in the gametogenic process of two urchins *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. **Bull. Acad. Fish. Hokkaido Univ.**, Hokkaido, v. 11, p.1-14, 1960.
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Posto de São Gonçalo do Amarante. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acesso em: dez. 2007.
- GALVIN JÚNIOR, C. J. Breaker type classification on three laboratory beaches. **Journal of Geophysical Research**, v. 73, n. 12, 3651-3659p. 1968.
- GAYANILO, F.C. JR. ; PAULY, D. (Eds.). **The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) Reference Manual.** FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8. Rome, FAO, 1997. 262 p.

GAZE, F.N. **Tempo de residência na baía do Espírito Santo**. 2005. 59f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

GEORGE, S. B. Echinoderm egg and larval quality as a function of adult nutritional state. **Oceanol. Acta.**, v. 21, p. 547-576, 1996.

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.

GIESE, A.C. Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. **Annu. Rev. Physiol.**, v.21, p.547-576, 1959.

GIESE, A.C.; PEARSE, J.S. Introduction: general principles. In: GIESE, A.C.; PEARSE, J.S. (Eds). **Reproduction of Marine Invertebrates**, v1. New York: Academic Press, 1974. p.1-49.

GOMES, R. C.; **Perfil Praia de Equilíbrio da Paia de Meaípe** – Espírito Santo. 2004. 64f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, 2004.

GONOR, J.J. Reproductive cycles in Oregon populations of the echinoid, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). I. Annual gonad growth and ovarian gametogenic cycles. **J. exp.mar.Biol. Ecol.**, v.12, p.45-64, 1973.

GRAHME, J.; BRANCH, G.M. Reproductive patterns of marine invertebrates. **Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Res.**, v.23, p.273-398, 1985.

GRASSÉ, P.P. **Traité de zoologie** -Anatomie, systematique, biologie. Tome XI Échinodermes-Stomocordés-Procordés. Paris: Masson et Cic., 1948. 1077p.

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, 2005, p. 816-830.

GROTTA, M.; LUNETTA, J.E. Ciclo sexual de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) do litoral do Estado da Paraíba. **Revista Nordestina de Biologia**, v.3, n.1, p.5-55, 1980.

GUETTAF, M.; SAN MARTIN, G.A. Étude de la variabilité de l'indice gonadique de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Echinodermata:Echinoidea) en Méditerranée Nord Occidentale. **Vie et Milieu**, v.45, n.2, p.129-137, 1995.

GUIMARÃES, C.R.P.; SANTOS, A.B.; ALMEIDA, S.A. Variação temporal e nictemeral de *Mellita quinquiesperforata* (Leske, 1778) na praia do Tecarmo, Aracaju/SE, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 2., 2005, Vitória, Espírito Santo. **Resumos.....** 2005. Cd-Rom.

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.

HENDLER, G., MILLER, J.E., PAWSON, D.L.; KIER, P.M. **Seastar, sea urchins and allies.** Washington: Smithsonian Institution, 1995. 390 p.

HICKMAN, C.P.J.; ROBERTS, L.S., LARSON, A. **Princípios integrados de Zoologia.** 11ed. Guanabara Koogan S.A, 2001.846p.

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

HOLLAND, N.D., GIESE, A.C. An autoradiographic investigation of the gonads of the purple sea urchin (*Strongylocentrotus purpuratus*). **Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole.**, v. 128, p.241-258, 1965.

HOLLAND, N.D.; HOLLAND, L.Z. Annual cycles in germinal and non-germinal cells populations in the gonads of the sea urchin *Psammechinus microtuberculatus*. **Publ. Staz. Zool.**, v.37, p.394-404, 1969.

HYMAN, L.H. **Invertebrates: The Echinodermata.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1955. 795p.

JAECKLE, N. B. Variation in the size, energy content and biochemical composition of invertebrate eggs: correlates to the mode of larvae development. In: McEDWARD, L. (Ed.). **Ecology of marine invertebrate larvae.** Boca Raton, p. 49-77, 1995.

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.

JUNQUEIRA, L.C.V.; JUNQUEIRA, L.M.M.S. **Técnicas básicas de citologia e histologia.** São Paulo: Livraria e Editora Santos, 1983. 123 p.

KENK, R. Ecological observation on two Puerto Rican echinoderms, *Mellita lata* and *Astropecten marginatus*. **Biol. Bull. Mar. bio. Lab. Woods Hole**, v.87, p.177-187, 1944.

KENNETT, J. P. **Marine Geology.** USA: Prentice-Hall Inc., 1982.

KHOTIMCHENKO, Y.S.; ZALUTSKAYA, E.A.; DERIDOVICH, I.I.; KREIMER, D.I. Glycogen synthase activity of the gonad of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* and the starfish *Asterias amurensis* (Echinodermata). **Com. Biochem. Physiol.**, v.89B, p.9-13, 1988.

KING, C. K.; HOEGH-GULDBERG, O.; BYRNE, M. Reproductive cycle of *Centrostephanus rodgersii* (Echinoidea), with recommendations for the establishment of a sea urchin fishery in New South Wales. **Mar. Biol.**, Berlin, v. 120, p. 95-106, 1994.

KOMAR, P. D. Beach processes and erosion – An introduction. In: **CRC Handbook of Coastal Process and Erosion**. USA: CRC Press, p.1-18, 1983.

KOMAR, P. D. **Beaches Processes and Sedimentation**. 2ed. USA: Prentice Hall Inc., 1998.

LAEGDSGAARD, P.; BYRNE, M.; ANDERSON, D. T. Reproduction of sympatric populations of *Heliocidaris erythrogramma* and *H. tuberculata* (Echinoidea) in New Wales (Australia). **Mar. Biol. Bull.**, v. 110, n. 3, p. 359-374, 1991.

LANE, J.E.M.; LAWRENCE, J.M. Gonadal growth and gametogenesis in the sand dollar *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778. **Mar. Biol.**, Berlin, v. 38, p.271-285, 1979.

LANE, J.E.M.; LAWRENCE, J.M. Seasonal variation in body growth, density and distribution of a population of sand dollars, *Mellita quinquesperforata* (Leske). **Bull. Mar. Sci.**, v. 30, n.4, p.871-882, 1980.

LANE, J.M.; LAWRENCE, J.M. Food, feeding and absorption efficiencies of the sand dollar, *Mellita quinquesperforata* (Leske). **Estuar. Coast. Mar. Sci.**, v.14, p.421-431, 1982.

LAWRENCE, J. M. **The functional biology of echinoderms**. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press., 1987, 340 p.

LAWRENCE, J. M.; LANE, J. M. The utilizations of nutrients by post-metamorphic echinoderms. In: JANGOUX; LAWRENCE (Eds.). **Echinoderm nutrition**. Netherlands: Balkema, p. 331-371, 1982.

LEÃO, C. **Variação espacial e temporal das cúpides da praia de camburi, Vitória - ES**. 2005. 59F. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

LESSIOS, H. A. Reproductive periodicity of the echinoids *Diadema* and *Echinometra* on the two coasts of Panama. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 47-61, 1981.

LESSIOS, H.A. Annual reproductive periodicity in eight echinoid species on the Caribbean coast of Panama. In: KEEGAN, B.F.; O'CONNOR, D.D.S. (Eds). **Proceedings of the 5th International Conference of Echinoderms**. Balkema, Rotterdam, p.303-311, 1984.

LESSIOS, H.A. Temporal and spatial variation in egg size of 13 panamanian echinoids. **J.exp.mar.Biol.Ecol.**, Amsterdam, v.114, p. 217-239, 1987.

LESSIOS, H. A. Gametic incompatibility between species of the sea urchin *Echinometra* on the two sides of the isthmus of Panama. **Evolution**, New York, v. 44, n. 4, p. 933-941, 1990.

LESSIOS, H. A. Presence and absence of monthly reproductive rhythms among eight Caribbean echinoids of the coast of Panamá. **J. Exp. Mar. Ecol. Biol.**, Amsterdam, v. 153, n. 1, p. 27-48, 1991.

LEWIS, J. B.; STOREY, G. S. Differences in morphology and life history traits of the echinoid *Echinometra lucunter* from different habitats. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, Oldendorf, v.15, p. 207-211, 1984.

LONGHRUST, A.L.; PAULY, D. **Ecology of tropical oceans**. San Diego: Academic Press, 1987. 407p.

MacCOR, F.S.; VENTURA, C.R.R. Reproductive cycle of the endemic cassiduloid *Cassidulus mitis* (Echinoidea: Cassiduloidea) on the Brazilian coast. **Mar. Biol.**, n.145, p.603-612, 2004.

MAIA, L.P.; MEIRELES, A.J.A. Oceanografia e dinâmica costeira. In: CAMPOS, A.A.; MONTEIRO-NETO, C.; POLETTE, M. (Eds). **A zona costeira do Ceará: diagnóstico para a gestão integrada**. Fortaleza: Aquasis, p.191-207, 2003.

MAGALHÃES, S.H.O.; MAIA, L.P. Short-term morphological characterization of beaches in Caucaia and São Gonçalo do Amarante counties, Ceará State, Brasil. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, v. 36, p. 77-87, 2003.

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.

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.

MARGALEF, R. **Ecologia**. Editora Omega, Barcelona, 1980. 951p.

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.

MATSUI, I. The propagation of sea urchin. In: ____ **Fisheries research board of Canada**. Naraimo: Translation Series, n.1063, 1968, 172p.

MATTHEWS-CASCON, H.; PEQUENO, A. P. L. C. . Predation by young *Cassia tuberosa* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Gastropoda) on *Mellita quinquesperforata* (Clarck, 1940) (Echinodermata: Echinoidea). **Arq. Ciên. 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. 68p.

McCLINTOCK, J.B.; VERNON, S.A.; MARION, K.R. Size frequency, recruitment and adult growth in the sea biscuit *Clypeaster ravenelli* in the northern Gulf of Mexico. In: DAVID, GUILLE, FERAL, ROUZ (Eds.), **Echinoderm through Time**. Rotterdam: Balkema, 1994, p.777-781.

McLACHLAN, A.; BROWN, A.C. **The ecology of sandy shores**. United States of America: Elsevier Science Publishers B., 2006, 376p.

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. p.529-238.

MEDINA, R.; LOSADA, M.A.; LOSADA, I.J.; VIDAL, C. Temporal and spatial relationship between grain size and beach profile. **Mar. Geol.**, Spain, v.118, p.195-206, 1994.

MELO, R. C. N. **Células e microscopia: princípios básicos e práticas**. Juiz de Fora: Ed UFJF, 2002. 144p.

MERRIL, R.J.; HOBSON, E. Field observations of *Dendraster excentricus*, a sand dollar of western North América. **Am. Nat.**, v.83, p.595, 1970.

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.

MORIN, J. G.; KASTENDIEK, J. E.; HARRINGTON, A.; DAVIS, N. Organization and patterns of interactions in a subtidal sand community on an exposed coast. **Mar. Ecol.**, Progress Series, v. 27, p.163-185, 1985.

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.

MUEHE, D. **The coastline between Rio de Janeiro and Cabo Frio**. In: Symp. Coastal and Ocean Management, 6., Charleston, 1993. p. 13.

NARCHI, W. Ciclo anual da gametogênese de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia). **Bolm. Zool. Univ. S. Paulo**, v.1, p.331-350, 1976.

NICHOLS, D.; SIME, A.A.T.; BISHOP, G.M. Growth in population of sea urchin *Echinus esculentus* L. (Echinodermata: Echinoidea) from the English Channel and Firth of Clyde. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 86, p.219-228, 1985.

NIESEN, T.M. Reproductive cycle in two populations of the Pacific sand dollar *Dendraster excentricus*. **Mar. Biol.**, v.42, p.365-373, 1977.

NOY-MEIR, I. Structure and function of desert ecosystems. **Israel Journal of Botany**, v. 28, p.1-19, 1979.

PAIVA, F.; MACEDO, M. **Ceará. Guia de Praias**. Fortaleza: Edições Fundação Demócrito Rocha, 1997.108p.

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.

PAULY, D. **Gill size and temperature as governing factors in fish growth**: a generalization of von Bertalanffy's growth formula. *Berichte des Instituts für Meereskunde an der Univ. Kiel.*, n.63, 1979. 171p.

PAULY, D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. **J. Cons. CIEM**, v. 39, n.3, p.175-192, 1980.

PAULY, D. Length-converted catch curves and the seasonal growth of fishes. **ICLARM Fishbyte**, v.8, n.3, p.33-38, 1990.

PAULY, D.; DAVID, N. ELEFAN I, a basic program for the objective extraction of growth parameters from length-frequencies data. **Meeresforsch.**, v.28, n.4, p.205-211, 1981.

PEARSE, J. S. Reproductive periodicities of Indo-Pacific invertebrates in the Gulf of Suez. II- The echinoid *Echinometra mathaei* (De Blainville). **Bull. Mar. Sci.**, New York, v. 19, n.3, p. 580- 613, 1969.

PEARSE, J.S. Patterns of reproduction in four species of Indo-Pacific echinoderms. **Proc. Indian.Acad. Sci.**, Ser B, v.67, p.247-279, 1968.

PEARSE, J.S. Reproductive periodicities of Indo-Pacific invertebrates in the Gulf of Suez. Ser III. The echinoid *Diadema setosum* (Leske). **Bull.mar.Sci.**, v.20, p.697-720, 1970.

PEARSE, J.S.; GIESE, A.C. Food, reproduction and organic constitution of the common Antarctic echinoid, *Sterechinus neumayeri* (Meissner). **Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods, Hole.**, v.130, p.387-401, 1966.

PEARSE, J. S.; CAMERON, R. A. Echinodermata: Echinoidea. In: PEARSE, G.; PEARSE (Eds.). **Reproduction of marine invertebrates: Echinoderms and Lophophorates**. California: Boxwood Press., v. 4, p. 513-662, 1991.

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.

PICCOLI, F.P. **Interação de ondas monocromáticas com batimetria de fundo e recife artificial**. 2005. 87f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

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.

REIDENAUER, J.A. Sand dollar *Mellita quinquiesperforata* (Leske) burrow trails, sites of harpaticoid disturbance and nematode attraction. **J. Exp. Mar. Ecol.**, v.130, p.223-235, 1989.

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. **Biologia de *Olivancillaria vesica auricularia* (Lamarck, 1810) (Mollusca:Gastropoda: Olividae) na Praia do Cassino, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2001. 343f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) Fundação Universidade Federal do Rio Grande, RS, 2001.

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. **Arq. Ciên. Mar.**,v.35, p.51-55, 2002.

SABAINI, R.S. **Morfodinâmica praial, segurança ao banho e perfil do banhista da praia de Camburi, Vitória-ES**. 2005. 71F. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SALSMAN, G. G.; TOLBERT, W .H. Observations on the sand dollar, *Mellita quinquiesperforata*. **Limnology Oceanography**, v.10, p.152-155, 1965.

SANTANA, I.C.H. **Aspectos reprodutivos do ouriço-do-mar *Echinometra lucunter* Linnaeus, 1758: histologia gonadal e primeiras clivagens**. 1996. 84f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1996.

SANTOS, C.L.; SILVA, M.A.M.; SALVADOR, M.V.S. Dinâmica sazonal e os efeitos das ressacas nas praias de Niterói/Rj. **Revista Brasileira de Geociências.**, v.34, n.3, p.355-360, 2004.

SHORT, A. D. Australia beach system – the morphodynamic of wave through tide-dominated beachdune systems. **Journal of Coastal Research.**, v.35, p. 07-20, 2003.

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.

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.

SIBLY, R.M.; CALOW, P. Physiological ecology of animals. **Journal of Animal Ecology**, v.56, n.3, p.1088-1088, 1987.

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. **Arq. Ciênc. Mar**, Fortaleza, n.33, p.149-156, 2000.

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.

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, 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, L. P. **Biologia reprodutiva do caranguejo *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) no manguezal do Rio Ceará (Caucaia – Ce): morfologia do sistema reprodutor feminino.** 2006. 100f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SPARRE, P. ; VENEMA, S.C. **Introduction to tropical fish stock assessment.** Part 1-manual. FAO Fish. Tech. Pap., 1993. 376 p.

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.

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.

TAVARES, Y.A.G. **Biologia reprodutiva dos equinóides *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) e *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) (Echinodermata: Echinoidea) na Ilha da Galheta, litoral paranaense, Brasil.** 2004. 191f. Tese (Doutorado em Zoologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

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.

TAYLOR, C. C. Growth equations with metabolic parameters. **J. Cons. Int. Explor. Mer.**, v. 23, p.366-370, 1962.

TELFORD, M.; MOOI, R.; ELLERS, O. A new model of podial deposit feeding in the sand dollar, *Mellita quinquesperforata* (Leske): the sieve hypothesis challenged. **Biol. Bull.**, v.169, p.431-448, 1985.

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.

TYLER, A.; TYLER, B.S. The gametes, some properties. In: BOOLOOTIAN, R.A. (Ed). **Physiology of Echinodermata.** New York: Interscience, 1966, 822 p.

VANCE, R. R. On reproductive strategies in marine benthic invertebrates. **Am. Nat.**, Chigaco, v.107, n. 955, p. 339-352, 1973.

VENTURA, C. R. R.; VAROTTO, R. S.; CARVALHO A. L. P. S.; PEREIRA A. D.; ALVES, S. L. S.; MACCORD, F. S. Interpopulation comparison of the reproductive and morphological traits of *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) from two different habitats on Brazilian coast. In: FÉRAL; DAVID (Eds.). **Echinoderms Research.** Swets & Zeitlinger: Lisse, p.289-293, 2003.

VENTURA, C.R.R. **Biologia de *Astropecten brasiliensis* Muller & Troschel, 1842 e *Astropecten cingulatus* Sladen, 1889 (Echinodermata: Asteroidea) na região de Cabo Frio, RJ.** 1997. 80f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia)-Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 1997.

VERNON, J. D.; MCCLINTOCK, J. B.; HOPKINS, T. S.; WATTS, S. A.; MARION, K. R. Reproduction of *Clypeaster ravenelii* (Echinodermata: Echinoidea) in the Northern Gulf of Mexico. **Invertebr. Reprod. Dev.**, Rehovot, v.24, n. 1, p. 71-78, 1993.

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

VIANA, M.G. **Efeito de atividades antrópicas sobre a distribuição espacial da macrofauna bentônica das praias arenosas do Icará e Cumbuco no litoral oeste do Ceará.** 2006. 66f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

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.

WENTWORTH, C. K. A escale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology.*, USA, v. 30, 1922. In: SUGUIO K. **Introdução a Sedimentologia.** Edgard Blucher, 1973, 317p.

WESCHENFELDER J.; ZOUAIN A. N. R. Variabilidade Morfodinâmica das Praias Oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 29, n.1, p.3-13, 2002.

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.

WIEGEL, R.L. **Oceanographic Engineering.** New York: Prentice-Hall., 1964. 532p.

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

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. **Mar. Geol.**, v.62, p. 339-364, 1985.

YAMAMOTO, M.; ISHINE, M.; YOSHIDA, M. Gonadal maturation independent of photic conditions in laboratory reared sea urchins, *Pseudocentrotus depressus* and *Hemicentrotus pulcherrinus*. **Zool. Sci.**, Tokyo, v. 5, n. 5, p. 979-988, 1988.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Processamento Histológico e Coloração Hematoxilina-Eosina

Processamento Histológico após a fixação com solução de Formol a 4% e preservação em álcool 70%:

Desidratação em álcool etílico

Álcool 80% por 45 minutos;

Álcool 90% por 45 minutos;

Álcool 95% por 45 minutos;

Álcool 100% por 45 minutos (primeira passagem);

Álcool 100% por 45 minutos (segunda passagem);

Diafanização em Xilol 100% por 20 minutos;

Impregnação em parafina:

Parafina a 60°C por 1 hora e 30 minutos (primeiro banho);

Parafina a 60°C por 2 horas (segundo banho);

Inclusão (emblocamento).

Coloração Hematoxilina-Eosina (JUNQUEIRA e JUNQUEIRA, 1983)**Retirada da Parafina:**

Xilol 100% por 10 minutos (primeira passagem);

Xilol 100% por 10 minutos (segunda passagem);

Rehidratação:

Álcool 100% - 3 minutos

Álcool 100% - 3 minutos

Álcool 95% - 3 minutos

Álcool 80% - 3 minutos

Álcool 70% - 3 minutos

Lavagem em água corrente por 5 minutos.

Coloração:

Hematoxilina - 30 segundos

Lavagem em água corrente por 5 minutos.

Eosina - 1 minuto

Desidratação:

Álcool 70% - 1 minuto

Álcool 80% - 1 minuto

Álcool 95% - 1 minuto

Álcool 100% - 1 minuto

Álcool 100% - 1 minuto

Diafanização:

Xilol II - 3 minutos

Xilol I - 3 minutos

Montagem das lâminas com Entellan

Apêndice 2 - Resultado da estatística do Teste χ^2 (Qui-quadrado) para a proporção sexual de machos (M) e fêmeas (F) em *Mellita quinquiesperforata*, na praia da Taíba, período de junho de 2006 a agosto de 2007. Graus de liberdade=1 χ^2 crítico = 6,635 $\alpha=0,01$. PSO: proporção sexual observada e PSE: proporção sexual esperada.

Meses	Machos	Fêmeas	PSO	PSE	X² Calculado
jun/06	13	7	1.85	1	1.8
jul/06	9	11	0.81	1	0.2
ago/06	10	10	1	1	0
set/06	12	8	1.5	1	0.8
out/06	10	10	1	1	0
nov/06	11	9	1.22	1	0.2
dez/06	15	5	3	1	5
jan/07	4	16	0.25	1	7.2
fev/07	9	11	0.81	1	0.2
mar/07	9	11	0.81	1	0.2
abr/07	8	12	0.66	1	0.8
mai/07	9	11	0.81	1	0.2
jun/07	11	9	1.22	1	0.2
jul/07	9	11	0.81	1	0.2
ago/07	12	8	1.5	1	0.8

Apêndice 3 - Resultado do teste Tukey (*post hoc*). Diâmetro médio dos ovócitos de *Mellita quinquiesperforata* X meses. Valores em negrito são significativos.

Meses	Jun-2006	Jul-2006	Aug-2006	Sep-2006	Oct-2006	Nov-2006	Dec-2006	Jan-2007	Feb-2007	Mar-2007	Apr-2007	May-2007	Jun-2007	Jul-2007	Aug-2007
Jun-2006		0.782840	0.019663	0.000346	0.000026	0.019663									
Jul-2006	0.782840		0.047628	0.001770	0.000026	0.047628									
Aug-2006	0.019663	0.047628		1.000000	1.000000	0.999930	0.951774	0.982826	0.000285	0.000111	0.000051	0.000072	0.000029	0.000033	1.000000
Sep-2006	0.000346	0.001770	1.000000		1.000000	0.999995	0.906480	0.973048	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	1.000000
Oct-2006	0.000026	0.000026	1.000000	1.000000		0.999989	0.497930	0.778022	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	1.000000
Nov-2006	0.000026	0.000026	0.999930	0.999995	0.999989		0.000027	0.000040	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.999930
Dec-2006	0.000026	0.000026	0.951774	0.906480	0.497930	0.000027		0.944817	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.951774
Jan-2007	0.000026	0.000026	0.982826	0.973048	0.778022	0.000040	0.944817		0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.982826
Feb-2007	0.000026	0.000026	0.000285	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026		0.842675	0.003149	0.214507	0.000026	0.000027	0.000285
Mar-2007	0.000026	0.000026	0.000111	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.842675		0.865450	0.999895	0.000240	0.031568	0.000111
Apr-2007	0.000026	0.000026	0.000051	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.003149	0.865450		0.999919	0.087643	0.833074	0.000051
May-2007	0.000026	0.000026	0.000072	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.214507	0.999895	0.999919		0.013198	0.367462	0.000072
Jun-2007	0.000026	0.000026	0.000029	0.000026	0.087643	0.013198		0.998290	0.000029						
Jul-2007	0.000026	0.000026	0.000033	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000027	0.031568	0.833074	0.367462	0.998290		0.000033
Aug-2007	0.019663	0.047628	1.000000	1.000000	1.000000	0.999930	0.951774	0.982826	0.000285	0.000111	0.000051	0.000072	0.000029	0.000033	

Apêndice 4 - Resultado do teste Tukey (*post hoc*). Índice Gonadal de indivíduos femininos de *Mellita quinquiesperforata* X meses. Valores em negrito são significativos.

Meses	Jun-2006	Jul-2006	Aug-2006	Sep-2006	Oct-2006	Nov-2006	Dec-2006	Jan-2007	Feb-2007	Mar-2007	Apr-2007	May-2007	Jun-2007	Jul-2007	Aug-2007
Jun-2006		1.000000	1.000000	0.988318	0.999994	0.524445	0.272919	0.955552	0.060851	0.996279	0.999979	0.962775	0.588674	0.999838	1.000000
Jul-2006	1.000000		1.000000	0.987977	0.999943	0.471320	0.220537	0.959485	0.029946	0.996390	0.999904	0.952053	0.497842	0.999896	1.000000
Aug-2006	1.000000	1.000000		0.980772	1.000000	0.582297	0.355939	0.932182	0.150623	0.991895	1.000000	0.959933	0.682481	0.999011	0.999998
Sep-2006	0.988318	0.987977	0.980772		0.896420	0.997046	0.953743	0.999986	0.760166	1.000000	0.949602	1.000000	0.999917	0.999999	0.999988
Oct-2006	0.999994	0.999943	1.000000	0.896420		0.365405	0.193126	0.832966	0.063779	0.935511	1.000000	0.823664	0.433013	0.980542	0.999785
Nov-2006	0.524445	0.471320	0.582297	0.997046	0.365405		1.000000	1.000000	0.999998	0.980432	0.583482	0.993229	1.000000	0.891392	0.935614
Dec-2006	0.272919	0.220537	0.355939	0.953743	0.193126	1.000000		1.000000	1.000000	0.859095	0.400957	0.912206	0.999698	0.638585	0.785083
Jan-2007	0.955552	0.959485	0.932182	0.999986	0.832966	1.000000	1.000000		1.000000	0.999864	0.869237	0.999981	1.000000	0.998396	0.996894
Feb-2007	0.060851	0.029946	0.150623	0.760166	0.063779	0.999998	1.000000	1.000000		0.507606	0.246488	0.563888	0.987805	0.221307	0.542336
Mar-2007	0.996279	0.996390	0.991895	1.000000	0.935511	0.980432	0.859095	0.999864	0.507606		0.970309	1.000000	0.997480	1.000000	0.999999
Apr-2007	0.999979	0.999904	1.000000	0.949602	1.000000	0.583482	0.400957	0.869237	0.246488	0.970309		0.925665	0.690431	0.990610	0.999651
May-2007	0.962775	0.952053	0.959933	1.000000	0.823664	0.993229	0.912206	0.999981	0.563888	1.000000	0.925665		0.999671	0.999991	0.999958
Jun-2007	0.588674	0.497842	0.682481	0.999917	0.433013	1.000000	0.999698	1.000000	0.987805	0.997480	0.690431	0.999671		0.952494	0.980078
Jul-2007	0.999838	0.999896	0.999011	0.999999	0.980542	0.891392	0.638585	0.998396	0.221307	1.000000	0.990610	0.999991	0.952494		1.000000
Aug-2007	1.000000	1.000000	0.999998	0.999988	0.999785	0.935614	0.785083	0.996894	0.542336	0.999999	0.999651	0.999958	0.980078	1.000000	

Apêndice 5 - Resultado do teste Tukey (*post hoc*). Índice Gonadal de indivíduos masculinos de *Mellita quinquiesperforata* X meses. Valores em negrito são significativos.

Meses	Jun-2006	Jul-2006	Aug-2006	Sep-2006	Oct-2006	Nov-2006	Dec-2006	Jan-2007	Feb-2007	Mar-2007	Apr-2007	May-2007	Jun-2007	Jul-2007	Aug-2007
Jun-2006		0.998337	0.256886	0.820759	0.983611	0.005038	0.422358	0.000857	0.000538	0.882460	0.055352	1.000000	1.000000	0.961651	0.999996
Jul-2006	0.998337		0.992007	0.999999	1.000000	0.000550	0.064025	0.000205	0.000180	1.000000	0.875342	0.999993	0.999970	1.000000	0.999999
Aug-2006	0.256886	0.992007		0.999986	0.968860	0.000147	0.000164	0.000147	0.000147	0.999986	0.999998	0.807440	0.649441	0.999934	0.578055
Sep-2006	0.820759	0.999999	0.999986		0.999996	0.000148	0.001731	0.000148	0.000148	1.000000	0.990423	0.991119	0.974551	1.000000	0.984119
Oct-2006	0.983611	1.000000	0.968860	0.999996		0.000151	0.005714	0.000148	0.000148	0.999999	0.670664	0.999930	0.999638	1.000000	0.999966
Nov-2006	0.005038	0.000550	0.000147	0.000148	0.000151		0.901078		0.901078	1.000000	0.991911	0.000153	0.000147	0.028457	0.010132
Dec-2006	0.422358	0.064025	0.000164	0.001731	0.005714	0.901078		0.671357	0.257435	0.004238	0.000148	0.574714	0.437492	0.017153	0.059784
Jan-2007	0.000857	0.000205	0.000147	0.000148	0.000148	1.000000	0.671357		0.998530	0.000148	0.000147	0.009275	0.002419	0.000154	0.000153
Feb-2007	0.000538	0.000180	0.000147	0.000148	0.000148	0.991911	0.257435	0.998530		0.000148	0.000147	0.002850	0.000979	0.000153	0.000157
Mar-2007	0.882460	1.000000	0.999986	1.000000	0.999999	0.000153	0.004238	0.000148	0.000148		0.992447	0.994886	0.985275	1.000000	0.992763
Apr-2007	0.055352	0.875342	0.999998	0.990423	0.670664	0.000147	0.000148	0.000147	0.000147	0.992447		0.482350	0.287070	0.988230	0.172706
May-2007	1.000000	0.999993	0.807440	0.991119	0.999930	0.028457	0.574714	0.009275	0.002850	0.994886	0.482350		1.000000	0.998979	1.000000
Jun-2007	1.000000	0.999970	0.649441	0.974551	0.999638	0.010132	0.437492	0.002419	0.000979	0.985275	0.287070	1.000000		0.996799	1.000000
Jul-2007	0.961651	1.000000	0.999934	1.000000	1.000000	0.000209	0.017153	0.000154	0.000153	1.000000	0.988230	0.998979	0.996799		0.999176
Aug-2007	0.999996	0.999999	0.578055	0.984119	0.999966	0.000245	0.059784	0.000153	0.000157	0.992763	0.172706	1.000000	1.000000	0.999176	