

Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Zoologia
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

DINÂMICA DA POPULAÇÃO DO SIRI *Callinectes danae* (CRUSTACEA:
PORTUNIDAE) NO CANAL DE SANTA CRUZ/ PE.

RENATA AKEMI SHINOZAKI MENDES

Recife
2012

Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Zoologia
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

DINÂMICA DA POPULAÇÃO DO SIRI *Callinectes danae* (CRUSTACEA:
PORTUNIDAE) NO CANAL DE SANTA CRUZ/ PE.

RENATA AKEMI SHINOZAKI MENDES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção título de Doutor em Biologia animal.

Orientador: Rosângela Lessa

Recife
2012

Mendes, Renata Akemi Shinozaki

**Dinâmica da população do siri *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) no canal de Santa Cruz/PE/ Renata Akemi Shinozaki Mendes.
– Recife: O Autor, 2012.**

195 folhas : il., fig., tab.

Orientadora: Rosângela Lessa

**Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco,
Centro de Ciências Biológicas. Biologia Animal, 2012.**

Inclui bibliografia

- 1. Portunidae 2. Reprodução 3. Estuários I. Lessa, Rosângela II.
Título.**

595.386

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2012-157

**Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Zoologia
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal**

**DINÂMICA DA POPULAÇÃO DO SIRI *Callinectes danae* (DECAPODA:
PORTUNIDAE) NO CANAL DE SANTA CRUZ/ PE.**

RENATA AKEMI SHINOZAKI MENDES

Esta Tese foi julgada para a obtenção do título de Doutor em Biologia Animal e aprovada em 27/04/2012 pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, em sua forma final.

Prof.^a. Dr.^a. Rosângela Paula Teixeira Lessa - Orientadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Roberto Botelho de Souza - Membro interno
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Paulo Jorge Parreira dos Santos - Membro interno
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. José Roberto Feitosa Silva - Membro externo
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Silvio Ricardo Maurano Peixoto - Membro externo
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof.^a. Dr.^a. Sigrid Neumann Leitão - Membro externo
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Dedico este trabalho aos que,
assim como eu, adoram os
crustáceos, e acreditam que
podem fazer algo de bom.

AGRADECIMENTOS

- Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco (PGBA), representado pelos professores Diego Astúa e André Esteves, pela solicitude, apoio institucional e pelo auxílio financeiro na tradução de um capítulo da tese;
- À Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na pessoa da prof^a. Maria José de Sena, pela confiança, carinho e pelo apoio institucional;
- Ao Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na pessoa do prof. Fábio Hazin, pela logística e infraestrutura disponibilizada;
- Ao representante da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado no período de 03/2009 a 10/2009;
- À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação da UFRPE, na pessoa da professora Antônia Sherlânia Vêras, pelo auxílio na tradução de dois capítulos da tese;
- À prof^a. Rosângela Lessa, inicialmente por aceitar o desafio de trabalhar com crustáceos. Mas principalmente por ser um profissional exemplar, e nos repassar inúmeros ensinamentos e conselhos que nos foram imprescindíveis;
- Aos membros da banca avaliadora, pelas valiosas sugestões realizadas no momento da defesa, inclusive ao professor Francisco Marcante, suplente da banca, que contribuiu de forma direta com importantes considerações;
- À prof^a. Emiko Mendes, pela enorme contribuição intelectual e material, pelos ensinamentos e principalmente, pelo apoio incondicional;
- Ao professor Paulo de Paula, pela orientação no cultivo dos exemplares, pela paciência e por tantas horas de valiosas conversas, cujo valor é imensurável;
- Aos professores José Roberto Feitosa, Paulo Guilherme e Fábio Hazin e à bióloga Mariana Rêgo, por gentilmente cederem a infraestrutura e parte do material utilizados na histologia;
- Aos pescadores Antônio e João, pelas tantas pescarias, boas conversas durante a coleta do material em Itapissuma e pela prestatividade;

- Ao pescador Rodolfo e dona Zezé, pela ajuda nas coletas em Itamaracá, sempre com muita alegria e por nos mostrar como a vida é simples e boa;
- Ao Engenheiro de Pesca André Guimarães, pelo trabalho conjunto durante o cultivo, e por se mostrar sempre disposto e prestativo;
- Ao querido Edilton Melo que voluntariamente nos acompanhou em todas as coletas em Itamaracá, sempre muito cuidadoso e atencioso;
- Aos amigos que colaboraram nas coletas, no processamento do material, no cultivo e com ótimas ideias: Francisco Marcante, Jones Santander, Jonas Rodrigues, Carlos Guedes, Andressa Melo, Camila Rodrigues, Dijaci Ferreira, Reginaldo Júnior, Fabiana Penalva e Alexandre Duarte.
- Aos amigos que contribuíram com ensinamentos e sugestões acerca das análises estatísticas: Paulo de Paula, Paula Shinozaki, Railma Queiroz, Francisco Marcante, Humber Agrelli e especialmente Roberto Ferreira Manghi, pela grande colaboração em algumas análises;
- E aos que injustamente não foram citados.

“Valeu a pena? Tudo vale a pena se a alma não é
pequena.”

Fernando Pessoa

RESUMO

A maior abundância de siris (Família Portunidae) no Canal de Santa Cruz/PE/ Brasil, ocorreu no período seco. Dentre as cinco espécies que ocorreram no Canal, *Callinectes danae* Smith, 1869 foi a mais abundante, sendo sua ocorrência influenciada pela altura da maré e pela salinidade. As fêmeas de *C. danae* realizaram cinco mudas no período bentônico, enquanto que os machos realizaram seis, sendo essas mudas influenciadas pela temperatura e salinidade. Quando mantida em cativeiro, essa espécie manteve o número de ecdises, porém, atingiu tamanhos menores. Ambos os sexos cresceram segundo o modelo de von Bertalanffy. Os machos atingiram tamanhos maiores e apresentaram uma longevidade menor que as fêmeas. Ao longo do crescimento, tanto os machos quanto as fêmeas apresentaram diferentes formas geométricas da região dorsal e ventral do cefalotórax, sendo a mais notória, a variação do formato do abdômen. O tamanho da largura do cefalotórax de primeira maturação dos machos foi de 8,99 cm e das fêmeas, de 7,16 cm. As fêmeas copularam uma única vez na vida, durante a muda puberal. Elas iniciaram o desenvolvimento gonadal de forma sincrônica à ecdise e apresentaram um ciclo reprodutivo sazonal, com pico entre novembro e dezembro. As fêmeas realizaram migração para regiões mais salinas do estuário, próximo ao mar, e realizaram desovas múltiplas vezes, apresentando uma alta fecundidade. Já os machos, após atingirem a maturidade das gônadas, puderam copular com diversas fêmeas e estiveram sempre prontos à cópula. Os indivíduos se deslocaram ao longo do canal para realizarem o ciclo reprodutivo, e as fêmeas adultas, após chegarem às águas mais salinas, não retornaram ao estuário. A mortalidade total dos machos foi maior do que das fêmeas, porém a taxa de exploração para ambos os sexos se encontrou dentro dos limites aceitáveis para a manutenção da população.

Palavras-chaves: Ecdise. Crescimento. Reprodução. Estuário. *Callinectes*.

ABSTRACT

The highest abundance of crabs (Portunidae) in the Santa Cruz Canal occurred in the dry season. Among the five species present, *Callinectes danae* was the most abundant with is influenced by the tide and salinity. The females of *C. danae* performed 5 molts whereas males performed six molts. This activity was influenced by temperature and salinity. The individual when reared kept the number of molts, however, reached smaller sizes. Both sexes followed the von Bertalanffy growth function. Males were bigger and had a shorter life span cycle than females. During growth, both males and females had different geometric shapes of the dorsal and ventral cephalothorax. The most notorious variation was in the shape of the abdomen. The first maturation median size was 8.99 cm for males and 7.16 cm for females. Females mated only once, during pubertal molt. They developed the gonads synchronously to the molt. Females had a seasonal reproductive cycle with more activity between November and December. They migrated to more saline areas and realized multiple spawn with a high fecundity. Since males reached maturity, they could mate several times and were always ready to copulation. Individuals moved along the Canal to reproduce. The adult females after moved to more saline water do not returned to the estuary. The total mortality was higher for males but the rate of exploitation for both sexes was within acceptable limits for the maintenance of the population.

Key-word: Molt. Growth. Reproduction. Estuary. *Callinectes*.

LISTAS DE FIGURAS

	Pág.
Introdução.	
Figura 1. Espécime de <i>Callinectes danae</i> , com destaque para as medidas morfométricas (A, B), disposição dos espinhos frontais (C), região metagástrica (D) e tamanho dos gonópodos (E).	20
Figura 2. Localização geográfica do Canal de Santa Cruz/PE, área de coleta dos siris analisados no presente estudo.	21
Figura 3. Aparelhos de pesca utilizados para a captura de siris no Canal de Santa Cruz: linha com isca de peixes e puçá (A, B), cuja pescaria é realizada em canoas (C) e mangote (D, E), que é puxado por dois pescadores.	23
Artigo 1.	
Figura 1. Localização geográfica do Canal de Santa Cruz/PE, área de coleta dos siris analisados no presente estudo.	28
Figura 2. Variáveis abióticas do Canal de Santa Cruz no período entre mar/2009 e fev/2010: Pluviometria no dia anterior à coleta, pluviometria média mensal, temperatura da água e salinidade.	32
Figura 3. Escalonamento multi-específico (MDS) e análise de cluster da CPUE de Portunidae nos meses do ano, para pescarias realizadas com rede e linha no Canal de Santa Cruz/PE.	33
Figura 4. Frequência de ocorrência por classes de tamanho (LC) para <i>Callinectes danae</i> capturados no Canal de Santa Cruz/ PE, com linha e com rede.	35
Figura 5. Valores estimados de CPUE de <i>Callinectes danae</i> capturados no Canal de Santa Cruz/ PE, utilizando rede (A) e linha (B) no período entre março de 2009 e março de 2010, incluindo gráfico de Quantis com bandas de confiança simulada da análise da adequabilidade do GLM.	35
Artigo 2.	
Figura 1. Quantis com as bandas de confiança da análise do modelo linear generalizado da proporção de indivíduos de <i>Callinectes danae</i> em ecdise (A) e porcentagem de indivíduos em ecdise, obtida pelo	

	modelo, de acordo com a variação da temperatura da água e salinidade do Canal de Santa Cruz/PE (B).	49
Figura 2.	Proporção de indivíduos adultos de <i>Callinectes danae</i> por classes de largura de cefalotórax, coletados no Canal de Santa Cruz/PE.	50
Figura 3.	Variação sazonal da ocorrência de machos e fêmeas de <i>Callinectes danae</i> em ecdise ao longo dos meses, capturados no Canal de Santa Cruz/PE.	51
Figura 4.	Aumento do tamanho da largura do cefalotórax (LC) e do peso (P) e as respectivas porcentagens em cada ecdise de machos e fêmeas de <i>Callinectes danae</i> em cativeiro e na natureza, advindos do Canal de Santa Cruz/PE.	53
Artigo 3.		
Figura 1.	Localização geográfica da área de coleta dos exemplares de <i>Callinectes danae</i> , no Canal de Santa Cruz, Itapissuma-PE, Brasil.	66
Figura 2.	Frequência de machos e fêmea, jovens e adultos de <i>Callinectes danae</i> por classes de tamanho de largura de cefalotórax (LC).	69
Figura 3.	Relação entre PT e LC de fêmeas e machos de <i>Callinectes danae</i> com seus respectivos modelos.	70
Figura 4.	Relações entre $L_5 \times LC$ e $CQ \times LC$ de fêmeas e machos de <i>Callinectes danae</i> com seus respectivos modelos.	71
Figura 5.	Identificação dos supostos grupos etários de fêmeas e machos de <i>Callinectes danae</i> coletados no Canal de Santa Cruz.	71
Figura 6.	Curvas de crescimento de machos e fêmeas de <i>Callinectes danae</i> na natureza e em cativeiro.	73
Figura 7.	Frequência de machos e fêmeas de <i>Callinectes danae</i> por idade.	76
Figura 8.	Curvas de crescimento de <i>Callinectes danae</i> e outros Portunideos, machos, fêmeas e sexos agrupados, na natureza e em cativeiro, encontrado por diversos autores.	79
Artigo 4.		
Figura 1.	Localização dos marcos anatômicos utilizados na morfometria geométrica da vista dorsal e ventral de <i>Callinectes danae</i> .	88
Figura 2.	Frequência de ocorrência de indivíduos não sexados, fêmeas e machos de <i>Callinectes danae</i> coletados no Canal de Santa Cruz.	90

- Figura 3. Porcentagem de variância explicada por cada autovalor na análise de componentes principais da vista ventral e dorsal de *Callinectes danae* coletados no Canal de Santa Cruz. 91
- Figura 4. Análise de agrupamento canônico baseada na morfometria da vista dorsal e ventral de *Callinectes danae*. 92
- Figura 5. Flexão das placas finas da vista ventral associada aos valores extremos da função discriminante, para machos e fêmeas, adultos e jovens de *Callinectes danae*. 94
- Figura 6. Flexão das placas finas da vista dorsal associada aos valores extremos da função discriminante, para machos e fêmeas, adultos e jovens de *Callinectes danae*. 95

Artigo 5.

- Figura 1. Localização geográfica do Canal de Santa Cruz/PE, com indicação das três localidades (A, B e C) de coleta dos siris *Callinectes danae* analisados no presente estudo. 104
- Figura 2. Composição de exemplares de *Callinectes danae* capturados em três localidades (A, B e C) no Canal de Santa Cruz/PE, utilizando classes de tamanhos de 0,5 e de 1,0 cm. Capturas compostas por fêmeas jovens, fêmeas adultas, machos jovens e machos adultos. 106
- Figura 3. Frequência de indivíduos adultos de *Callinectes danae* por classes de largura do cefalotórax. Linhas e marcas pretas indicam classes de 1,0 cm e linhas e marcas cinza, classe de 0,5 cm. As curvas descritas com linhas pontilhadas representam o modelo LOG1 e as linhas contínuas, o modelo LOG2. 107
- Figura 4. Frequência de indivíduos adultos de *Callinectes danae* por classes de largura do cefalotórax. Linha contínua e marcador cinza representam o local A; Linha contínua e marcador preto representam o local B; linha tracejada e marcador branco, local C. 109

Artigo 6.

- Figura 1. Diferentes padrões de ovário e espermateca observados para *Callinectes danae*. 123
- Figura 2. Tamanho mediano, máximo e mínimo dos exemplares de *Callinectes danae* de cada grupo morfológico. 124

- Figura 3. Diâmetro médio, desvio padrão, e o maior e menor valor das células germinativas e respectivos núcleos dos exemplares de *Callinectes danae*. 126
- Figura 4. Fotomicrografias de células germinativas e acessórias do ovário de *Callinectes danae*. 127
- Figura 5. Fotomicrografias de espermateca e vagina de *Callinectes danae*. 130
- Figura 6. Fotomicrografias dos estágios de desenvolvimento ovariano de *Callinectes danae*. 132
- Figura 7. Distribuição de frequência de diâmetro dos oócitos nos sete estágios de maturação ovariana de *Callinectes danae*. 133

Artigo 7.

- Figura 1. Indicação da medida do comprimento do gonopódio (CG) de *Callinectes danae* e relação entre o CG e a largura do cefalotórax de jovens e adultos. 147
- Figura 2. Desenho esquemático do aparelho reprodutor desenvolvido de macho de *Callinectes danae*, com vista dorsal e ventral, excluindo-se os demais componentes. 149
- Figura 3. Fotomicrografias do testículo de *Callinectes danae*. 151
- Figura 4. Fotomicrografias do vaso deferente anterior de *Callinectes danae*. 152
- Figura 5. Fotomicrografias do vaso deferente médio de *Callinectes danae*. 154
- Figura 6. Fotomicrografias do vaso deferente posterior de *Callinectes danae*. 155
- Figura 7. Fotomicrografias do ducto ejaculatório e do pênis de *Callinectes danae*. 157

Artigo 8.

- Figura 1. Área de coleta dos exemplares de *Callinectes danae*. Foram estabelecidos três pontos ao longo do Canal de Santa Cruz: A, na margem; B, no centro e C, na abertura para o mar. 170
- Figura 2. Variação média mensal da pluviometria na região nos anos de 2009, 2010 e 2011, média dos últimos 10 anos e variação sazonal da temperatura e salinidade nos três pontos de coleta de *Callinectes danae* no Canal de Santa Cruz: à margem, ao meio e na abertura para o mar, no período entre março de 2009 e dezembro de 2011. 173

- Figura 3. Frequência mensal de ocorrência de fêmeas jovens, fêmeas adultas, machos jovens e machos adultos de *Callinectes danae* nas três localidades de coleta: A, à margem; B: no centro e C, na abertura para o mar. À direita, encontram-se os valores de fator de condição, para fêmeas e machos nas respectivas localidades. 175
- Figura 4. Distribuição dos tamanhos de fêmeas e machos, jovens e adultos de *Callinectes danae* em três localidades do Canal de Santa Cruz: à margem, ao meio e na abertura para o mar. 176
- Figura 5. Frequência de jovens de *Callinectes danae* sendo recrutados ao longo do ano no Canal de Santa Cruz/PE. 177
- Figura 6. Ciclo reprodutivo das fêmeas de *Callinectes danae* no Canal de Santa Cruz. Fêmeas nos estágio início de maturação, em maturação, maturo, desovada parcialmente e desovada totalmente. 179
- Figura 7. Número de ovos carregados pelas fêmeas de *Callinectes danae*. Na figura “A” observa-se a dispersão dos dados e na “B”, o valor médio $\pm$ desvio padrão e a indicação dos valores máximos e mínimos de cada classe de tamanho. 180

LISTAS DE TABELAS

Pág.

Artigo 1.

- Tabela 1. Composição das capturas de Portunidae no Canal de Santa Cruz, com a utilização de linha e isca e de rede de arrasto no período entre março de 2009 e março de 2010. 32
- Tabela 2. CPUE de Portunidae utilizando rede (sete grupos) e linha (cinco grupos). Variáveis: Período seco (E) em %; temperatura da água (T) em graus Celsius; altura da maré (M) em metros; índice de iluminação da lua (I); Salinidade (S) em g.L⁻¹; Pluviometria média mensal (P₁) e no dia anterior à pesca (P₂), em milímetros. 34

Artigo 2.

- Tabela 1. Tamanho (LC, em cm) ($\pm$ Desvio padrão) e peso estimado (P, em g) do valor médio da classe normal, calculado a partir da decomposição de grupos compostos de tamanhos de *Callinectes danae* capturados no Canal de Santa Cruz/PE. 52
- Tabela 2. Tamanho (LC) e peso médio (P) ($\pm$ Desvio padrão) em que fêmeas e machos de *Callinectes danae* realizam ecdise em cativeiro e o número médio de dias do período de intermuda. 52
- Tabela 3. Informações acerca da maior largura do Cefalotórax (LC) em centímetros, % de incremento no tamanho (I%), período entre intermudas em dias (IN), número máximo de mudas (Mu) e longevidade (Long.) de espécies de Brachyura encontradas por diversos autores. ~ indicam valores aproximados. No caso de trabalhos com diferentes valores para machos e fêmeas, foi utilizado o maior valor. 56

Artigo 3.

- Tabela 1. Tamanho (LC) em que fêmeas e machos de *Callinectes danae* realizam ecdise em cativeiro e o número médio de dias do período de intermuda. DP: desvio padrão da média. 72
- Tabela 2. Parâmetros de crescimento de machos e fêmeas, na natureza

e em cativeiro, de *Callinectes danae* referentes aos modelos de von Bertalanffy (VB1, VB2 e VB3), de Gompertz (GGF) e Schnute-Richards (SRGF). 74

Tabela 3. Análise do Critério de Informação de Akaike para curvas de von Bertalanffy (VB1, VB2, VB3), Gompertz (GGF) e Schnute-Richards (SRGF) para indivíduos machos e fêmeas de *Callinectes danae*, provenientes da natureza e em cativeiro. 75

Artigo 4.

Tabela 1. Descrição dos marcos anatômicos utilizados na morfometria geométrica da vista dorsal e ventral de *Callinectes danae*. 89

Tabela 2. Valor médio da largura do cefalotórax $\pm$ desvio padrão de cada suposto grupo etário de *Callinectes danae*, fêmeas, machos e os jovens não sexados (NI). 90

Tabela 3. Iteração par a par da geometria dos marcos anatômicos da vista dorsal de indivíduos não sexados, de machos (7 estágios) e de fêmeas (6 estágios) de *Callinectes danae*. 93

Artigo 5.

Tabela 1. P-valores da comparação entre curvas de maturidade de *Callinectes danae*, com tamanho de classe de 0,5 e de 1,0 cm. 107

Tabela 2. P-valores da comparação entre curvas de maturidade de *Callinectes danae*, em três localidades. *indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) utilizando o teste W. 108

Tabela 3. Tamanhos de primeira maturação (cm) com intervalo de confiança, para machos (M) e fêmeas (F) de *Callinectes danae*, em três localidades, baseado em duas amplitudes de classes de tamanho e utilizando dois modelos logísticos. Valores entre parêntesis indicam o R^2 do modelo. 110

Tabela 4. Critério de Akaike (AIC), variação do AIC em função do menor valor encontrado (Δ_i) e o peso do modelo, em função dos demais (W_i), para machos (M) e fêmeas (F) de *Callinectes danae* em três localidades (A, B, C), utilizando dois diferentes modelos (LOG1 e LOG2) e duas classes de tamanho (1,0 e 0,5 cm). 111

- Tabela 5. Tamanhos de primeira maturação (cm) para machos e fêmeas de *Callinectes danae*, incluindo o modelo utilizado e latitude do local, segundo diversos autores. 114

Artigo 8.

- Tabela 1. Fórmulas utilizadas nas estimativas de mortalidade total (Z), a mortalidade natural (M), a mortalidade por pesca (F), a taxa de exploração (E) e de sobrevivência (S), com as respectivas referências. 172
- Tabela 2. Coeficientes instantâneos de mortalidade natural (M) e mortalidade total (Z) e as respectivas taxas de sobrevivência (S, em %) para *Callinectes danae* capturados no Canal de Santa Cruz. As estimativas foram realizadas por diferentes métodos indiretos, segundo equações (Eq.) dispostas na tabela 1. $\bar{x}$ indica a média $\pm$ o desvio padrão. 178

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	19
1.1. Objetivo geral	19
2. ARTIGOS	26
2.1. A influência dos fatores ambientais na abundância de siris (Brachyura: Portunidae) em estuário tropical, Nordeste do Brasil.	26
2.2. Estudo comparativo do ciclo de mudas do siri <i>Callinectes danae</i> (Crustacea: Portunidae) em ambiente natural e em condição experimental.	44
2.3. Idade e crescimento do siri <i>Callinectes danae</i> em região tropical.	63
2.4. Polimorfismo etário e sexual de <i>Callinectes danae</i> utilizando morfometria geométrica.	85
2.5. Podem existir diferenças na estimativa do tamanho de maturação de uma mesma população? Um estudo de caso do siri <i>Callinectes danae</i> (Crustacea: Portunidae).	101
2.6. Biologia reprodutiva de fêmeas de <i>Callinectes danae</i> (Crustacea: Portunidae).	118
2.7. Morfologia e desenvolvimento do trato reprodutivo masculino de <i>Callinectes danae</i> (Crustacea: Portunidae).	143
2.8. Dinâmica populacional de <i>Callinectes danae</i> (Crustacea: Portunidae) em estuário tropical.	167
3. COMENTÁRIOS CONCLUSIVOS	191
REFERÊNCIAS	192

1. INTRODUÇÃO

O filo Arthropoda é caracterizado por apresentar o exoesqueleto rígido e apêndices articulados. Dentre os subfilos existentes, o subfilo Crustacea distingui-se por apresentar dois pares de antenas, olhos pedunculados e crescem por meio de ecdises. A classe Malacostraca apresenta, dentre outras características, o abdômen dividido em seis segmentos, o sistema nervoso centralizado e a presença de maxilípedes na região bucal; a ordem Decapoda, apresenta cinco pares de patas ambulatórias; a subordem Pleocyemata, caracteriza-se por incubar os ovos aderidos aos pleópodos das fêmeas e a infraordem Brachyura apresenta o abdômen reduzido e dobrado na região ventral do cefalotórax (RUPERT e BARNES, 1996).

Os crustáceos constituem um táxon de elevada importância ecológica e econômica, tanto como componentes das cadeias alimentares, como também, servindo de base de sustento de comunidades que vivem às margens desses ambientes (SHAEFFER-NOVELLI, 1995), sendo os Brachyura representados pelos caranguejos e siris. Melo (1996), cita que são conhecidas aproximadamente 5.000 espécies de Brachyura em todo mundo. Os siris da Família Portunidae são representados por duas subfamílias que são compostas por oito gêneros na costa brasileira, sendo os gêneros *Callinectes* e *Portunus* os que apresentam maior importância econômica em diversas regiões do Brasil.

Dentre os Portunídeos, a espécie *Callinectes danae* Smith, 1869, que se distribui desde a Flórida (EUA) até o Rio Grande do Sul (Brasil) (MELO, 1996), é considerada a mais abundante na América do Sul (NEVIS et al., 2009; TEIXEIRA e SÁ, 1998; SEVERINO-RODRIGUES et al., 2001; BRANCO e FREITAS-JUNIOR, 2009). Contudo, não há avaliação do status populacional desta espécie na lista vermelha de espécies ameaçadas (IUCN, 2011).

A família Portunidae é caracterizada por apresentar o último par de patas ambulatórias adaptadas à natação (MELO, 1996). As principais variações entre as espécies da família Portunidae estão associadas às diferenças no formato e número de dentes anterolaterais. As variações do gênero *Callinectes* estão relacionadas principalmente ao número, tamanho e formato dos dentes frontais; tamanho e formato do gonopódio dos machos e pelo formato trapezoidal da região central da carapaça (MELO, 1996). A espécie *C. danae* apresenta quatro dentes interorbitais, de tamanhos desiguais, tendo os dois internos menos que a metade do

comprimento dos dois externos, carapaça com área metagástrica com largura anterior de 2 a 2,5 vezes o comprimento e largura posterior de 1,5 vezes o comprimento e os machos apresentam os gonópodos alcançando além do ponto mediano do esternito IV, se cruzando entre si perto da base (MELO, 1996) (Fig. 1).

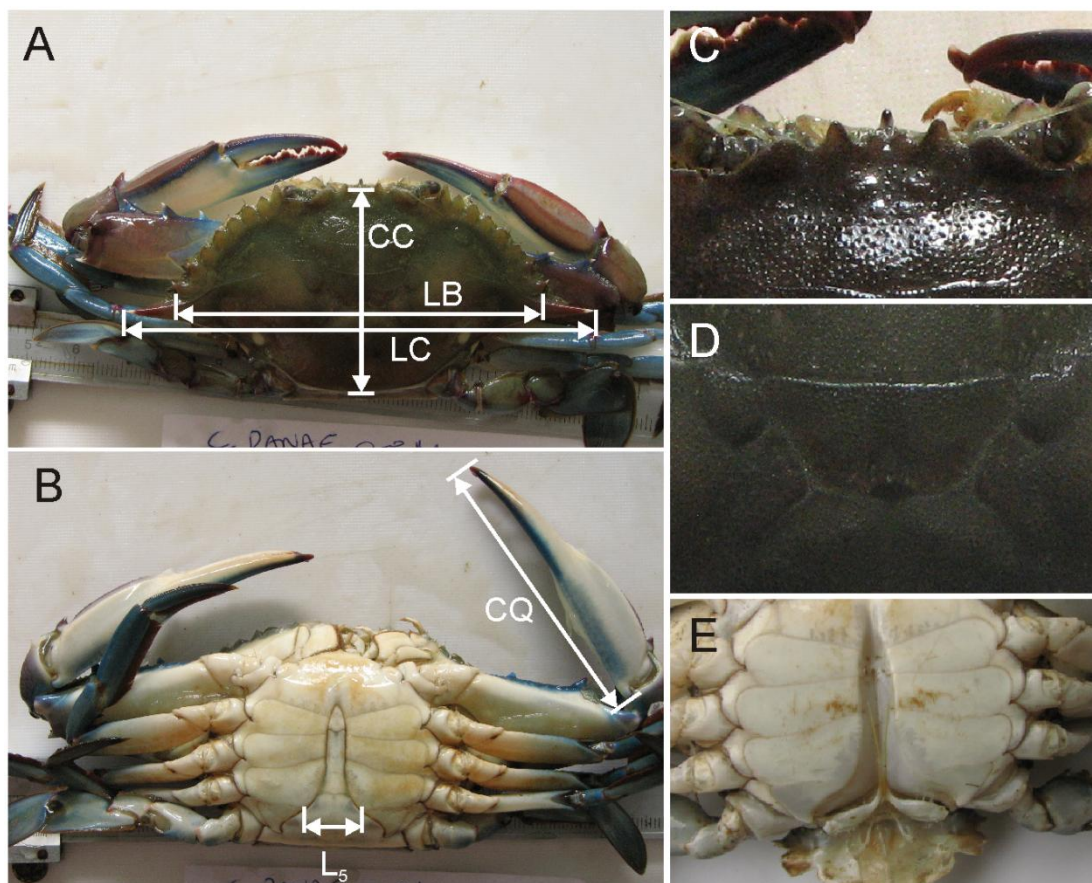


Figura 1. Espécime de *Callinectes danae*, com destaque para as medidas morfométricas (A, B), disposição dos espinhos frontais (C), região metagástrica (D) e tamanho dos gonópodos (E). LC: largura do cefalotórax (com espinhos laterais); LB: largura do cefalotórax (sem espinhos laterais); CC: comprimento do cefalotórax; CQ: comprimento da quela; L₅: largura do quinto segmento abdominal.

As medidas morfométricas comumente obtida por diversos autores, para essa espécie, são: Largura do cefalotórax, medida nas extremidades (LC) ou na base (LB) dos espinhos laterais; Comprimento do cefalotórax (CC), medido entre os dois dentes frontais e a extremidade oposta; Comprimento da quela (CQ), medido da extremidade do dátilo fixo à extremidade oposta; e largura do quinto segmento abdominal (L₅), medido na porção mediana, na junção dos tergitos (Fig. 1).

A espécie *C. danae* é registrada desde a profundidade entre marés até 75 m, apresentando grande tolerância à variação de salinidade, podendo ocupar áreas estuarinas, particularmente aquelas com sedimento lodoso (MELO, 1999). O Canal de Santa Cruz (Fig. 2) compõe o complexo estuarino de Itamaracá, apresentando a

conformação da letra “U”, conectado ao Oceano Atlântico Sul por duas aberturas (MEDEIROS e KJERFVE, 1993). A abertura ao norte se dá na Barra de Catuama, e ao Sul, na Barra do Forte Orange. É uma região que sofre influência de diversos rios e riachos, com 22 km de extensão (CPRH, 1982), localizando-se às margens dos Municípios de Goiana (8,2%), Itapissuma (38,8%), Igarassu (11,7%) e Itamaracá (41,3%), cobrindo uma área de 3.063 hectares (CPHR, 2001).

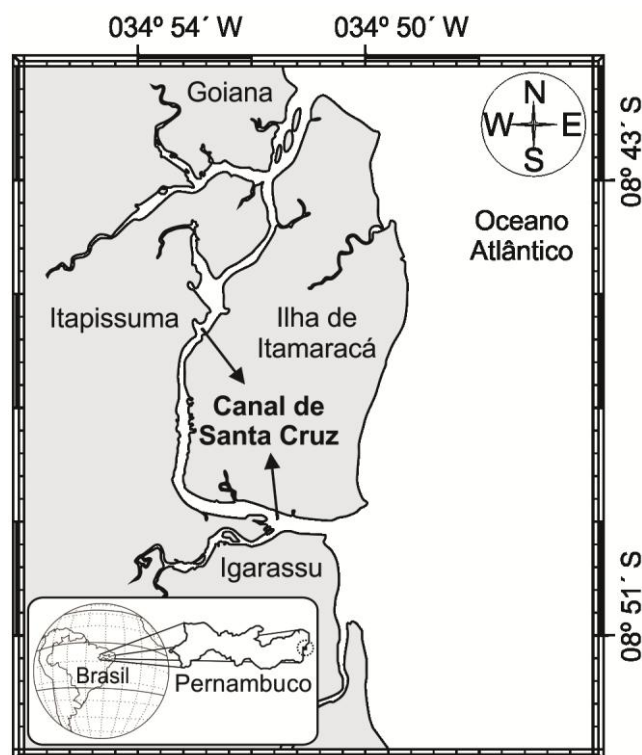


Figura 2. Localização geográfica do Canal de Santa Cruz/PE, área de coleta dos siris analisados no presente estudo.

Dentre 15 municípios que apresentam produção pesqueira no estado de Pernambuco, os municípios de Goiana, Itapissuma e Igarassu se destacam em termos de volume pescado. Assim, a pesca proveniente do Canal de Santa Cruz representa o maior valor declarado na estatística pesqueira do Nordeste do Brasil (ESTATPESCA, 2008). A pesca de siris nessa região é geralmente realizada por meio de canoa, jangada ou desembarcado (coleta manual à margem do Canal), e os aparelhos utilizados são as linhas, linhas de varas, redes tainheira, linhas de aratu, mangote ou são capturados por pescadores ao coletar caranguejo, sururu ou marisco (ESTATPESCA, 2008).

As capturas com canoa e linha (Fig. 3) são direcionadas à captura de siris, sendo realizadas por pescadores solitários ou em dupla, durante a maré vazante até o início da maré enchente. A isca é composta de pequenos peixes da região,

principalmente de espécies das famílias Engraulidae, disposta na extremidade da linha, e quando o siri prende a isca com a quela, é capturado com auxílio de um puçá.

Já o mangote, apresenta 15,0 x 1,8 metros e malha de 12 mm entre nós opostos (Fig. 3). A pescaria é realizada por dois pescadores que puxam a rede paralelamente à costa durante a maré seca, com duração de até meia hora. Contudo, também são relatados para a região, mangotes com comprimento de até 180 m, geralmente utilizados na praia, canais e enseadas, puxadas por um ou dois homens. O alvo dessas pescarias são as saúnas (tainhas jovens), camarões, manjubas e outros pequenos peixes (ESTATPESCA, 2008).

Devido à notória relevância da espécie *Callinectes danae*, diversos trabalhos foram desenvolvidos no Brasil e no mundo com diferentes focos. Dentre os trabalhos desenvolvidos no âmbito da presente tese, Teixeira e Sá (1998), Severino-Rodrigues et al. (2001), Carmona-Suárez e Conde (2002), Nevis et al. (2009), Branco e Freitas (2009) e Carvalho e Couto (2011) abordaram aspectos da abundância e diversidade de espécies; Pereira-Barros (1987) manteve exemplares em cativeiro para compreender a influência de fatores abióticos; Branco e Masunari (1992) estudaram o crescimento; Chacur et al. (2000) analisaram peculiaridades da ecdise; Pita et al. (1985), Negreiros-Fransozo e Fransozo (1995), Chacur e Negreiros-Fransozo (2001), Baptista Metri et al. (2005), Furia et al. (2008), Pereira et al. (2009), Sforza et al. (2010) e Araújo et al. (2011a) abordaram os aspectos populacionais e a maioria dos trabalhos foram desenvolvidos abordando as características associadas à reprodução, como pode ser observado nos trabalhos de Santos (1990), Branco e Thives (1991), Branco e Avilar (1992), Branco et al. (1992), Costa e Negreiros-Fransozo (1998), Branco e Masunari (2000), Barreto et al. (2006), Keunecke et al. (2009), Araújo et al. (2011b) e Keunecke et al. (2011).



Figura 3. Aparelhos de pesca utilizados para a captura de siris no Canal de Santa Cruz: linha com isca de peixes e puçá (A, B), cuja pescaria é realizada em canoas (C) e mangote (D, E), que é puxado por dois pescadores.

Embora diversos trabalhos já tenham sido realizados, observam-se diversas lacunas de informações, principalmente no âmbito da ecdise, crescimento, idade, cultivo, morfometria e desenvolvimento das gônadas. Visto a grande importância econômica e ecológica desta espécie, somado à importância da região e à ausência de informações, foram desenvolvidos oito artigos acerca destes temas.

A presente tese se pautou nas seguintes hipóteses:

- A espécie *Callinectes danae* é a mais abundante no Canal de Santa Cruz;
- Os fatores ambientais influenciam na abundância da espécie;
- Machos e fêmeas realizam diferentes números de mudas;
- Em cativeiro, o número de mudas é semelhante à natureza;
- Os indivíduos em cativeiro crescem menos que na natureza;
- O crescimento dos indivíduos pode ser expresso por um modelo;
- Os machos atingem tamanhos maiores que as fêmeas;
- A espécie apresenta baixa longevidade;
- A forma do corpo apresenta alterações ao longo das ecdises;

- Algumas estimativas de curvas de maturidade apresentam um viés;
- O desenvolvimento gonadal segue o padrão dos Brachyura;
- O ciclo reprodutivo é anual;
- As taxas de mortalidade são elevadas.

Inicialmente (artigo 1) foi realizado o levantamento das espécies de Brachyura que ocorrem no Canal de Santa Cruz. Foram mensurados quais fatores ambientais influenciavam na abundância dessas espécies. Após a caracterização primária do local e da influência abiótica, foram comparadas as capturas de acordo com os aparelhos de pesca utilizados. Observou-se que a espécie *C. danae* é notoriamente a mais abundante na região. Desta forma, as análises foram direcionadas para esta espécie.

Algumas características podem ser identificadas ao analisar a população no habitat natural. Contudo, há aspectos que só podem ser identificados ao realizar um acompanhamento em cativeiro. Assim, foi realizado o cultivo experimental objetivando validar o ciclo de mudas (artigo 2) e a idade, identificando também os aspectos do crescimento (artigo 3).

Ao observar a forte influência do local e dos aparelhos de pesca na composição das capturas, surgiu uma dúvida: Podem existir diferenças no tamanho de maturação de uma mesma população? E essa resposta foi obtida comparando-se as curvas de maturidade de machos e fêmeas, utilizando diferentes modelos, tamanhos e locais de coleta (Artigo 4).

Em se tratando de maturidade, muitos autores comentam a mudança na morfometria durante a muda puberal. Entretanto, notou-se que há uma modificação ao longo de toda a ontogenia. E com base nessa hipótese, foi realizada uma análise do polimorfismo sexual e etário (Artigo 5).

Um estudo minucioso acerca da reprodução dos indivíduos foi realizado. Foi feita a descrição dos testículos e vasos deferentes (artigo 6), bem como do ovário e espermateca (artigo 7), para em seguida, poder concluir esta tese caracterizando a dinâmica da população com ênfase nos aspectos reprodutivos e na análise demográfica (artigo 8).

A contribuição do presente estudo para a conservação do *C. danae* se pauta no conhecimento de características populacionais fundamentais para o desenvolvimento de políticas públicas de preservação. Desta forma, acredita-se ter sido dada uma contribuição significativa para o conhecimento acerca desta espécie.

Espera-se que outros trabalhos complementares sejam desenvolvidos e que a introdução de novos conhecimentos seja uma ação constante.

1.1. Objetivo geral

Analisar as características da população de *Callinectes danae* no Canal de Santa Cruz/PE, quanto à influência dos fatores abióticos na capturabilidade e na realização da ecdise; ao crescimento; morfometria; tamanho de primeira maturação; desenvolvimento dos aparelhos reprodutores masculinos e femininos; ciclo reprodutivo; migração e mortalidade.

2. ARTIGOS

2.1. A influência dos fatores ambientais na abundância de siris (Brachyura: Portunidae) em estuário tropical, Nordeste do Brasil.

RESUMO

Para caracterizar a abundância de espécies da família Portunidae e analisar a influência dos fatores ambientais nos valores de CPUE de *Callinectes danae* Smith, 1869, no canal de Santa Cruz/ PE, foram realizadas 42 pescarias, entre março de 2009 e fevereiro de 2010, utilizando rede de arrasto e linha com isca. As capturas foram compostas por cinco espécies: *Callinectes danae* (mais abundante), *C. marginatus* (A Milne-Edwards 1861), *C. exasperatus* (Gerstaecker 1856), *Charybdis hellerii* (A Milne-Edwards 1867) e *Callinectes bocourti* A Milne-Edwards (1879). A similaridade entre espécies ocorreu em função da CPUE, que apresentou maiores valores no período seco. Foi testada a influência da temperatura da água, altura da maré, índice de iluminação da lua, salinidade, pluviometria e estações do ano. Contudo, a CPUE média (μ) de *C. danae* com rede de arrasto e linha, no Canal de Santa Cruz, foi influenciada apenas pela altura da maré (M) e salinidade (S), respectivamente, de acordo com os modelos: $\mu_{rede} = \exp(3,4921 - 1.3584M)$ e $\mu_{linha} = \exp(0,055589S)$. Dentro dos limites das variáveis ambientais, a maré de 0,1 m é a que otimiza a CPUE com rede 28,68 ind.h⁻¹.m⁻² e a CPUE com linha é otimizada com o aumento da salinidade, capturando 05,92 Ind.h⁻¹.

Palavras-chave: CPUE. *Callinectes*. Canal de Santa Cruz.

→ Artigo aceito para publicação na revista "Crustaceana".

INTRODUÇÃO

O Canal de Santa Cruz/ PE é uma área estuarina influenciada por diversos rios, ocupando uma área de aproximadamente 877 km² e 22 km de extensão (CPRH, 1982). A relevância de desenvolver o presente trabalho nesta localidade, é que, além de pouco se conhecer sobre a ecologia básica dos siris dessas águas, o Canal de Santa Cruz apresenta a maior captura de siris da região Nordeste do Brasil (ESTATPESCA, 2008).

A abundância das espécies em um determinado ambiente é uma resposta ecológica da adaptação aos fatores ambientais e relações intra e interespecíficas. Neste contexto, a influência dos diversos fatores ambientais tem sido estudada na tentativa de elucidar a importância para o ciclo de vida de *Brachyura*: fase da lua e ciclo de marés (ALVES e NISHIDA, 2002); sazonalidade (MAYNOU et al., 2003), temperatura (CHACUR e NEGREIROS-FRANSOZO, 2001), salinidade (CARMONA-SUÁREZ e CONDE, 2002) e precipitação (NEVIS et al., 2009). Entretanto, estes estudos foram desenvolvidos focando outras espécies em outras regiões.

A utilização de um modelo linear generalizado (GLM) na tentativa de quantificar o peso dos fatores que interferem na variável resposta (captura por unidade de esforço - CPUE) é uma importante ferramenta. Para tanto, é necessário padronizar a CPUE, ponderando o peso e variação sazonal dos fatores, uma vez que a influência ocorre de forma interligada, e não isoladamente. Devido à natureza multiplicativa do GLM, este método se torna o mais adequado para interpretação e análise das CPUEs (MAUNDER, 2001). Diversos trabalhos acerca da caracterização da pesca e padronização da CPUE de *Callinectes danae* vêm sendo desenvolvidos, entre os quais, os trabalhos desenvolvidos por Branco e Masunari (1992); Chacur e Negreiros-Fransozo (2001); Severino-Rodrigues et al. (2001); Carmona-Suárez e Conde (2002); Loebmann e Vieira (2006) e Nevis et al. (2009).

O objetivo do presente trabalho é caracterizar a abundância de espécies de siris e propor um modelo específico de abundância para *Callinectes danae* no canal de Santa Cruz/ PE baseando-se na influência dos fatores ambientais. A utilização destes modelos permitirá estimar os valores de captura a partir de uma variável ambiental conhecida.

MATERIAL E MÉTODOS

Coletas

A captura dos indivíduos foi realizada no Canal de Santa Cruz, município de Itapissuma, litoral Norte do Estado de Pernambuco, Brasil (Fig. 1). O local de coleta apresenta uma distância de aproximadamente 8 km do mar. Para excluir variáveis não mensuradas, todo o esforço pesqueiro foi realizado no mesmo local, nas proximidades de $08^{\circ}47'00''\text{S}$ e $034^{\circ}53'12''\text{W}$.

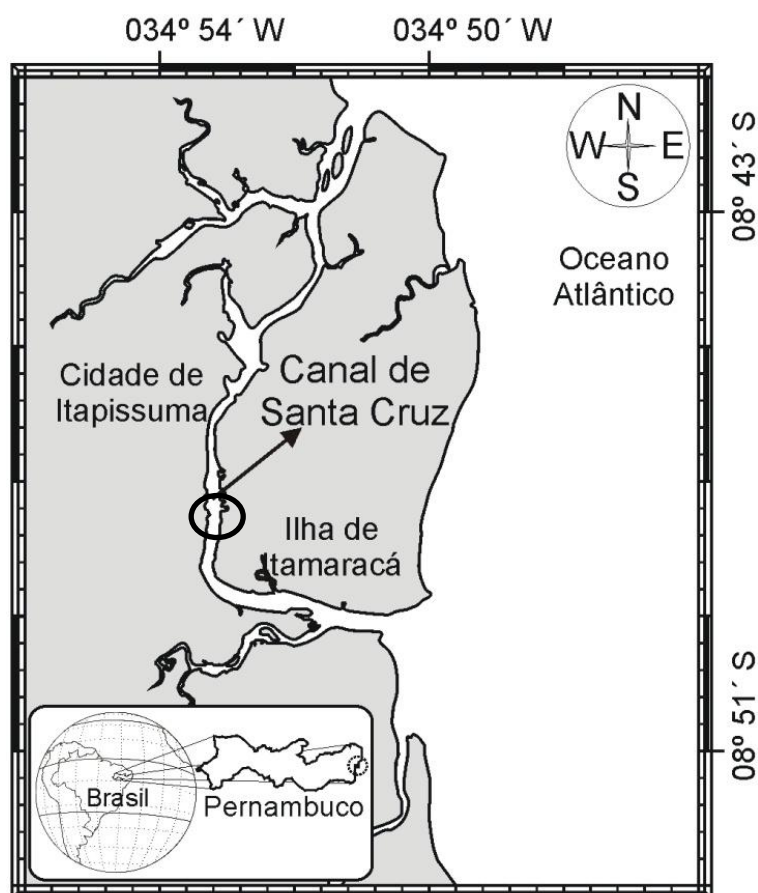


Figura 1. Localização geográfica do Canal de Santa Cruz/PE, área de coleta dos siris analisados no presente estudo. O círculo indica o local exato das coletas.

As pescarias foram realizadas sempre pelos mesmos coletores, objetivando eliminar a subjetividade referente à habilidade do pescador ou diferente material e técnicas de pesca. Foram realizadas entre 3 e 4 pescarias mensais no período entre março de 2009 e março de 2010, totalizando 42 lances, utilizando dois aparelhos distintos:

- Rede de arrasto (30 lances): Aparelho com 15,0 x 1,8 metros e malha esticada de 12 mm entre nós opostos. A pescaria é realizada por dois pescadores que puxam a rede paralelamente à costa.
- Linha com isca de peixes (12 lances). A pescaria é realizada em canoas, por dois pescadores. A isca é composta de pequenos peixes da região, disposta na extremidade da linha, e quando o siri prende a isca com a quela, é capturado com auxílio de um puçá.

Para cada pescaria, foram registradas as seguintes variáveis:

- Temperatura da água (T) em graus Celsius, utilizando um termômetro;
- Altura da maré (M) em metros, baseado na tábua de marés do Porto do Recife. A altura no momento exato da captura foi calculada segundo Miguens (1996);
- Índice de iluminação da lua (I) da noite anterior (0 h) à pescaria, em porcentagem (0 a 100%), utilizando-se o software MoonTool[®] (Hörstemeier, 2001);
- Salinidade (S) da superfície, em gramas por litro, utilizando um condutivímetro;
- Pluviometria média mensal (expressa em valor diário, P_1) e do dia anterior a pescaria (P_2), em milímetros, da estação Recife. Nos casos de ausência de dados, foram obtidos dados de estações próximas (INPE, 2010);
- Estação seca (E), de 23 de setembro a 19 de março (variável binária = 1) ou estação chuvosa, de 20 de março a 22 de setembro (variável binária = 0);
- Tempo de pesca (P) em minutos, correspondente à duração de cada pescaria; e
- Número total de exemplares (n) capturados de cada espécie. Os Brachyura foram identificados ao nível taxonômico de espécie, utilizando-se os guias propostos por Williams (1974) e Melo (1996).

Os exemplares da espécie *C. danae* coletados foram identificados quanto ao sexo e maturidade, com base no formato e aderência do abdômen, em que os jovens apresentam o abdômen triangular aderido aos esternitos e os adultos, apresentam o abdômen não aderido. As fêmeas apresentam o abdômen triangular (jovens) ou semicircular (adultas) e os machos, em formato de “T” invertido (VAN ENGEL, 1990). O estágio de ecdise (carapaça rígida ou flexível) foi registrado. Foi mensurado ainda a largura do cefalotórax (precisão de 0,01 cm), medido na extremidade dos espinhos laterais e o peso (0,01 g).

Análises estatísticas

Os valores de captura em função do esforço de pesca foram calculados:

- Para rede: $CPUE = N.(P.A)^{-1}$
- Para linha: $CPUE = N.(P.L)^{-1}$

Onde: N: número de indivíduos capturados de cada espécie; P: tempo de pesca em horas; A: área varrida em m^2 (Distância caminhada durante o arrasto multiplicado por 80% do comprimento da rede (valor estimado de abertura da malha) e L: número de linhas com isca.

Para avaliar se os valores de captura com linha e com rede, separadamente, apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) na composição das espécies, foi testada a normalidade do erro da distribuição (teste de Shapiro Wilk) e a homocedasticidade das variâncias (teste de Cochran). Como os dados não apresentam distribuição normal (para rede: $W = 0,4194$ e para linha: $W = 0,6087$) e são heterocedásticos (para rede: $G = 0,9729$ e para linha: $G = 0,9959$), foi então utilizada ANOVA não paramétrica seguida do teste de Kruskal Wallis (MENDES, 1999) para comparação múltipla de médias.

Para análise multivariada, foram elaboradas duas matrizes de dados, uma contendo as espécies como descritores e a CPUE como objetos e outra contendo os meses como descritores e a CPUE como objeto (MARDIA et al., 1980). Os dados de ocorrência foram transformados (raiz quadrada da raiz quadrada) e em seguida, foi utilizado o índice de Bray-Curtis como método de ligação entre os objetos (amostras) e entre os descritores (espécies ou meses) na análise de cluster. Foi utilizada a média do grupo (group average) e a partir da matriz triangular, foi feita a análise de escalonamento multi-dimensional (MDS), com o objetivo de identificar os principais grupos aos quais os descritores são ordenados (CLARKE e WARWICK, 2001).

Os dados de CPUE de *C. danae* foram inicialmente analisados quanto ao tipo de distribuição. Em seguida, foi testada a influência dos fatores abióticos nos valores médios de CPUE (μ), de acordo com o modelo linear generalizado (GLM) (McCULLAGH e NELDER, 1989) para ambos os aparelhos de pesca, dados por:

$$\mu = \exp\{\beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 M + \beta_3 I + \beta_4 S + \beta_5 P_1 + \beta_6 P_2 + \beta_7 E + \beta_8 (P_1 S)\}$$

Para selecionar as variáveis significativas nos modelos, foram utilizados o processo de seleção stepwise forward/backward e o critério de Akaike (AKAIKE, 1974). Para avaliar as adequabilidades dos modelos, foram utilizados gráficos de

quantis com envelope (bandas de confiança) e os desvios escalonados. Na ocorrência de pontos aberrantes, foi investigada a influência destes nos modelos finais através da distância de Cook (COOK e WEISBERG, 1982), evitando a inserção ou exclusão indevida de variáveis influenciadas por *outliers*.

RESULTADOS

Todas as espécies

As variáveis ambientais apresentaram oscilação anual, observando-se que a salinidade e temperatura variam inversamente proporcional à pluviometria média mensal, enquanto que a pluviometria diária apresenta uma faixa mais ampla de variação (Fig. 2). A salinidade variou de 16 a 32,8 g.L⁻¹; a temperatura da água oscilou entre 27 e 33°C; A precipitação diária variou de 0 a 49 mm, enquanto que a média mensal foi de 0,28 a 19,71 mm. Estas variações são típicas de uma região tropical, local em que se situa a área de coleta. A variação da maré e a iluminação da lua apresentaram o ciclo sazonal conhecido. A maré variou de 0,0 a 1,9 metros e a lua, de 0 a 100%.

As capturas foram compostas por cinco espécies da família Portunidae (Tab. 1). A linha se mostrou mais seletiva, tanto na captura em número de indivíduos quanto na proporção na ocorrência das espécies, sendo *C. danae* mais abundante que as demais. Para as capturas realizadas com rede, observou-se a mesma predominância, entretanto, outras espécies, também apresentaram abundância representativa, como o *Callinectes marginatus* e *Callinectes exasperatus* (Tab. 1). A composição das capturas efetuadas pelos dois aparelhos formou três grupos de espécies. Um grupo com abundância superior a 85%, formado apenas por *C. danae*. O segundo grupo, formado por espécies com capturas variando entre 1 e 10%. E um terceiro grupo com abundância inferior a 1% (Tab. 1).

Foram identificados seis grupos e um mês isolado para rede (Fig. 3A-B) e dois grupos e três meses isolados para linha (Fig. 3C-D), a um corte de 80%. Observa-se nos clusters uma tendência clara de agrupamento entre os meses do período seco (de acordo com a figura 2), com alta temperatura, durante as marés baixas, com alta iluminação da lua, elevada salinidade e baixa precipitação (Tab. 2).

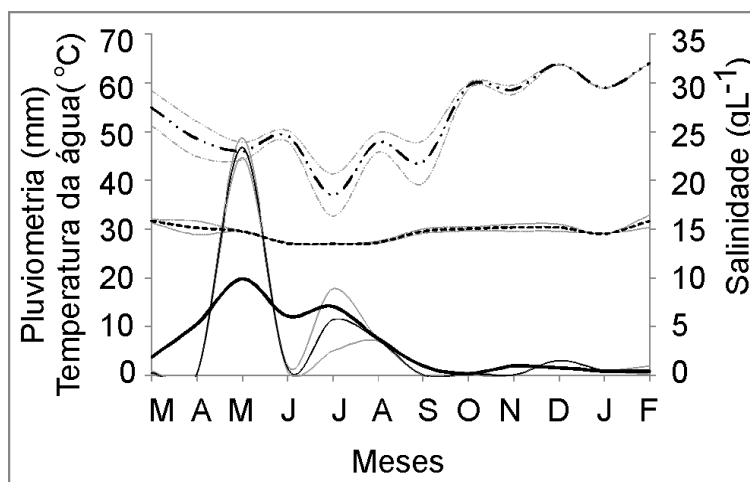


Figura 2. Variáveis abióticas do Canal de Santa Cruz no período entre mar/2009 e fev/2010: Pluviometria no dia anterior à coleta (—), pluviosidade média mensal, em valor diário (—), temperatura da água (.....) e salinidade (—). As linhas de cor cinza indicam o desvio padrão referente a cada variável.

Ao comparar a influência sazonal por espécie, a maioria apresentou maior abundância no período seco (*C. marginatus*: 86.17%; *C. danae*: 63.35%; *C. exasperatus*: 77.89%). A única espécie que foi apenas capturada no período chuvoso foi *C. bocourti*, enquanto que *Charybdis helleri* foi igualmente capturado na estação seca e chuvosa.

Tabela 1. Composição das capturas de Portunidae no Canal de Santa Cruz, com a utilização de linha e isca e de rede de arrasto no período entre março de 2009 e março de 2010. Letras diferentes entre as médias apresentam diferenças significativas, utilizando o teste de Kruskal Wallis.

	Rede – n (%)	Linha – n (%)
<i>Callinectes danae</i>	6375 (89,39%) ^a	610 (97,91%) ^a
<i>Callinectes marginatus</i>	659 (9,24%) ^b	06 (0,96%) ^b
<i>Callinectes exasperatus</i>	90 (1,26%) ^{bc}	05 (0,80%) ^b
<i>Charybdis hellerii</i>	04 (0,06%) ^c	02 (0,32%) ^b
<i>Callinectes bocourti</i>	04 (0,06%) ^c	00 (0,00%)
p-valor (Kruskal Wallis)	< 0,0001	< 0,0001

Seletividade do aparelho de pesca para *Callinectes danae*.

A amplitude de tamanhos de largura do cefalotórax (LC) de indivíduos capturados com rede (n=6376) variou de 1,11 cm a 12,44 cm, com pesos entre 0,06 a 108,77 g. Os indivíduos capturados com Linha (n=610) apresentaram uma

amplitude de LC muito semelhante, entre 1,15 e 12,45 cm, com pesos entre 2,16 e 125,91 g. Entretanto, os indivíduos capturados com rede apresentaram tamanhos e pesos médios inferiores ($4,15 \pm 0,77$ cm e $9,06 \pm 6,15$ g) aos indivíduos capturados com linha ($8,32 \pm 1,08$ cm e $43,51 \pm 15,27$ g) (Fig. 4). A classe modal de LC também ocorreu em classes menores para a pesca com rede, embora indivíduos jovens (abdômen aderido aos esternitos) tenham sido predominantes utilizando ambos os aparelhos (97,91% com rede e 60,50% com linha).

Outra característica relevante se refere aos indivíduos em ecdise: 12,49% das capturas com rede é composta por indivíduos em ecdise (siri mole), dentre os quais, 48,98% são fêmeas. Já utilizando a linha, apenas fêmeas são capturadas em ecdise quando as mesmas estão sendo carregadas pelos machos, comportamento que precede a cópula.

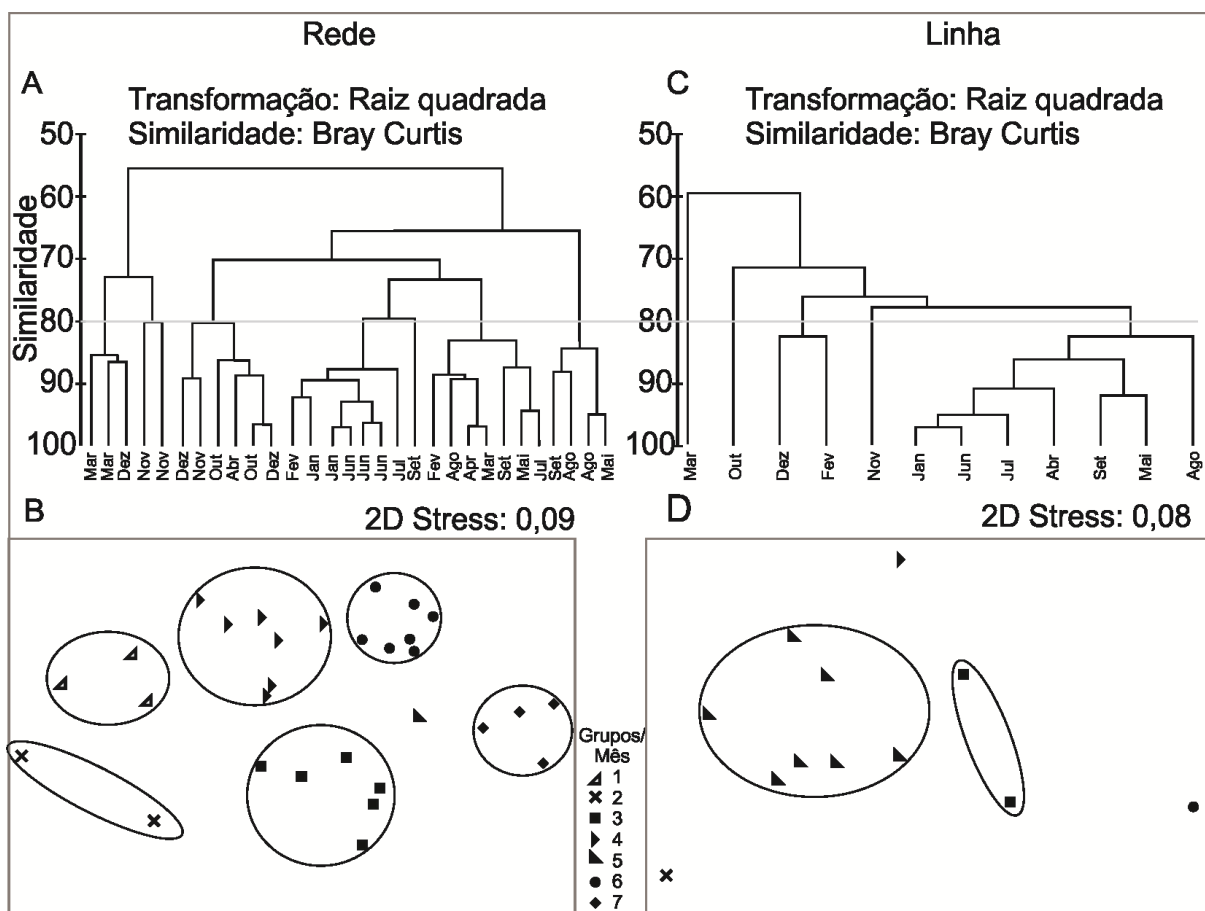


Figura 3. Escalonamento multi-específico (MDS) e análise de cluster da CPUE de Portunidae nos meses do ano, para pescarias realizadas com rede (A e B) e linha (C e D) no Canal de Santa Cruz/PE.

O tempo de duração de cada pescaria apresentou grande variação, de quatro a 23 minutos, usando rede e de 50 a 198 minutos usando linha. Como

consequência, a área abrangida na pesca com rede variou de 600 a 1440 m². O número de indivíduos capturados variou de 46 a 1093, utilizando rede, e entre 27 e 87, utilizando linha.

Influência das variáveis ambientais para *Callinectes danae*.

Ao testar a influência das variáveis ambientais na abundância de *C. danae*, foram obtidos os seguintes modelos: $\mu_{rede} = \exp(3,4921 - 1,3584M)$ (p-valor = 0,9995) para rede e o modelo $\mu_{linha} = \exp(0,055589S)$ (p-valor = 0,9991) para linha. Estes resultados indicam que as capturas com rede são apenas influenciadas pela altura da maré e as capturas com linha, apenas pela salinidade. Todas as outras variáveis testadas não influenciaram na abundância.

Tabela 2. CPUE de Portunidae utilizando rede (seis grupos e um mês isolado) e linha (dois grupos e três meses isolados). G/M: grupos e meses. Variáveis: Período seco (E) em %; temperatura da água (T) em graus Celsius; altura da maré (M) em metros; índice de iluminação da lua (I); Salinidade (S) em g.L⁻¹; Pluviometria média mensal, em valor diário (P₁) e no dia anterior à pesca (P₂), em milímetros.

G/M	CPUE	E	T	M	I	S	P ₁	P ₂
Rede								
1	46,34	100,00	31,33	0,37	60	28,17	3,12	1,67
2	30,81	100,00	31,00	0,33	100	28,80	1,86	0,00
3	7,26	83,33	30,83	0,58	45	29,30	2,65	1,00
4	9,67	42,86	28,43	0,76	51	26,00	7,53	1,71
5	6,91	0,00	30,00	0,60	81	19,70	1,85	0,00
6	22,54	28,57	29,79	0,47	52	23,74	8,33	8,57
7	3,91	0,00	28,37	0,55	63	22,38	9,15	15,75
Linha								
1	15,6	100,00	33,00	0,30	92	32,80	2,83	0,00
2	1,19	100,00	29,00	1,90	32	28,90	0,28	1,00
3	5,62	100,00	28,25	0,70	2	31,85	1,12	3,00
4	3,37	100,00	28,00	0,60	5	30,60	1,86	0,00
5	3,86	14,29	28,21	1,04	36	25,44	9,51	11,00

As menores marés foram associadas às maiores capturas, utilizando rede, enquanto que os maiores valores de salinidade resultaram numa maior abundância com o uso de linha (Fig. 5A). Dentro da amplitude das variáveis ambientais, a maré mais baixa corresponde à CPUE de 28,68 ind.h⁻¹.m⁻². Os menores valores (07,37 ind.h⁻¹.m⁻²) foram encontrados com as maiores marés. A CPUE para a maré media

de 0,55 m foi de $15,56 \text{ ind.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$. A CPUE para pescarias com linha foi otimizada com os maiores valores de salinidade (Fig. 5B) atingindo o valor máximo de $5,92 \text{ ind.h}^{-1}$. A menor salinidade corresponde à menor CPUE de $2,43 \text{ ind.h}^{-1}$. A CPUE para a salinidade média de $27,84 \text{ g.L}^{-1}$ foi de $4,70 \text{ ind.h}^{-1}$.

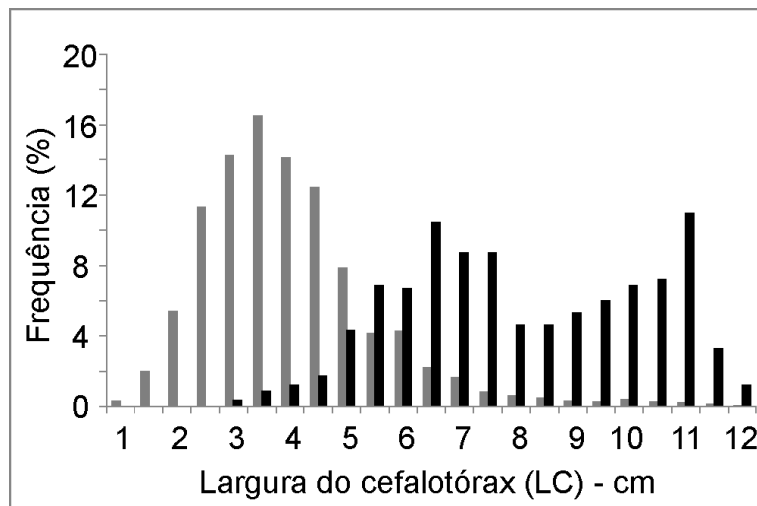


Figura 4. Frequência de ocorrência por classes de tamanho (LC) para *Callinectes danae* capturados no Canal de Santa Cruz/ PE, com linha (■) e com rede (■). Os valores de LC se referem ao início da classe de 0,5 cm de amplitude.

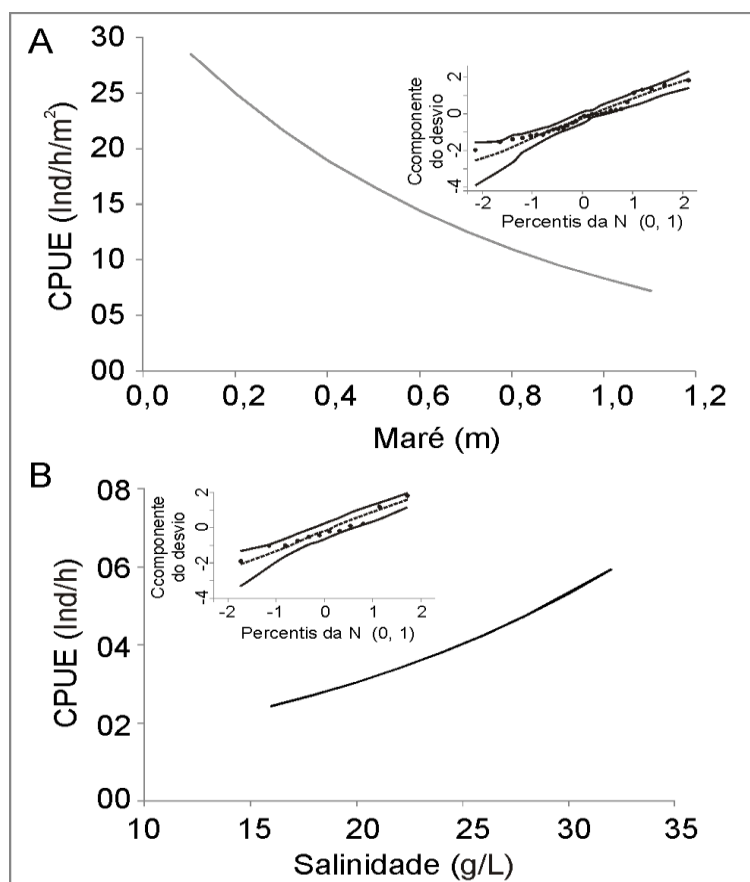


Figura 5. Valores estimados de CPUE de *Callinectes danae* capturados no Canal de Santa Cruz/ PE, utilizando rede (A) e linha (B) no período entre março de 2009 e março de 2010, incluindo gráfico de Quantis com bandas de confiança da análise da adequabilidade do GLM.

Pelos gráficos de quantis do GLM, tanto para pesca com linha quanto para a pesca com rede (gráficos pequenos, Fig. 5), os pontos se encontram dispostos aleatoriamente dentro das bandas de confiança, indicando que em ambos os ajustes a distribuição gama está corretamente especificada.

DISCUSSÃO

Todas as espécies

A influência das variáveis ambientais na abundância de siris foi evidente. A combinação dos fatores que otimizam as capturas, tanto com linha quanto com rede, esteve intrinsecamente relacionada ao período seco, caracterizado por altas temperaturas, alta salinidade e baixa precipitação. A baixa salinidade e o período chuvoso estiveram diretamente relacionados uma vez que as águas das chuvas alimentam os rios, aumentando o aporte fluvial e reduzindo a elevada evaporação causada pela temperatura.

Severino-Rodrigues et al. (2009), no sudeste do Brasil, e Carvalho e Couto (2011), no nordeste do Brasil, também relataram que a salinidade é a principal influência na ocupação espacial dos siris. Cházaro-Olvera e Peterson (2004) relataram que a salinidade apresenta uma importante influência na sobrevivência. Essa relação positiva entre abundância e variáveis abióticas é limitada pelos valores de uma região tropical. Para condições experimentais ou para uma região com maior variação das variáveis abióticas, o resultado pode ser diferente. Em vez de haver uma relação positiva, passa-se a observar um ponto ótimo da curva (ex. Lawal-Are e Kusemiju, 2010).

Callinectes bocourti é uma espécie típica de água doce e suas características são opostas ao padrão encontrado para as demais espécies: há uma preferência por águas menos salinas. Devido ao baixo número capturado (4 fêmeas), essa espécie não influenciou os resultados das análises. Resultados opostos também foram observados para *C. sapidus* na Baía de Chesapeake (Harding e Mann, 2010) com maiores abundâncias de machos com a diminuição da salinidade. Assim, é importante destacar que os resultados encontrados no presente trabalho não devem ser extrapolados para todos os Portunidae, mas apenas para as espécies e a região analisadas.

Segundo Maynou et al. (2003), a sazonalidade é a variável de maior influência na variação da CPUE, explicando 52,4% dos valores do modelo linear generalizado encontrado para crustáceos de profundidade. Nevis et al. (2009), citam que a precipitação, salinidade, pH e a interação entre esses fatores ambientais compõem a principal influência na abundância de Portunidae no estuário de Curuçá, no Norte do Brasil. Carmona-Suárez e Conde (2002), na Venezuela (Latitude: 12°N), citam a salinidade como principal fator determinante da distribuição da família Portunidae, semelhante aos resultados encontrados para o Canal de Santa Cruz/PE.

Outras variáveis também resultam em uma maior abundância de siris, como a maré baixa e a iluminação da lua. Os menores níveis de maré implicam nas maiores capturas devido ao fato de um mesmo número de indivíduos se distribuírem em uma menor quantidade de água. A fase da lua também pode ser diretamente relacionada à maré: durante a lua cheia (elevada taxa de iluminação) o alcance da maré é maior que nos demais momentos. Infelizmente, são desconhecidos trabalhos que relacionam a abundância de espécies do gênero *Callinectes* à fase da lua e ciclo de maré, para fins de comparação e discussão.

Seletividade do aparelho para *Callinectes danae*.

A pesca realizada com linha e isca se baseia no princípio de atração dos exemplares para alimentação. A influência da salinidade pode ser considerada uma característica biológica da espécie, ou seja, os indivíduos ficam mais ativos no nível ótimo de salinidade. Em salinidades mais baixas, a movimentação é limitada. Essa influência foi também analisada por Pereira-Barros (1987) em condições de laboratório. Estes autores relataram que *C. danae* atinge mortalidade de 100% quando a salinidade é zero, e com o aumento gradual da salinidade, a mortalidade diminui, atingindo um valor ótimo em 35 ppm. Desta forma, se explica a relação entre os maiores valores de CPUE nas maiores salinidades, encontrada no presente trabalho.

Para as pescarias com rede, a maré foi a única variável que apresentou influência. O entendimento também pode ser baseado no princípio de seletividade do aparelho, uma vez que a rede é uma arte ativa, que captura os exemplares sem a necessidade de atraí-los. Assim, o menor volume d'água implica em maiores capturas, já que um mesmo número de exemplares em diferentes volumes de água

resultam em capturas proporcionais à probabilidade de encontro entre o aparelho e o espécime.

De um modo geral, os indivíduos jovens capturados são descartados ainda vivos, exceto aqueles que se encontram em ecdise, que são comercializados como “siri mole”. Severino-Rodrigues et al. (2001) citam que o descarte atinge 50,3% das capturas e que 49,7% do total capturado são indivíduos jovens. Estes valores são muito próximos, apoiando a afirmação de que os exemplares jovens são devolvidos ao ambiente.

A ecdise é uma importante característica dos crustáceos, sendo um indicativo do crescimento e relacionada à longevidade e maturidade reprodutiva (HARTNOLL, 1982). Assim, a ocorrência e captura do “siri mole” podem também estar relacionadas à reprodução e aos fatores ambientais. Ainda são ausentes trabalhos que associam essas características às ocorrências de mudas de *C. danae*.

A composição de tamanhos dos indivíduos pode ser relacionada a diferentes usos do habitat ao longo do desenvolvimento, porém, nesse contexto, parece estar diretamente relacionada à seletividade dos aparelhos de pesca. Branco e Freitas-Junior (2009), ao utilizarem jereré no sul do Brasil, capturaram exemplares entre 0,8 e 12,4 cm, com classe modal em 5,0, 6,0 e 9,0 cm. Essa seletividade se apresenta bem diferente da rede, e próxima à linha (com puçá), utilizados no presente trabalho. Nota-se que o princípio de captura do jereré e da linha é bem semelhante: arte de pesca passiva, atração por isca e malha pequena (geralmente menor de 12 mm) com baixa seletividade. Desta forma, há uma tendência de serem capturados indivíduos maiores, uma vez que os mesmos levam vantagens sobre os jovens na competição pelo alimento (isca).

Influência das variáveis ambientais para *Callinectes danae*.

As maiores capturas de *C. danae* no sudeste do Brasil ocorrem com o aumento da temperatura (CHACUR e NEGREIROS-FRANSOZO, 2001), e salinidade (SEVERINO-RODRIGUES et al., 2001), corroborando com o presente trabalho. Em oposição, Teixeira e Sá (1998) relatam maiores capturas de *C. danae* em águas salobras no Nordeste, diminuindo com o aumento de salinidade.

Pereira et al. (2009), analisando *C. danae* no sudeste do Brasil, relataram que as menores capturas ocorrem com as maiores temperaturas. Entretanto, estes valores são próximos de 24°C, que ainda é inferior que as menores temperaturas

relatadas no presente estudo. Araújo et al. (2011), analisando a mesma população aqui estudada, no Canal de Santa Cruz, observou que a maior captura de fêmeas jovens ocorre com o aumento da temperatura.

Carvalho e Couto (2011) relataram que a abundância de *C. danae* diminui em salinidades maiores que 33 g.L⁻¹. Para valores entre 13 e 33 g.L⁻¹, não houve variação. Entretanto, estes autores focaram na distribuição espacial. Aqui, a análise se baseia na variação sazonal.

Nos estuários de São Paulo, observou-se a maior produção de siri *C. danae* também em função da maior salinidade (SEVERINO-RODRIGUES et al., 2001). Entretanto, estes autores relatam que pode ocorrer o aumento das capturas no período chuvoso devido ao aumento da turbidez da água, dificultando a visualização da canoa ou do pescador.

Outra variação possível está associada às migrações reprodutivas (PITA et al., 1985). É possível que os diversos trabalhos apliquem os esforços de pesca em diferentes áreas do estuário, resultando, conseqüentemente, diferentes valores de CPUE em distintos períodos do ano. Outro exemplo de migrações reprodutivas ocorre com *C. sapidus*. Hines et al. (1987) reportaram que ocorre migração ao longo do estuário, resultando em diferentes distribuição para sexos e idade. Assim, destaca-se a importância de se conhecer detalhadamente as características do local de pesca para compreender essa variação.

Observa-se uma grande variação nos valores de abundância de *C. danae*, de acordo com o aparelho de pesca e região, e nas unidades de padronização, impossibilitando a comparação entre trabalhos. Nevis et al. (2009) no Pará, encontrou o valor de 0,77 ind.1000m⁻² (em 5 minutos de pesca), enquanto que Loebmann e Vieira (2006), no Rio Grande do Sul, obtiveram uma CPUE média de 295,6 g.rede⁻¹ (variação de zero a 869,0 g.rede⁻¹), utilizando como aparelho de pesca uma fixa, rede com saco, com malha de 24 mm e atração luminosa. Branco e Masunari (1992), utilizando puçá e facho luminoso, capturaram de 1,08 a 5,34 indivíduos em 30 minutos (cobrindo uma área aproximada de 100 m²). No presente trabalho, foram encontrados os valores médios de 15,56 ind.h⁻¹.m⁻² para rede e de 4,70 Ind.h⁻¹ para linha.

Em adição, é importante destacar que o elevado número de indivíduos capturados está relacionado à abundância da espécie na região, bem como ao direcionamento da pescaria. Em se tratando de outras regiões, as capturas podem

variar amplamente, de acordo com as características regionais e em relação ao aparelho de pesca, em função da espécie alvo da pescaria realizada.

De um modo geral, observa-se uma ampla variação nos valores de CPUE encontrados pelos diversos autores. Esta diferença pode ser explicada por: (a) direcionamento da pesca, uma vez que o siri é a espécie-alvo de algumas pescarias e compõe a fauna acompanhante de outras; (b) grande número de indivíduos jovens (elevado número, reduzida biomassa), que geralmente é devolvido ao estuário, contudo pode ser contabilizado pela pesca; (c) agregação da espécie em locais que apresentam pouca profundidade na maré baixa, ocasionando maiores capturas; (d) seletividade dos aparelhos utilizados, com base no tamanho da malha das redes utilizadas; ou (e) abundância da espécie na região.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. R. N.; NISHIDA, A. K. A. 2002. Ecdise do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda, Brachyura) na visão dos caranguejeiros. *Interciencia* 27: 110-117.
- ARAÚJO, M. S.; BARRETO, A. V.; NEGROMONTE, A. O.; SCHWAMBORN, R. 2011. Population ecology of the blue crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) in a Brazilian tropical estuary. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 84(1): 1-9.
- AKAIKE, H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19: 716-725.
- BRANCO, J. O.; FREITAS Jr, F. 2009. Análise quali-quantitativa dos crustáceos no ecossistema Saco da Fazenda, Itajaí, SC. in: *Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas*. 180-206p.
- BRANCO, J.O.; S. MASUNARI. 1992. Estrutura populacional de *Callinectes danae* (Decapoda, Portunidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC, Brasil. *Acta Biologica Paranaense, Curitiba* 21 (1/4): 37-5.
- CARMONA-SUÁREZ, C. A.; CONDE, J. E. 2002. Local distribution and abundance of swimming crabs (*Callinectes* spp. and *Arenaeus cribrarius*) on a tropical arid beach. *Fishery Bulletin* 100:11–25.

CARVALHO, F.L.; COUTO, E. C. G. 2011. Environmental variables influencing the *Callinectes* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) species distribution in a tropical estuary - Cachoeira River (Bahia, Brazil). Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom 91(4): 793-800.

CHACUR, M. M.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2001. Spatial and seasonal distributions of *Callinectes danae* (Decapoda, Portunidae) in Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil. Journal of Crustacean Biology 21 (2): 414- 425.

CHÁZARO-OLVERA, S.; PETERSON, M. S. 2004. Effects of salinity on growth and molting of sympatric *Callinectes* spp. from Camaronera lagoon, Veracruz, Mexico. Bulletin of Marine Science 74(1): 115–127.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd ed., 169 p. PRIMER-E, Plymouth, U.K.

COOK, R. D.; WEISBERG, S. 1982. Residuals and Influence in Regression, Chapman and Hall, London.

CPRH - Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e da administração de recursos Hídricos. 1982. Estudo para controle ambiental nas áreas estuarinas de Pernambuco. Canal de Santa Cruz. Recife, CONDEPE, 118p.

ESTATPESCA. 2008. Monitoramento da atividade pesqueira no litoral nordestino–projeto ESTATPESCA. SEAP/IBAMA/PROZEE. 385p.

HARDING, J. M.; MANN, R. 2010. Observations of distribution, size, and sex ratio of mature blue crabs, *Callinectes sapidus*, from a Chesapeake Bay tributary in relation to oyster habitat and environmental factors. Bulletin of Marine Science 86(1): 75-91.

HARTNOLL, R. G. 1982. Growth. In: Bliss, D. E. The biology of Crustacea. London: Academic Press, v.1, p. 111-196.

HINES, A. H.; LIPCIUS, R. N.; HADDON, A. M. 1987. Population dynamics and habitat partitioning by size, sex and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a subestuary of Central Chesapeake Bay. Marine Ecology Progress Series 36: 55–64.

HÖRSTEMEIER, A. 2001. Moontool for windows based upon the program by John Walker. Software, Disponível em: <www.hoerstemeier.com/>.

INPE. 2010. Centro de previsão do tempo e estudo climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Acesso em 10/12/2010. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/>>.

LAWAL-ARE, A. O.; KUSEMIJU, K. 2010. Effect of salinity on survival and growth of blue crab, *Callinectes amnicola* from Lagos Lagoon, Nigeria. *Journal of Environmental Biology* 31: 461-464.

LOEBMANN, D.; VIEIRA, J. P. 2006. O impacto da pesca do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante) (Decapoda, Penaeidae) nas assembleias de peixes e siris do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23 (4): 1016–1028.

MARDIA, K. V.; KENT, J. T.; BIBBY, J. M. 1980. *Multivariate Analysis*. Academic Press. 521p.

MAUNDER, M. N. 2001. A general framework for integrating the standardization of catch-per-unit-effort into stock assessment models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 58: 795-803.

MAYNOU, F.; DEMESTRE, M.; SÁNCHEZ, P. 2003. Analysis of catch per unit effort by multivariate analysis and generalised linear models for deep-water crustacean fisheries off Barcelona (NW Mediterranean). *Fisheries Research* 65: 257–269.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. 1989. *Generalized Linear Models*, 2nd. Edition, Chapman and Hall, London.

MELO, G. A. S. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo, Plêiade, FAPESP, 604p.

MENDES, P.P. 1999. *Estatística aplicada à Aquicultura*. Recife-PE. Ed. Bargaço, 265p.

MIGUENS, A. P. 1996. Marés e correntes de maré; correntes oceânicas. IN: *Navegação: a ciência e arte: navegação estimada, costeira e em águas restritas*. Niterói: DHN, Marinha do Brasil. Vol 1, cap 10 p. 227-274.

NEVIS, A. B.; MARTINELLI, J. M.; CARVALHO, A. S. S.; NAHUM, V. J. I. 2009. Abundance and spatial-temporal distribution of the family Portunidae (Crustacea, Decapoda) in the Curuçá estuary on the Northern coast of Brazil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 13(1): 71-79.

- PEREIRA, M. J.; BRANCO, J. O.; CHRISTOFFERSEN, N. L.; FREITAS JUNIOR, F.; FRACASSO, H. A. A.; PINHEIRO, T. C. 2009. Population biology of *Callinectes danae* and *Callinectes sapidus* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) in the south-western Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89(7): 1341-1351.
- PEREIRA-BARROS, J. B. 1987. Resistência do siri *Callinectes danae* às variações de salinidade em laboratório. *Boletim de Estudos de Ciências do Mar* 6: 82-83.
- PITA, J. B.; SEVERINO-RODRIGUES, E.; GRAÇA-LOPES, R. da; COELHO, J.A P. 1985. Observações bioecológicas sobre o siri *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae) no Complexo Baía- Estuário de Santos, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* 12 (4): 35-43.
- SEVERINO-RODRIGUES, E.; PITA, J.B.; GRAÇA-LOPES, R. 2001 . Pesca artesanal de siris (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* 27(1): 7-19.
- SEVERINO-RODRIGUES, E.; SOARES, F. C.; GRAÇA-LOPES, R.; SOUZA, K. H. ; CANÉO, V. O. C. 2009. Diversidade e biologia de espécies de Portunidae (Decapoda, Brachyura) no estuário de Iguape, Ilha Comprida e Cananéia, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*. 35(1): 47-60.
- TEIXEIRA, R. L.; SÁ, H. S. 1998. Abundância de macrocrustáceos decápodos nas áreas rasas do complexo lagunar Mundaú/Manguaba, AL. *Revista Brasileira de Biologia* 58(3): 393-404.
- VAN ENGEL, W. A. 1990. Development of the reproductively functional form in the male blue crab *Callinectes sapidus*. *Bulletin of Marine Science* 46 (1): 13-22.
- WILLIAMS, A. B. 1974. The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Portunidae). *Fishery Bulletin* 72(3): 685-798.

2.2. Estudo comparativo do ciclo de mudas do siri *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea: Portunidae) em ambiente natural e em cativeiro.

RESUMO

O crescimento dos crustáceos é um processo descontínuo, uma vez que os indivíduos apresentam um exoesqueleto inextensível e o crescimento se dá por meio de ecdises. Para analisar o padrão de ecdise de machos e fêmeas de *Callinectes danae* em cativeiro e em ambiente natural, foram analisados 2178 machos e 2031 fêmeas de *Callinectes danae*, provenientes do Canal de Santa Cruz, Pernambuco, Brasil, e 24 machos e 24 fêmeas foram mantidos em cativeiro durante seis meses. A temperatura da água (T) e a salinidade (S) influenciaram a média de ocorrência de ecdises na natureza (μ), e o seguinte modelo foi obtido: $\mu = \exp(-0,12268T + 0,06148S) / (1 + \exp(-0,12268T + 0,06148S))$. Determinou-se um tamanho (Largura do cefalotórax) de primeira maturação morfométrica (LC_{50}) de $8,38 \pm 0,43$ cm para os machos e de $7,44 \pm 0,56$ cm para as fêmeas na natureza, enquanto que em cativeiro, estes valores foram inferiores (p-valor < 0,0001): $6,87 \pm 0,53$ e $6,31 \pm 0,46$ cm, respectivamente. Foi observada a ocorrência de cinco mudas para as fêmeas e seis mudas para os machos, tanto na natureza como em cativeiro, embora as classes modais dos indivíduos cultivados tenham se deslocado para tamanhos menores. Em cativeiro, as fêmeas realizaram a muda puberal-terminal com 128 dias de vida, em média, e os machos com 143 dias e o período de intermuda, variou entre 8 e 41 dias. O aumento do tamanho a cada ecdise das fêmeas cultivadas foi, em média, de $30,74 \pm 3,04\%$ e dos machos de $23,55 \pm 1,66\%$. O aumento em peso foi de $105,93 \pm 13,16\%$ para as fêmeas e de $79,51 \pm 6,84\%$ para os machos. Já dos indivíduos na natureza, o aumento de tamanho foi de $22,12 \pm 4,12\%$ e $32,76 \pm 8,18\%$ e em peso, de $76,80 \pm 17,13\%$ e $129,58 \pm 37,53\%$, para fêmeas e machos, respectivamente.

Palavras chave: Crescimento. Crustáceo. Ecdise.

→ Artigo submetido para publicação na revista "Journal of Applied Ichthyology".

INTRODUÇÃO

São conhecidas aproximadamente 5000 espécies de Brachyura em todo o mundo (MELO, 1996), sendo os siris da Família Portunidae representados por oito gêneros na costa brasileira, dos quais, os gêneros *Callinectes* e *Portunus* são os que apresentam maior importância econômica em diversas regiões do Brasil. Dentro do Gênero *Callinectes*, existem 15 espécies válidas (MELO, 1996).

Dentre as espécies do gênero *Callinectes* que ocorrem em regiões estuarinas, *Callinectes danae*, que se distribui desde a Flórida, nos Estados Unidos, até Santa Catarina, no Brasil (MELO, 1996), é comumente a espécie mais abundante, como reportado por Carmona-Suárez e Conde (2002), para a Venezuela, Nevis et al. (2009) para o Norte do Brasil (PA), Teixeira e Sá (1998) para o Nordeste do Brasil (AL), Severino-Rodrigues et al. (2001) para o Sudeste (SP) e Branco e Freitas-Junior (2009) para o Sul do Brasil (SC).

O crescimento dos crustáceos é um processo descontínuo, uma vez que os indivíduos apresentam um exoesqueleto inextensível e o crescimento se dá por meio de ecdises. A cada muda, o tegumento antigo é descartado, e um rápido e grande crescimento ocorre durante um curto período antes do novo tegumento se tornar rígido (HARTNOLL, 1982). O conhecimento das características relacionadas à ecdise de uma espécie, como o crescimento e a muda puberal, são de fundamental importância tanto para a fundamentação do conhecimento biológico e ecológico quanto para economia, uma vez que o siri mole (em ecdise) atinge maiores valores de venda.

Trabalhos sobre ecdise de crustáceos foram desenvolvidos baseados em diferentes objetivos, sendo avaliada a influência do ciclo da lua (RUSAINI, 2010), salinidade (GUERIN e STICKLER, 1997; POSEY et al., 2005), sazonalidade (GONZÁLEZ-GURRIARÁN et al., 1995), temperatura (HARTNOLL e BRYANT, 2001), densidade (PENHA-LOPES et al., 2006), desenvolvimento gonadal (ZMORA et al., 2009) e outros aspectos que possam elucidar a influência exógena e endógena na realização da ecdise.

Nesse contexto, objetivou-se com o presente trabalho analisar o padrão de ecdise de machos e fêmeas de *Callinectes danae* em cativeiro e em ambiente natural, no Canal de Santa Cruz/PE, com ênfase na frequência e sazonalidade de ocorrência da ecdise, incremento de peso e tamanho e ocorrência da muda puberal.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados exemplares do siri *Callinectes danae* no Canal de Santa Cruz (08°43'00"S a 08°49'00"S e 034°51'00"W a 034°54'00"W), no estado de Pernambuco, Brasil. A amostragem foi realizada utilizando dois aparelhos de pesca: a rede de arrasto (15,0 x 1,8 metros e malha de 12 mm entre nós opostos) foi lançada mensalmente, entre 2 e 3 vezes cada mês (n=30) no período entre março de 2009 e fevereiro de 2010. A linha com isca de pequenos peixes (majoritariamente Engraulidae) foi utilizada uma vez ao mês (n=12) no período entre abril de 2009 e março de 2010.

Cada exemplar foi mensurado quanto ao peso (P), à largura do cefalotórax (LC) e classificado em intermuda, quando a carapaça se apresentava rígida, ou em ecdise, quando a carapaça se apresentava flexível. O sexo foi identificado com base no formato do abdômen, sendo os machos com formato de "T" invertido e as fêmeas com abdômen triangular ou semicircular. Os exemplares foram classificados como jovens ou adultos, com base no formato e aderência do abdômen aos esternitos torácicos (VAN ENGEL, 1990).

Para cada pescaria, foram obtidas as seguintes variáveis ambientais: Temperatura da água (T) na superfície, em graus Celsius; Índice de iluminação da lua (I) da noite anterior (0 h) à pescaria, em porcentagem (0 a 100%), utilizando-se o software MoonTool® (Hörstemeier, 2001); Altura da maré (M) em metros, baseado na tábua de marés do Porto do Recife (altura da maré no momento exato da captura calculada segundo Miguens (1996)); Salinidade (S) na superfície, no início da pescaria, em gramas por litro, utilizando um condutivímetro; Estações do ano, segundo Shinozaki-Mendes et al. (2012), sendo estação seca (E), de 23 de setembro a 19 de março (variável binária = 1) ou estação chuvosa, de 20 de março a 22 de setembro (variável binária = 0); pluviometria média mensal (P_1), e pluviometria no dia anterior à pesca (P_2) em milímetros, da estação meteorológica "Recife" - Nos casos de ausência de dados, foram obtidos dados de estações próximas (INPE, 2010).

Os dados referentes à proporção de indivíduos em ecdise (μ - valores entre 0 e 1), das capturas com rede, foram analisados de acordo com os modelos de regressão beta para taxas e proporções (FERRARI e CRIBARI-NETO, 2004;

ZEILEIS e CRIBARI-NETO, 2010), de acordo com o modelo linear generalizado (GLM): $\mu = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 I + \beta_3 M + \beta_4 S + \beta_5 E + \beta_6 P1 + \beta_7 P2$. Para selecionar as variáveis significativas no modelo, foi utilizado o teste da razão de verossimilhanças (CASELLA e BERGER, 2002). Na ocorrência de pontos aberrantes, foi investigada a influência destes no modelo final através da distância de Cook (COOK e WEISBERG, 1982), evitando a inserção ou exclusão indevida de variáveis influenciadas por *outliers*. Para avaliar a adequabilidade do modelo, foi utilizado o gráfico de quantis com envelope (bandas de confiança).

A porcentagem de indivíduos em ecdise foi comparada, para machos e fêmeas, ao longo dos meses utilizando-se o teste de Qui-quadrado ($p < 0,05$). O valor médio da porcentagem de machos e fêmeas em ecdise foi comparado utilizando-se o teste “t” de *student* de comparação de médias (ZAR, 1984), após testá-los quanto à normalidade da distribuição dos erros (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade das variâncias, utilizando o teste “F” (MENDES, 1999).

Para identificação dos prováveis grupos etários na natureza, foi feita a decomposição das distribuições normais de larguras do cefalotórax utilizando o índice de separação, do método Bhattacharya (GAYANILO et al., 2005), identificando-se o valor médio, desvio padrão, e a porcentagem de aumento do tamanho entre classes modais consecutivas de machos e fêmeas, separadamente.

Para determinação do tamanho em que ocorre a muda puberal, tamanho no qual 50% ($\pm$ Intervalo de confiança, $p \geq 0,05$) dos indivíduos encontram-se aptos à reprodução (LC_{50}), foi utilizada a frequência relativa de adultos em cada classe de largura de carapaça (LC), utilizando o modelo logístico: $M = 1 / (1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 LC)})$ (MENDES, 1999), onde M é a porcentagem dos indivíduos aptos à reprodução. Para comparação entre as curvas logísticas dos exemplares de cativeiro e selvagens, foi utilizado o teste W para comparação dos parâmetros do modelo, que se baseia na máxima verossimilhança e utiliza a distribuição de qui-quadrado (MENDES, 1999).

Para a manutenção em cativeiro, realizada entre junho e dezembro de 2010, foram selecionados 48 exemplares juvenis, sendo 24 machos e 24 fêmeas. Os exemplares foram mantidos individualmente em unidades experimentais contendo substrato de areia e 40 litros de água com salinidade e temperatura próximas aos valores do ambiente de coleta. A salinidade foi mantida a $23,58 \pm 0,24 \text{ g.L}^{-1}$ e a temperatura a $27,31 \pm 0,11^\circ\text{C}$ (média $\pm$ desvio padrão). Cada unidade foi composta

por aeração e sistema de filtro mecânico e biológico. Os indivíduos foram alimentados diariamente com filé de peixe, camarão e marisco de espécies variadas, *ad libitum*. O alimento não consumido era retirado antes de ser ofertada a nova alimentação.

Após cada ecdise ocorrida em cativeiro, os indivíduos foram submetidos a uma nova biometria, semelhante à realizada para os animais coletados da natureza. O incremento no tamanho e peso foi calculado para todos os exemplares que realizaram exúvia. A contabilização dos dias decorrentes entre a última ecdise ocorrida na natureza, antes da captura, e a primeira muda em cativeiro, é um valor aproximado, visto que não é possível obter a informação do número de dias decorrentes antes da captura.

Foi utilizada a estatística descritiva quanto à média e desvio padrão dos tamanhos (LC) e pesos (P) em cada período de intermuda em cativeiro. Para avaliar se estas variáveis apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) ao longo das ecdises, foi testada, inicialmente, a normalidade dos erros da distribuição (teste de Shapiro Wilk), a homocedasticidade das variâncias (teste de Bartlett) e em seguida, foi utilizado ANOVA paramétrica e o teste de Tukey para comparação das médias (ZAR, 1984).

Para efeito de cálculos, e com base em Hines (1986), que relata que o tamanho médio do estágio de primeiro caranguejo é de 2,89 cm. Os indivíduos pertencentes aos menores tamanhos (até 3 cm) foram considerados recém-assentados (recrutamento biológico), ou seja, com tempo de vida igual a zero dias, sendo assim, desconsiderado o período de vida larval.

RESULTADOS

Foram analisados 4209 espécimens de *Callinectes danae*, sendo 2178 machos, com largura de cefalotórax (LC) entre 1,44 e 12,45 cm, e 2031 fêmeas, com LC ente 1,11 e 9,99 cm. Dentre os machos, 11,01% dos exemplares se encontravam em ecdise, e as fêmeas, 11,24%. Ao comparar estas porcentagens (teste t), não se observou diferença estatística ($p\text{-valor} = 0,9451$), sendo então utilizada a porcentagem média, para sexos agrupados, de 11,12% como frequência esperada no teste de Qui-quadrado para meses.

Durante o período de coleta, a área de estudo apresentou uma variação sazonal notória da temperatura da água (de 27 a 33°C, com média de $29,43 \pm 0,92^\circ\text{C}$), da salinidade (16 a 32,8 g.L⁻¹, com média de $26,41 \pm 2,25$ g.L⁻¹) e da pluviometria média mensal (0,28 a 19,71 mm/dia). A pluviometria diária apresentou picos, variando entre 0 e 49 mm. O índice de iluminação da lua variou de 0 a 100% e a maré variou de 0,1 a 1,9 metros.

O modelo final que representa a porcentagem de indivíduos que estão realizando ecdise foi ajustado por: $\mu = \frac{e^{-0,12268T+0,06148S}}{1+e^{-0,12268T+0,06148S}}$ (p-valor = 0,5098). Pelos gráficos de quantis, a maioria dos pontos se encontra disposta aleatoriamente dentro das bandas de confiança, indicando que a distribuição Beta para a proporção de indivíduos em ecdise está corretamente especificada. (Fig. 1A).

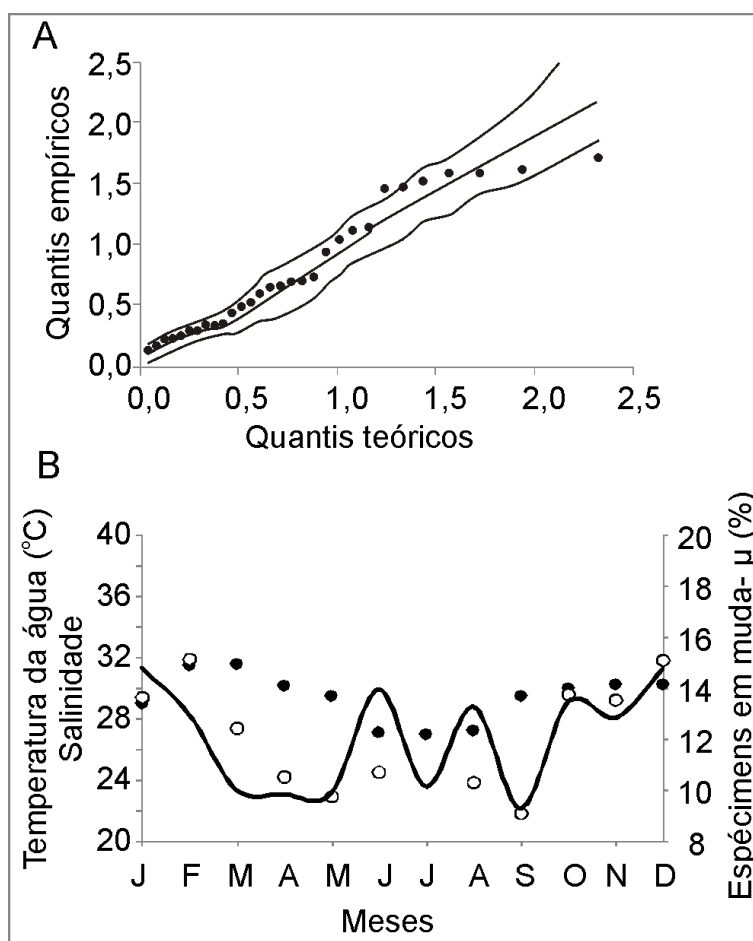


Figura 1: Quantis com as bandas de confiança da análise do modelo linear generalizado da proporção de indivíduos de *Callinectes danae* em ecdise (A) e porcentagem de indivíduos em ecdise (linha), obtida pelo modelo, de acordo com a variação da temperatura da água (círculos negros) e salinidade (círculos brancos) do Canal de Santa Cruz/PE (B).

Ao analisar a proporção de indivíduos adultos por classes de LC na natureza, obteve-se uma curva sigmóide para machos e fêmeas com alta correlação, indicando assim que todos os modelos se encontram bem ajustados (Fig. 2). Na comparação entre os modelos logísticos dos indivíduos cultivados e dos selvagens, encontrou-se diferenças nos parâmetros β_0 e β_1 dos machos (p-valor < 0,0001) e das fêmeas (p-valor < 0,0001), indicando que, sob condições de cativeiro, os indivíduos de ambos os sexos atingem a maturidade com tamanhos menores. Com base nestes modelos, determinou-se um tamanho de primeira maturação morfométrica (LC₅₀) de $8,38 \pm 0,43$ cm para os machos e de $7,44 \pm 0,56$ cm para as fêmeas na natureza, enquanto que em cativeiro, estes valores foram inferiores: $6,87 \pm 0,53$ e $6,31 \pm 0,46$ cm, respectivamente.

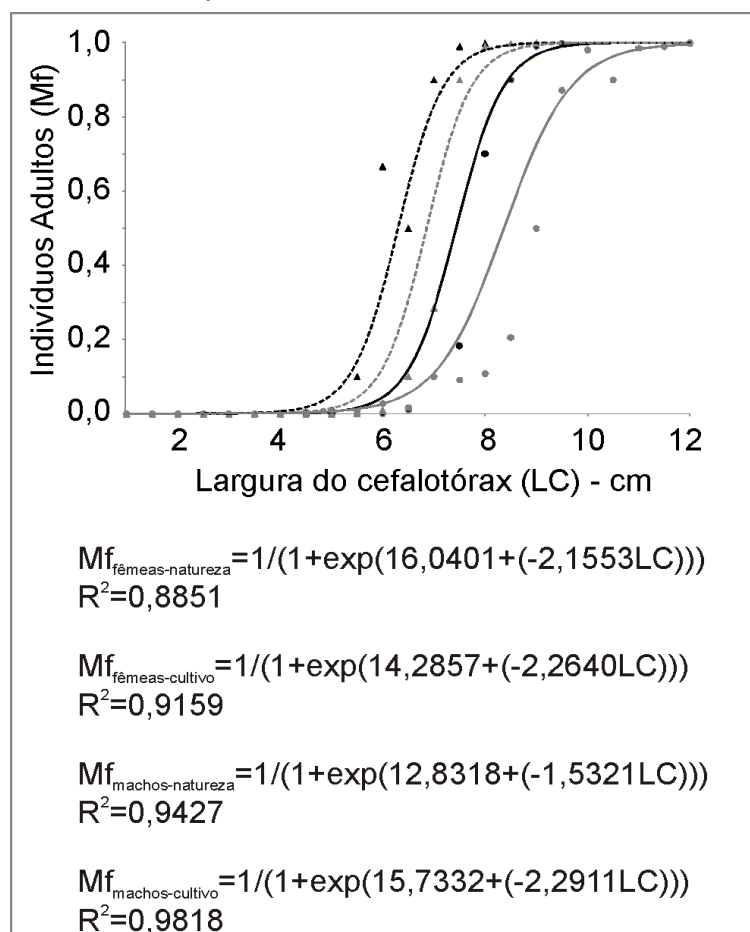


Figura 2. Proporção de indivíduos adultos de *Callinectes danae* por classes de largura de cefalotórax, coletados no Canal de Santa Cruz/PE. Machos em cinza e fêmeas em preto. Linha contínua e marcadores “●” indicam indivíduos na natureza e linhas pontilhadas e marcadores “▲”, em cativeiro. Os valores de LC se referem ao início da classe de 0,5 cm de amplitude.

Na análise da proporção de indivíduos em ecdise na natureza ao longo dos meses (Fig. 3), observou-se uma tendência oscilatória em torno da média, com os

maiores valores no período seco. As fêmeas apresentaram maior atividade de ecdise em janeiro, março e novembro e os machos apenas em março, tendo apresentado os menores valores em maio, outubro e novembro (Fig. 3).

Ao decompor os grupos da natureza em distribuições normais (Método Bhattacharya), foram observados 6 grupos para as fêmeas e 7 grupos para os machos, o que sugere a ocorrência de 5 e 6 mudas, respectivamente (Tab. 1), considerando-se que o tamanho inicial é o do assentamento dos juvenis. Observa-se que com o aumento do tamanho médio dos indivíduos, há uma diminuição no incremento do tamanho e do peso.

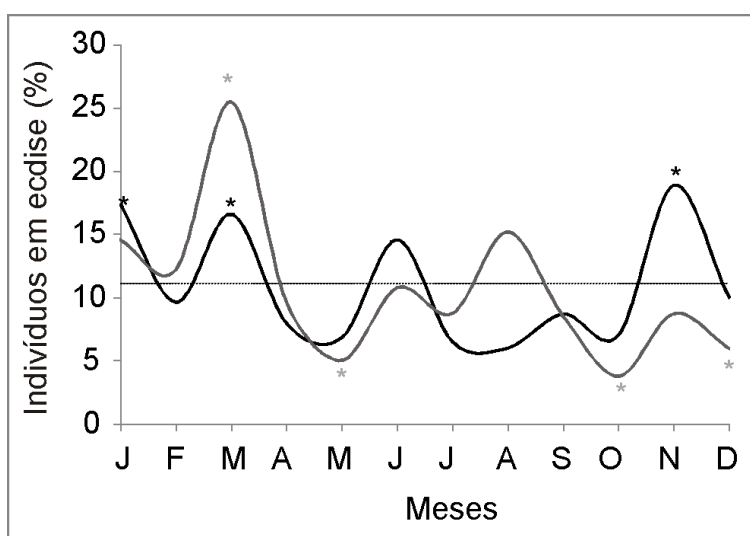


Figura 3. Variação sazonal da ocorrência de machos (—) e fêmeas (—) de *Callinectes danae* em ecdise ao longo dos meses, capturados no Canal de Santa Cruz/PE. Linha pontilhada indicam a frequência esperada; “*” indica diferença estatística entre a frequência observada e a esperada dos indivíduos em ecdise, utilizando o teste de χ^2 ($p < 0,05$).

Ao comparar essa informação ao tamanho médio em que os indivíduos realizaram as mudas em cativeiro (Tab. 1 e 2), observa-se o mesmo número de ecdises, embora as classes modais dos indivíduos em cativeiro tenham se deslocado para tamanhos menores. Contudo, em relação ao incremento de tamanho por muda (Tab. 1 e Fig. 4), os indivíduos no cultivo não apresentaram os valores decrescentes, exibindo valores oscilatório.

Em cativeiro, observa-se que as fêmeas apresentam um maior aumento de LC e P por muda até a terceira ecdise. Por conseguinte, os machos apresentam um maior aumento, além de realizar uma muda a mais, atingindo tamanhos e pesos maiores (Fig. 5). O tempo decorrido entre duas mudas consecutivas aumentou significativamente (Tab. 2), até que os indivíduos de ambos os sexos atingem a

mudal puberal e não realizam novas ecdises, indicando assim que a muda puberal é a muda terminal. As fêmeas atingiram a maturidade com 128 dias de vida de cultivo, em média, e os machos com 143 dias.

Tabela 1. Tamanho (LC, em cm) ($\pm$ Desvio padrão - DP) e peso estimado (P, em g) do valor médio da classe normal, calculado a partir da decomposição de grupos compostos de tamanhos de *Callinectes danae* capturados no Canal de Santa Cruz/PE.

Grupo	Fêmeas		Machos	
	LC $\pm$ DP	P	LC $\pm$ DP	P
Inicial	2,99 $\pm$ 0,33	1,93	2,10 $\pm$ 0,24	0,74
1 ^a	4,02 $\pm$ 0,29	4,42	3,23 $\pm$ 0,27	2,48
2 ^a	5,07 $\pm$ 0,39	8,47	4,57 $\pm$ 0,32	6,61
3 ^a	6,05 $\pm$ 0,54	13,91	6,37 $\pm$ 0,32	16,88
4 ^a	7,05 $\pm$ 0,14	21,37	8,43 $\pm$ 0,25	37,20
5 ^a	8,05 $\pm$ 0,43	31,00	10,35 $\pm$ 0,38	66,38
6 ^a	-		11,05 $\pm$ 0,26	79,84

Tabela 2. Tamanho (LC) e peso médio (P) ($\pm$ Desvio padrão - DP) em que fêmeas e machos de *Callinectes danae* realizam ecdise em cativeiro e o número médio de dias do período de intermuda. Letras diferentes entre as médias representam diferenças significativas, utilizando ANOVA e teste de Tukey ($p < 0,001$). Machos e fêmeas foram analisados conjuntamente. Tamanhos e pesos foram analisados separadamente.

Ecdise	Fêmeas			Machos		
	LC $\pm$ DP	P $\pm$ DP	Dias	LC $\pm$ DP	P $\pm$ DP	Dias
inicial	2,06 $\pm$ 0,28 ^a	0,76 $\pm$ 0,24 ^a	08	2,45 $\pm$ 0,12 ^{ab}	1,15 $\pm$ 0,17 ^{ab}	09
1 ^a	2,89 $\pm$ 0,10 ^b	1,83 $\pm$ 0,22 ^{ab}	18	3,06 $\pm$ 0,08 ^{bc}	2,15 $\pm$ 0,31 ^{ab}	17
2 ^a	3,62 $\pm$ 0,10 ^{cd}	3,11 $\pm$ 0,26 ^{ab}	29	3,68 $\pm$ 0,08 ^d	3,31 $\pm$ 0,25 ^{ab}	21
3 ^a	4,80 $\pm$ 0,14 ^e	6,65 $\pm$ 0,67 ^b	36	4,66 $\pm$ 0,09 ^e	6,42 $\pm$ 0,64 ^{ab}	23
4 ^a	6,17 $\pm$ 0,23 ^f	14,10 $\pm$ 1,66 ^c	37	5,89 $\pm$ 0,23 ^f	11,53 $\pm$ 2,23 ^c	32
5 ^a	7,83 $\pm$ 0,23 ^g	27,24 $\pm$ 2,51 ^d	-	6,99 $\pm$ 0,22 ^h	20,89 $\pm$ 1,98 ^e	41
6 ^a	-			8,70 $\pm$ 0,23 ⁱ	37,98 $\pm$ 3,02 ^f	-

O aumento do tamanho a cada ecdise das fêmeas em cativeiro foi, em média, de 30,74 $\pm$ 3,04% e dos machos de 23,55 $\pm$ 1,66%. O aumento em peso foi de 105,93 $\pm$ 13,16% para as fêmeas e de 79,51 $\pm$ 6,84% para os machos. Já dos indivíduos na natureza, o aumento de tamanho foi de 22,12 $\pm$ 4,12% e 32,76 $\pm$ 8,18% e em peso, de 76,80 $\pm$ 17,13% e 129,58 $\pm$ 37,53%, para fêmeas e machos,

respectivamente. Houve uma maior diferença do tamanho e peso finais entre machos e fêmeas na natureza, em comparação ao cativeiro (Fig. 4).

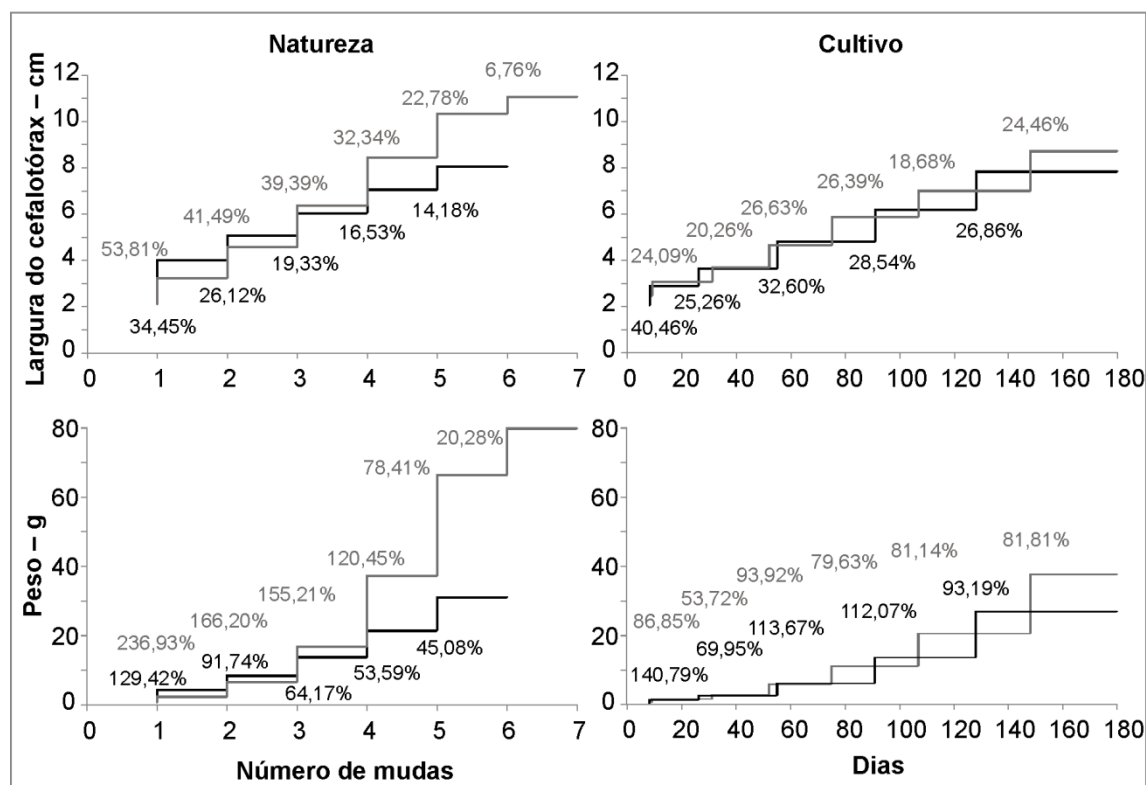


Figura 4. Aumento do tamanho da largura do cefalotórax (LC) e do peso (P) e as respectivas porcentagens em cada ecdisse de machos (—) e fêmeas (—) de *Callinectes danae* em cativeiro e na natureza, advindos do Canal de Santa Cruz/PE.

DISCUSSÃO

Diferentes padrões de crescimento nos crustáceos estão associados ao dimorfismo sexual, sendo a muda puberal facilmente detectada pela ocorrência de mudanças morfológicas evidentes que indicam que o indivíduo já alcançou a maturidade reprodutiva (HARTNOLL, 1982). Algumas espécies de Brachyura continuam o ciclo de mudas após atingirem a maturidade, como por exemplo o *Ucides cordatus* (PINHEIRO et al., 2005), contudo, outras espécies apresentam a muda puberal terminal, como ocorre com *Maja brachydactyla* (GONZÁLEZ-GURRIARÁN et al., 1995), *Hyas coarctatus* e *Inachus dorsettensis* (HARTNOLL e BYANT, 2001) e *C. danae* (presente estudo). Esta característica implica na realização de uma única cópula para as fêmeas, que apenas realizam a cópula no período de muda, embora isso não signifique uma única desova. Havens e McConaughy (1990) citam, para *C. sapidus* que, diferente dos machos, as fêmeas

apresentam muda puberal terminal, não realizando mudas subsequentes a esta (anecdise), podendo realizar uma nova muda apenas em casos excepcionais, como o da ablação, por exemplo.

A influência dos fatores abióticos na atividade de ecdise indica que além da influência endógena, o meio também influencia no crescimento da espécie. Embora o ambiente de estudo seja uma região tropical, cuja variação da temperatura é relativamente pequena, se comparada às amplitudes térmicas de regiões temperadas, a seleção desta variável pelo GLM indica a importância desta influência, também observada por outros autores (por exemplo HARTNOLL e BRYANT, 2001).

Guerin e Stickler (1997) em laboratório, citam que a salinidade interfere no peso seco ao longo do crescimento. Este resultado indica que a influência desta variável é também detectável sob condições controladas, tendo sido, no presente trabalho, a variável de maior influência no crescimento.

Para a espécie em estudo, foram encontrados indivíduos realizando ecdise todo o ano, semelhante ao encontrado por Cobo e Fransozo (2005) para *Goniopsis cruentata*. Embora sejam observados períodos de maior atividade, não foi possível detectar tendências sazonais. Provavelmente esse esclarecimento pode advir de estudos que associam o ciclo reprodutivo ao período de mudas, que apresentam associação direta, como estudado por Abelló (1989) para *Liocarcinus depurator*.

Uma elevada frequência de indivíduos em intermuda pode ser interpretada como um longo intervalo entre as ecdises ou mesmo um curto período entre a muda e o enrijecimento da nova carapaça (ADIYODI e ADIYODI, 1970). Os siris ficam extremamente vulneráveis aos predadores quando se encontram com a carapaça flexível, desta forma, o tempo em que ocorre este fenômeno é de grande importância para a sobrevivência.

O número de exúvias compõe uma das principais características de uma espécie. Algumas espécies não apresentam diferença entre o padrão de ecdises entre machos e fêmeas, *i. e.* *M. brachydactyla* (GONZÁLEZ-GURRIARÁN et al., 1995). Branco e Masunari (1992), ao estudarem o crescimento de *C. danae*, citam a presença de 7 classes modais para os machos e para as fêmeas, muito próximo ao encontrado para a mesma espécie no presente trabalho (6 para fêmeas e 7 para machos). O padrão de mudas de uma espécie parece ser semelhante independente

das condições abióticas ou localidade geográfica, podendo estes fatores influenciar no incremento de tamanho e peso por muda, mas não no número de ocorrências.

Uma importante característica relacionada à ecdise é a longevidade. Espécies mais longevas parecem realizar um maior número de mudas ao longo da vida e um maior período de intermuda, em comparação às espécies com ciclos de vida mais curtos. Para espécies que alcançam tamanhos semelhantes, o incremento do tamanho a cada muda parece ser inversamente proporcional ao período de intermuda, ou seja, quanto maior o número de mudas, menor o incremento do tamanho, e vice-versa. Contudo, deve-se ainda ser levado em consideração o tamanho máximo que a espécie atinge, pois espécies de maior porte apresentam ou um maior incremento por muda ou maior número de mudas. Resultados encontrados por diversos autores corroboram essa hipótese (Tab. 3).

Uma consequência da longevidade de cada espécie é a idade em que ocorre a muda puberal. Espécies de ciclo curto rapidamente atingem a maturidade, podendo variar desde 4, 5 ou 6 meses, como se observa para *Arenaeus cribrarius* (PINHEIRO e FRANSOZO, 1998) e *C. danae* (presente estudo), respectivamente, podendo demorar até aproximadamente 3 anos, como ocorre com *Ucides cordatus* (PINHEIRO et al., 2005).

Oesterling (1990) cita que os siris de menor tamanho realizam a muda com poucos dias, e com o aumento de tamanho, o intervalo de tempo também aumenta. Resultados semelhantes foram também encontrados para *Hyas coarctatus* e *Inachus dorsettensis* (HARTNOLL e BRYANT, 2001); para *E. garmani* (ROSTANT et al., 2008), e para *C. danae* (presente estudo), podendo esta característica ser considerada intrínseca aos Brachyura.

A relação entre o tamanho dos indivíduos e o incremento por muda não apresenta padrões tão claros quanto o período de intermuda. Diversos autores relatam uma relação inversamente proporcional, enquanto que outros citam não haver correlação. Uma correlação inversa foi relatada para *C. sapidus* e *C. similis* (GUERIN e STICKLER, 1997), para *M. brachydactyla* (GONZÁLEZ-GURRIARÁN et al., 1995) bem como foi também observado no presente trabalho para os indivíduos da natureza. Contudo, para os indivíduos de *C. danae* analisados em laboratório, não foi encontrada esta tendência, como ocorreu também para *Hyas coarctatus* e *Inachus dorsettensis* (HARTNOLL e BRYANT, 2001).

Uma hipótese para a diferença entre o incremento por muda dos indivíduos de *C. danae* na natureza e em cativeiro seria o fato dos exemplares em cativeiro estarem submetidos a limitações de espaço, restrição às atividades reprodutivas e ao contato com outros espécimens. Em adição, Rodrigues e D’Incao (2008), citam que os siris mantidos em laboratório atingem tamanhos menores em idades mais avançadas, devido ao estresse sofrido pelos animais em cativeiro e González-Gurriarán et al. (1995) relatam a ocorrência da muda puberal de *M. brachydactyla* em cativeiro em idade mais precoce do que na natureza.

Tabela 3. Informações acerca da maior largura do Cefalotórax (LC) em centímetros, % de incremento no tamanho (I%), período entre intermudas em dias (IN), número máximo de mudas (Mu) e longevidade (Long.) de espécies de Brachyura encontradas por diversos autores. ~ indicam valores aproximados. No caso de trabalhos com diferentes valores para machos e fêmeas, foi utilizado o maior valor.

LC	I%	IN	Mu	Long.	Espécie	Referência
	9-18	91- 113			<i>Chasmagnathus</i>	A
3,4			20	~3 anos	<i>granulata</i>	B
8,3	5-6	64-74		~10 anos	<i>Ucides cordatus</i>	C
~10,0	7-27	~20-250	15	~3 anos	<i>Eudaniela garmani</i>	D
12,2	6-40	8-41	5-6		<i>Callinectes danae</i>	E
				~3 anos		F
	13-19	13-27				G
			18-		<i>Callinectes sapidus</i>	H
			22			I
16,3				~3 anos		
~18,0	32	85-105				J
			4		<i>Maja brachydactyla</i>	K
				~2,5		L
~2,0	28-32	~40-200	11	~3 anos	<i>Inachus dorsettensis</i>	M
~3,5	26-35	~25-100	10	~2 anos	<i>Hyas coarctatus</i>	M

A: López e Rodriguez (1998); B: Luppi et al. (2004); C: Pinheiro et al. (2005); D: Rostant et al. (2008); E: presente estudo; F: Branco e Masunari (1992); G: Posey et al. (2005); H: Van Engel (1958); I: Rodrigues e D’Incao (2008); J: González-Gurriarán et al. (1995); K: Sampedro et al. (2003); L: Reyss et al. (1996) e M: Hartnoll e Bryant (2001).

Outras características que podem justificar essa diferença é que, em cativeiro, a alimentação é ofertada com maior regularidade, não havendo um grande

desprendimento de energia na busca por alimentos e o número de exemplares analisados em cativeiro é significativamente menor, o que implica numa maior probabilidade de influência de pontos de aberrantes. Desta maneira, é importante manter a clareza de que o crescimento em laboratório apresenta características diferentes da natureza, portanto, o período de 128 e 143 dias que fêmeas e machos, respectivamente, demoram a atingir a maturidade, pode estar distorcido dos valores na natureza.

Em cativeiro, os indivíduos com tamanhos iguais aos de exemplares selvagens, atingiram pesos inferiores. Essa diferença pode estar associada aos mesmos fatores que justificam os menores tamanhos obtidos, como o estresse e a limitação de espaço. Outro fator explicativo seria a mensuração do peso do indivíduo com a carapaça ainda flexível, enquanto que na natureza a maioria dos exemplares se encontrava em intermuda e muitos, no estágio de pré-muda, o que implica que o animal se encontra com duas camadas de carapaça, elevando, assim, o valor médio. Outra particularidade é que na alimentação em ambiente natural, os indivíduos ingerem muitos fragmentos de concha e carapaças, que ficam acumulados no estômago, enquanto que em cativeiro, a alimentação foi limitada às partes digeríveis, objetivando menor fragmentação e contaminação da água.

Hartnoll e Bryant (2001) realizaram uma ampla discussão acerca do padrão de incremento no tamanhos dos machos. Estes autores, baseados em levantamento da literatura, sugerem que a muda puberal ocorre com um pequeno incremento no tamanho como consequência de um maior investimento energético no desenvolvimento das quelas e das gônadas, embora as gônadas não sejam geralmente observadas. Nesse contexto, Hartnoll e Bryant (2001) citam que incremento de tamanho obtido na muda terminal é inversamente proporcional à energia despendida em outros propósitos.

A partir do exposto, pode-se concluir que a população de *Callinectes danae* do Canal de Santa Cruz/PE realiza ecdise durante todo o ano, com maior atividade no período seco, influenciada pela temperatura e salinidade. Os machos e fêmeas apresentam diferentes frequências e número de ecdise ao longo do crescimento, que parecem estar diretamente relacionadas à atividade reprodutiva. Em laboratório, as ecdises, incluindo a muda puberal, ocorrem em tamanhos e pesos inferiores, contudo, apresentam o mesmo padrão no número de mudas.

REFERÊNCIAS

- ABELLÓ, P. 1989. Reproduction and moulting in *Liocarcinus depurator* (Linnaeus, 1758) (Brachyura: Portunidae) in the northwestern Mediterranean sea. *Scientia Marina* 53 (1): 127-134.
- ADIYODI, K.G.; R.G. ADIYODI. 1970. Endocrine control of reproduction Decapod Crustacea. *Biological Review*, Cambridge, 45: 121-165.
- BRANCO, J. O.; FREITAS Jr, F. 2009. Análise quali-quantitativa dos crustáceos no ecossistema Saco da Fazenda, Itajaí, SC. in: Estuário do Rio Itajaí-Açú, SC: caracterização ambiental e alterações antrópicas. 180-206p.
- BRANCO, J. O.; MASUNARI, S. 1992. Crescimento de *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) da lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 9 (1/2): 53-66.
- CARMONA-SUÁREZ, C. A.; CONDE, J. E. 2002. Local distribution and abundance of swimming crabs (*Callinectes* spp. and *Arenaeus cribrarius*) on a tropical arid beach. *Fishery Bulletin* 100:11–25.
- CASELLA, G.; BERGER, R. L. 2002. Statistical inference, Duxbury Press 688p.
- COBO, V. J.; FRANSOZO, A. 2005. Physiological maturity and relationships of growth and reproduction in the red mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Latreille) (Brachyura, Grapsidae) on the coast of São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22(1): 219-223.
- COOK, R. D.; WEISBERG, S. 1982. Residuals and Influence in Regression, Chapman and Hall, London. 230p.
- FERRARI, S. L. P.; CRIBARI-NETO, F. 2004. Beta regression for modeling rates and proportions, *Journal of Applied Statistic* 31: 799-815.
- GAYANILO, JR.; SPARRE, P.; PAULY, D. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8. 168p.
- GONZÁLEZ-GURRIARÁN, E.; FREIRE, J.; PARAPAR, J.; SAMPEDRO, M.P.; URCERA, M. 1995. Growth at moult and moulting seasonality of the spider crab, *Maja squinado* (Herbst) (Decapoda: Majidae) in experimental conditions: implications

for juvenile life history. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 189: 183-203.

GUERIN, J. L.; STICKLE, W.B. 1997. A comparative study of two sympatric species within the genus *Callinectes*: osmoregulation, long-term acclimation to salinity and the effects of salinity on growth and moulting. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 218: 165–186.

HARTNOLL, R. G. 1982. Growth. In: Bliss, D. E. *The biology of Crustacea*. London: Academic Press, v.1, p. 111-196.

HARTNOLL, R. G.; BRYANT, A. D. 2001. Growth to maturity of juveniles of the spider crabs *Hyas coarctatus* Leach and *Inachus dorsettensis* (Pennant) (Brachyura: Majidae) *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 263:143–158.

HAVENS, K. J.; MCCONAUGHA, J.R. 1990. Molting in the mature female blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun. *Bulletin of Marine Science* 46(1): 37-47.

HINES, A. H. 1986. Larval patterns in the life histories of Brachyuran crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Larval Invertebrate Workshop. *Bulletin of Marine Science* 39(2): 44-66.

HÖRSTEMEIER, A. 2001. Moontool for windows based upon the program by John Walker. Software.

INPE. 2010. Centro de previsão do tempo e estudo climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Acesso em 10/12/2010. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/>>.

LÓPEZ, L. S.; RODRÍGUEZ, E. M. 1998. Somatic growth in juveniles of the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* Dana 1851 (Brachyura, Grapsidae), under laboratory conditions. *Investigaciones Marinas* 26: 127-135.

LUPPI, T. A.; SPIVAK, E. D.; BAS, C. C.; ANGER, K. 2004. Molt and growth of an estuarine crab, *Chasmagnathus granulatus* (Brachyura: Varunidae), in Mar Chiquita coastal lagoon, Argentina. *Journal of Applied Ichthyology* 20: 333–344.

MELO, G. A. S. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo, Plêiade, FAPESP, 604p.

- MENDES, P. P. 1999. Estatística aplicada à Aquicultura. Recife-PE. Ed. Bargaço, 265p.
- MIGUENS, A. P. 1996. Marés e correntes de maré; correntes oceânicas. IN: Navegação: a ciência e arte: navegação estimada, costeira e em águas restritas. Niterói: DHN, Marinha do Brasil. Vol 1, cap 10 p. 227-274.
- NEVIS, A. B.; MARTINELLI, J. M.; CARVALHO, A. S. S.; NAHUM, V. J. I. 2009. Abundance and spatial-temporal distribution of the family Portunidae (Crustacea, Decapoda) in the Curuçá estuary on the Northern coast of Brazil. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology 13(1):71-79.
- OESTERLING, M. J. 1990. Marine resource Advisory series, n^o35: Heating soft crab shedding systems. Virginia Institute of Marine Science. 8p.
- PENHA-LOPES, G.; RHYNE, A.L.; LIN, J.; NARCISO, L. 2006. Effects of temperature, stocking density and diet on the growth and survival of juvenile *Mithraculus forceps* (A. Milne Edwards, 1875) (Decapoda: Brachyura: Majidae). Aquaculture Research 37: 398-408.
- PINHEIRO, M. A. A.; FISCARELLI, A. G.; HATTORI, G. Y. 2005. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). Journal of Crustacean Biology 25(2): 293–301.
- PINHEIRO, M. A. A.; FRANSOZO, A. 1998. Sexual maturity of the speckled crab *Aranaeus cribarius* (Lamarck, 1818) (Decapoda: Brachyura: Portunidae), in the Ubatuba Littoral, São Paulo State, Brazil. Crustaceana 71, 434-452.
- POSEY, M. H.; ALPHIN, T. D.; HARWELL, H.; ALLEN, B. 2005. Importance of low salinity areas for juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, in river-dominated estuaries of southeastern United States. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 319: 81-100.
- REYSS, J. L.; SCHMIDT, S.; LATROUITE, D.; FLORIS, S. 1996. Age using Determination of Crustacean Carapaces $^{228}\text{Th}/^{228}\text{Ra}$ Measurements by Ultra Low Level Gamma Spectrometry. The International Journal of Applied Radiation and Isotopes. 47(9/10):1049-1053.

- RODRIGUES, M. A.; D'INCAO, F. 2008. Comparação do crescimento entre *Callinectes sapidus* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) coletados em campo e mantidos em condições controladas. *Iheringia* 98(3): 372-378.
- ROSTANT, L. V.; ALKINS-KOO, M.; MAITLAND, D. P. 2008. Growth and Maturity in the Manicou Crab *Eudaniela garmani* (Brachyura: Pseudothelphusidae) from Trinidad, West Indies. *Journal of Crustacean Biology* 28(3): 485-493.
- RUSAINI, L. O. 2010. Effect of moulting and lunar rhythms on the lymphoid organ spheroid (LOS) cells of the black tiger prawn (*Penaeus monodon*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 389: 6–12.
- SAMPEDRO, M.-P.; GONZÁLEZ-GURRIARÁN, E.; FREIRE, J. 2003. Moults cycle and growth of *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in coastal habitats of Galicia, north-west Spain. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 83: 995-1005.
- SEVERINO-RODRIGUES, E.; PITA, J.B.; GRAÇA-LOPES, R. 2001. Pesca artesanal de siris (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. *Boletim do Instituto de pesca* 27(1): 7-19.
- SHINOZAKI-MENDES, R. A.; MANGHI, R. F.; LESSA, R. 2012. The influence of environmental factors on the abundance of swimming crabs (Brachyura, Portunidae) in a tropical estuary, northeastern Brazil. *Crustaceana*. In press.
- TEIXEIRA, R. L.; SÁ, H. S. 1998. Abundância de macrocrustáceos decápodos nas áreas rasas do complexo lagunar Mundaú/Manguaba, AL. *Revista Brasileira de Biologia* 58(3): 393-404.
- VAN ENGEL, W. A. 1958. The blue crab and its fishery in Chesapeake Bay. Part 1. Reproduction, early development, growth and migration. *Commercial Fisheries Review* 20(6): 6-17.
- VAN ENGEL, W. A. 1990. Development of the reproductively functional form in the male blue crab *Callinectes sapidus*. *Bulletin of Marine Science* 46(1): 13-22.
- ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. Englewood Cliffs.
- ZEILEIS, A.; CRIBARI-NETO, F. 2010. Beta regression in R. *Journal of Statistical Software* 34: 1-24.

ZMORA, N.; TRANT, J.; ZOHAR, Y.; CHUNG, J. S. 2009. Molt-inhibiting hormone stimulates vitellogenesis at advanced ovarian developmental stages in the female blue crab, *Callinectes sapidus*: an ovarian stage dependent involvement. Saline Systems 5-7.

2.3. Idade e crescimento do siri *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea: Portunidae) em região tropical

RESUMO

O crescimento pode ser descrito como o aumento do tamanho, volume ou peso ao longo do tempo. Para se conhecer as características e estimar a primeira curva de crescimento da espécie *Callinectes danae*, foram analisados exemplares provenientes da coleta em ambiente natural e foi validado o crescimento em condições de cativeiro. No período entre março de 2009 e março de 2010, foram coletados 4209 exemplares de *C. danae*, sendo 2031 fêmeas, com largura do cefalotórax (LC) entre 1,11 e 9,99 cm e 2178 machos, com LC entre 1,44 e 12,45 cm. Ao analisar o crescimento relativo, na relação entre o peso e a largura do cefalotórax, apenas os machos adultos apresentaram alometria positiva; na relação entre a largura do cefalotórax e o quinto segmento abdominal, as fêmeas apresentaram uma diferenciação morfométrica muito evidente ao atingir a maturidade, enquanto que os machos evidenciam a modificação na relação entre a largura do cefalotórax e o comprimento da quela. Por um período de 180 dias, foram mantidos em sistema de cativeiro, 48 exemplares, onde as fêmeas realizaram cinco ecdises, e os machos, seis, sendo a última, a muda puberal para ambos os sexos. O modelo de von Bertalanffy (com t_0) foi o que apresentou o melhor ajuste, comparado aos modelos von Bertalanffy (com LC_0), von Bertalanffy (com $t_0=0$), de Gompertz e de Richard-Schnute. Foram obtidas as curvas de crescimento para machos e fêmeas em cativeiro: $LC_t = 9,88[1 - e^{-0,0228(t+14,27)}]$ e $LC_t = 8,02[1 - e^{-0,0158(t+26,23)}]$ e na natureza: $LC_t = 12,12[1 - e^{-0,0052(t+29,36)}]$ e $LC_t = 9,45[1 - e^{-0,0036(t+59,04)}]$, respectivamente. Observa-se que em cativeiro os indivíduos atingem tamanhos menores, porém a taxa de crescimento é maior para ambos os sexos. A longevidade média dos machos variou de 375 a 429 dias e das fêmeas, de 458 a 553. Já a longevidade máxima, variou entre 550 e 860 dias para os machos e entre 764 e 1205 dias de vida, para as fêmeas.

Palavras-chave: von Bertalanffy. Brachyura. Validação.

INTRODUÇÃO

Os crustáceos pertencentes à família Portunidae são popularmente conhecidos por siris, caracterizados pelo último par de patas ambulatórias em forma de remo. Na Costa Atlântica Ocidental, Esta família se distribui desde a América do Norte até o Extremo Sul da América do Sul (MELO, 1996).

Dentre os Portunídeos, a espécie *Callinectes danae* Smith, 1869, que se distribui desde a Flórida (EUA) até o Rio Grande do Sul (Brasil) (MELO, 1996), é considerada a mais abundante em sua área de distribuição (TEIXEIRA e SÁ, 1998; SEVERINO-RODRIGUES et al., 2001; BRANCO e FREITAS-JUNIOR, 2009; NEVIS et al., 2009). É registrada desde a profundidade entre-marés até 75 m, apresentando grande tolerância à variação de salinidade, podendo ocupar áreas estuarinas, particularmente aquelas com sedimento lodoso (MELO, 1999).

O crescimento pode ser descrito como o aumento do tamanho, volume ou peso ao longo do tempo. Nos crustáceos, que apresentam um exoesqueleto inextensível, o crescimento pode ser considerado um processo descontínuo (HARTNOLL, 1982). A análise do crescimento e a determinação da idade em crustáceos são consideradas complexas em decorrência da ausência de estruturas rígidas permanentes, que possam ser correlacionadas às idades, diferentemente de outros grupos de animais (anéis de crescimento em otólitos de peixes, por exemplo) (HARTNOLL, 1982). Nesse contexto, a determinação da idade de crustáceos geralmente é realizada por meio da análise de progressão das classes modais de tamanhos, pela validação em cativeiro, por meio da marcação e recaptura, pelo acúmulo de lipofuscina nos tecidos nervosos, dentre outros métodos (VOGT, 2011).

Segundo Campana (2001), para diminuir os erros procedentes da determinação da idade dos indivíduos, é preciso que haja acurácia, ou seja, a proximidade entre a idade estimada e a idade real, e precisão, que é a possibilidade de repetir a medida realizada.

A obtenção dos parâmetros biológicos por meio da utilização de modelos de crescimento, além de apresentar grande importância biológica, serve de base para o ordenamento e manejo pesqueiro. Através do estudo de crescimento, é possível identificar a composição etária da população, a longevidade, diferenças entre os sexos, dentre outros fatores primordiais para o conhecimento da biologia de uma espécie.

Um elevado esforço vem sendo despendido no intuito de mapear e caracterizar o crescimento de espécies da família Portunidae (SUMPTON et al., 1994; JOSILEEN e MENON, 2005; HERNÁNDEZ e ARREOLA-LIZÁRRAGA, 2007; DINESHBABU, 2011), contudo, há uma lacuna acerca do crescimento da espécie *C. danae* em região tropical.

Assim, objetiva-se com o presente trabalho estimar a primeira curva de crescimento, com seus respectivos parâmetros biológicos e a idade a partir das análises dos exemplares de *Callinectes danae* provenientes da coleta em ambiente natural e validar o crescimento em condições de cultivo controladas.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de dados

Foram obtidos exemplares de *Callinectes danae* no Canal de Santa Cruz (08° 47' 30" S e 034° 53' 20" W – Fig. 1), no período entre março de 2009 e março de 2010, por meio de 3 a 4 coletas mensais durante a baixa-mar, totalizando 42 pescarias. Para a captura, foram realizados 30 lances de rede de arrasto sem saco com abertura de malha de 12 mm e 12 pescarias com linha de mão e isca de peixes (Jereré).

Após a captura, os exemplares foram crioanestesiados e em seguida, foi realizada a identificação das espécies de acordo com a chave de identificação de Brachyura proposta por Melo (1996). A sexagem foi baseada na aderência e formato do abdômen, apresentando as fêmeas o abdômen triangular e aderido ao esternito torácico (jovens) ou semicircular e não aderido (adultas). Já os machos, com um formato de “T invertido” aderido aos esternitos torácicos (jovens) ou não aderidos (adultos) (VAN ENGEL, 1990). A biometria foi realizada com precisão de 0,1 cm e 0,1 g. As medidas biométricas mensuradas foram: largura do cefalotórax (LC, em cm), medido na extremidade dos espinhos laterais; largura do quinto segmento abdominal (L₅, em cm), medido na porção mediana; comprimento da quela direita (CQ, em cm), medido da extremidade do dátilo fixo até a base da quela, e peso total (PT, em g). Indivíduos que perderam apêndices foram excluídos das análises biométricas, tendo sido apenas contabilizados.

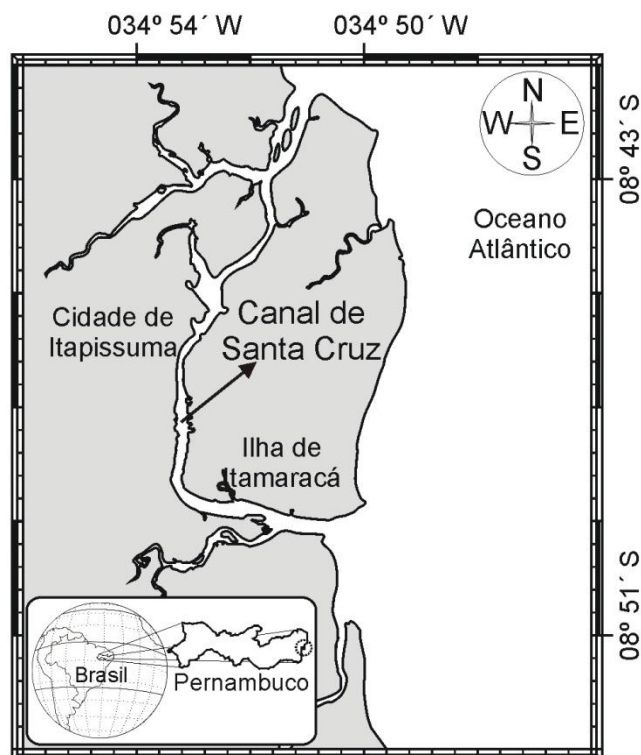


Figura 1. Localização geográfica da área de coleta dos exemplares de *Callinectes danae*, no Canal de Santa Cruz, Itapissuma-PE, Brasil.

Para avaliação da relação entre PT e LC, foi realizada a regressão potencial ($PT = \beta_0 LC^{\beta_1}$), onde β_0 é intercepto e o β_1 é o coeficiente de alometria (crescimento alométrico positivo quando o $\beta_1 > 3$; alométrico negativo quando $\beta_1 < 3$ e isométrico quando $\beta_1 = 3$). Na relação entre a LC e L_5 bem como na relação entre LC e CQ, foram utilizados modelos lineares ($L_5 = \beta_0 + \beta_1 LC$ e $CQ = \beta_0 + \beta_1 LC$). Essas relações foram realizadas separadamente para ambos os sexos, como também para indivíduos jovens e adultos. Para analisar possível similaridade entre as retas foi utilizado o teste “W” de comparação de modelos pelos parâmetros, que se baseia na máxima verossimilhança e utiliza a distribuição de qui-quadrado (MENDES, 1999).

Foi utilizado o pacote computacional FISAT II (GAYANILO et al., 2005) para análise da progressão modal de machos e fêmeas separadamente. A frequência de indivíduos por classe de tamanho de LC (intervalos de 0,5 cm) foi plotada de acordo com as datas de suas respectivas coletas mensais, com a finalidade de definir os comprimentos médios por idade (supostos grupos etários) através do método de Bhattacharya (1967). Posteriormente foi utilizada a ferramenta “Linking of means” para identificação do incremento de tamanho ao longo do crescimento. A rotina

descrita gera um arquivo de dados de incremento de tamanho por idade, que foi utilizado na estimativa das curvas de crescimento descritas a seguir.

Cultivo experimental (Validação)

Para analisar a acurácia da estimativa da idade e do número de mudas realizadas por machos e fêmeas, na natureza, foi realizado o cultivo experimental. No mês de junho de 2010 foram coletados 48 exemplares (24 machos e 24 fêmeas) de siri *Callinectes danae* provenientes do Canal de Santa Cruz, com o auxílio da mesma rede de arrasto citada anteriormente, que apresenta baixa seletividade devido ao reduzido tamanho de malha. Os menores indivíduos capturados (tamanho médio de 2 cm) foram tomados como idade zero, ou seja, o tamanho em que ocorre o assentamento dos juvenis (recrutamento biológico), com base em Hines (1986), que relata que o tamanho médio do estágio de primeiro caranguejo é de 2,89 cm.

Para a manutenção em cativeiro, realizada entre junho e dezembro de 2010, foram selecionados 48 exemplares juvenis, sendo 24 machos e 24 fêmeas. Os indivíduos foram sorteados e distribuídos aleatoriamente, individualmente, em unidades experimentais, contendo substrato de areia e 40 litros de água com salinidade média ($\pm$ desvio padrão) mantida a $23,58 \pm 0,24 \text{ g.L}^{-1}$ e temperatura média de $27,31 \pm 0,11 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Cada unidade foi composta por aeração e sistema de filtro biológico. Os animais foram alimentados diariamente com uma dieta composta por peixe, camarão e marisco, que eram fornecidos alternadamente *ad libitum*.

Foram realizadas biometrias desses exemplares cultivados no início do experimento e posteriormente quando os mesmos realizavam ecdise. A cada biometria, foram mensurados os comprimentos (LC). O incremento no tamanho foi calculado para todos os exemplares que realizaram ecdise.

Modelos de crescimento

A partir dos dados de crescimento obtidos dos indivíduos selvagens e dos indivíduos mantidos em cativeiro, foram calculados os parâmetros do crescimento, em base diária, a partir de cinco funções:

- i) von Bertalanffy (1938) (VB1): $LC_t = LC_{\infty} [1 - e^{-kt}]$
- ii) von Bertalanffy com t_0 (BEVERTON e HOLT, 1957) (VB2):

$$LC_t = LC_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

iii) von Bertalanffy com LC_0 (SIMPENDORFER et al., 2002) (VB3):

$$LC_t = LC_0 + [LC_{\infty} - LC_0][1 - e^{-kt}]$$

iv) Schnute-Richards (2001) (SRGF): $LC_t = LC_{\infty} / 1 + e^{-k'(t+b)^m}$

v) Gompertz (1875 *apud* CAMPANA e JONES, 1992) (GGF): $LC_t = LC_{\infty} e^{-ae^{-k''t}}$

Onde: LC_t = Largura do cefalotórax em cm para certa idade t ; LC_{∞} = tamanho médio teórico que uma espécie pode atingir (tamanho assintótico); k = constante de crescimento, em dias; t = idade (dias); t_0 = idade no comprimento $LC_t=0$; LC_0 é o tamanho estimado do nascimento, tendo sido utilizado o tamanho do menor indivíduo; k' , b , m , k'' e a são constantes dos modelos.

Para avaliar a curva de crescimento que melhor representa os dados, foi utilizado o AIC (Critério de Informação de Akaike) (AKAIKE, 1974) de acordo com a equação a seguir: $AIC = 2 \log(\theta) + 2K$, Onde: θ = mínima verossimilhança; K = número de parâmetros do modelo. Foi ainda calculada a variação do AIC em função do menor valor encontrado (Δ_i) e a importância de cada modelo, em função dos demais ($W_i = \exp(-0,5\Delta_i) * 100 / \sum \Delta_i$).

Em seguida estabeleceram-se limites superiores e inferiores para os intervalos de confiança (95%) de cada parâmetro de crescimento estimado usando verossimilhança e análise de bootstrap, ambos com 1000 iterações (HOOD, 2006).

Para comparação entre os modelos de crescimento entre machos e fêmeas e entre os indivíduos selvagens e em cativeiro, utilizou-se a estatística “W” de comparação de modelos pelos parâmetros.

Foi estimada a longevidade média utilizando (i) a idade estimada da coorte mais longeva pelo método Bhattacharya (1967) e (ii) o LC_t igual ao valor médio do tamanho dos indivíduos adultos. A longevidade máxima foi calculada considerando-se o tempo para alcançar uma fração do LC_{∞} (t_x), proposto por Cailliet et al. (2006), em que $t_x = 1/k \ln((LC_{\infty} - LC_0) / (LC_{\infty}(1-x)))$, em que LC_0 é o tamanho estimado do nascimento, e x foi substituído por 0,95 e 0,99.

RESULTADOS

Indivíduos em ambiente natural

No período entre março de 2009 e março de 2010, foram coletados 4287 exemplares de *C. danae*, sendo 2109 fêmeas (49%) e 2178 machos. Dentre os machos jovens ($n=1897$), os tamanhos de largura do cefalotórax (LC) variaram de 1,44 a 11,16 cm, enquanto que os adultos variaram entre 4,79 e 12,45 cm. Dentre as fêmeas, 2004 eram jovens entre 1,11 e 8,43 cm, e 105 eram adultas, com LC entre 7,12 e 9,99 cm (Fig.2).

Ao analisar o crescimento relativo (Fig. 3), na relação PTxLC, apenas os machos adultos apresentaram alometria positiva ($\beta_1 > 3,0$), enquanto que os machos jovens e fêmeas, jovens e adultas, apresentaram alometria negativa. Na relação $L_5 \times LC$, observa-se que indivíduos do sexo feminino apresentaram uma diferenciação morfométrica muito evidente quando se tornam adultas, enquanto que os machos, embora haja diferença entre jovens e adultos, apresentam uma diferenciação pouco perceptível (Fig. 4). Na relação entre CQxLC, ocorreu o inverso, onde os machos apresentam notória diferenciação morfométrica entre jovens e adultos e as fêmeas apresentam uma sutil mudança (Fig. 4). Indivíduos jovens e adultos, bem como machos e fêmeas apresentaram diferença estatística entre todos os modelos (todos os p-valores foram inferiores a 0,018).

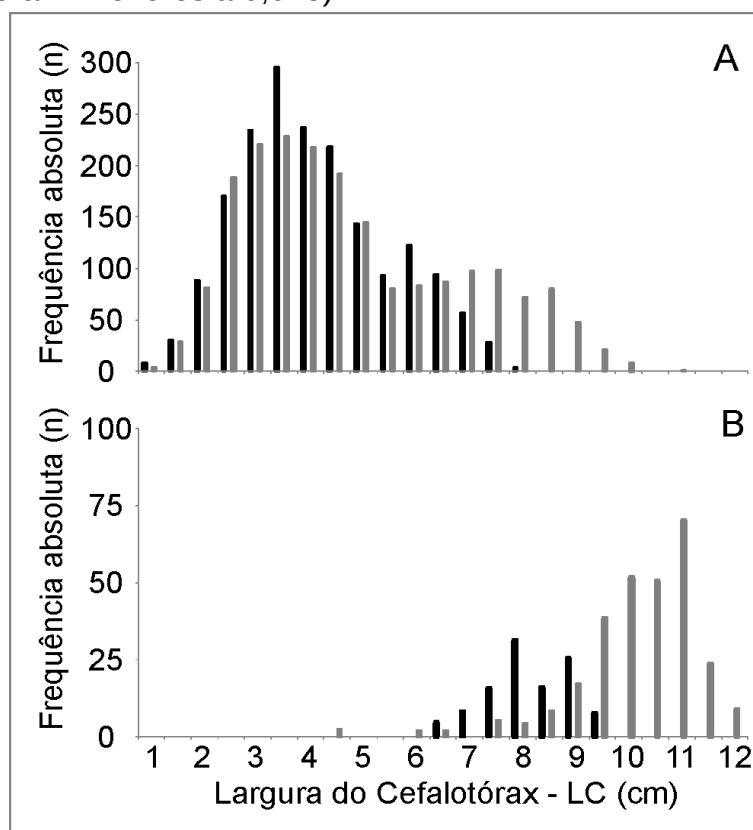


Figura 2. Frequência de machos (—) e fêmeas (—), jovens (A) e adultos (B) de *Callinectes danae* por classes de tamanho de largura de cefalotórax (LC). Os números do eixo x indicam o valor inicial da classe de LC.

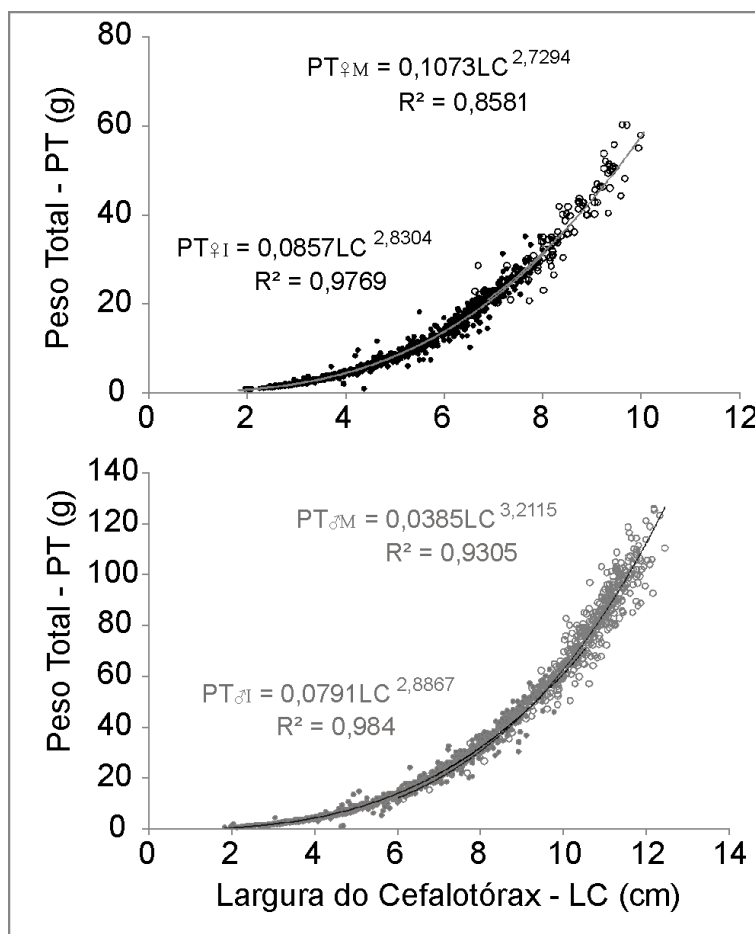


Figura 3. Relação entre PT e LC de fêmeas (♀, marcas negras) e machos (♂, marcas cinzas), maduros (M) e imaturos (I), de *Callinectes danae* com seus respectivos modelos e coeficientes de correlação (R^2).

A partir dos tamanhos (LC) médios encontrados utilizando o método de Bhattacharya, foi possível identificar os grupos modais ao longo do ano, identificando-se 5 grupos de machos e 4 de fêmeas (Fig. 5). Observa-se que as fêmeas apresentam menor inclinação entre as ligações e atingem tamanhos menores, em comparação aos machos. Os grupos de indivíduos menores, de machos e fêmeas, apresentam tamanhos próximos, enquanto que as maiores classes são representadas apenas pelos machos.

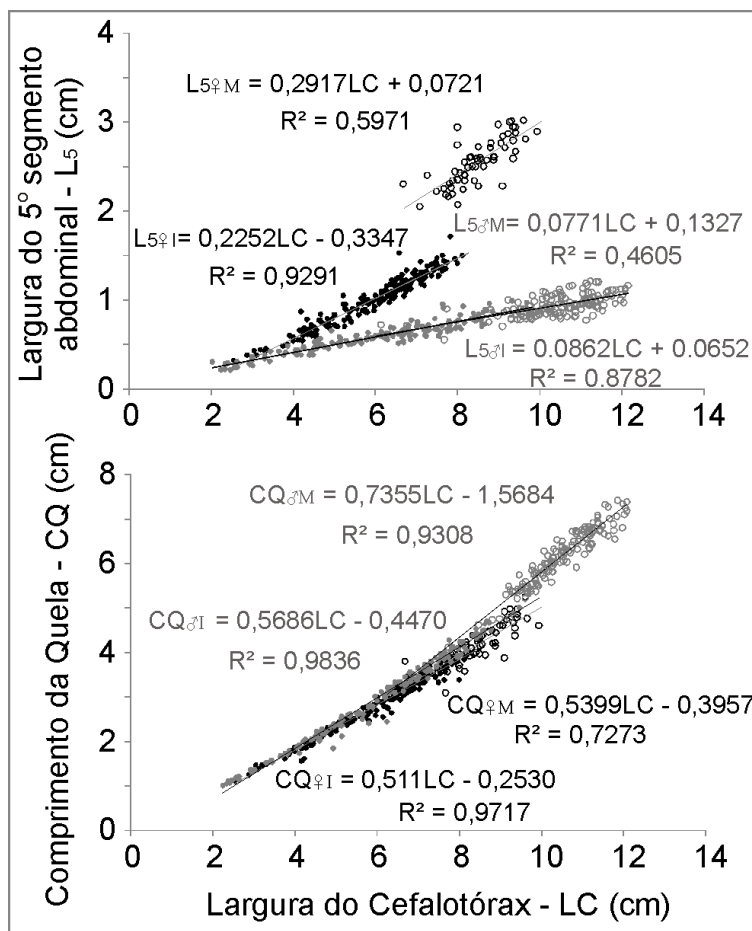


Figura 4. Relações entre L₅ e LC e entre CQ e LC, de fêmeas (♀, marcas negras) e machos (♂, marcas cinzas), maduros (M) e imaturos (I), de *Callinectes danae* com seus respectivos modelos e coeficientes de correlação (R^2).

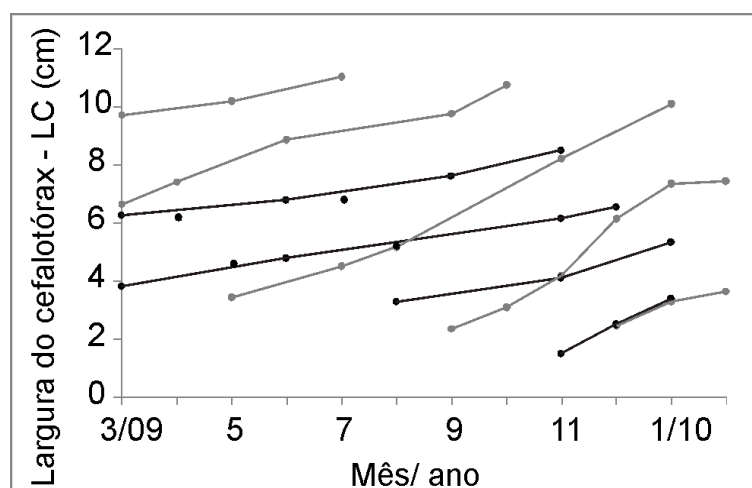


Figura 5. Identificação dos supostos grupos etários de fêmeas (—) e machos (---) de *Callinectes danae* coletados no Canal de Santa Cruz.

Validação

Durante o cultivo, as fêmeas realizaram cinco ecdises, e os machos, seis, sendo a última, a muda puberal, em que há a mudança notória no formato e

aderência do abdômen (VAN ENGEL, 1990). O tamanho médio inicial foi entre 2,06 e 2,45 cm, e as fêmeas atingiram tamanhos inferiores aos machos. O tempo decorrido entre duas mudas consecutiva aumentou (Tab. 1), até que os indivíduos atingiram a mudal puberal e não realizaram novas ecdises.

Tabela 1. Tamanho (LC, em cm) em que fêmeas e machos de *Callinectes danae* realizam ecdise em cativeiro e o número médio de dias do período de intermuda. DP: desvio padrão da média.

Ecdise	Fêmeas		Machos	
	LC $\pm$ DP	Dias	LC $\pm$ DP	Dias
Inicial	2,06 $\pm$ 0,28	08	2,45 $\pm$ 0,12	09
1 ^a	2,89 $\pm$ 0,10	18	3,06 $\pm$ 0,08	17
2 ^a	3,62 $\pm$ 0,10	29	3,68 $\pm$ 0,08	21
3 ^a	4,80 $\pm$ 0,14	36	4,66 $\pm$ 0,09	23
4 ^a	6,17 $\pm$ 0,23	37	5,89 $\pm$ 0,23	32
5 ^a	7,83 $\pm$ 0,23	-	6,99 $\pm$ 0,22	41
6 ^a	-		8,70 $\pm$ 0,23	-

Crescimento

Os parâmetros de crescimento dos modelos, calculados com base nos dados gerados a partir de coletas da natureza e do cultivo experimental estão explicitados na Tabela 2 e Figura 6. Observa-se que em todos os modelos o valor do LC_{∞} para machos é maior que para as fêmeas.

Os modelos gerados para os indivíduos da natureza não apresentaram uma notória variação, ficando as curvas quase sobrepostas, exceto próximo à origem dos eixos, em que se observa uma maior variação, visto que os modelos VB1 e VB3 fixam o LC_0 , para ambos os sexos. Os indivíduos em cativeiro apresentaram uma maior variação nos modelos, com grande variação nos valores e LC_{∞} e diferentes inclinações.

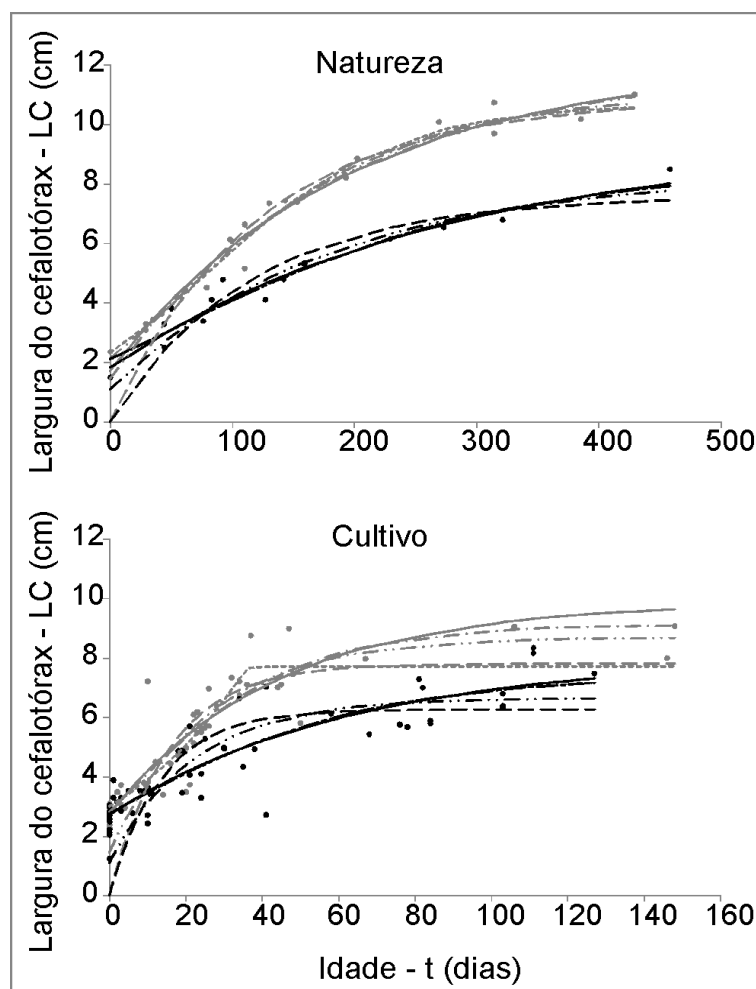


Figura 6. Curvas de crescimento de machos (—) e fêmeas (---) de *Callinectes danae* na natureza e em cativeiro. Linha tracejada: modelo de von Bertalanffy (VB1); Linha contínua: modelo de von Bertalanffy com t_0 (VB2); Linha tracejada com dois pontos: modelo de von Bertalanffy com LC_0 (VB3); Linha pontilhada: modelo de Schnute-Richards (SRGF) e linha tracejada com um ponto: modelo de Gompertz (GGF).

Ao analisar o modelo que melhor representa os dados, associando os valores dos parâmetros biológicos (Tab. 2) e do critério de informação de Akaike (Tab. 3), observou-se que o modelo de von Bertalanffy (VB1) não representa bem as menores classes de tamanho, mesmo tendo apresentado os melhores valores de AIC para os machos. Esse modelo apresenta valores de LC_∞ inferiores aos tamanhos dos maiores indivíduos e apresenta um intervalo de confiança muito amplo. O modelo VB2 apresentou parâmetros condizentes com as observações, com estreito IC, se comparado aos demais. O AIC do modelo VB2 apresentou valores medianos. O modelo de VB3 apresentou valores de LC_∞ e k intermediário aos modelos VB1 e VB2, com os melhores valores de AIC para as fêmeas. Entretanto, o AIC para os machos foi elevado e o IC para todos os parâmetros foi muito amplo. O modelo de Gompertz (GGF) apresentou um bom ajuste dos parâmetros, com baixos valores de

AIC, semelhantes ao modelo VB2, e intervalo de confiança estreito. O modelo de Schnute-Richards apresentou valores de AIC muito elevado, em comparação aos demais modelos, e valores LC_{∞} muito abaixo dos observados.

Tabela 2. Parâmetros de crescimento de machos (♂) e fêmeas (♀), na natureza e em cativeiro, de *Callinectes danae* referentes aos modelos de von Bertalanffy (VB1, VB2 e VB3), de Gompertz (GGF) e Schnute-Richards (SRGF). Os valores entre parêntesis indicam os limites inferiores e superiores do intervalo de confiança a 95%. LC_{∞} : tamanho assintótico; k: constante de crescimento, em base diária; t_0 : idade no comprimento $LC_t=0$; k' , k'' , a, b e m são constantes do modelo.

		Natureza		Cultivo	
		♂	♀	♂	♀
VB1	LC_{∞}	10,86 (4,22; 26,21)	7,60 (3,37; 18,00)	7,81 (0,07; 19,40)	6,26 (1,13; 14,36)
	k	0,0081 (0,0037; 0,0199)	0,0086 (0,0023; 0,0186)	0,06366 (0,0087; 0,0400)	0,07323 (0,0175; 0,1400)
VB2	LC_{∞}	12,12 (6,73; 20,00)	9,48 (8,43; 11,71)	9,88 (4,85; 16,17)	8,02 (4,45; 13,97)
	k	0,0052 (0,0025; 0,0086)	0,0036 (0,0023; 0,0050)	0,0228 (0,0135; 0,0467)	0,0158 (0,0092; 0,0312)
	t_0	-29,36 (-48,93; -14,68)	-59,04 (-91,78; -38,20)	-14,27 (-23,37; -7,00)	-26,23 (-45,38; -13,22)
VB3	LC_{∞}	11,84 (2,80; 23, 61)	8,3357 (2,63; 18,11)	8,68 (1,02; 19,14)	6,65 (3,01; 14,02)
	k	0,0056 (0,0003; 0,0123)	0,0056 (0,0022; 0,0117)	0,0395 (0,0040; 0,1463)	0,0448 (0,0211; 0,1487)
GGF	LC_{∞}	11,02 (5,23; 18,68)	8,55 (4,74; 15,08)	9,13 (4,50; 15,28)	7,43 (3,75; 12, 52)
	k'	-0,0095 (-0,0172;- 0,0051)	-0,0064 (-0,0094;-0,0028)	-0,0389 (-0,0335; -0,0096)	-0,0258 (-0,0444;-0,0131)
	a	1,65 (0,82; 2,84)	1,40 (0,70; 0,2,34)	1,18 (0,57; 2,07)	0,99 (0,50; 1,65)
SRGF	LC_{∞}	10,70 (6,63; 16,12)	8,54 (5,34; 12,86)	7,72 (4,60; 11,75)	7,44 (4,43; 11,61)
	k''	0,0125 (0,0081; 0,0199)	0,0064 (0,0037; 0,0099)	1,2755 (0,6381; 1,9331)	0,0258 (0,0138; 0,0404)
	b	1,89 (1,32; 2,84)	0,0035 (0,0021; 0,0050)	10^{20} (10^{19} ; 10^{20})	0,0005 (0,0003; 0,0008)
	m	-0,6950 (-1,0424;-0,4219)	-0,0020 (-0,0051;-0,0021)	-48,62 (-75,02; -30,39)	-0,0006 (-0,0008; -0,0003)

A partir dessa análise, pode-se afirmar que os modelos VB2 e GGF são os que melhor representam os dados. O modelo VB2 foi selecionado para o cálculo da longevidade e para fins de comparação com outros autores, uma vez que os dados disponíveis na literatura de crescimento de crustáceo utilizam modelos de von Bertalanffy.

Ao comparar todas as curvas de crescimento, obteve-se a diferença significativa entre os modelos dos siris em cativeiro e dos selvagens, e entre os sexos, obtendo-se, em todas as análises, um p-valor menor que 0,0001.

Com base na estimativa realizada para os indivíduos da natureza, a longevidade média alcançada, considerando-se a idade da coorte mais longeva, foi de 429 dias, para os machos e 458 dias de vida para as fêmeas. Se considerado o valor correspondente ao tamanho médio dos indivíduos adultos (machos: 10,63 cm e fêmeas: 8,43 cm), a longevidade fica estimada em 375 e 553. Já a longevidade máxima, estimada com base em 95% e 99% do valor de LC_{∞} , os machos podem alcançar entre 550 e 860 dias (1,5 a 2,4 anos) e as fêmeas, entre 764 e 1205 dias de vidas (2,1 a 3,3 anos).

Tabela 3. Análise do Critério de Informação de Akaike para curvas de von Bertalanffy (VB1, VB2, VB3), Gompertz (GGF) e Schnutte-Richards (SRGF) para indivíduos machos e fêmeas de *Callinectes danae*, provenientes da natureza e em cativeiro.

Camêreses dadas, provenientes da natureza e em cultivo.							
		Natureza			Cultivo		
Sexo		AIC	Δ_i	wi	AIC	Δ_i	wi
♂	VB1	9,06	0,00	99,84	9,87	0,00	96,01
	VB2	12,05	2,99	22,39	12,05	2,18	32,28
	VB3	13,99	4,93	8,49	14,45	4,58	9,72
	GGF	10,43	1,37	50,33	11,51	1,64	42,29
	SRGF	12,40	3,34	18,79	13,49	3,62	15,71
♀	VB1	8,55	0,45	41,09	10,06	0,17	47,12
	VB2	9,85	1,75	21,45	11,86	1,97	19,16
	VB3	8,10	0,00	51,46	9,89	0,00	51,30
	GGF	10,01	1,91	19,80	11,62	1,73	21,60
	SRGF	12,01	3,91	7,28	13,62	3,73	7,95

As capturas dos indivíduos da natureza são compostas predominantemente por indivíduos jovens (Fig. 7). Apenas a metade das fêmeas da população alcança

105 dias, enquanto que a metade das capturas de machos é composta por indivíduos que ainda não completaram 75 dias.

Levando-se em consideração que o tamanho de primeira maturação para esta parcela da população estudada é de 8,38 cm para os machos e de 7,44 cm para as fêmeas (Shinozaki-Mendes, 2012), estima-se que a maturidade seja alcançada com 198 e 366 dias, respectivamente.

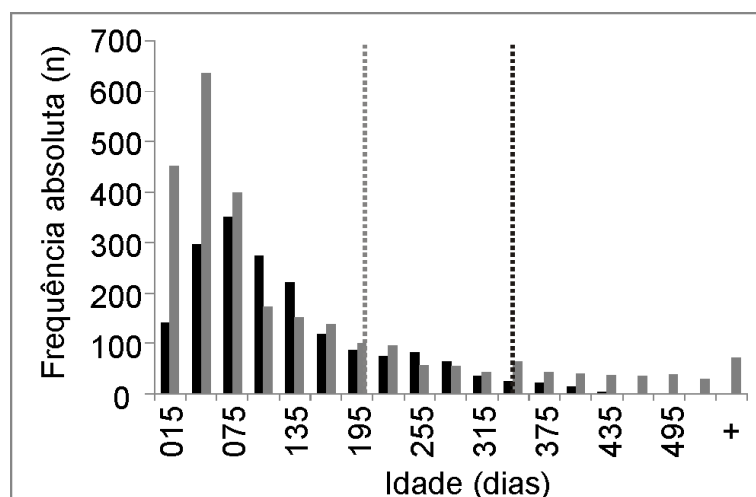


Figura 7. Frequência de machos (—) e fêmeas (—) de *Callinectes danae* por idade. Os números do eixo x indicam o valor médio da classe de idade e as linhas pontilhadas indicam a idade de primeira maturação.

DISCUSSÃO

O crescimento somático mais acentuado dos machos está relacionado ao modo diferenciado do uso de energia entre os sexos: enquanto as fêmeas direcionam a energia produzida para a produção de grande número de óvulos e na migração para a desova, os machos investem em crescimento somático (HARTNOLL, 1974). No caso do *C. danae*, no momento da cópula os machos “abraçam” as fêmeas, sendo, então, fundamental que tenham tamanhos maiores.

Na relação entre LC e CQ, os machos apresentam um maior crescimento das quelas, se comparado às fêmeas, sendo essa diferença ainda mais acentuada quando os machos tornam-se morfológicamente maduros, mostrando assim um atributo dos machos adultos da espécie. Dentre as vantagens adaptativas da maior taxa de crescimento das quelas em machos, cita-se o uso destas em combate (HARTNOLL, 1974) e para auxiliarem na proteção da fêmea durante a muda puberal (GUERRERO-OCAMPO *et al.*, 1998).

Devido ao fato das fêmeas mudarem o formato de seu abdômen (passando de formato triangular para semicircular) quando realizam a muda puberal, há um incremento muito grande na relação entre LC e L_5 , sendo uma característica importante relacionada à necessidade das fêmeas aumentarem a área do abdômen para melhor incubação dos ovos.

Uma vantagem natural na análise do crescimento dessa espécie é o crescimento por meio de mudas e a realização da muda puberal. Essas características se tornam vantagens por tornar o crescimento uma variável discreta, e não contínua, como ocorre para os peixes. Desta forma, há uma grande precisão na medida do crescimento, uma vez que a reprodutibilidade é claramente viável (CAMPANA, 2001).

Hilborn e Walters (1992) citam que um problema na análise de frequência de tamanhos é a sobreposição das classes modais dos indivíduos mais velhos. Além da sobreposição de modas de indivíduos mais velhos, há ainda uma série de limitações associadas à utilização da análise de progressão modal para estimar a idade de indivíduos. Dentre as limitações notórias, Lessa e Duarte-Neto (2004) destacam que (1) ocorre a sobreposição de modas para idades subestimadas; (2) a formação de grupos é baseada em tamanho, e não em idade; (3) a desova não ocorre em um período discreto do ano; (4) as coortes podem estar submetidas às diferentes condições ambientais, e assim, apresentar diferentes taxas de crescimento; (5) algumas classes de tamanho são sub-representadas; e (6) há, geralmente, seletividade do aparelho de pesca. Entretanto, ao realizar a validação do crescimento utilizando outro método, estas limitações podem ser suplantadas. No presente trabalho, a validação em sistema de cultivo evidenciou que o número de mudas estimadas pela análise de progressão modal é igual ao número de mudas observadas em laboratório. Entretanto, o tamanho e a idade apresentaram diferenças entre o cultivo e as condições naturais.

No presente trabalho, os machos apresentaram os valores dos parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy maiores que os das fêmeas. Fato esse observado também para *C. danae* em latitudes mais baixas, entre 22° e 27° S, no sudeste (KEUNECKE et al., 2008) e no sul do Brasil (BRANCO e MASUNARI, 1992).

Uma importante característica acerca das curvas de crescimento, é que os valores de LC_{∞} e de k atuam de maneira inversa, ou seja, um mesmo banco de dados pode ser ajustado com menores valores de LC_{∞} caso sejam adotados maiores

valores de k . Desta forma, para realizar uma comparação entre os parâmetros de crescimento, optou-se por realizar a comparação das curvas, e não dos parâmetros de forma isolada. Assim, foram plotados os valores de curva de crescimento de *C. danae* conhecidos até o presente momento (Fig. 8). Todos os autores utilizaram a curva de von Bertalanffy, variando apenas quanto ao t_0 , ou seja, alguns autores adotaram a fórmula original de von Bertalanffy (1938) e outros adotaram o modelo proposto por Beverton e Holt (1957).

É observado que as curvas de crescimento de indivíduos em cativeiro (curvas 8 e 6, Fig. 8) apresentaram valores de k muito maiores que os indivíduos selvagens, indicando, claramente, uma influência das condições do cultivo na taxa do crescimento. Já na natureza, os indivíduos de latitudes baixas, até 22°, do Nordeste (presente trabalho, curvas 7 e 3 da Fig. 8) e do sudeste do Brasil (KEUNECKE et al., 2008), curvas 4 e 5 da Fig. 8) apresentaram o crescimento muito semelhante (k diário entre 0,004 e 0,005), enquanto que os indivíduos de latitudes mais altas (27°), da região Sul do Brasil (BRANCO e MASUNARI, 1992, curvas 2 e 1 da Fig. 8), claramente apresentam menor taxa de crescimento ($k = 0,002$) e maiores valores assintóticos. Esse fato pode ser explicado pelos valores mais baixos de temperatura registrados no Sul, implicando em um crescimento mais lento, atingindo comprimentos maiores (ODUM, 1988). Contudo, Vogt (2011) cita que a longevidade alcançada por indivíduos em altas latitudes não é um simples efeito destas variáveis citadas (temperatura e taxa de crescimento), mas uma adaptação de toda a história de vida para diferentes ambientes.

Ao realizar uma análise comparativa das curvas de crescimento de von Bertalanffy estimada para diversas espécies de Portunídeos, ajustadas por diversos autores, sem levar em consideração as oscilações sazonais das curvas (Fig. 8), nota-se que para a maioria das espécies o crescimento de machos e fêmeas se baseou em modelos distintos, onde as fêmeas atingem tamanhos inferiores aos dos machos.

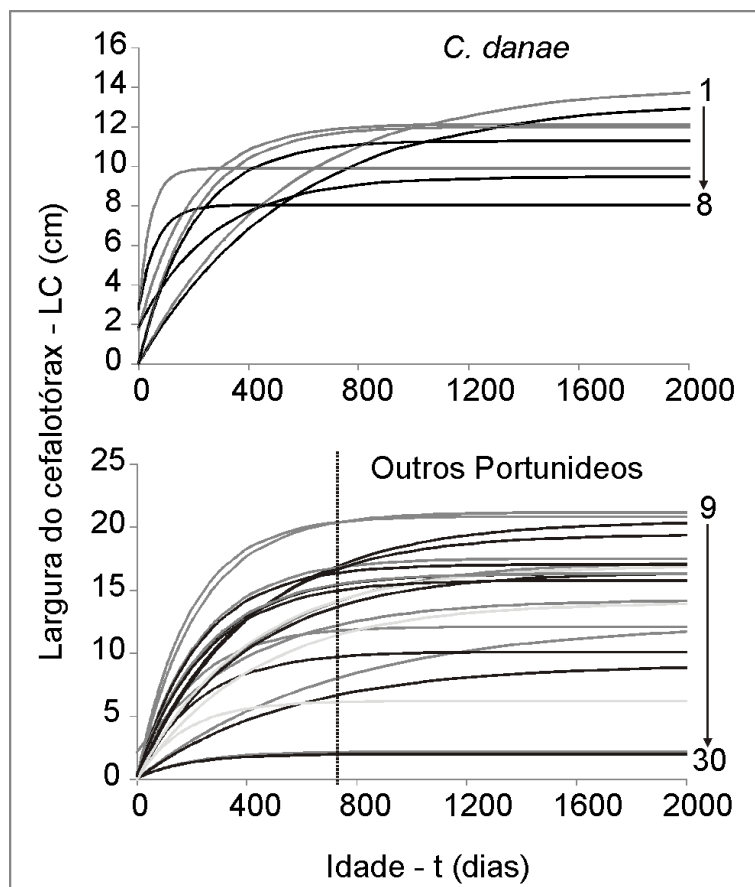


Figura 8. Curvas de crescimento de *Callinectes danae* (curvas de 1 a 8) e outros Portunideos (curvas de 9 a 30), machos (—), fêmeas (---) e sexos agrupados (....), na natureza e em cativeiro, encontrado por diversos autores. Presente trabalho: curvas n°. 3, 6, 7 e 8; Branco e Masunari (1992): 1 e 2; Keunecke et al. (2008): 4 e 5; Josileen e Menon (2005): 9 e 10; Lee e Hsu (2003): 11 e 12; Sumpton et al. (1994): 13 e 15; Dineshbabu (2011): 14 e 17; Hernández e Arreola-Lizárraga (2007): 16 e 23; Rodrigues e D'Incao (2006): 18 e 21; Ferreira e D'Incao (2008): 19 e 20; Fischer e Wolff (2006): 22; Pinheiro e Hattori (2006): 24 e 26; Branco e Lunardon-Branco (1993): 25 e 27; Abowei et al. (2009): 28; Doi et al. (2008): 29 e 30.

A maioria das espécies de Portunídeos atinge a assíntota da curva antes de completar dois anos (Fig. 8), o que indica um crescimento rápido, se comparado a outros Brachyura, como o *Ucides cordatus*, que demoram mais de 10 anos para atingir 95% do tamanho assintótico (DIELE e KOCH, 2010). Algumas espécies de crustáceos, por apresentar crescimento rápido, apresentam grandes vantagens no que se refere às chances de recuperação dos estoques (LONGHURST e PAULY, 2007). Entretanto, independentemente da estratégia da população, a captura máxima sustentável deve ser respeitada, pois populações de espécies de crescimento rápido também podem declinar em função de um esforço de pesca acima do que pode ser compensado pela retirada de biomassa da população (GULLAND, 1983).

Uma explicação lógica para a maior taxa de crescimento no cultivo é a condição limitada de movimentação, fazendo com que o animal despenda menos energia, somada à grande oferta de alimentos, o que geralmente não ocorre no ambiente natural. Da mesma forma que o espaço limitado do aquário contribui para o menor gasto de energia dos indivíduos, este também pode ser um fator limitante ao crescimento.

Dados de longevidade na literatura podem indicar a idade do espécime mais velho já registrado, a idade do grupo modal mais longo ou a idade máxima estimada por modelos de crescimento (VOGT, 2011). Assim, estes dados podem variar consideravelmente para a mesma espécie. Para *C. danae*, a longevidade foi calculada apenas por Keunecke et al. (2008), estimada em 2,3 anos para os machos e 2,5 anos, para as fêmeas, utilizando 99% do valor de LC_{∞} , próximo aos resultados do presente trabalho.

Nota-se que no estudo realizado por Keunecke et al. (2008) e no presente trabalho, as fêmeas apresentaram uma maior longevidade. Segundo Vogt (2011), essa característica pode estar associada ao maior estresse sofrido pelos machos, relacionado ao papel de defesa da fêmea e obtenção de alimento para dois indivíduos durante o período que precede a cópula.

A longevidade é um fator intrínseco à espécie. Em seguida, podem-se considerar as variações geográficas e adaptações ecológicas (VOGT, 2011), bem como as condições ambientais e a saúde dos organismos. Contudo, é necessário ainda, considerar as diferentes origens dos dados e métodos de análise, visto que a longevidade de uma mesma população pode oscilar amplamente em função do método utilizado, inclusive em função do maior exemplar usado na estimativa.

REFERÊNCIAS

- ABOWEI, J. F. N.; GEORGE, A. D. I.; DEEKAE, S. N. 2009. The Age and Growth of *Callinectes amicola* (De Rochebrune, 1883) from Okpoka Creek, Niger Delta, Nigeria. International Journal of Animal and Veterinary Advances 1(2): 73-82.
- AKAIKE, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control 19: 716-725.

- BERTALANFFY, L. VON. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquires on growth laws. II). *Human Biology* 10(2): 181-213.
- BEVERTON, R. J. H.; HOLT, S. J. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations, Fishery Investigations Series II Volume XIX, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 533p.
- BHATTACHARYA, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components, *Biometrics* 23: 115-135.
- BRANCO, J. O.; FREITAS Jr, F. 2009. Análise quali-quantitativa dos crustáceos no ecossistema Saco da Fazenda, Itajaí, SC. in: Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas. 180-206p.
- BRANCO, J. O.; LUNARDON-BRANCO, M. J. 1993. Crescimento e tamanho de primeira maturação em *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda: Portunidae) da região de Matinhos, Paraná, Brasil. *Arquivos Biologia e Tecnologia* 36: 497–503.
- BRANCO, J. O.; MASUNARI, S. 1992. Crescimento de *Callinectes danae* Smith (Decapoda: Portunidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 9(1/2): 53-66.
- CAILLIET, G. M.; SMITH, W. D.; MOLLET, H. F. E GOLDMAN, J. 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environmental Biology of Fishes* 77: 211–228.
- CAMPANA, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* 59: 197–242.
- CAMPANA, S.E.; JONES, C. M. 1992. Analysis of otolith microstructure data. In: D.K. Stevenson and S.E. Campana (ed.) *Otolith microstructure examination and analysis*, pp. 73-100. Canadian special publication of Fisheries and Aquatic Sciences., 117.
- DIELE, K; KOCH, V. Growth and mortality of the exploited mangrove crab *Ucides cordatus* (Ucididae) in N-Brazil. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 395: 171–180.

- DINESHBABU, A. P. 2011. Biology and exploitation of the crucifix crab, *Charybdis* (*Charybdis*) *feriata* (Linnaeus, 1758) (Brachyura: Portunidae) from Karnataka coast, India. Indian Journal of Fisheries 58: 25-29.
- DOI, W.; YOKOTA, M.; STRÜSSMANN, C. A.; WATANABE, S. 2008. Growth and reproduction of the portunid crab *Charybdis bimaculata* (Decapoda: Brachyura) in Tokyo Bay. Journal of Crustacean Biology 28: 641-651.
- FERREIRA, L. S.; D'INCAO, F. 2008. Crescimento de *Callinectes sapidus* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) no estuário da laguna dos Patos, RS, Brasil. Iheringia 98: 70-77.
- FISCHER, S.; WOLFF, M. 2006. Fisheries assessment of *Callinectes arcuatus* (Brachyura, Portunidae) in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. Fisheries Research 77: 301-311.
- GAYANILO, JR.; SPARRE, P.; PAULY, D. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8. 168p.
- GUERRERO-OCAMPO, C. M.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L.; COSTA, T. M. 1998. Comparação do peso dos quelípodos e crescimento em duas espécies de "sirís" do gênero *Callinectes* (Brachyura, Portunidae). Brazilian Archives of Biology and Technology 41(4): 483-488.
- GULLAND, J. A. 1983. Fish stock assessment A manual of basic methods. FAO/Wiley Series on Food and Agriculture, Vol 1, 233 p.
- HARTNOLL, R. G. 1974. Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda, Brachyura). Crustaceana 27: 131-136.
- HARTNOLL, R. G. 1982. Growth. In: Bliss, D. E. The biology of Crustacea. London: Academic Press, v.1, p. 111-196.
- HERNÁNDEZ, L.; ARREOLA-LIZÁRRAGA, J. A. 2007. Estructura de tallas y crecimiento de los cangrejos *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* (Decapoda: Portunidae) en la laguna costera Las Guásimas, México. International Journal of Tropical Biology 55: 225-233.
- HILBORN, R.; WALTERS, C. J. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics & Uncertainty. Ed. Chapman & Hall. 570p.

- HINES, A. H. 1986. Larval patterns in the life histories of Brachyuran crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Larval Invertebrate Workshop. Bulletin of Marine Science 39(2): 44-66.
- HOOD, G. M. 2006. Pop Tools version 2.7.5. Software. Disponível em: <www.cse.csiro.au/poptools>.
- JOSILEEN, J.; MENON, N. G. 2005. Growth of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) (Decapoda, Brachyura) in captivity. Crustaceana 78: 1-18.
- KEUNECKE K. A; D'INCAO F; MOREIRA F. N; SILVA JR. D. R.; VERANI J. R. 2008. Idade e crescimento de *Callinectes danae* e *C. ornatus* (Crustacea, Decapoda) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. Iheringia 98:231-235.
- LEE, H.; HSU, C. 2003. Biology of the Swimming Crab *Portunus sanguinolentus* in the Waters off Northern Taiwan. Journal of Crustacean Biology 3: 691-699.
- LONGHURST, A. R.; PAULY, D. 2007. Ecologia dos Oceanos Tropicais. Ed. da Universidade de São Paulo. 424p.
- LESSA, R.; DUARTE-NETO, P. 2004. Age and growth of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western equatorial Atlantic, using dorsal fin spines. Fisheries Research 69: 157-170.
- MANTELATTO, F. L. M.; FRANSOZO, A. 1992. Relação peso/largura da carapaça no caranguejo *Hepatus pudibundus* (Herbst, 1785) (Decapoda, Calappidae) na região de Ubatuba, SP. Brasil. Arquivos de Biologia e Tecnologia 35: 719-724.
- MELO, G. A. S. 1996. Manual de Identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo, Ed. Plêiade/FAPESP, 604p.
- MELO, G. A. S. 1999. Infraordem Brachyura. Siris e caranguejos: espécies marinhas e estuarinas, p. 415-485. In: L. Backup e G. BOND-BUCKUP (Eds). Os crustáceos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Editora UFRGS, 503p.
- MENDES, P. P. 1999. Estatística aplicada à Aquicultura. Recife-PE. Ed. Bargaço, 265p.
- NEVIS, A. B.; MARTINELLI, J. M.; CARVALHO, A. S. S.; NAHUM, V. J. I. 2009. Abundance and spatial-temporal distribution of the family Portunidae (Crustacea,

Decapoda) in the Curuçá estuary on the Northern coast of Brazil. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology 13: 71-79.

ODUM, E. P. 1988. Ecologia. Ed. Guanabara, 434p.

PINHEIRO, M. A. A.; HATTORI, G. Y. 2006. Growth of the speckled swimming crab, *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Crustacea, Brachyura, Portunidae), in Ubatuba (SP), Brazil. Journal of Natural History 40: 1331–1341.

RODRIGUES, M. A.; D'INCAO, F. 2006. Crescimento e ciclo de mudas de *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) no estuário da Lagoa dos Patos. Rio Grande, FURG, Pós-Graduação em Oceanografia Biológica. 83p.

SCHNUTE, J. T.; RICHARDS, L. J. 2001. Use and abuse of fishery models. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 58: 10-17.

SEVERINO-RODRIGUES, E.; PITA, J. B.; GRAÇA-LOPES, R. 2001. Pesca artesanal de siris (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. Boletim do Instituto de Pesca 27: 7-19.

SHINOZAKI-MENDES, R. A. 2012. Dinâmica da população do siri *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) no Canal de Santa Cruz/ PE. Tese (Doutorado em Biologia Animal) da Universidade Federal de Pernambuco.

SIMPFENDORFER, C.A.; MCAULEY, R.B.; CHIDLOW, J.; UNSWORTH, P. 2002. Validated age and growth of the dusky shark *Carcharhinus obscurus*, from Western Australian waters. Mar. Fresh. Res. 53, 567–573.

SUMPTON, W. D.; POTTER, M. A.; SMITH, G. S. 1994. Reproduction and Growth of the Commercial Sand Crab, *Portunus pelagicus* (L.) in Moreton Bay, Queensland. Asian Fisheries science 7: 103-113.

TEIXEIRA, R. L.; SÁ, H. S. 1998. Abundância de macrocrustáceos decápodos nas áreas rasas do complexo lagunar Mundaú/Manguaba, AL. Revista Brasileira de Biologia 58: 393-404.

VAN ENGEL, W. A. 1990. Development of the reproductively functional form in the male blue crab *Callinectes sapidus*. Bulletin of Marine Science 46: 13-22.

VOGT, G. 2011. Ageing and longevity in the Decapoda (Crustacea): A review. Zool. Anz. in press.

2.4. Polimorfismo etário e sexual de *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea: Portunidae) utilizando morfometria geométrica

RESUMO

O estudo das modificações ocorridas na morfometria geométrica ao longo do ciclo de mudas de machos e fêmeas de *Callinectes danae* surge em substituição à morfometria clássica, sendo assim o objetivo do presente trabalho. Para alcançar esse objetivo, foi identificado um grupo de indivíduos não sexados (jovens), 6 grupos de fêmeas e 7 grupos de machos, sendo o último grupo, de ambos os sexos, composto por indivíduos adultos. Foram determinados 20 marcos anatômicos da vista dorsal e 16 da vista ventral. Com base na relação canônica e na distância de procruste, observou-se a formação de grupos (em ambas as vistas) claramente separados, indicando que há uma mudança significativa ao longo da ontogenia, e não apenas na muda puberal. As modificações mais notórias ocorreram no abdômen, cujos machos afinam e as fêmeas alargam ao longo das ecdises. Na vista dorsal, se observa um deslocamento dos espinhos anterolaterais para a região anterior, tanto para machos e fêmeas ao longo do crescimento, e os dentes orbitais e frontais dos jovens mais ornamentados que os dos adultos.

Palavras chave: Procruste. Ecdise. Thin-plates. Siri.

→ Artigo a ser submetido para publicação na revista “Zoologia”.

INTRODUÇÃO

São conhecidas aproximadamente 5.000 espécies de caranguejos e siris (Brachyura) em todo mundo (MELO, 1996). Estes animais apresentam bruscas alterações no crescimento que indicam estágios crítico ao longo da ontogenia, como por exemplo, a muda puberal, em que o indivíduo passa da fase juvenil para adulta (HARTNOLL, 1969), atingindo, assim, a maturidade morfométrica.

O gênero *Callinectes* caracteriza-se por possuir o abdômen aderido ao esternitos torácicos até a realização da muda puberal, quando o indivíduo se torna adulto (VAN ENGEL, 1990), uma vez que os órgãos copulatórios ficam expostos, tornando-os aptos a realizar a cópula. Contudo, não há relatos sobre uma possível modificação no formato do cefalotórax dos indivíduos, sendo relatadas apenas modificações visuais no abdômen das fêmeas.

A utilização de técnicas de morfometria geométrica vem sendo aplicada em substituição à morfometria clássica. Essa mudança vem ocorrendo devido à importância de se identificar a relação morfométrica de um organismo como um todo, e não de pares de medidas lineares, sendo considerada uma revolução em relação às abordagens tradicionais que até então eram utilizadas (MORAES, 2003). Assim, as medidas de distância deram lugar aos métodos geométricos (ROHLF e MARCUS, 1993).

Com a morfometria geométrica são obtidas imagens em duas dimensões, com marcos anatômicos que após a retirada dos efeitos de translação, escala e rotação permitem medir as distâncias entre suas coordenadas (ROHLF e MARCUS, 1993), proporcionando mais parâmetros como resposta em uma única análise.

Os crustáceos formam um grupo adequado para utilização de técnicas de morfometria geométrica devido ao seu exoesqueleto rígido e de fácil identificação de marcos homólogos. Os portunídeos (siris) ainda ressaltam essa adequabilidade por apresentarem o corpo achatado, diminuindo a distorção da profundidade (terceira dimensão) das imagens. No entanto a aplicação dessa técnica em crustáceos tem sido pouco explorada (RUFINO et al., 2009).

Trabalhos com crustáceos, envolvendo técnicas de morfometria geométrica foram realizados por Giri e Collins (2004), comparando duas espécies simpátricas de Aeglidae; por Silva e Paula (2008) utilizando o formato da quela como medida de comparação entre Brachyura; por Bertin et al. (2002) e por Rufino et al. (2009)

quanto ao dimorfismo sexual de Isopoda e Brachyura, respectivamente e por Giri e Loy (2008), relacionando o dimorfismo ao habitat e interação entre espécies. Assim, observa-se que um esforço relevante vem sendo direcionado para a aplicação desta técnica no estudo dos crustáceos, entretanto, são ausentes informações sobre as transformações ao longo das ecdises.

A partir do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, analisar possíveis diferenças na morfometria geométrica da vista dorsal e ventral de machos e fêmeas, *Callinectes danae*, ao longo do ciclo de mudas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados 4209 exemplares do siri *Callinectes danae* no Canal de Santa Cruz (08°43'00"S a 08°49'00"S e 034°51'00"W a 034°54'00"W), município de Itapissuma, litoral Norte do Estado de Pernambuco, Brasil. Os exemplares foram obtidos por meio de pescarias mensais no período entre março de 2009 e março de 2010, utilizando-se rede de arrasto (rede linear, sem saco, tipo arrasto de praia) e linha e isca com puçá (também chamado de jereré).

Cada exemplar foi identificado quanto ao sexo, mensurado quanto à largura do cefalotórax (LC) e distribuídos em classes de LC com intervalo de 0,5 cm. Para identificação dos prováveis grupos etários, ou seja, indivíduos que realizaram o mesmo número de mudas e apresentam tamanhos de LC próximos, foi feita a decomposição das distribuições normais de larguras do cefalotórax utilizando o método Bhattacharya (GAYANILO et al., 2005), identificando-se o valor médio e desvio padrão de cada grupo, para machos e fêmeas separadamente. Os exemplares pequenos, cujo sexo não pôde ser identificado pelo formato do abdômen, foram classificados como jovens de idade zero.

Em seguida, foram selecionados entre 10 e 15 exemplares com LC próxima à média de cada grupo, de cada sexo e de indivíduos não sexados. Foram obtidas imagens da vista dorsal e ventral dos indivíduos, utilizando uma câmera digital paralela ao plano horizontal acoplada a um tripé. Foram determinados 20 marcos anatômicos da vista dorsal e 16 marcos da vista ventral (Fig. 1- Tab. 1). Uma vez que o animal apresenta simetria bilateral, foram selecionados apenas os marcos na porção esquerda, evitando a redundância dos pontos (RUFINO et al., 2009). A nomenclatura destinada aos marcos foi baseada na identificação proposta por Melo

(1996). Os marcos foram digitalizado utilizando o programa TPSDig, proposto por Rohlf (2006) e padronizados quanto à posição, ao tamanho de centróide e alinhados com base na análise padronizada de procruste (KENDALL, 1984), ou seja, as imagens são padronizadas em função da escala, e a partir da posição dos marcos anatômicos, são eliminados os efeitos de rotação e translação entre os exemplares.

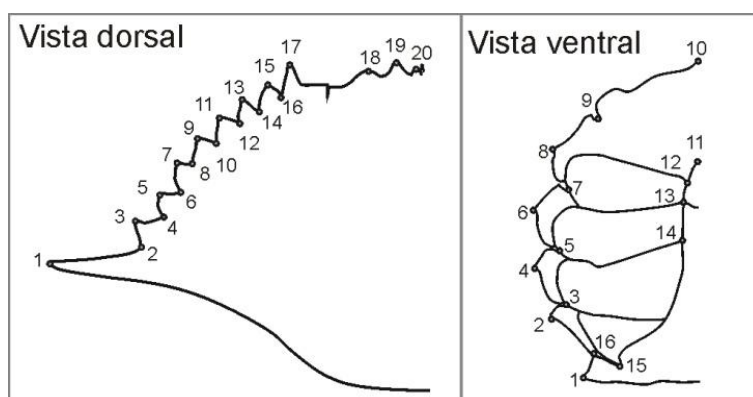


Figura 1. Localização dos marcos anatômicos utilizados na morfometria geométrica da vista dorsal e ventral de *Callinectes danae*.

Foi gerada uma matriz de covariância, contendo fatores referentes aos sexos e aos grupos etários de cada sexo. A análise canônica e a análise discriminante foram realizadas com 999 permutações. Foram geradas imagens em funções da Flexão de Placas Finas (Thin-plate Splines Functions) entre jovens e adultos, machos, fêmeas e indivíduos não sexados. Para essas etapas, foram utilizados os programas TPSrewl (ROHLF, 2007) e MorphoJ (KLINGENBERG, 2008).

Tabela 1. Descrição dos marcos anatômicos utilizados na morfometria geométrica da vista dorsal e ventral de *Callinectes danae*.

Marco	Descrição
Vista dorsal	
1.	Extremidade do espinho lateral.
3, 5, 7, 9, 11, 13 e 15.	Extremidade dos 7 dentes anterolaterais, sequenciados.
2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16.	Ponto de máxima inflexão entre os dentes anterolaterais.
17 e 18.	Extremidade dos dentes pós e pré-orbital, respectivamente.
19 e 20.	Extremidade dos dentes frontais, externo e interno.
Vista ventral	
1.	Margem posterior do 3º segmento abdominal.
2, 4, 6 e 8.	Extremidade do tórax entre as coxas, do 5º ao 1º pereópodo.
3, 5 e 7.	Interseção entre os esternitos torácicos na altura dos 5º, 4º e 3º pereópodos, respectivamente.
9.	Sutura torácica na base da coxa do quelípodo.
10.	Extremidade anterior dos esternitos torácicos .
11.	Extremidade do telso (divisor de lados simétricos).
12, 13 e 14.	Interseção entre a lateral do abdômen e a sutura entre os esternitos 3 e 6.
15.	Margem posterior do 4º segmento abdominal.
16.	Margem anterior do 3º segmento abdominal.

RESULTADOS

Foram coletados 43 indivíduos não sexados (NI), 2178 machos e 2031 fêmeas com tamanhos de largura de cefalotórax variando de 0,91 a 2,22 cm, de 1,11 a 9,99 cm e de 1,44 a 12,45 cm, respectivamente (Fig. 2).

Ao analisar os grupos resultantes da análise de Bhattacharya, obtiveram-se 7 grupos para os machos, 6 grupos para as fêmeas e 1 grupo de NI, cujos valores médios podem ser observados na tabela 2. Foram, então, selecionados 175 indivíduos (entre 10 e 15 de cada grupo), para colocação dos marcos anatômicos.

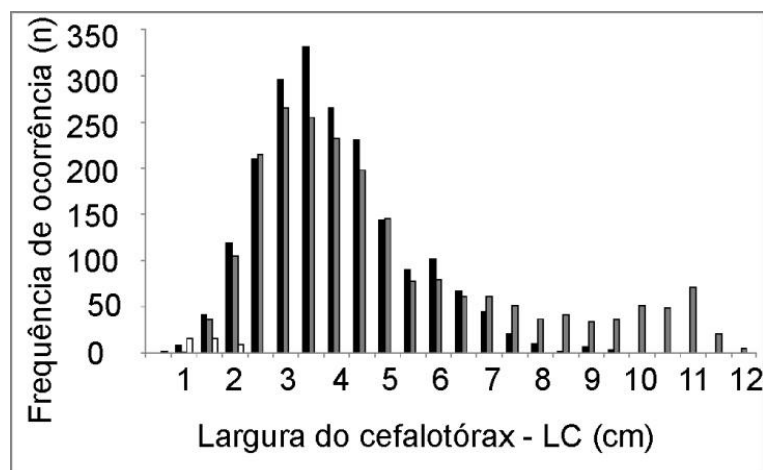


Figura 2. Frequência de ocorrência de indivíduos não sexados (barra branca), fêmeas (preta) e machos (cinza) de *Callinectes danae* coletados no Canal de Santa Cruz. Valores do eixo horizontal indicam o valor inicial de classes de 0,5 cm.

Tabela 2. Valor médio da largura do cefalotórax $\pm$ desvio padrão de cada suposto grupo etário de *Callinectes danae*, fêmeas, machos e os jovens não sexados (NI).

Grupo	Fêmeas	Machos
	LC $\pm$ DP	LC $\pm$ DP
0 NI	1,27 $\pm$ 0,15	
1	2,99 $\pm$ 0,33	2,10 $\pm$ 0,24
2	4,02 $\pm$ 0,29	3,23 $\pm$ 0,27
3	5,07 $\pm$ 0,39	4,57 $\pm$ 0,32
4	6,05 $\pm$ 0,54	6,37 $\pm$ 0,32
5	7,05 $\pm$ 0,14	8,43 $\pm$ 0,25
6	8,05 $\pm$ 0,43	10,35 $\pm$ 0,38
7	-	11,05 $\pm$ 0,26

Ao analisar a influência dos autovalores (valor próprio do operador linear) na análise de componentes principais, nota-se que o primeiro componente representou 67,28% da variância da vista ventral e 61,39% da vista dorsal (Fig. 3). Já o segundo componente representou 10,15% e 7,87%, da vista ventral e dorsal, respectivamente. Embora haja uma variação na influência dos autovalores nas análises da vista ventral e dorsal, nota-se que ambas as curvas de representação

(Fig. 3) apresentam a mesma tendência e valores próximos ao longo de toda a curva, cujos dois primeiros autovalores são notoriamente mais expressivos.

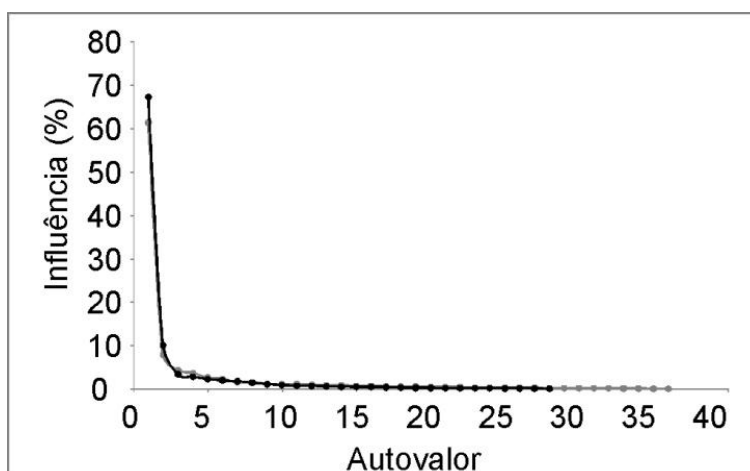


Figura 3. Porcentagem de variância explicada por cada autovalor na análise de componentes principais da vista ventral (linha preta) e dorsal (linha cinza) de *Callinectes danae* coletados no Canal de Santa Cruz.

Ao analisar a relação canônica entre os grupos de *Callinectes danae*, na vista dorsal, verifica-se uma separação dos grupos em função da variável canônica 1, onde os machos do grupo 7 se enquadram nos menores valores do eixo, seguido dos demais grupos, de forma sequencial, que se deslocam pelo eixo até o grupo 1 (Fig. 4). A mesma tendência ocorre com as fêmeas. Na extremidade oposta, nos maiores valores do eixo 1, encontra-se o grupo NI, distante dos demais exemplares. Em função da variável 2, nota-se uma tendência semelhante porém mais sutil, ou seja, o grupo de indivíduos mais velho apresentou os menores valores do eixo, e os mais jovens, os maiores, exceto os indivíduos não sexados, que também apresentaram valores baixos.

Na vista ventral, observou-se uma diferenciação morfométrica mais evidente. As fêmeas apresentaram uma ampla variação em função da variável 1, onde as fêmeas adultas (grupo 6) foram alocadas na extremidade oposta ao grupo 1, e os demais grupos distribuíram-se de forma sequencial. Já os machos, notoriamente se distribuíram em função da variável 2, de forma semelhante às fêmeas. Próximo ao grupo mais jovem de machos e fêmeas, se localizou o grupo NI (Fig. 4).

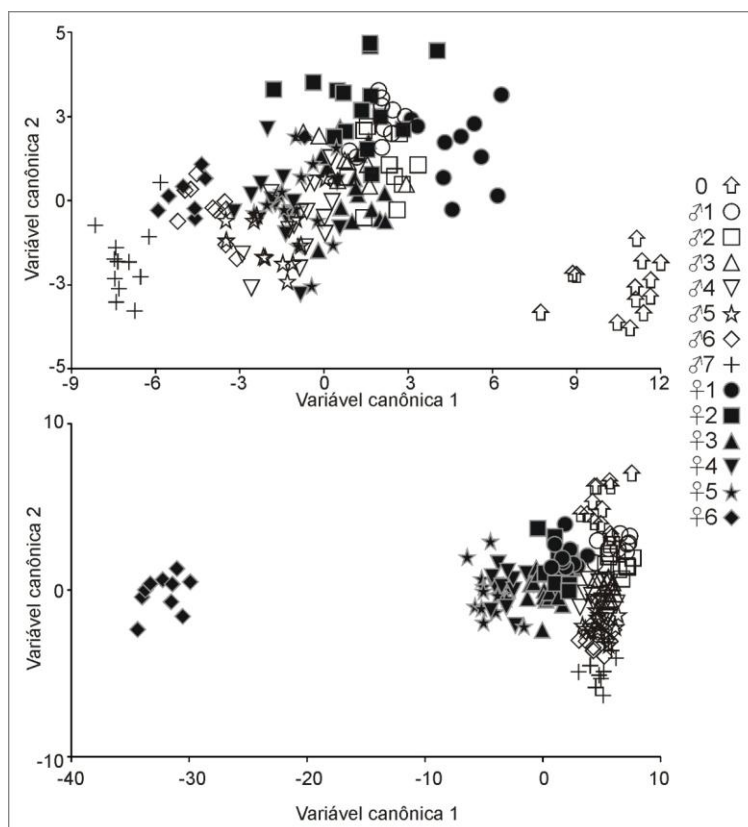


Figura 4. Análise de agrupamento canônico baseada na morfometria da vista dorsal (superior) e ventral (inferior) de *Callinectes danae*.

Ao analisar as modificações ocorridas na vista dorsal entre duas ecdises consecutivas, nota-se que as fêmeas apenas não apresentaram diferença significativa entre ♀₄ e ♀₅, e os machos, entre ♂₁ e ♂₃, indicando que há uma mudança significativa ao longo das demais mudas (Tab. 3). Já na vista ventral, as fêmeas não se diferenciaram na passagem de ♀₁ para ♀₂, e entre ♀₄ e ♀₅, enquanto que os machos apenas se diferenciaram na muda puberal (♂₆ - ♂₇). Ao comparar os machos e fêmeas na vista dorsal e ventral, observa-se que há uma diferenciação estatisticamente significativa no estágio inicial (♀₁ e ♂₁) e nos estágios finais (♀₆ e ♂₇). A alocação correta dos indivíduos no grupo de origem para a maioria dos indivíduos é um bom indicativo das mudanças conspícuas que ocorrem ao longo da ontogenia.

Tabela 3. Iteração par a par da geometria dos marcos anatômicos da vista dorsal de indivíduos não sexados, de machos (7 estágios) e de fêmeas (6 estágios) de *Callinectes danae*.

Pares	Dorsal				Ventral			
	P	p-valor*	%A**	%C**	P	p-valor*	%A**	%C**
NI - ♀ ₁	0,0539	<,0001	100	87,50	0,0345	0,0010	100	50
♀ ₁ - ♀ ₂	0,0214	0,0250	100	96,00	0,0102	0,4960 ^{ns}	100	60
♀ ₂ - ♀ ₃	0,0206	0,0050	100	55,17	0,0131	0,0090	100	68,97
♀ ₃ - ♀ ₄	0,0228	<,0001	100	73,33	0,0213	<,0001	100	55,17
♀ ₄ - ♀ ₅	0,0126	0,0850 ^{ns}	100	65,52	0,0104	0,2070 ^{ns}	100	53,33
♀ ₅ - ♀ ₆	0,0281	<,0001	100	78,26	0,1332	<,0001	100	100
NI - ♂ ₁	0,0741	0,0010	100	100	0,0487	0,1520 ^{ns}	100	80
♂ ₁ - ♂ ₂	0,0227	0,9780 ^{ns}	66,67	33,33	0,0257	0,7100 ^{ns}	60	40
♂ ₂ - ♂ ₃	0,025	0,2760 ^{ns}	100	81,82	0,0149	0,6930 ^{ns}	69,23	23,08
♂ ₃ - ♂ ₄	0,0253	<,0001	100	58,33	0,0110	0,1520 ^{ns}	100	56
♂ ₄ - ♂ ₅	0,0155	0,0070	92,59	62,96	0,0099	0,1810 ^{ns}	100	70,37
♂ ₅ - ♂ ₆	0,0174	0,0010	95,45	68,18	0,0100	0,2170 ^{ns}	95,45	50
♂ ₆ - ♂ ₇	0,0368	<,0001	100	90,91	0,0149	0,0020	100	63,64
♀ ₁ - ♂ ₁	0,0368	0,0110	80	66,67	0,0313	0,0080	100	84,62
♀ ₆ - ♂ ₇	0,0368	<,0001	100	100	0,1777	<,0001	100	100

P: Distância de procruste;

*: p-valor de P para 1000 iterações;

^{ns}: diferença estatística não significativa (p>0,05);

**: % de indivíduos alocados no grupo correto baseado na análise discriminante (%A) e na validação cruzada (%C).

Ao realizar a análise discriminante para observar quais as modificações que ocorrem nas placas finas entre os diferentes grupos, nota-se que as fêmeas ao longo da ontogenia apresentam uma grande variação no marco anatômico n°. 14 da vista ventral, e uma variação notória nos demais marcos (Fig. 5). Os machos apresentaram uma variação mais sutil, perceptível principalmente nos marcos 1 e 15. Se comparados machos e fêmeas, enquanto jovens, a variação é mínima, contudo, nos adultos, a variação é máxima (Fig. 5). Na vista dorsal (Fig. 6), a variação ontogenética de machos e fêmeas apresentou uma tendência semelhante, com grande variação na maioria dos marcos, exceto nos marcos 6, 7 e 8. Destaca-se a variação da região anterior do cefalotórax, que inclui os pontos 18, 19 e 20 (Fig.

6). Ao comparar machos e fêmeas jovens, a variação foi mínima, bem como na comparação entre machos e fêmeas adultos, onde os machos apresentaram o dorso mais largo e o abdômen mais estreito.

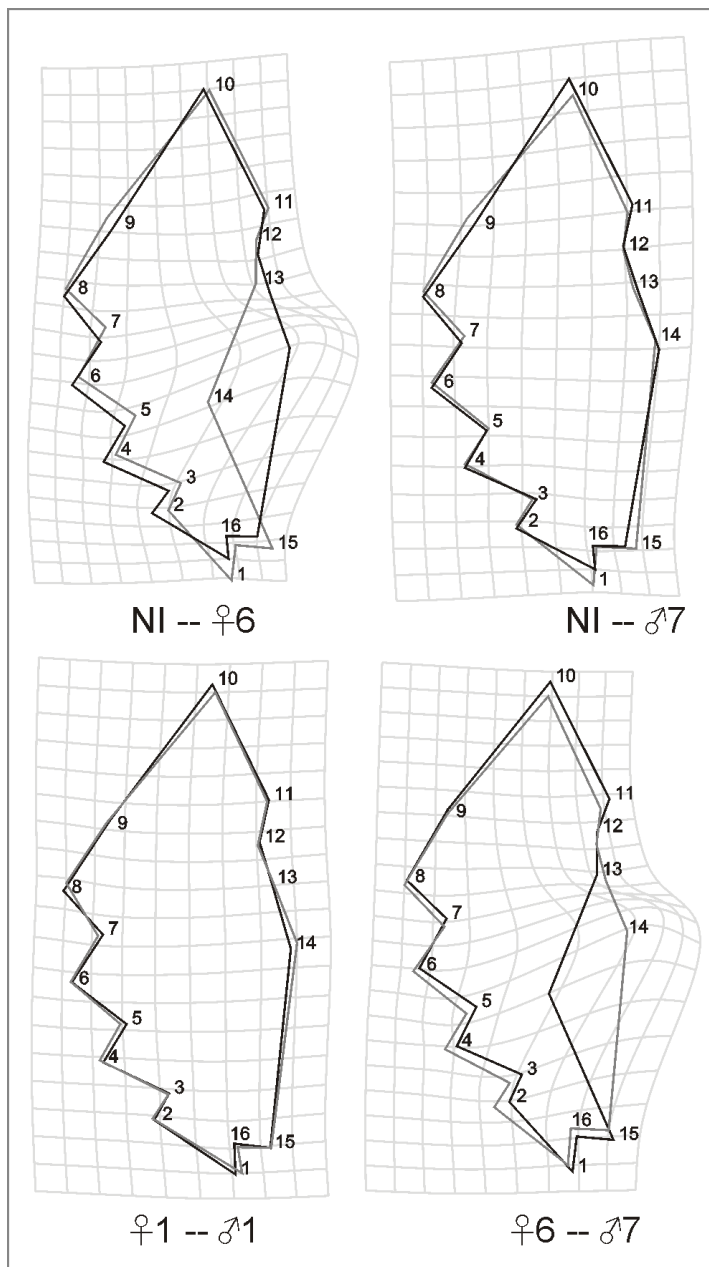


Figura 5. Flexão das placas finas da vista ventral associada aos valores extremos da função discriminante, para machos (♂) e fêmeas (♀), e jovens com sexo não identificado (NI) de *Callinectes danae*. Em preto, a placa fina da referência inicial e em cinza, do estágio final, indicados abaixo das ilustrações.

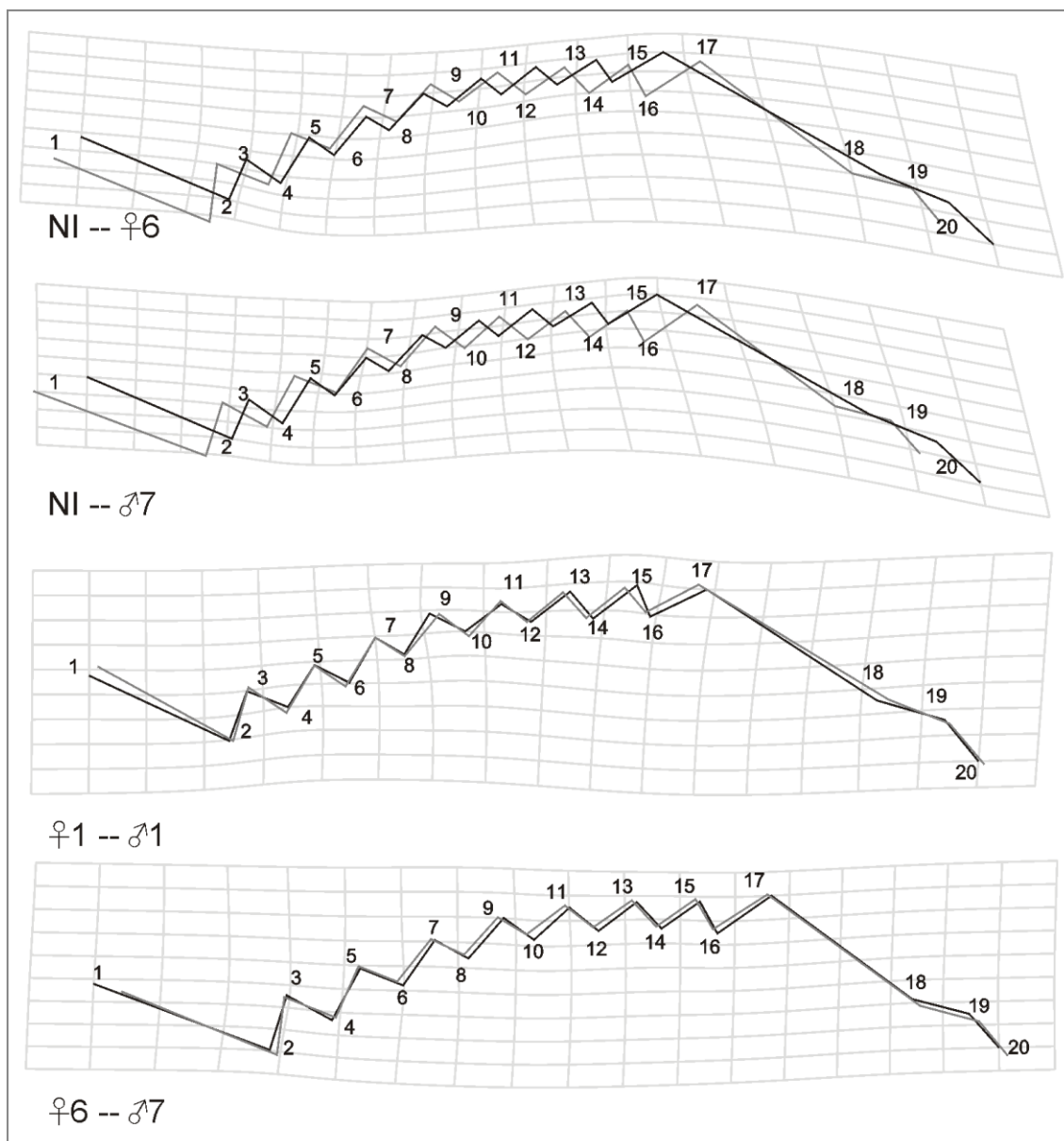


Figura 6. Flexão das placas finas da vista dorsal associada aos valores extremos da função discriminante, para machos (♂) e fêmeas (♀), e jovens com sexo não identificado (NI) de *Callinectes danae*. Em preto, a placa fina da referência inicial e em cinza, do estágio final, indicados abaixo das ilustrações.

DISCUSSÃO

Existem poucas maneiras de identificar o número de mudas que uma espécie de Brachyura realiza ao longo da vida. As duas técnicas mais viáveis são a análise de Bhattacharya e a manutenção em cativeiro. O cultivo do *C. danae* objetivando validar o crescimento e número de mudas em laboratório, obteve o mesmo número de 6 grupos para as fêmeas e 7 para os machos (Shinozaki-Mendes, 2012), validando, assim, os grupos etários trabalhados no presente trabalho.

O uso de Funções de Flexão de Placas Finas (Thin-plate Splines Functions) para avaliar mudanças em pontos de referência, permite descrever as diferenças entre duas conformações de pontos como uma deformação contínua (MORAES, 2003). Embora não se conheçam trabalhos que envolvam o estudo da morfometria geométrica com a espécie *C. danae*, os pontos foram escolhidos de forma a permitir uma comparação com estudos de morfometria clássica.

Na morfometria clássica dos Portunídeos, geralmente são utilizados como medidas de referência, na vista dorsal, a distância linear entre os marcos 1, 2 e 20 e seus respectivos pontos opostos, nomeados de largura da carapaça, largura da carapaça sem o espinho lateral e comprimento da carapaça, respectivamente. Já na vista ventral, são comumente utilizado os marcos 14 e 15 e seus respectivos pontos opostos, como largura do 5º e do 4º segmento abdominal (por exemplo, PINHEIRO e FRANSOZO, 1993 e CHANG e HSU, 2004).

A maior variação encontrada na análise da vista ventral das placas finas no 14º marco é um indicativo que esta localização no corpo dos indivíduos está envolvida na atividade reprodutiva, se apresentando como uma característica de polimorfismo sexual e etário, ou seja, as fêmeas alargam o abdômen para a incubação dos ovos (HARTNOLL, 1969).

Embora existam diversos trabalhos que abordam características do crescimento da espécie *C. danae*, por exemplo, a relação peso x largura do cefalotórax (BRANCO e THIVES, 1991; BAPTISTA-METRI et al., 2005) ou as curvas de crescimento (BRANCO e MASUNARI, 1992; KENEUCKE et al., 2008), poucos descrevem as relações morfométricas lineares do crescimento e nenhum aborda as relações geométricas.

Dentre os trabalhos de morfometria linear realizados com *C. danae*, Furia et al. (2008), na Bahia, analisou a relação entre largura (LC) e comprimento (CC) do cefalotórax, para indivíduos de 4,3 a 12,5 cm, diferenciando apenas os sexos. Para a mesma população aqui estudada, Shinozaki-Mendes (2012), diferenciou machos e fêmeas, jovens e adultos nas relações entre a largura do abdômen e a largura do cefalotórax e entre o comprimento da quela e a largura do cefalotórax, obtendo diferença estatística entre jovens e adultos e entre os sexos. Contudo, a classificação “jovens” inclui os estágios de fêmea de 1 ao 5 e de machos de 1 ao 6, aqui determinados.

Como pode ser observado nos trabalhos acima citados, sem a ferramenta da morfometria geométrica, só é possível a separação entre os sexos ou baseada na muda puberal. Contudo, no presente trabalho observa-se que as mudanças são progressivas a cada muda, e é fundamental o conhecimento dessas modificações para um melhor conhecimento da dinâmica do crescimento da espécie.

A variação da geometria da vista dorsal durante o ciclo de mudas se apresentou como uma alteração notória para ambos os sexos. A região anterior, que inclui os dentes orbitais e frontais, dos jovens é mais ornamentada que a dos adultos. Uma hipótese para essa alteração seria o desgaste natural das extremidade, causando um arredondamento devido ao atrito com o substrato. Essa característica foi também relatada por Giri e Collins (2004) ao comparar duas espécies simpátricas da família Aeglidae. Contudo, por se tratar de duas espécies, e não das modificações intrínsecas de uma única espécie, estes autores comentam que a variação da ornamentação deve estar associada a uma resposta evolutiva.

A proximidade morfométrica entre machos e fêmeas jovens, tanto na vista dorsal quanto ventral, pode ser explicada pela formação ontogenética dos Brachyura, onde os juvenis nos primeiros estágios após o assentamento larval são muito próximos inclusive quanto à forma do abdômen (JOHNSON, 1980). Já os adultos, embora tenham apresentado grande modificação geométrica na vista ventral, na vista dorsal essa mudança é muito sutil, porém significativa. Resultado semelhante foi encontrado para *Liocarcinus depurator*, onde machos também apresentaram a carapaça mais larga e espinhos mais conspícuos, o que, segundo Rufino et al. (2009), pode estar associado à função de proteção contra predadores e na competição por fêmeas.

Com base nos resultados encontrados, fica evidente que é possível diferenciar a maioria dos estágios de crescimento, bem como o sexo, através da forma geométrica dos indivíduos de *C. danae*, baseando-se na vista ventral e dorsal. Assim, conclui-se que a técnica utilizada é uma importante ferramenta que permite identificar as modificações e adaptações que ocorrem ao longo do ciclo de mudas de *C. danae*.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA-METRI, C.; PINHEIRO, M. A. A.; BLANKENSTEYN, A.; BORZONE, C. A. 2005. Biologia populacional e reprodutiva de *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae), no Balneário Shangri-lá, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22(2):446-453.
- BERTIN, A. DAVID, B.; CÉZILLY, F.; ALIBERT, P. 2002. Quantification of sexual dimorphism in *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda) using outline approaches. *Biological Journal of the Linnean Society* 77: 523–533.
- BRANCO, J. O.; MASUNARI, S. 1992. Crescimento de *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) da lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 9 (1/2): 53-66.
- BRANCO, J. O.; THIVES, A. 1991. Relação peso/largura, fator de condição e tamanho de primeira maturação de *Callinectes danae* SMITH, 1869 (CRUSTACEA, PORTUNIDAE) no manguezal do Itacorubi, SC, Brazilian Archives of Biology and Technology 34: 415-424.
- CHANG, H. C.; HSU, C. C. 2004. Statistical Comparisons of Some External Morphometrical Aspects of the Swimming Crab *Portunus sanguinolentus* (Herbst) Populations Inhabiting the Keelung Shelf and Taiwan Bank. *TAO*. 15: 179-197.
- FURIA, R. R.; SANTOS, M. C. F.; BOTELHO, E. R. O.; SILVA, C.G.M.; ALMEIDA, L. 2008. Biologia pesqueira do siri-açú *Callinectes danae* SMITH, 1869 (CRUSTACEA : PORTUNIDAE) capturado nos manguezais do município de Caravelas (Bahia – Brasil). *Boletim Técnico e Científico do CEPENE* 16: 75-84.
- GAYANILO, JR.; SPARRE, P.; PAULY, D. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8. 168p.
- GIRI, F.; COLLINS, P. A. 2004. A geometric morphometric analysis of two sympatric species of the family Aeglididae (Crustacea, Decapoda, Anomura) from the La Plata basin. *Italian Journal of Zoology* 71: 85 - 88.

- GIRI, F.; LOY, A. 2008. Size and shape variation of two freshwater crabs in Argentinean Patagonia: The influence of sexual dimorphism, habitat, and species interactions. *Journal of Crustacean Biology* 28: 37–45.
- HARTNOLL, R.G. 1969. Mating in Brachyura. *Crustaceana* 16: 1961-181.
- JOHNSON, P. T. 1980. Histology of the blue crab *Callinectes sapidus*: a model for the Decapoda. New York, praeger. 440p.
- KENDALL, D. G. 1984. Shape manifolds, procrustean metrics, and complex projective spaces. *Bulletin of the London Mathematic Society* 16: 81–121.
- KEUNECKE K. A; D'INCAO F; MOREIRA F. N; SILVA JR. D. R.; VERANI J. R. 2008. Idade e crescimento de *Callinectes danae* e *C. ornatus* (Crustacea, Decapoda) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia* 98:231-235.
- KLINGENBERG, C. P. 2008. Software MorphoJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK. Disponível em: <www.flywings.org.uk>.
- MELO, G. A. S. 1996. Manual de Identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo, Ed. Plêiade/FAPESP, 604p.
- MORAES, D. A. 2003. Morfometria geométrica e a “revolução na morfometria” localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. *Bioletim* 3: 1-5.
- PINHEIRO, M. A. A.; FRANSOZO, A. 1993. Relative growth of the speckled swimming crab *Arenaeus cribarius* (Lamarck, 1818) (Brachyura, Portunidae), near Ubatuba, State of São Paulo, Brazil. *Crustaceana* 65: 377-388.
- ROHLF, F. J. 2006. tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.10. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- ROHLF, F. J. 2007. TpsRelW. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- ROHLF, F. J.; MARCUS, L. F. 1993. A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution* 8(4): 129-132.
- RUFINO, M., ABELLÓ, P., YULE, A. B. 2009. Male and female carapace shape differences in *Liocarcinus depurator* (Decapoda, Brachyura): an application of geometric morphometric analysis to crustaceans. *Italian Journal of Zoology* 71: 79-83.

SHINOZAKI-MENDES, R. A. 2012. Dinâmica da população do siri *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) no Canal de Santa Cruz/ PE. Tese (Doutorado em Biologia Animal) da Universidade Federal de Pernambuco.

SILVA, I. S.; PAULA, J. 2008. Is there a better chela to use for geometric morphometric differentiation in brachyuran crabs? A case study using *Pachygrapsus marmoratus* and *Carcinus maenas*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 88: 941–953.

VAN ENGEL, W. A. 1990. Development of the reproductively functional form in the male blue crab *Callinectes sapidus*. Bulletin of Marine Science 46: 13-22.

2.5. Podem existir diferenças na estimativa do tamanho de maturação de uma mesma população? Um estudo de caso do siri *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae)

RESUMO

Para identificar os fatores biológicos e metodológicos que influenciam na estimativa do tamanho de primeira maturação de *Callinectes danae* e analisar a combinação de fatores que resultam em uma estimativa mais confiável, foram comparados três locais de coleta no Canal de Santa Cruz/PE, duas amplitudes de classe de tamanho e dois modelos de ajuste, objetivando mensurar a influência da composição etária e sexual e da aplicação de diferentes métodos de estimativa. Assim, foram coletados 5172 indivíduos para realizar tais análises. Observou-se que a utilização de uma classe de tamanho com menor amplitude garante maior precisão nos resultados. O local de coleta influencia diretamente na estimativa das curvas, já que em determinadas localidades, não há uma distribuição homogênea de todas as classes de tamanho e dos sexos. A utilização de diferentes modelos também pode acarretar em uma grande variação na estimativa do LC_{50} . A variação destes três fatores (local, modelo, tamanho de classe), pode causar uma diferença de até 2,5 cm na estimativa do tamanho de primeira maturação. Assim, o valor de primeira maturação que melhor representou essa população foi de $8,99 \pm 0,67$ cm para os machos e de $7,16 \pm 0,45$ cm para as fêmeas. Recomenda-se que trabalhos neste âmbito levem sempre em consideração as possíveis variações para que seja estabelecida uma margem de erro e desta forma, obter resultados mais confiáveis e passíveis de uma correta comparação *a posteriori*.

Palavras-chave: Maturidade. Crustacea. Portunidae.

→ Artigo a ser submetido para publicação na revista "Hydrobiologia".

INTRODUÇÃO

O Canal de Santa Cruz é uma região estuarina que circunda a Ilha de Itamaracá/ PE do lado continental e sofre influência de diversos rios e riachos, ocupando uma área de aproximadamente 877 km² com 22 km de extensão (CPRH, 1982). Devido à sua grande extensão, apresenta características bem distintas ao longo de seu percurso, havendo uma porção mais distante do mar, com maior influência dos rios e conseqüentemente uma menor salinidade, e outra porção mais próxima ao mar, que sofre maior influência da variação das marés e apresenta salinidade elevada.

A estimativa do tamanho de primeira maturação (LC₅₀) de uma espécie é uma informação de grande importância do ponto de vista biológico e econômico. Essa informação é básica para elaboração de leis normativas para regulamentação das capturas de um país ou de uma região (SMITH et al., 2004). Contudo, observa-se uma grande variação nos valores de primeira maturação encontrados por diferentes autores. Essa variação pode implicar em uma aplicação errônea do tamanho mínimo de captura. Por um lado, pode acarretar em danos aos estoques pesqueiros, caso os valores estejam subestimados. Por outro lado, pode acarretar danos à atividade pesqueira, caso o valor esteja superestimado.

Diversos trabalhos foram desenvolvidos acerca da biologia reprodutiva de crustáceos, incluindo a estimativa do tamanho de primeira maturação sem haver discussão sobre o efeito do método utilizado (ex. DOI et al., 2008; SFORZA et al., 2010; ARAÚJO et al., 2011). Outros autores focaram a comparação do tamanho de primeira maturação em características distintas: Carlucci et al. (2006) comparam três métodos baseando-se na presença e ausência dos espermatóforos; Smith et al. (2004) abordaram a influência do aparelho de pesca; Rasheed e Mustaqim (2010) comparam a maturação fisiológica com a morfológica e Ayza et al. (2011) compararam duas localidades. Contudo, não se conhecem trabalhos de comparação dos métodos de ajuste das curvas de maturidade aliados às características biológicas da espécie. Assim, destaca-se a importância do presente trabalho como ferramenta de identificação de possíveis erros ou variações nas estimativas do tamanho de primeira maturação.

A partir do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, identificar quais os fatores, sejam biológicos, sejam metodológicos, que influenciam na estimativa da

curva e no tamanho de primeira maturação e identificar a combinação de fatores que resultam em uma estimativa mais confiável.

MATERIAL E MÉTODOS

A captura dos indivíduos foi realizada no Canal de Santa Cruz, município de Itapissuma, litoral Norte do Estado de Pernambuco, Brasil. Foram selecionados três locais de coleta com diferentes características, a saber:

- Local A: Margem do canal nas proximidades de 08°47'00"S e 034°53'12"W. A margem do canal se caracteriza por apresentar pouca profundidade (aproximadamente um metro). Para a captura desta parte da população foi utilizada uma rede de arrasto com malha de 12 mm entre nós opostos (seletividade baixa). Foram realizadas pescarias mensais no período entre março de 2009 e fevereiro de 2010.

- Local B: Meio do canal nas proximidades de 08°47'24"S e 034°53'12"W. Esta área apresenta profundidade entre 2 e 4 metros (dependente da maré). Para captura dessa parte da população se utilizou linha com isca e puçá (maior seletividade). Foram realizadas pescarias mensais no período entre abril de 2009 e março de 2010.

- Local C: Boca do canal nas proximidades de 08°49'00"S e 034°51"W. Esta área apresenta profundidade entre 2 e 4 metros e salinidade semelhante ao mar. Para captura dessa parte da população, se utilizou linha com isca e puçá (maior seletividade). Foram realizadas pescarias mensais no período entre janeiro e dezembro de 2011.

Cada exemplar foi mensurado quanto à largura do cefalotórax, entre a extremidade dos espinhos laterais, (LC) e sexo foi identificado com base no formato do abdômen, sendo os machos com formato de "T" invertido e as fêmeas com abdômen triangular ou semicircular. Os exemplares foram ainda classificados como jovens ou adultos, com base no formato e aderência do abdômen aos esternitos torácicos (VAN ENGEL, 1990).

Baseado na literatura, em que os autores utilizam classes de tamanho para *C. danae* entre 0,5 cm (ex. SFORZA et al., 2010; KEUNECKE et al., 2011) e 1,0 cm (ex. BRANCO e MASUNARI, 1992; PEREIRA et al., 2009), os indivíduos foram classificados em intervalos de classe de 0,5 e de 1,0 cm, com a finalidade de

comparar possíveis diferenças na utilização de diferentes amplitudes de classes de tamanho.

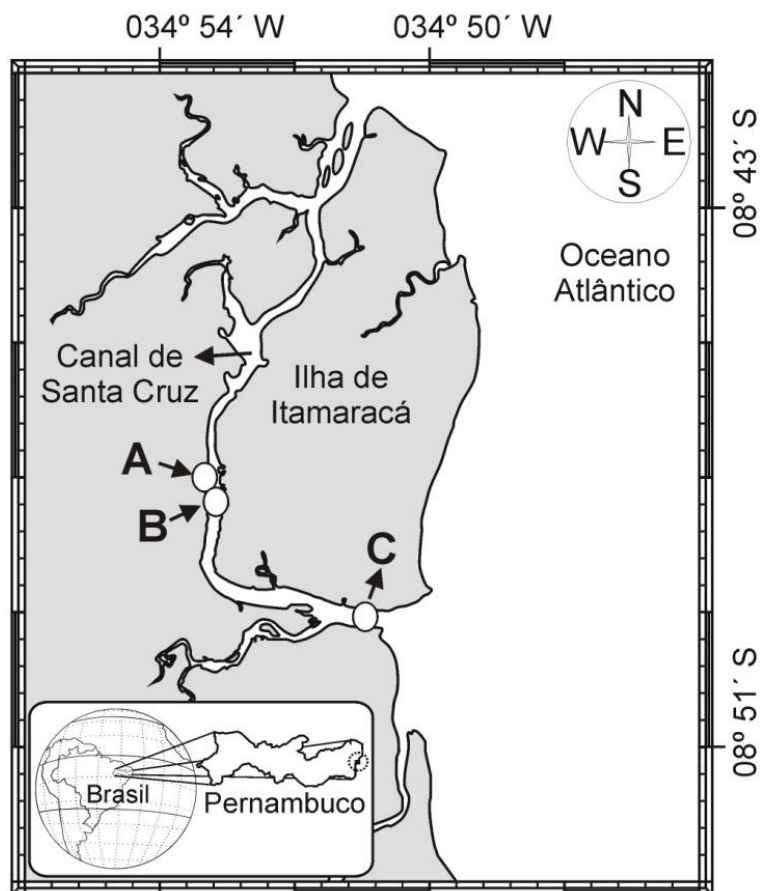


Figura 1. Localização geográfica do Canal de Santa Cruz/PE, com indicação das três localidades (A., B e C) de coleta dos siris *Callinectes danae* analisados no presente estudo.

Foi utilizada a frequência relativa de indivíduos adultos (M_f) em cada classe de tamanho (LC), utilizando dois modelos logísticos de ajuste: o modelo log (LOG1): $M_f = 1/(1+e^{\beta_0+\beta_1 LC})$ e o modelo complementar log-log (LOG2): $M_f = 1-e^{-e^{\beta_0+\beta_1 LC}}$, onde β_0 e β_1 são os parâmetros das curvas sigmóides (ZAR, 1984).

Para comparação entre os modelos, foi utilizado o teste W para comparação dos parâmetros do modelo, que se baseia na máxima verossimilhança e utiliza a distribuição de qui-quadrado (MENDES, 1999). Foram realizadas comparações entre dois tamanhos de intervalo de classe (0,5 e 1,0 cm), entre três áreas de coleta (A, B e C) e entre os dois modelos de ajuste.

Para avaliar qual a curva de maturação que melhor representa os dados, foi utilizado o AIC (Critério de Informação de Akaike) (AKAIKE, 1974) de acordo com a equação a seguir: $AIC = 2 \log |\theta| + 2K$, Em que θ é a máxima verossimilhança e K, o número de parâmetros do modelo. Foi ainda calculada a variação do AIC em

função do menor valor encontrado (Δ_i) e a importância de cada modelo, em função dos demais ($W_i = \exp(-0,5\Delta_i) * 100 / \sum \Delta_i$).

Uma vez que alguns autores mediram a largura do cefalotórax na base dos espinhos laterais (LB), foi obtido o modelo linear: $LC = 1,2932LB - 0,1911$ ($R^2=99,80\%$) para permitir estimar a largura máxima (LC) a partir da largura entre as bases dos espinhos (LB). Para esta comparação, foram medidos a LC e LB de 100 exemplares em cada área de coleta, incluindo indivíduos de todas as classes de tamanho e sexo, totalizando 300 exemplares.

RESULTADOS

Foram capturados 5172 exemplares de *Callinectes danae*, dentre os quais, 3611 (69,82%) foram capturados no local A, 598 (11,56%) no local B e 963 (18,62%) no local C. Observa-se que os três locais de coleta apresentaram características bem distintas de composição dos exemplares (Fig. 2), embora os indivíduos pertençam à mesma população.

No local A, às margens do canal e a captura realizada com rede, houve uma predominância de indivíduos jovens de ambos os sexos. Os machos jovens representaram 35,13% e as fêmeas jovens, 50,67%. Os machos adultos representaram 1,78% e as fêmeas adultas, apenas 0,32% do total. A amplitude de tamanhos foi de 1,11 cm a 9,99 para as fêmeas e de 1,44 cm a 12,16 cm para os machos.

No Local B, no meio do canal, distante do mar, e a captura realizada com linha e puçá, predominaram os machos adultos (37,14%). Os jovens também foram bastante abundantes (machos: 35,13% e fêmeas: 25,38%) e as fêmeas adultas foram pouco representativas (2,35%). A amplitude de tamanhos foi menor que no local A, em que as fêmeas variaram de 3,86 cm a 9,94 e os machos, de 3,00 cm a 12,45 cm.

Na região próxima ao mar (local C), e as capturas realizadas com linha e puçá, os machos jovens foram predominantes (38,67%), contudo, os demais indivíduos também foram bem representados. Os machos adultos representaram 22,76%, as fêmeas jovens, 16,53% e as fêmeas adultas totalizaram 22,04% dos indivíduos. A amplitude de tamanho das fêmeas variou de 2,26 cm a 10,00 cm e dos machos, de 1,90 cm a 12,25 cm.

A comparar a composição das capturas utilizando classes de 0,5 e de 1,0 cm, nota-se que a utilização de classes de menor tamanho, por apresentar um maior detalhamento das capturas, implica em uma melhor identificação das classes modais. Observa-se que ao se utilizar tamanhos de classe de 1,0 cm, um grupo de várias modas próximas pode ser visualmente interpretado como uma única moda, como é observado na Fig. 2.

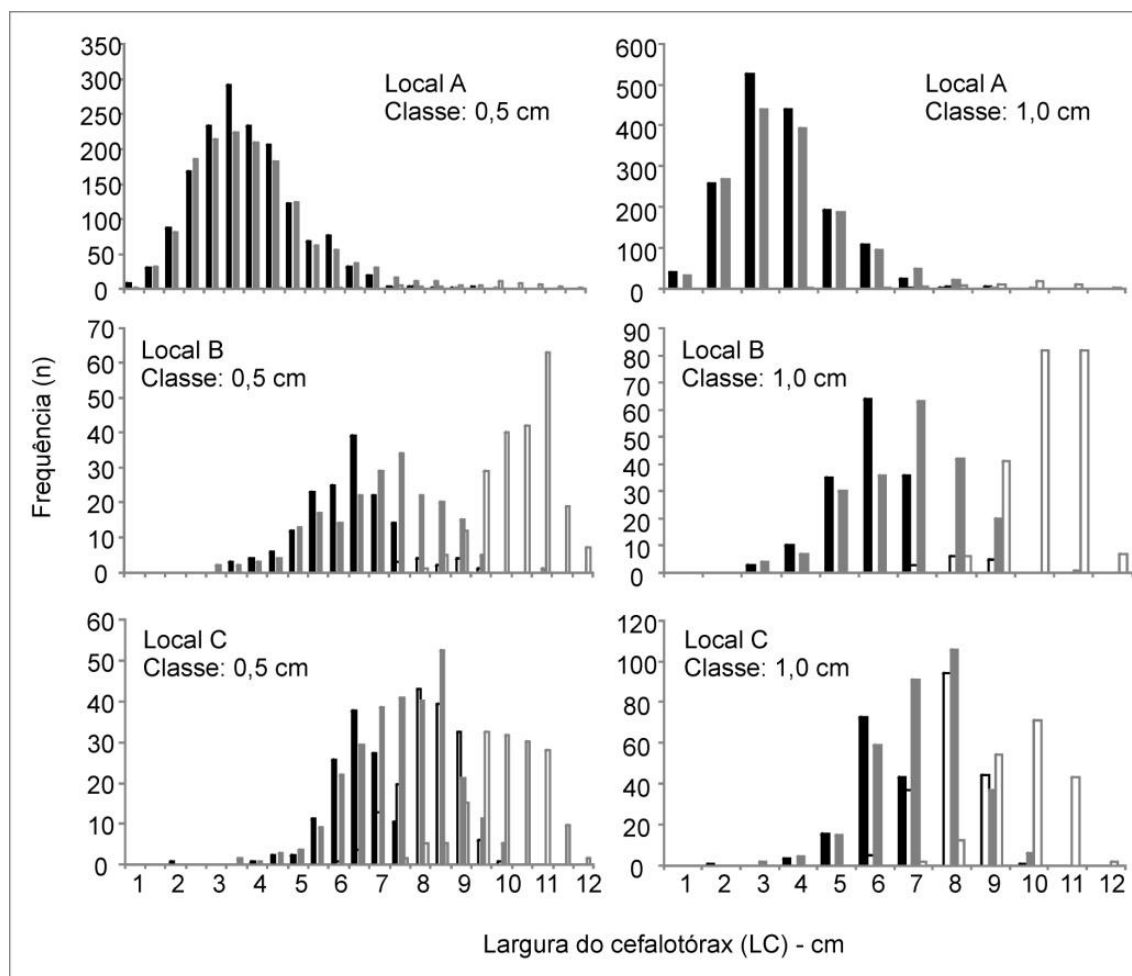


Figura 2. Composição de exemplares de *Callinectes danae* capturados em três localidades (A., B e C) no Canal de Santa Cruz/PE, utilizando classes de tamanhos de 0,5 e de 1,0 cm. Capturas compostas por fêmeas jovens (barra sólida preta), fêmeas adultas (barra vazada preta), machos jovens (barra sólida cinza) e machos adultos (barra vazada cinza).

Ao comparar as curvas de maturação com base no tamanho de classes (Fig. 3), observa-se que em alguns casos, não há diferença entre as curvas (ex. machos do local B, modelo LOG), e em outros casos, há uma diferença bem marcada (ex. machos do local A) (Tab. 1). Essa diferença é ocasionada por uma ou duas classes de tamanho no intervalo em que ocorre a ascensão da curva. Pode ocorrer o deslocamento de dois pontos do intervalo de 0,5 cm para um valor intermediário na

classe de 1,0 cm (ex. Fig. 3, seta, macho, local B) e assim, influenciar na estimativa da curva.

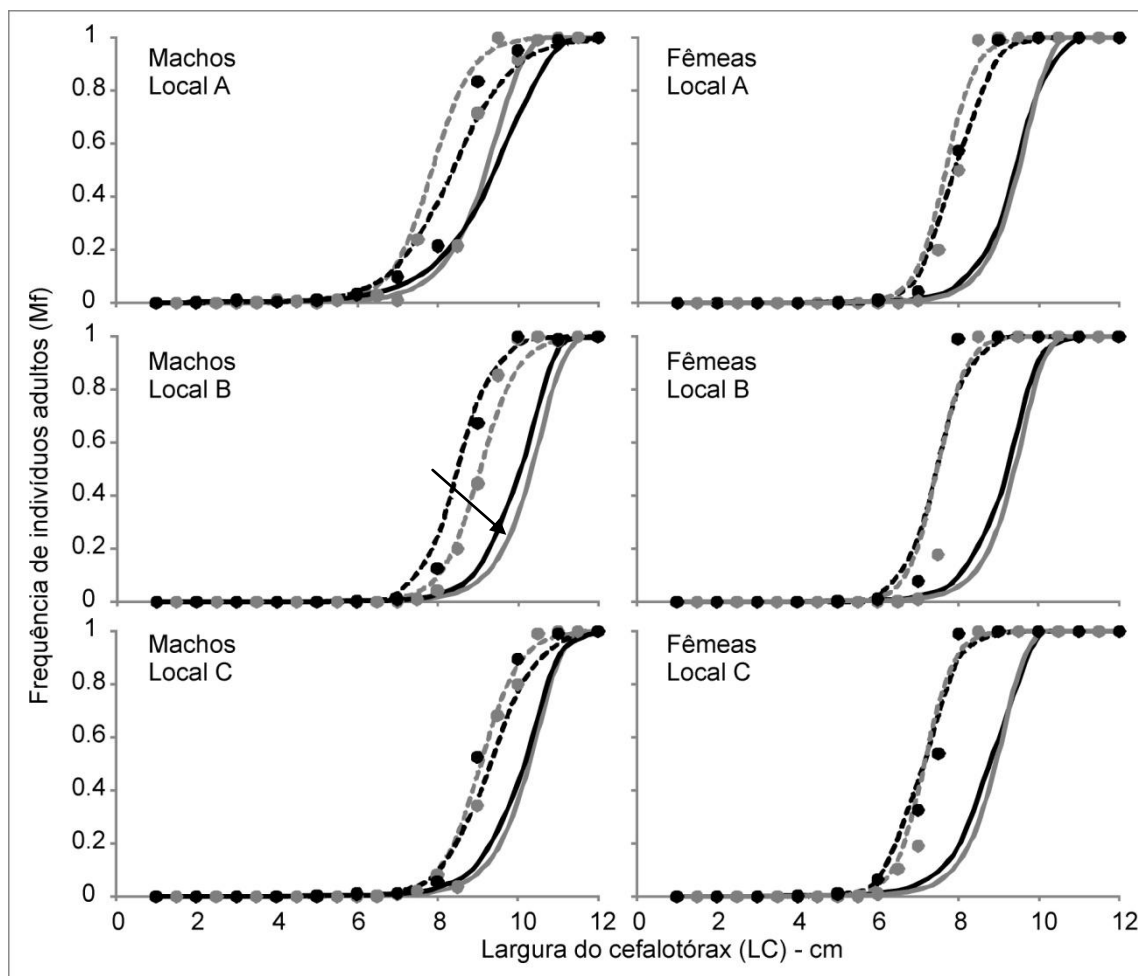


Figura 3. Frequência de indivíduos adultos de *Callinectes danae* por classes de largura do cefalotórax. Linhas e marcas pretas indicam classes de 1,0 cm e linhas e marcas cinza, classe de 0,5 cm. As curvas descritas com linhas pontilhadas representam o modelo LOG1 e as linhas contínuas, o modelo LOG2. A seta indica a diferença entre duas curvas com classes de tamanho distintas.

Tabela 1. P-valores da comparação entre curvas de maturidade de *Callinectes danae*, com tamanho de classe de 0,5 e de 1,0 cm. * indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) utilizando o teste W.

Sexo	Modelo	Local A	Local B	Local C
Machos	LOG1	0,0001*	0,2233	0,0092*
	LOG2	0,0001*	0,6010	0,0024*
Fêmeas	LOG1	0,0324*	0,1034	0,0859
	LOG2	0,0070*	0,0433*	0,0035*

Ao comparar as três localidades, observa-se que os machos do local A apresentam um deslocamento da curva para tamanhos menores, devido à grande

predominância de indivíduos jovens (Fig. 4). Houve diferença significativa entre a localidade A e as demais em todas as condições (Tab.2). Já em relação às fêmeas, o local C foi o que apresentou um deslocamento para tamanhos menores, seguida do local B e do local A (Fig. 4). Entretanto, apenas houve diferença significativa entre o local A e C utilizando o modelo logístico com classe de 1,0 cm.

Ao analisar as diferenças entre os modelos, observa-se que a ascendência da curva dos modelos LOG2 se apresentou deslocada para tamanhos maiores (Fig. 3), em comparação ao modelo LOG1. É notório que o melhor ajuste para os pontos intermediários ocorre com o modelo LOG1, cuja curva se aproxima dos dados observados. Se analisada a confiabilidade dos modelos (Tab. 3), todos podem ser considerados bem ajustados, pois há uma variação entre 83,97% e 97,84%, não havendo uma predileção de um modelo, em detrimento de outro.

O tamanho de primeira maturação, estimado com base nos modelos gerados (Tab. 3), apresentou ampla variação. Os machos apresentaram uma amplitude de 2,48 cm, em que o menor valor foi de 7,87 cm (modelo LOG1, classe de 0,5 cm no local A) e o maior valor de 10,35 cm (modelo LOG2, classe de 0,5 cm no local B). O LC_{50} médio para os machos foi de $9,31 \pm 0,80$ cm. As fêmeas apresentaram uma amplitude de 2,39 cm, em que o menor LC_{50} foi de 7,12 cm (Local C, classe de 1,0 cm e modelo LOG1), e o maior, de 9,51 cm (Local A, classe de 0,5 cm e modelo LOG2). O valor médio foi de $8,35 \pm 0,96$ cm.

Tabela 2. P-valores da comparação entre curvas de maturidade de *Callinectes danae*, em três localidades. *indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) utilizando o teste W.

Sexo	Classe	Modelo	Local A x B	Local A x C	Local B x C
Macho	0,5	LOG1	<0,0001*	<0,0001*	0,5842
	0,5	LOG2	0,0024*	0,0031*	0,7966
	1,0	LOG1	<0,0001*	<0,0001*	0,0985
	1,0	LOG2	<0,0001*	<0,0001*	0,0005*
Fêmea	0,5	LOG1	0,9357	0,2422	0,2661
	0,5	LOG2	0,7875	0,1708	0,2076
	1,0	LOG1	0,6292	0,0965	0,2772
	1,0	LOG2	0,1715	0,0057*	0,0761

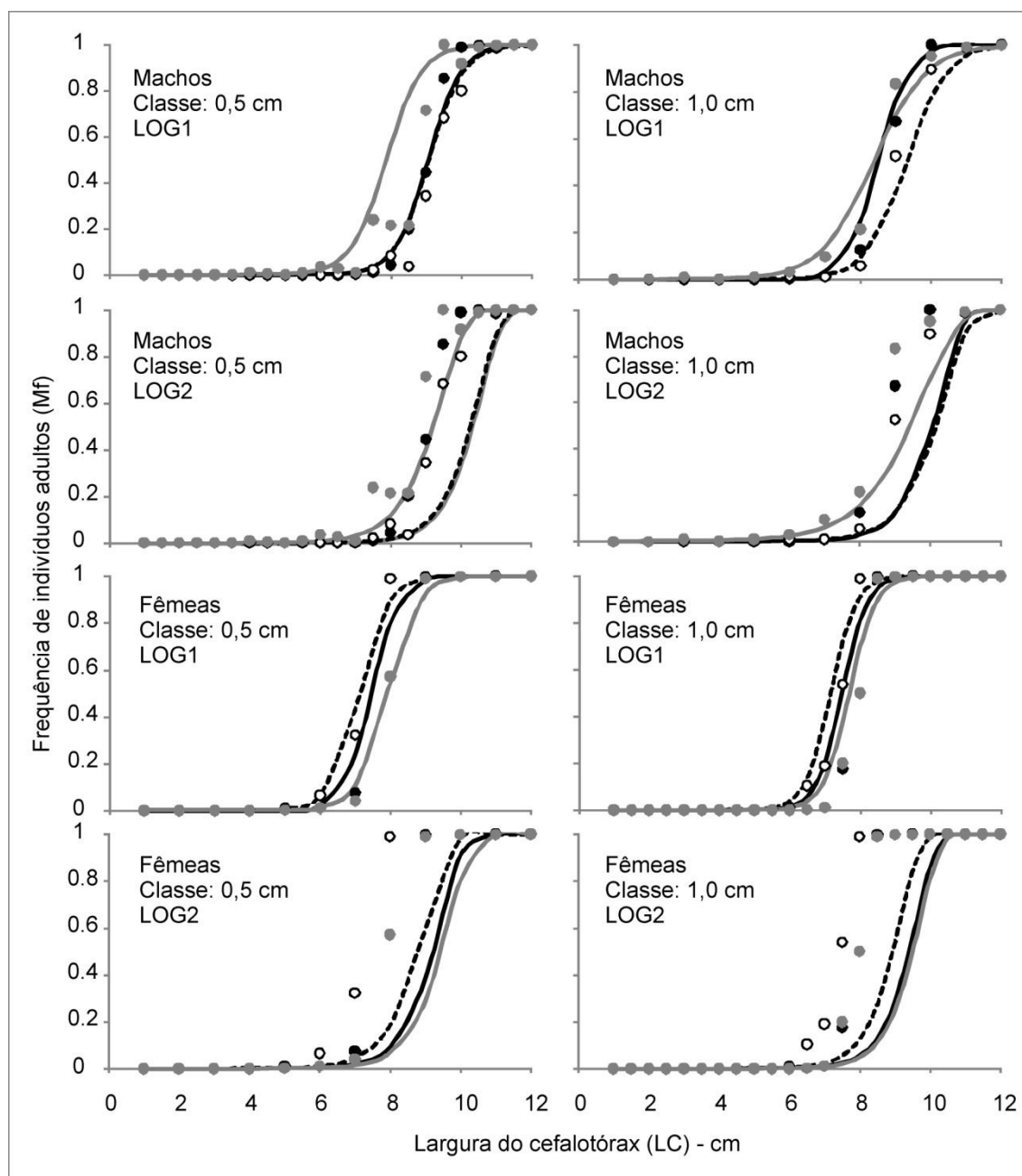


Figura 4. Frequência de indivíduos adultos de *Callinectes danae* por classes de largura do cefalotórax. Linha contínua e marcador cinza representam o local A; Linha contínua e marcador preto representam o local B; linha tracejada e marcador branco, local C.

Os tamanhos estimados de primeira maturação em função do modelo utilizado apresentaram variação notória. Os valores obtidos pelo modelo LOG2 superiores aos LOG1 em todas as observações e os intervalos de confiança, na maioria dos casos, são contíguos (Tab. 3). Já a variação do LC_{50} em função do tamanho de classe, foi mínima, estando sempre um valor inserido no intervalo de confiança do outro. O local A apresentou os menores valores para os machos e os maiores valores para as fêmeas (Tab. 3), sendo a combinação que mais aproximou

o LC₅₀ dos machos e fêmeas. Em oposição, o local C apresentou as maiores médias para os machos e as menores para as fêmeas, apresentando maior amplitude.

Tabela 3. Tamanhos de primeira maturação (cm) com intervalo de confiança, para machos (M) e fêmeas (F) de *Callinectes danae*, em três localidades, baseado em duas amplitudes de classes de tamanho e utilizando dois modelos logísticos. Valores entre parêntesis indicam o R² do modelo.

Sexo	Classe	Modelo	Local A	Local B	Local C
M	0,5	LOG2	9,22 (93,57%)	10,35 (85,97%)	10,18 (89,68%)
			8,74 a 9,70	9,45 a 11,21	9,47 a 10,90
	0,5	LOG1	7,87 (88,44%)	9,07 (83,97%)	8,99 (87,42%)
			7,30 a 8,42	8,29 a 9,84	8,30 a 9,65
	1,0	LOG2	9,44 (95,04%)	10,06 (92,94%)	10,05 (96,74%)
			8,81 a 10,06	9,19 a 10,92	9,47 a 10,61
	1,0	LOG1	8,38 (95,46%)	8,50 (85,16%)	9,21(97,43%)
			7,82 a 8,95	7,47 a 9,53	8,75 a 9,66
F	0,5	LOG2	9,51(86,10%)	9,41 (84,75%)	8,95 (88,68%)
			8,72 a 10,28	8,59 a 10,20	8,29 a 9,56
	0,5	LOG1	7,69 (86,60%)	7,48 (85,32%)	7,16 (91,48%)
			7,08 a 8,27	6,87 a 8,10	6,71 a 7,62
	1,0	LOG2	9,46 (94,75%)	9,23 (92,31%)	8,82 (92,35%)
			8,80 a 10,13	8,45 a 10,03	8,06 a 9,58
	1,0	LOG1	7,93 (96,05%)	7,46 (94,66%)	7,12 (97,84%)
			7,43 a 8,41	6,91 a 8,01	6,76 a 7,47

Ao analisar quais curvas apresentaram os melhores ajustes (Tabela 4), pode-se afirmar que, de um modo geral, o local “C” e o modelo LOG1 apresentaram os melhores resultados. A classe de tamanho parece não influenciar no ajuste.

Tabela 4. Critério de Akaike (AIC), variação do AIC em função do menor valor encontrado (Δ_i) e o peso do modelo, em função dos demais (W_i), para machos (M) e fêmeas (F) de *Callinectes danae* em três localidades (A, B, C), utilizando dois diferentes modelos (LOG1 e LOG2) e duas classes de tamanho (1,0 e 0,5 cm).

Local	Sexo	Modelo	Classe	AIC	Delta i	wi
B	F	LOG1	1,0	3,18	0,00	10,93
A	F	LOG1	0,5	3,67	0,49	8,56
C	F	LOG1	1,0	4,18	0,99	6,65
C	F	LOG1	0,5	4,31	1,13	6,22
C	M	LOG2	1,0	4,91	1,72	4,62
B	M	LOG2	0,5	4,97	1,79	4,47
A	F	LOG1	1,0	5,04	1,86	4,31
B	F	LOG1	0,5	5,23	2,05	3,92
B	M	LOG1	0,5	5,23	2,05	3,92
A	M	LOG2	1,0	5,24	2,06	3,91
B	M	LOG2	1,0	5,24	2,06	3,91
A	F	LOG2	1,0	5,32	2,14	3,75
C	M	LOG2	0,5	5,38	2,19	3,65
B	F	LOG2	1,0	5,39	2,20	3,63
C	F	LOG2	1,0	5,47	2,28	3,49
B	M	LOG1	1,0	5,59	2,40	3,28
A	F	LOG2	0,5	5,77	2,59	2,99
B	F	LOG2	0,5	5,80	2,62	2,95
C	F	LOG2	0,5	5,90	2,72	2,81
C	M	LOG1	1,0	5,97	2,78	2,72
A	M	LOG2	0,5	6,01	2,83	2,66
A	M	LOG1	1,0	6,10	2,92	2,54
C	M	LOG1	0,5	6,27	3,08	2,34
A	M	LOG1	0,5	6,86	3,67	1,74

A combinação de fatores que proporciona os melhores resultados é a coleta de indivíduos em locais em que ocorrem tamanhos e estágios mais diversos (local C), a utilização do modelo logístico LOG1, por melhor representar os valores intermediários e, com menor influência, a utilização de intervalos de classes menores, por facilitar a visualização e análises da distribuição dos tamanhos (0,5

cm). Desta forma, a melhor estimativa do valor de primeira maturação dos machos é de $9,22 \pm 0,67$ cm e das fêmeas, de $7,16 \pm 0,45$ cm.

DISCUSSÃO

Atualmente, são estimados diversos modelos logísticos de curva de maturação e a partir do modelo, são obtidos os valores de primeira maturação (LC_{50}). Antigamente, muitos trabalhos utilizavam o método de ajuste visual, onde o LC_{50} era estimado por aproximação (ex. PITA et al., 1985). Embora ainda haja autores que utilizam esse método (ex. SFORZA et al., 2010), a aplicação de um modelo é vantajosa pela possibilidade de estimativa do valor com maior precisão, além de se conhecer a confiabilidade dos modelos obtidos.

Smith et al. (2004), destacaram que há uma grande influência do aparelho de pesca na seletividade dos exemplares que são capturados. Ao utilizar um aparelho passivo, são selecionados os indivíduos adultos, principalmente os machos, já que estes apresentam vantagens durante a competição. Essa característica também foi observada no presente trabalho, onde no local A, capturas foram realizadas com rede, havendo predominância de jovens, enquanto que nos locais B e C, onde se utilizou a linha com isca e houve maior captura de adultos. Somado à seletividade dos aparelhos, em que a rede se apresenta menos seletiva e a linha, mais seletiva, no canal de Santa Cruz há uma notória segregação dos exemplares, o que realça essa diferenciação entre as localidades.

A análise dos exemplares de *Portunus pelagicus* capturados com armadilha (arte passiva) apresentou o tamanho de primeira maturação menor que a análise dos indivíduos capturados com rede (arte ativa) (SMITH et al., 2004). No presente trabalho os valores foram opostos. Uma hipótese para essa diferença é que na captura de *P. pelagicus* com arte ativa, a captura de indivíduos adultos foi bem representada, enquanto que no presente trabalho, as capturas com arte ativa foram predominantes de jovens. Assim, destaca-se que não há um padrão determinando se o LC_{50} será maior ou menor em função do aparelho de pesca, mas sim, em função da composição de captura, que pode variar em função da espécie e da localidade, mesmo que se utilize o mesmo aparelho de pesca.

Ao analisar o número de classes utilizadas, no presente trabalho se adotaram classes de 0,5 e de 1,0 cm, baseado nos trabalhos desenvolvidos para a espécie.

Contudo, Sturges (1926, *apud* MENDES, 1999) sugere que o número de classes seja $1+\log_2 n$. Assim, o número de classes a ser utilizado no presente trabalho seria 13, ou seja, classes com 0,85 cm de amplitude. Contudo, Mendes (1999) cita que essa formulação não precisa ser aplicada, pois o estabelecimento do número de classes depende, em muito, do conhecimento do pesquisador sobre o assunto.

É importante comentar que muitos trabalhos de maturidade se baseiam no desenvolvimento gonadal. Nesse caso, a comparação envolve uma variável diferente, já que as gônadas podem maturar antes ou depois da muda puberal, variando com a espécie (HARTNOLL, 1982). Na presente discussão, foram excluídos os trabalhos de maturidade com base nas gônadas, uma vez que esse tema não foi abordado no presente estudo.

Ao observar o tamanho de primeira maturação morfométrica encontrado para *C. danae* por outros autores (Tab. 5), constatou-se uma variação de LC de 8,47 a 9,85 cm para os machos e de 6,92 a 8,88 cm para as fêmeas. Essa variação se encontra fora do intervalo de confiança encontrado no presente trabalho. Essa variação pode estar associada às variáveis analisadas aqui (i.e. localidade, modelo de ajuste ou tamanho de classes) ou mesmo a outras variações, como a diferença entre duas populações de localidades distintas.

A variação de tamanho de maturação entre diferentes latitudes não é oriunda de erros, e sim, uma variação natural da população. Essa variação é uma característica já observada para diversas espécies, onde indivíduos de locais com maior latitude e menores temperaturas apresentam um maior crescimento e maturação sexual tardia (ODUM, 1988).

A variação que causa preocupação, do ponto de vista do ordenamento pesqueiro, é aquela que ocorre dentro de uma mesma população. Os trabalhos desenvolvidos por Araújo et al. (2011), por Barreto et al. (2006) e o presente trabalho foram desenvolvidos utilizando-se a mesma população, em um período muito próximo. Ao analisarmos as variações, nota-se que os valores encontrados estão dentro do intervalo de confiança sugerido no presente trabalho.

A legislação vigente para o Brasil é obsoleta e os valores fogem à qualquer intervalo aqui encontrado. A Portaria da SUDEPE nº N-024, de 26 de julho de 1983, proíbe, em qualquer época do ano, a captura em águas territoriais brasileiras, a industrialização e a comercialização de fêmeas ovígeras e de indivíduos (machos e fêmeas) com largura do cefalotórax inferior a 12,0 cm.

Tabela 5. Tamanhos de primeira maturação (cm) para machos e fêmeas de *Callinectes danae*, incluindo o modelo utilizado e latitude do local, segundo diversos autores.

Sexo	LC ₅₀ (cm)	Modelo	Latitude	Autor
Machos	8,47*	não utilizou	23°S	1
	8,60	não utilizou	26°S	2
	8,92*	$y = \beta_0 / 1 + \beta_1 e^{-\beta_2 x}$	07°S	3
	9,13	não utilizou	20°S	4
	9,85	$y = 1 - e^{-\beta_0 x}$	27°S	5
Fêmeas	6,92*	não utilizou	23°S	1
	7,10	não utilizou	26°S	2
	7,12*	$y = e^{\beta_0 + \beta_1 x} / 1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x}$	07°S	6
	7,19*	$y = e^{\beta_0 + \beta_1 x} / 1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x}$	07°S	6
	7,50*	$y = \beta_0 / 1 + \beta_1 e^{-\beta_2 x}$	07°S	3
	8,05	não utilizou	20°S	4
	8,88	$y = 1 - e^{-\beta_0 x}$	27°S	5

1: Pita et al. (1985); 2: Pereira et al. (2009); 3: Araújo et al. (2011); 4: Sforza et al. (2010); 5: Branco e Thives (1991); 6: Barreto et al. (2006); * Estes autores utilizaram LB. Para estimar o LC, foi utilizado o modelo: $LC = 1,2932LB - 0,1911$.

Ao seguir a legislação, pode haver um prejuízo econômico uma vez que não é capturada parte da população que poderia ser pescada. Ainda com base na legislação, as fêmeas sequer podem ser capturadas, uma vez que o maior exemplar analisado mediu 10 cm. Devido à grande variação nos valores de LC₅₀, sugere-se, para *C. danae*, que para fins de legislação, sejam adotados o formato do abdômen e o tamanho de primeira maturação como medida de ordenação pesqueira.

Assim, sugere-se que para realizar a estimativa do modelo de maturidade, e consequentemente do tamanho de primeira maturação, seja utilizado um local de coleta que abranja a maior parte da população, pelo menos dois modelos e intervalos de classes para se obter um conjunto de valores e analisar o valor que melhor representa a população. Ao utilizar essa medida, os possíveis erros são diminuídos e os resultados tornam-se mais confiáveis.

REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control 19: 716-725.
- ARAÚJO, M. S. L.; NEGROMONTE, A.O.; BARRETO, A. V.; CASTIGLIONI, D. S. Sexual maturity of the swimming crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) at the Santa Cruz Channel, a tropical coastal environment. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2011. online first.
- AYZA, O.; TUSET, V. M.; GONZÁLEZ, J. A. 2011. Estimation of size at onset of sexual maturity and growth parameters in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) off the Portuguese coast. Fisheries Research 108: 205–208.
- BARRETO, A. V.; BATISTA-LEITE, L. M. A.; AGUIAR, M. C. A. 2006. Maturidade sexual das fêmeas de *Callinectes danae* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, Itamaracá, PE, Brasil. Iheringia 96(2): 141-146.
- BRANCO, J.O.; S. MASUNARI. 1992. Estrutura populacional de *Callinectes danae* (Decapoda, Portunidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC, Brasil. Acta Biologica Paranaense, Curitiba 21 (1/4): 37-5.
- BRANCO, J. O.; THIVES, A. 1991. Relação peso/largura, fator de condição e tamanho de primeira maturação de *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae) no manguezal de Itacorubi, SC, Brazil. Arquivos de Biologia e Tecnologia 34: 415-424.
- CARLUCCI, R.; D'ONGHIA, G.; SION, L.; MAIORANO, P.; TURSI, A. 2006. Selectivity parameters and size at first maturity in deep-water shrimps, *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827) and *Aristeus antennatus* (Risso, 1816), from the North-Western Ionian Sea (Mediterranean Sea). Hydrobiologia 557:145–154.
- CPRH, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental. 1982. Estudo para controle ambiental nas áreas estuarinas de Pernambuco. Canal de Santa Cruz. Recife, CONDEPE, 118p.

- DOI, W.; YOKOTA, M.; STRÜSSMANN, C. A.; WATANABE, S. 2008. Growth and reproduction of the portunid crab *Charybdis bimaçulata* (Decapoda: Brachyura) in Tokyo Bay. *Journal of Crustacean Biology* 28(4):641-651.
- HARTNOLL R. G., 1982. Growth. In *The biology of Crustacea*, D. E. Bliss ed., vol. 2; Embryology, morphology and genetics, L. G. Abele ed., Academic Press, New-York. 2 (3): 111-196.
- KEUNECKE, K. A.; D'INCAO, F.; VERANI, J. R.; VIANNA, M. 2011. Reproductive strategies of two sympatric swimming crabs *Callinectes danae* and *Callinectes ornatus* (Crustacea: Portunidae) in an estuarine system, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, on line first.
- MENDES, P. P. 1999. *Estatística aplicada à Aquicultura*. Recife-PE. Ed. Bargaço, 265p.
- ODUM, E. P. 1988. *Ecologia*. Ed. Guanabara, 434p.
- PEREIRA, M. J.; BRANCO, J. O.; CHRISTOFFERSEN, M. L.; FREITAS JR, F.; FRACASSO, H. A. A.; PINHEIRO, T. C. 2009. Population biology of *Callinectes danae* and *Callinectes sapidus* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) in the south-western Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89:1341-1351.
- PITA, J. B.; RODRIGUES, E. S.; GRAÇA-LOPES, R.; COELHO, J. A. P. 1985. Observações bioecológicas sobre o siri *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae) no complexo baía-estúário de Santos, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Instituto de Pesca* 12: 35-43.
- RASHEED, S.; MUSTAQUIM, J. 2010. Size at sexual maturity, breeding season and fecundity of three-spot swimming crab *Portunus sanguinolentus* (Herbst, 1783) (Decapoda, Brachyura, Portunidae) occurring in the coastal waters of Karachi, Pakistan. *Fisheries Research* 103: 56–62.
- SFORZA, R.; NALESSO, R. C.; JOYEUX, J. C. 2010. Distribution and population structure of *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) in a tropical Brazilian estuary. *Journal of Crustacean Biology* 30(4): 597-606.
- SMITH, K. D.; HALL, N. G.; LESTANG, S.; POTTER, L. C. 2004. Potential bias in estimates of the size of maturity of crabs derived from trap samples. *ICES Journal of Marine Science* 61: 906-912.

VAN ENGEL, W. A. 1990. Development of the reproductively functional form in the male blue crab *Callinectes sapidus*. Bulletin of Marine Science 46 (1): 13-22.

ZAR, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. (Ed): Prentice Hall. Englewood Cliffs. pp.1-718.

2.6. Biologia reprodutiva de fêmeas de *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae)

RESUMO

Quando as fêmeas de *Callinectes danae* são jovens (abdômen triangular), a gônada é composta apenas de células germinativas jovens e a espermateca aumenta de tamanho se mantendo sem preenchimento. Durante a muda puberal, ocorre a cópula e a espermateca é preenchida por fluido seminal e espermatóforos. Cada fêmea só copula uma única vez na vida, visto que a muda puberal é a muda terminal. O desenvolvimento ovocitário das fêmeas de *Callinectes danae* ocorre em sincronia com a muda puberal. Neste instante, já se observa o início da vitelogênese. Ocorre o desenvolvimento de um grupo de células, aumentando o volume do citoplasma e o tamanho do núcleo. Quando os oócitos estão desenvolvidos, o citoplasma se encontra tomado por grânulos de vitelo (proteína e vesículas citoplasmática), circundado por células foliculares. Neste momento o ovário já está pronto para a desova e a espermateca já se retraiu, eliminando o excesso de fluido. Após desovar a primeira vez, as fêmeas podem tornar a maturar pois a desova é sincrônica em mais de dois grupos. Após a última desova, o ovário entra em repouso.

Palavras chave: Desova. Maturação. Ecdise. Siri.

→ Artigo a ser submetido para publicação na revista “Journal of Crustacean Biology”.

INTRODUÇÃO

O aparelho reprodutor feminino de *Brachyura* apresenta um padrão anatômico formado por um par de ovários, localizados dorso-lateralmente, e um par de espermatecas (DIESEL, 1991; CASTIGLIONI et al., 2007; SOUZA e SILVA, 2009), que são órgãos saculiformes, situados logo abaixo do coração e hepatopâncreas (JOHNSON, 1980). Os ovários iniciam o desenvolvimento a partir de um “gatilho”, que pode ser a muda puberal (HARTNOLL, 1982), partindo de um estágio não-desenvolvido até atingir a maturidade. Nessa transição, as células germinativas passam de oogônias, oócitos pré-vitelogênicos, inicia-se a vitelogênese e formam-se oócitos maduros (KEUNECKE et al., 2008).

Ao partir para características mais específicas, vão surgindo as diferenças. Observam-se variações entre as espécies em função do habitat, do tamanho dos indivíduos, do período e modo em que ocorre a cópula, dentre outras variáveis. Diversos aspectos reprodutivos só podem ser compreendidos a partir da análise microscópica do aparelho reprodutor, como o desenvolvimento das células germinativas, o tipo de desova, o conteúdo da espermateca, dentre outros.

Poucos trabalhos abordam as características microscópicas das gônadas, se comparado ao número de trabalhos com abordagem macroscópica. Em se tratando do estudo da espermateca, o número de trabalhos é ainda menor. Dentre os poucos trabalhos que se baseiam nas características microscópicas do ovário de espécies da infraordem *Brachyura*, foram abordadas as espécies *Chionoecetes opilio* (BENINGER et al., 1993), *Uca rapax* (CASTIGLIONI et al., 2007), *Scylla serrata* (QUINITIO et al., 2007), *Goniopsis cruentata* (SOUZA e SILVA, 2009), *Cardisoma guanhumi* (SHINOZAKI-MENDES et al., 2011) e *Pinnotheres pisum*, *Pinnotheres pectunculi* e *Nepinnotheres pinnotheres* (BECKER et al., 2011).

Da família *Portunidae*, destacam-se os trabalhos abordando *Portunus sanguinolentus* (RYAN, 1967), *Callinectes sapidus* (JOHNSON, 1980) e *Charybdis smithii* (BALASUBRAMANIAN e SUSEELAN, 1998).

Callinectes danae é a espécie de siri mais abundante e mais capturada no Brasil (NEVIS et al., 2009; BRANCO e FREITAS-JUNIOR, 2009). Apesar disto, poucos estudos foram realizados acerca do desenvolvimento gonadal desta espécie. Trabalhos que abordam apenas as características macroscópicas das gônadas foram desenvolvidos por Costa e Negreiro-Fransozo (1998); Branco e Masunari

(2000); Baptista-Metri et al. (2005); Barreto et al. (2006) e Araújo et al. (2011). Apenas Keunecke et al. (2008) realizou análise microscópica das gônadas, abordando os tipos celulares e estágios maturacionais.

Não existem estudos sobre *C. danae* que envolvam maturidade, tipo de desova e descrição histológica das gônadas, da espermateca e da vagina, bem como sobre a relação entre estas características. Nesse contexto, objetivou-se com o presente trabalho compreender a biologia reprodutiva das fêmeas de *C. danae* relacionando o tamanho dos indivíduos e a muda puberal às variações da espermateca, ao desenvolvimento das células germinativas, aos estágios de desenvolvimento ovariano e à desova.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados 371 exemplares de fêmeas de *Callinectes danae*, no Canal de Santa Cruz (08°49'S e 034°50'W), localizado no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Os exemplares foram capturados mensalmente (média de 31 indivíduos por mês), utilizando linha de mão, no período entre janeiro e dezembro de 2011.

Após a coleta, os indivíduos foram crioanestesiados a -10°C, até a imobilização completa. Cada exemplar foi mensurado quanto à largura do cefalotórax, medida entre a extremidade dos espinhos laterais (LC). Para classificar os indivíduos como jovens ou adultos, foi utilizada a classificação proposta por Van Engel (1990), em que os jovens apresentam o abdômen com formato triangular aderido aos esternitos torácicos, enquanto que os adultos apresentam o abdômen semicircular não aderido. Os exemplares que apresentaram a carapaça flexível foram classificados como “em ecdise”.

Em seguida, a região dorsal da carapaça foi retirada, permitindo observar e mensurar a cor, dimensão e espaço ocupado pela gônada. Após a retirada das gônadas, foi possível observar a espermateca quanto à dimensão, preenchimento e coloração. A coloração foi medida utilizando a escala RGB (ROBINSON et al., 1995). As dimensões foram medidas com precisão de 0,01 cm. O preenchimento da espermateca foi visualmente classificado em: vazio, parcialmente preenchido ou totalmente preenchido.

Um fragmento da porção distal da gônada (próximo à espermateca) e a espermateca foram fixados em solução de Davidson (24h), preservados em álcool etílico 70% (24h), desidratados em série alcoólica crescente, diafanizados em xilol e impregnados e inclusos em parafina a 60°C. Cada bloco de parafina foi cortado transversalmente com espessura de 5 µm, e corados pelo método de Hematoxilina-Eosina (adaptado de JUNQUEIRA e JUNQUEIRA, 1983), para identificação de substâncias ácidas e básica; Azul de Alcian/ Periodic Acid Shiff (PAS) (adaptado de JUNQUEIRA e JUNQUEIRA, 1983), para detecção de glicoproteínas e mucopolissacarídeos ácidos; e Tricrômico de Gomori (adaptado de TOLOSA et al. 2003), para diferenciação dos tecidos.

Os diferentes componentes da linhagem germinativa foram classificados de acordo com a reação aos corantes, tamanho e forma, sendo identificada a formação de corpos de Balbiani (inclusões citoplasmáticas, perinucleares), de vesículas citoplasmáticas, de grânulos de proteína, e outros aspectos recorrentes, baseando-se nos trabalhos de Balinsky e Devis (1963), Johnson (1980), Keunecke et al. (2011) e Shinozaki-Mendes et al. (2011).

Foi utilizada a estatística descritiva, quanto à média e desvio padrão, dos diâmetros das células (DC) e dos núcleos (DN). Para essa análise, foram selecionadas apenas as células que apresentavam o núcleo, como um indicativo de que o corte histológico ocorreu mais próximo à região equatorial da célula. Para analisar a fração da célula que é ocupada pelo núcleo, foi calculada a relação DC/DN em porcentagem. Para avaliar se os diâmetros médios apresentaram diferenças estatisticamente significativas na variância ($p < 0,05$), foi testada a normalidade da distribuição dos erros (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade das variâncias (teste de Cochran). Como as variâncias se apresentaram de forma não homogênea, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (MENDES, 1999).

Para análise do tipo de desova, foram medidos os diâmetros dos oócitos presentes no corte transversal do ovário, na análise histológica, nos diversos estágios de maturidade. Obteve-se a distribuição da frequência relativa dos oócitos por classes de diâmetros para cada estágio. Utilizou-se a classificação proposta por Marza (1938, *apud* VAZZOLER, 1996), como segue: sincrônico em um grupo; sincrônico em dois grupos; sincrônico em mais de dois grupos ou assincrônico.

RESULTADOS

Dentre as 371 fêmeas analisadas, 42,8% apresentaram o abdômen triangular, com tamanho de 2,26 cm a 8,17 cm. Dentre as fêmeas com abdômen semicircular (n=212), os tamanhos variaram de 6,55 cm a 10,00 cm.

O aparelho reprodutor feminino apresenta simetria bilateral, sendo formado por um par de ovários, duas espermatecas e duas vaginas, com abertura no gonóporo. As gônadas se localizam na região dorsal do cefalotórax. Apresentam uma comissura sob a região cardíaca, e dois lobos alongados, exibindo a conformação da letra “H” (Fig. 1). A gônada se conecta à espermateca (SPT) na porção ventral, próximo à vagina (Fig. 1 – setas). A SPT apresentou três padrões claramente distintos (Fig. 1): um de dimensões reduzidas (tamanho médio de 0,56 cm de largura e 0,81 cm de altura), sem preenchimento, com o revestimento delgado e cor translúcida (Fig.1a); outro com maiores dimensões (1,16 x 1,61 cm), sem preenchimento, revestimento bastante espesso e a cor esbranquiçada; e o terceiro padrão (Fig.1c), com revestimento espesso e a cor esbranquiçada, totalmente ou parcialmente túrgido (1,07 x 1,55 cm). Em alguns exemplares, a espermateca não foi visualizada. A vagina não apresentou variações, sendo formada por um túbulo delgado e curto, dentro do esqueleto endofragmal.

A partir da análise macroscópica do aparelho reprodutor, os indivíduos foram agrupados de acordo com as características observadas, descritas a seguir e resumidas na figura 1:

- **Jovem I:** Apenas exemplares com abdômen triangular apresentaram essa característica. As gônadas são delgadas e translúcidas (RGB:178-165-149) (padrão A) e a SPT, sempre vazia, apresentou o padrão “a” (Fig.1A, a).
- **Jovem II:** Também restrito aos exemplares com abdômen selado e gônadas delgadas e translúcidas. Porém, neste grupo a SPT vazia apresentou maiores dimensões (Fig.1A, b).

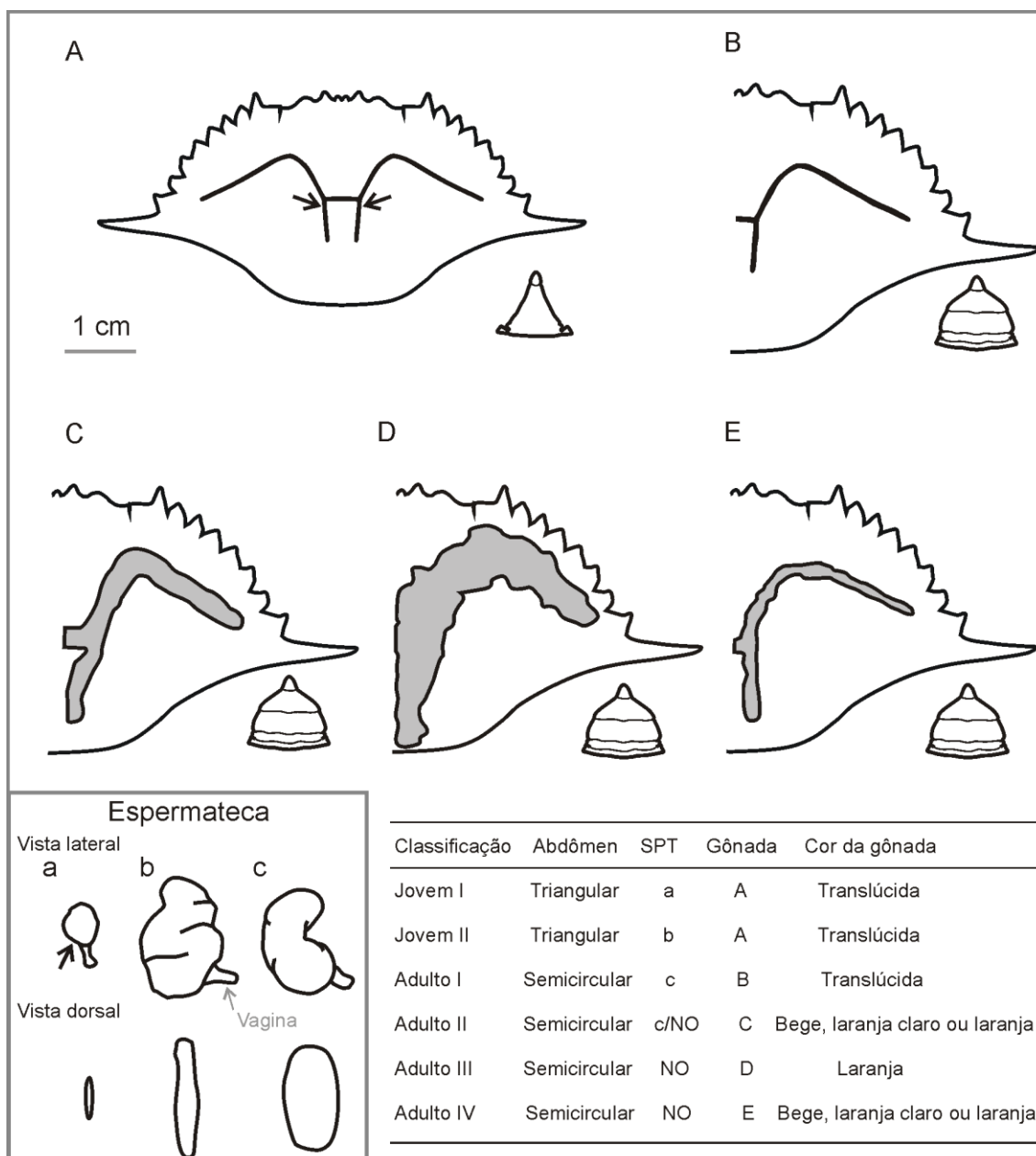


Figura 1. Classificação dos estágios de desenvolvimento da gônada e espermateca (SPT) observados para *Callinectes danae*. Para os ovários foi encontrado um padrão para indivíduos com abdômen triangular (A) e quatro padrões para indivíduos com abdômen semicircular (B, C, D, E). Para espermateca, foram observados três padrões, em que os padrões “a” e “b” se apresentaram sem preenchimento visível e o padrão “c” se apresentou túrgido, ou a mesma não foi visualizada a olho nu (NO). As setas negras indicam o local em que a gônada e a espermateca se conectam.

- **Adulto I:** Indivíduos com abdômen não aderido. Apresentaram a gônada semelhante à dos jovens I e II, porém a SPT apresenta grandes dimensões e se encontra parcialmente ou totalmente preenchida (Fig.1B, c). Todas as fêmeas em realindo a muda puberal se enquadraram nesse estágio, representando 34% do grupo. Não foram observados exemplares com estas características e com a SPT vazia.

- **Adulto II:** A gônada se apresenta em desenvolvimento, apresentando coloração entre bege (RGB:185-150-64), laranja claro (RGB:192-105-12) e laranja (RGB:174-77-0), sendo facilmente perceptível na cavidade cefalotorácica (Fig.1C). Neste grupo, apenas 15% dos indivíduos apresentaram a SPT grande e túrgida (Fig.1c), enquanto que nos demais, não foi possível a identificação das SPT. Neste estágio foram observadas quatro fêmeas ovígeras cujas SPT não foram visualizadas.
- **Adulto III:** Todos os exemplares desse grupo apresentaram a gônada completamente desenvolvida (Fig. 1D), apresentando a cor laranja, e a SPT não foi visualizada. Nenhum indivíduo apresentou a SPT túrgida.
- **Adulto IV:** Os exemplares apresentaram a gônada com textura flácida (ou pouco flácida) (Fig. 1E), coloração variando entre bege, laranja claro e laranja. A SPT destes exemplares também não foi percebida. Este estágio inclui a maioria das fêmeas ovígeras.

Ao analisar a variação do tamanho dos exemplares dos grupos, os jovens I e II apresentaram tamanhos medianos semelhantes, contudo os jovens do grupo I apresentaram uma maior amplitude de tamanhos. Dentre os adultos, também não houve diferença significativa, existindo essa diferença apenas entre jovens e adultos (Fig. 2); essa característica sugere que a muda puberal é a muda terminal.

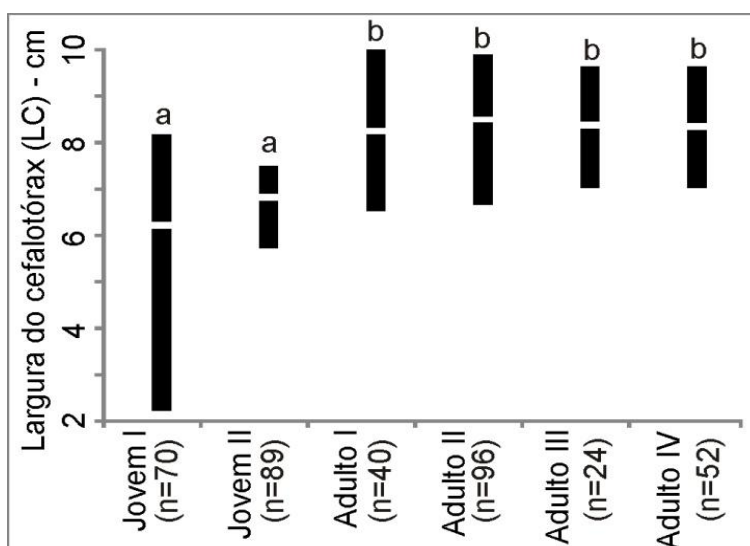


Figura 2. Tamanho mediano (barra branca), máximo e mínimo (extremidade da barra negra) dos exemplares de *Callinectes danae* de cada grupo morfológico. Letras iguais nas barras indicam igualdade estatística utilizando o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,0001$).

Análise microscópica

Dentre os componentes germinativos, observaram-se oogônias, oócitos pré-vitelogênicos, oócitos em vitelogênese e oócitos maduros. As células foliculares foram observadas como componente auxiliar.

Oogônias (OO): São as menores células da linhagem germinativa (Fig. 4A, B, C). Foram observadas em dois estágios. Inicialmente (OO₁), apresentando a cromatina nuclear, com diâmetro médio de 7,8 µm e núcleo com 4,6 µm de diâmetro (Fig. 4A), ocupando 59,0% da célula. Apresentam fraca reação basofílica, exceto a cromatina nuclear, que reagiu fortemente. No estágio mais avançado (OO₂), a basofilia se manteve. Houve um aumento no tamanho médio da célula (18,4 µm) e do núcleo (62,9%; 11,6 µm), porém não houve diferença significativa. Observou-se a migração da cromatina para a região perinuclear e é possível observar um nucléolo (Fig. 4C).

Oócitos pré-vitelogênicos (OPV): Apresentam o citoplasma mais volumoso que as OO₂, mas mantêm o aspecto homogêneo e o caráter basofílico. Em alguns OPV, observa-se a presença de uma inclusão citoplasmática (Fig. 4C, D), próximo ao núcleo, de caráter basófilo, chamada de corpo de Balbiani (BALINSKY e DEVIS, 1963). O aumento do núcleo é mais evidente que o aumento da célula, apresentando diferença significativa das OO (Fig. 3). A cromatina se mantém perinuclear, e observa-se a presença de apenas um nucléolo. O tamanho médio da célula foi de 30,1 µm e o núcleo de 13,7 µm, representando 45,6% da célula.

Oócitos em vitelogênese (OV): Inicia a formação de grânulos de vitelo (proteína e de vesículas citoplasmáticas), havendo um notório aumento ($p < 0,0001$) de volume do citoplasma (Fig. 4E, F). Contudo, o núcleo mantém igualdade estatística às OO₂ e OPV (Fig. 3). O citoplasma apresenta reação acidófila e o núcleo mantém a basofilia. O tamanho médio foi de 81,5 µm e o núcleo de 14,1 µm, representando 17,3% da célula.

Oócitos maduros (OM): As vesículas citoplasmáticas e os grânulos de proteína ocupam todo o citoplasma (Fig. 4G, H) e as células foliculares formam um epitélio pavimentoso (Fig. 4G). O citoplasma apresenta uma reação fortemente acidofílica e aumenta de volume, proferindo um diâmetro médio celular de 281,3 µm. O núcleo (47,8 µm) também apresenta um significativo aumento (Fig. 3), embora ocupe apenas 17,0% da célula.

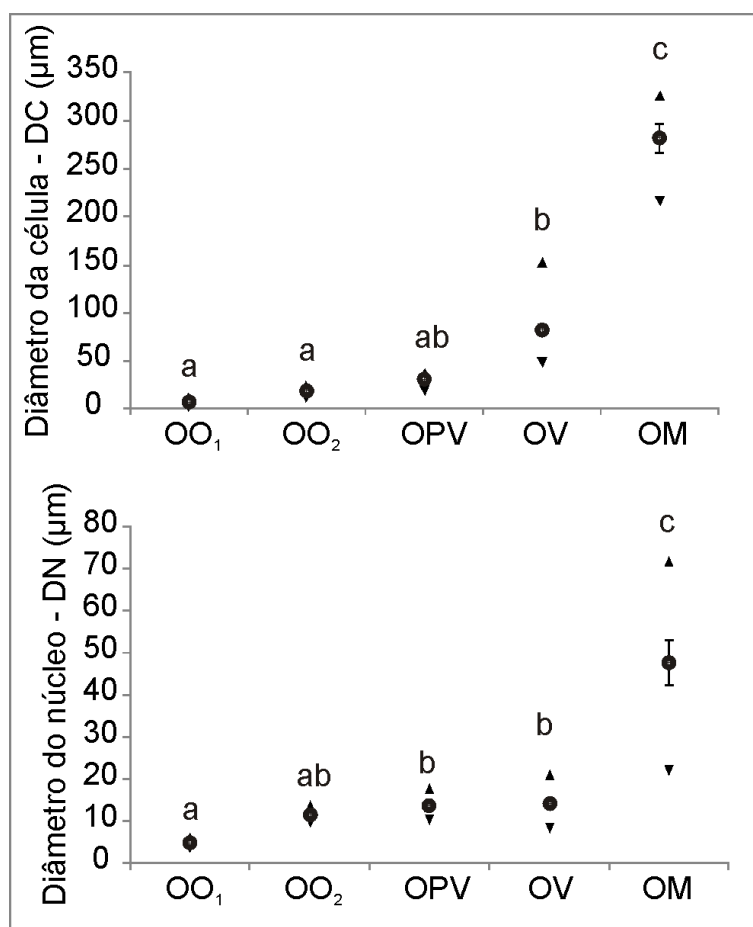


Figura 3. Diâmetro médio (círculo), desvio padrão (barras), e o maior e menor valor (triângulos) das células germinativas e respectivos núcleos dos exemplares de *Callinectes danae*. Letras iguais nas barras indicam igualdade estatística utilizando o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,0001$). As células e os núcleos foram analisados separadamente.

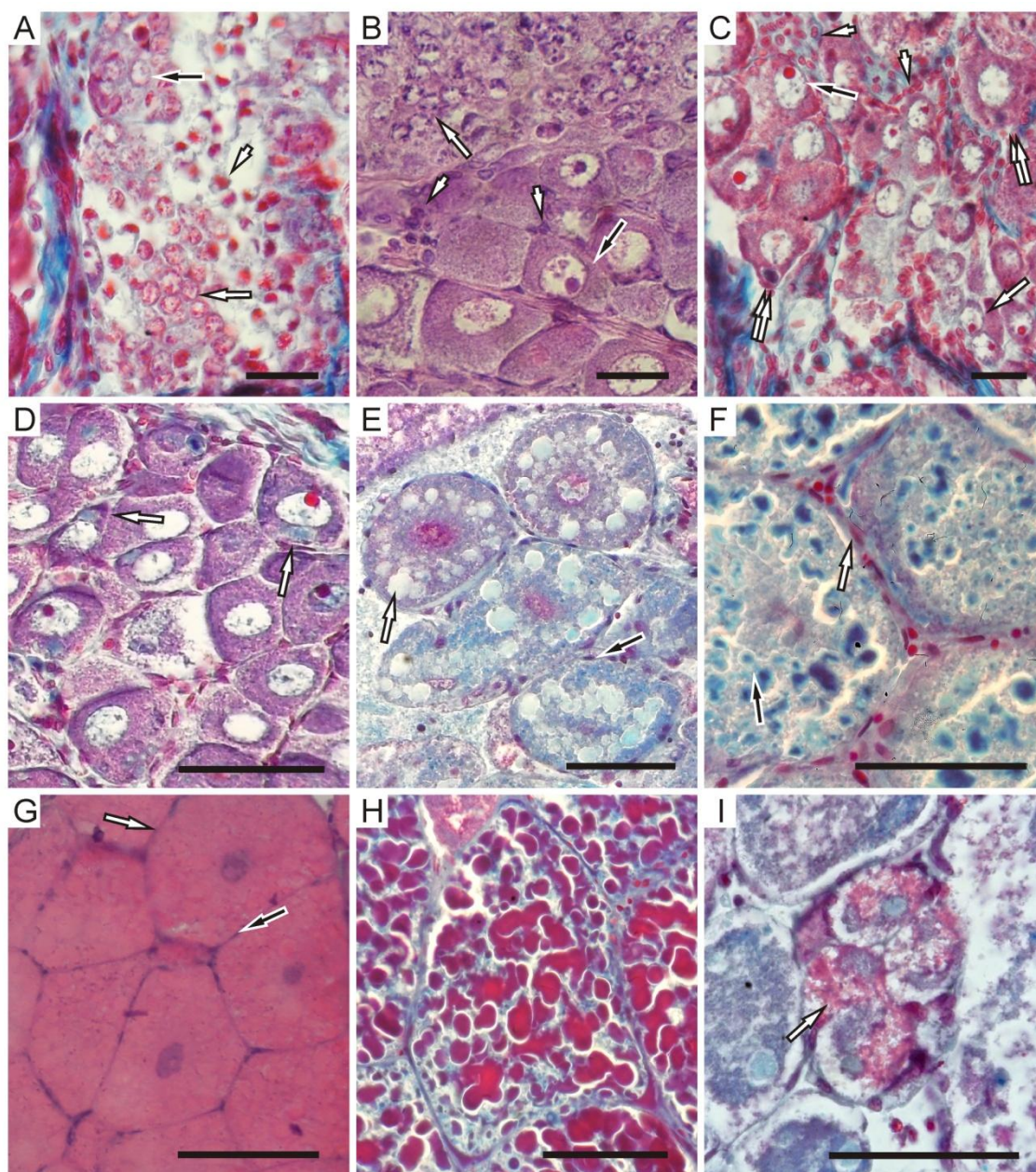


Figura 4. Fotomicrografias de células germinativas e acessórias do ovário de *Callinectes danae*. A: Ninho de oogônias com a cromatina nuclear (OO₁) (setas) e no estágio perinuclear (OO₂) (setas negras), com células foliculares (CF) na periferia (setas curtas); B: Ninho de OO (seta) e, na periferia, oócitos pré-vitelogênicos (OPV) exibindo um nucléolo (seta negra). As CF apresentam o formato cúbico, formando grupos e circundando os OPV (setas curtas); C: OO (seta) formando ninho na região central, circundada por OPV (seta negra) e diversos OPV com corpo de Balbiani (seta dupla). CF abundantes formando grupos e circundando os OPV (setas curtas); D: Detalhe de OPV com corpo de Balbiani (seta); E: Início da formação de vesículas citoplasmáticas (seta) nos oócitos vitelogênicos (OV). As CF são pavimentosas e justapostas aos OV (setas negras); F: Destaque para as CF circundando os OV em estágio avançado, exibindo grânulos no citoplasma (seta negra); G: Oócitos maduros (OM) exibindo forte reação acidófila (seta), circundado pelo epitélio folicular (seta negra); H: Detalhe de um OM exibindo o citoplasma todo tomado por grânulos e vesículas; I: Oócito atrético, exibindo contornos mal definidos e forte acidofilia (seta). Coloração: Tricrômico de Gomori (S, C, D, E, F, H, I) e Hematoxilina-Eosina (B, G). Barra de escala: 20 µm (A, B, C), 50 µm (D, E, F, H, I) e 200 µm (G).

Oócito atresico (AO): São células em reabsorção que apresentam forte acidofilia. Não é possível visualizar o núcleo devido à reciclagem do conteúdo celular (Fig. 4I). Variaram amplamente de tamanho, com valor médio de 59,0 μm .

Células foliculares (CF): São células que apresentam o citoplasma escasso, fracamente basofílico e o núcleo fortemente basófilo. Podem apresentar o formato cúbico ou pavimentoso. Quando cúbicas, apresentam tamanhos bem homogêneos, com diâmetro médio de 5,12 μm e o núcleo com 3,00 μm . Quando achatadas, não é possível visualizar o citoplasma. O núcleo apresenta a largura média de 5,91 μm e altura de 1,60 μm .

Espermateca: Quando macroscopicamente exibiu o padrão “a” (Fig. 5A), apresentou o revestimento externo formado por uma delgada camada de tecido muscular liso (TM) e internamente por células colunares monoestratificadas com ápice secretor. Foi observada uma substância em pequenas quantidades no lúmen, de caráter acelular. Quando exibiu o padrão “b” (Fig. 5B), o tecido muscular apresentou uma espessa camada, observou-se um epitélio multiestratificado de células colunares em que as células da porção apical apresentam atividade secretora. A substância secretada, semelhante à do padrão “a”, é polissacarídica ácida (alcianofílica) e acelular. No padrão “c” (Fig. 5C), as características epiteliais são semelhantes ao padrão “b”, sendo que o lúmen se apresenta preenchido por substâncias polissacarídica neutra (alcianofílica) e ácida (PAS-positiva) e contém espermatóforos, distribuídos na região periférica, em maior número na porção inferior, próximo à abertura. Em alguns indivíduos em que a SPT não foi visualizada macroscopicamente, foi possível notar microscopicamente que houve uma diminuição das dimensões da SPT (Fig. 5D), ficando contínua à gônada. Restam poucas substâncias preenchendo e os espermatóforos, antes espalhados, agora se encontram bem agrupados na região central. O epitélio mantém as características do padrão “c”, porém, com menor espessura.

Vagina: A vagina apresentou o epitélio externo formado por tecido muscular e interno, por um epitélio colunar, independente do desenvolvimento da SPT. As fibras musculares seguem na direção da vagina.

Após a análise microscópica dos componentes germinativos, das células foliculares e da espermateca, além das características macroscópicas, foram determinados os seguintes estágios maturacionais:

Imaturo (Fig. 6A): Inclui os estágios macroscópicos Jovem I e II. Apresentou uma região mais central contendo OO₁ e OO₂ formando ninhos, denominada de zona germinativa. Mais externamente se observaram os OPV, na zona de maturação. Há uma clara separação entre os grupos de OO e OPV. As células foliculares cúbicas são observadas formando grupos numerosos próximos às OO, não as circundando. Próximo aos OPV, as CF mantêm o formato, porém são observadas formando cordões laterais.

Início de maturação (Fig. 6B): Inclui apenas os indivíduos em ecdise, no estágio macroscópico Adulto I. Semelhante ao imaturo, exceto por apresentar OPV com corpo de Balbiani e raros OV, em estágio bem inicial. Este estágio indica a sincronia entre a muda puberal e o início da vitelogênese.

Em maturação (Fig. 6C): Inclui apenas o estágio macroscópico Adulto II. Começam a surgir diversos OV na zona de maturação. As CF estão em transição do formato cúbico para o pavimentoso, e notoriamente circundam as células. A zona germinativa, contendo apenas OO, OPV e CF, é observada ocupando pequenos espaços.

Maduro (Fig. 6D): Inclui os estágios macroscópicos Adulto II e III. Os OM são observados ocupando grande espaço no ovário, sendo possível observar pequenos grupos de OO e OPV na zona germinativa. As CF são vistas formando um epitélio folicular nos OM. O revestimento da gônada é uma delgada camada fibrosa, diferente dos demais estágios, cujo revestimento se apresentou mais espesso.

Desovado parcialmente (Fig. 6E): Inclui os estágios macroscópicos: Adulto II e IV. Apresentam a zona de maturação desorganizada. Predominam os OV e há a presença de líquido de células rompidas e oócitos atrésicos. As células foliculares são observadas formando grandes grupos e formando folículos pós ovulatórios, resultante da liberação dos OM. Na zona germinativa observam-se OO e OPV.

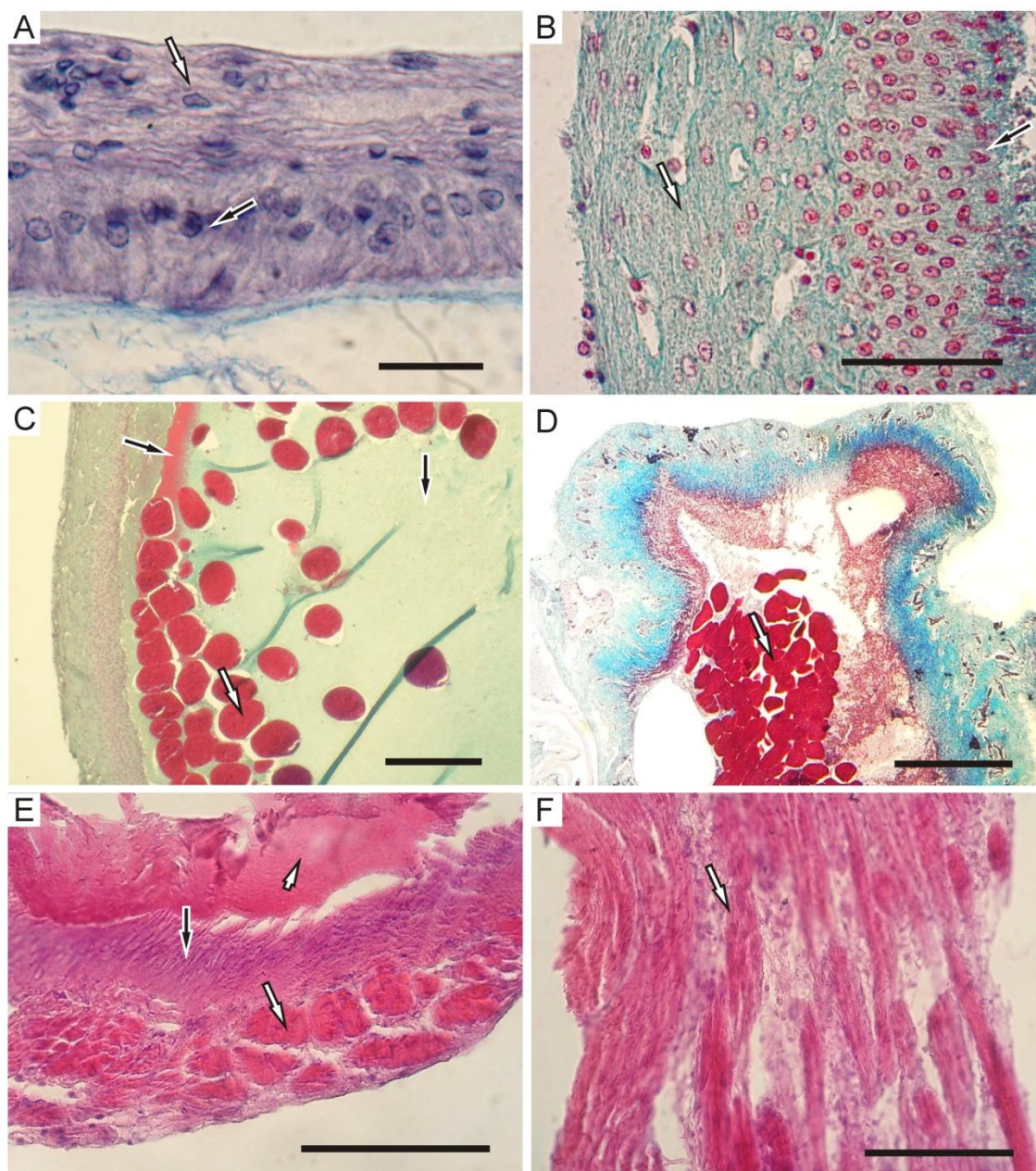


Figura 5. Fotomicrografias de espermateca e vagina de *Callinectes danae*. A: Espermateca (SPT) de dimensões reduzidas formada por uma delgada camada de tecido muscular (TM) (seta) e por células colunares monoestratificadas secretoras (seta negra); B: SPT de maior dimensão, apresentando o TM mais espesso (seta) e um epitélio multiestratificado de células colunares com ápice secretor (setas negras); C: SPT preenchida por espermatóforos (setas) e líquido polissacarídico (seta negra); D: SPT com dimensões reduzidas, preenchida por espermatóforos (setas); E: Vagina em corte transversal, exibindo tecido muscular (seta) circundando um epitélio colunar (seta negra) contendo substância acidófila no lúmen (seta curta); F: Vagina em corte longitudinal, exibindo camada muscular com fibras longitudinais (seta). Coloração: Hematoxilina-Eosina (E, F), Alcian/PAS (A) e tricrômico de Gomori (B, C, D). Barra de escala: 20 μ m (A), 50 μ m (B), 100 μ m (E, F) e 200 μ m (C, D).

Involução/repouso (Fig. 6F): Inclui os estágios macroscópicos Adulto II e IV. Difere do desovado parcial por não apresentar OV na zona de maturação. Há a presença de oócitos atresícos, e no estágio mais inicial, observam-se folículos pós ovulatórios.

No estágio mais avançado, a flacidez é diminuída, acarretando em menos espaços vazios, podendo ser considerado “em repouso”.

Tipo de desova

Ao analisar a frequência de tamanho dos oócitos dos diversos estágios, observou a presença constante de células germinativas jovens (OO, OPV), com diâmetro inferior a 50 μm (Fig. 7), indicando que há um estoque de reserva. Este estoque é um indicativo que ocorre mais de uma desova.

A progressão do tamanho dos oócitos ocorreu em mais de dois lotes (setas, Fig. 7), ou seja, há o desenvolvimento de um grupo celular, atingindo o estágio OM, enquanto que há outro grupo iniciando o desenvolvimento, além do estoque de reserva. Pode-se afirmar que a desova é do tipo “sincrônica em mais de dois grupos”.

Os indivíduos com abdômen triangular realizam a muda puberal, em que se inicia o estágio “início de maturação”. Em seguida, o ovário atinge o estágio “em maturação” e “maduro”. Ocorre a primeira desova (desova parcial) e em seguida, o ovário entra “em maturação” novamente, atingindo o estágio “maduro”. Após uma ou duas desovas, ocorre a última desova e o ovário se encontra inicialmente em “involução” e em seguida em “repouso”

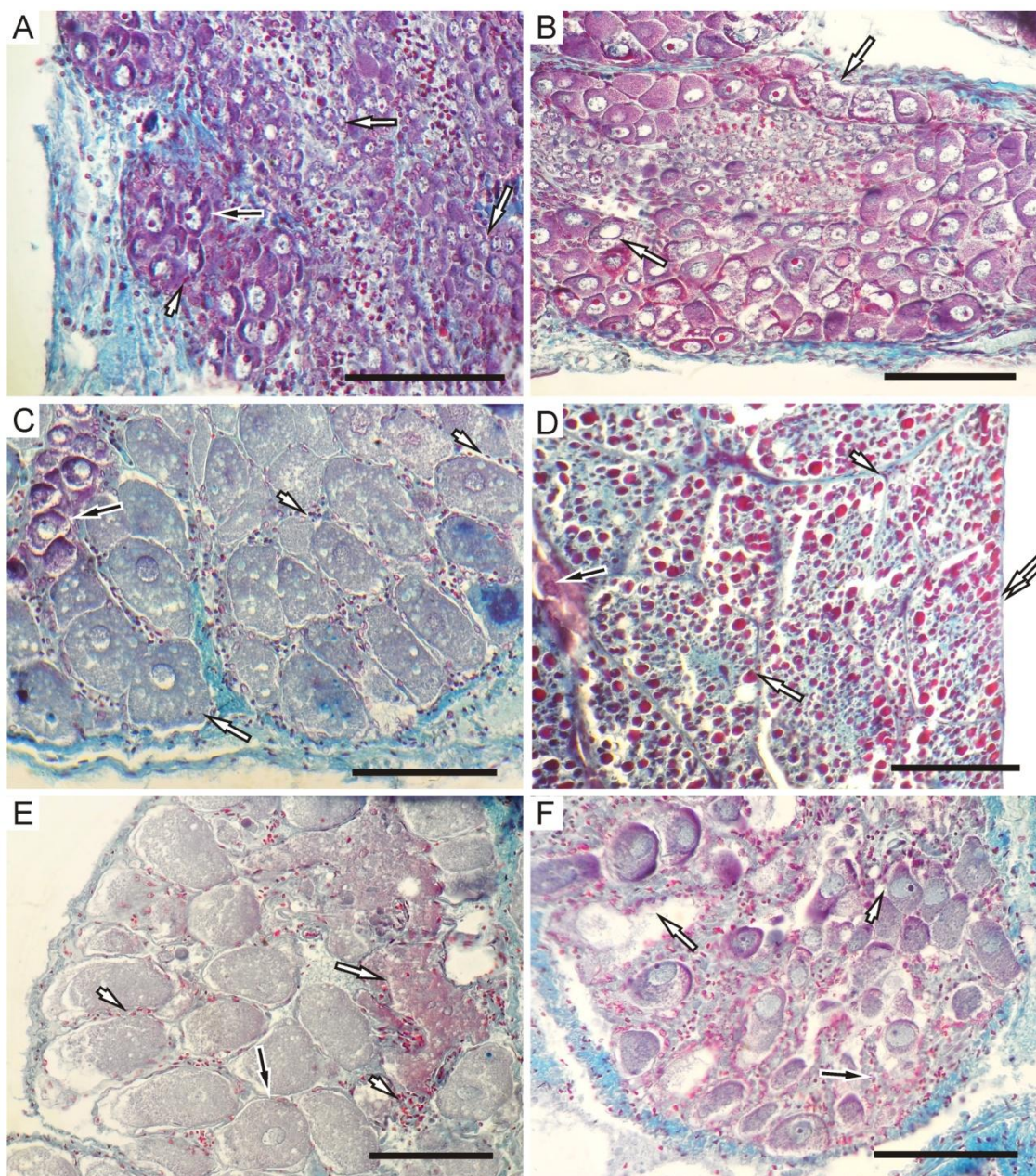


Figura 6. Fotomicrografias dos estágios de desenvolvimento ovariano de *Callinectes danae*. A: Imaturo: Apresenta uma zona germinativa (ZG) (seta), preenchida por oogônias (OO) e uma zona de maturação (seta negra), onde se observam apenas oócito pré-vitelogênicos (OPV). As células foliculares (CF) são cúbicas e formam grupos na ZG ou circundam os OPV (setas curtas); B: Em maturação inicial: semelhante ao imaturo, exceto por apresentar raros oócitos vitelogênicos (OV) em estágio bem inicial (setas); C: Em maturação: Os OV são predominantes na zona de maturação (setas) e a zona germinativa é diminuta (seta negra). As CF circundam os OV, ora pavimentosa, ora cúbica (setas curtas); D: Maduro: são observados diversos oócitos maduros (setas) e reduzidas zonas germinativas (seta negra). As CF formam um epitélio nos OM (seta curta). O revestimento do ovário é delgado (seta dupla); E: Desovado parcialmente: O conteúdo ovocitário é desorganizado, observando-se líquidos residuais de células rompidas (seta). Na zona de maturação, observam-se OV em início de desenvolvimento (seta negra). As CF formam grupos e circundam os OV (setas curtas); F: Involução/repouso: Há a presença de folículos pós-ovulatório (seta) e muitas células foliculares (seta negra). A zona de maturação é predominada pelos OPV (seta curta). Coloração: Tricrômico de Gomori. Barra de escala: 100 µm.

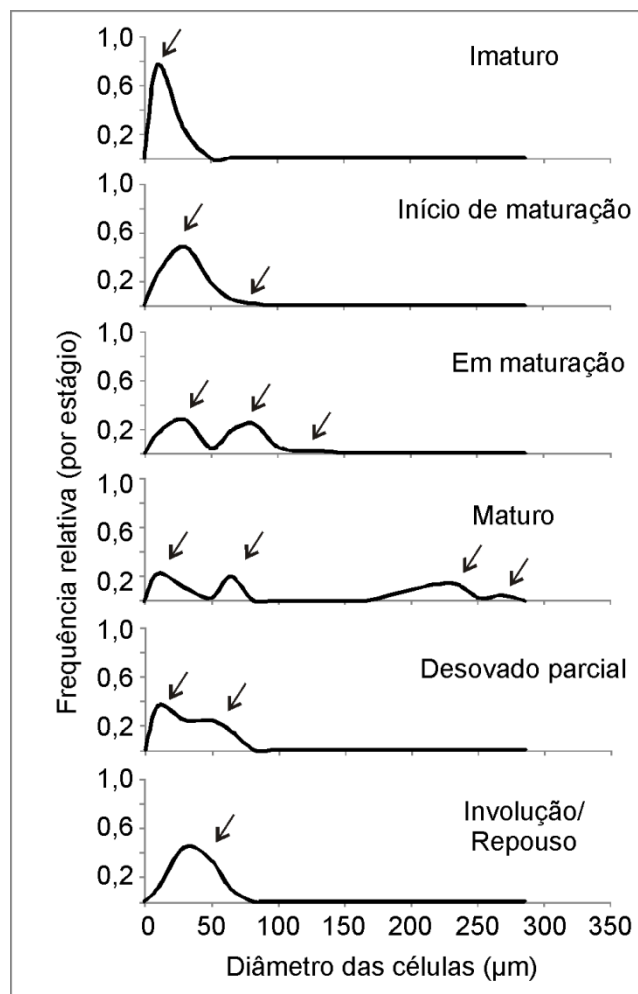


Figura 7. Distribuição de frequência de diâmetro dos oócitos nos sete estágios de maturação ovariana de *Callinectes danae*. As setas indicam os grupos modais. Observa-se uma desova do tipo sincrônica em mais de dois grupos.

Maturidade

Uma vez que há o indício de que a muda puberal é a muda terminal, não há a necessidade da estimativa da curva de maturação gonadal, visto que indivíduos com exatamente o mesmo tamanho, irão passar por todas as fases de desenvolvimento. Ao realizar a muda puberal o indivíduo está apto à cópula, porém, as células germinativas ainda estão no início do desenvolvimento. Assim, os indivíduos só estarão aptos à desova quando houver o desenvolvimento gonadal, que ocorre no mesmo tamanho da muda puberal, porém, não no mesmo instante.

DISCUSSÃO

A morfologia do trato reprodutor seguiu o padrão descritos para os Brachyura (JOHNSON, 1980; BALASUBRAMANIAN e SUSEELAN, 1998; CASTIGLIONI et al.,

2007; KEUNECKE et al., 2008; SOUZA e SILVA, 2009; SHINOZAKI-MENDES et al., 2011), sendo composto por ovários conectados por uma comissura, espermatecas e ovidutos (ou vagina). O revestimento da gônada de *Callinectes sapidus*, *Charybdis smithii*, *G. cruentata* e *Cardisoma guanhumi* (JOHNSON, 1980; BALASUBRAMANIAN e SUSEELAN, 1998; SOUZA e SILVA, 2009; SHINOZAKI-MENDES et al., 2011) apresentaram a mesma formação delgada e fibrosa, encontrada para *C. danae*.

A coloração das gônadas maduras apresenta uma variação que parece estar relacionada ao habitat. Os caranguejos semi-terrestres *C. guanhumi* e *G. cruentata* apresentam uma cor bem escura, marrom escuro, quase negra (SHINOZAKI-MENDES et al., 2011; SOUZA e SILVA, 2009); As espécies do gênero *Uca*, que habitam a zona enter-marés, apresentam a coloração vermelha (CASTIGLIONI et al., 2007); Os siris *C. danae*, *Charybdis smithii*, *Arenaeus cribrarius* e *Scylla serrata*, apresentam a cor laranja (presente estudo e KEUNECKE et al., 2008; BALASUBRAMANIAN e SUSEELAN, 1998; PINHEIRO e FRANSOZO, 1998; QUNITIO et al., 2007). Uma vez que o processo de maturação gonadal de qualquer espécie envolve o acúmulo de carotenóides (CHARNIAUX-COTTON, 1980), essa variação da cor pode estar relacionada ao metabolismo relacionado à variação de temperatura (exposição ao sol) ou da disponibilidade de água que cada habitat proporciona.

Diesel (1991) classificou os tipos de conexão entre a gônada e a espermateca. A ligação observada para *C. danae*, do tipo basal, é semelhante à de três espécies do gênero *Uca* (LAUTENSCHLAGER et al., 2010), à de *Chasmagnathus granulata* (LÓPEZ-GRECO et al., 1999), à de *G. cruentata* (SOUZA e SILVA, 2009) e à de *Cardisoma guanhumi* (SHINOZAKI-MENDES et al., 2011).

Células e estágios

A observação de uma zona germinativa central, no presente trabalho, foi também relatada para diversas espécies. Adiyodi e Subramoniam (1983) citam que para os decápodos, a posição da zona germinativa varia amplamente, enquanto que para os Brachyura, a posição é geralmente central.

O desenvolvimento das células germinativas ocorre de forma contínua, em que as oogônias se desenvolvem até se tornarem oócitos maduros. Do mesmo modo, um ovário imaturo se modifica, continuamente, até atingir a maturidade. A

transformação de uma variável contínua em uma variável discreta (estágios) nos permite uma melhor separação em grupos. Contudo, segundo Souza e Silva (2009), a divisão em muitos estágios, com sutis diferenças torna a classificação quase impraticável. Por essa razão, optou-se no presente trabalho, por selecionar poucos estágios para uma classificação mais precisa e acurada.

O tamanho médio de cada estágio celular encontrado por Keunecke et al. (2008) foi semelhante, exceto para os oócitos maduros, que apresentaram a metade do diâmetro. Castiglioni et al. (2007) ao estudar *Uca rapax* e Souza e Silva (2009), estudando *G. cruentata*, encontraram valores semelhantes ao presente trabalho para todos os estágios. A variação no tamanho dos oócitos maduro parece não ser relacionado ao tamanho médio da espécie (LC), visto que essas espécies citadas apresentam largura de cefalotórax bem inferiores ao *C. danae*. A variação encontrada no trabalho de Keunecke et al. (2008) pode estar associada aos diferentes métodos utilizados na rotina de desidratação.

A presença do corpo de Balbiani também foi relatada por outros autores. Comumente esses corpos também são chamadas de “complexo de vitelo perinuclear” (perinuclear yolk complex). No presente trabalho, optou-se por não utilizar o termo “vitelo”, uma vez que o corpo não apresenta esta características. Nayyar (1964) cita que embora estas inclusões não sejam vitelo, elas estão associadas, de alguma maneira, à vitelogênese. Em oposição, Balinsky e Devis (1963) citam que este corpo esférico não está envolvido na produção de vitelo, sendo formado por mitocôndrias compactadas, sugerindo nomear a estrutura de “corpo de Balbiani”.

As células foliculares apresentam um papel fundamental na maturação sincrônica dos oócitos. Observou-se que todo o processo de desenvolvimento das células germinativas esteve associado à presença das CF. Ryan (1967) cita que as células foliculares são indispensáveis também na formação do córion.

A importância da análise microscópica do ovário consiste em evitar erros recorrentes em estudos de análise macroscópica. Keunecke et al. (2008) corroboram essa afirmação, citando que macroscopicamente é possível confundir os estágios “em maturação” e “desovada”. Quintio et al. (2007) afirmaram que os estágios de maturação podem ser confundidos pelo estágio próximo em função da variação da cor, que na verdade está associada à qualidade alimentar do indivíduo.

Espermateca e vagina

Dentre os Brachyura, observam-se pequenas variações na anatomia da espermateca. A presença de um tecido muscular ou conjuntivo externamente e um epitélio secretor internamente, foi relatado para *Chionoecetes opilio*, para espécies da família Pinnotheridae e para *Cardisoma guanhumi* (BENINGER et al., 1993; BECKER et al., 2011; SHINOZAKI-MENDES et al., 2011). Em estudos mais direcionado à espermateca, é possível identificar diversos outros elementos e zonas específicas, que não foram o foco do presente estudo (ex. LAUTENSCHLAGER et al., 2010; BECKER et al., 2011).

A disposição dos espermatóforos, livres na espermateca, parece ocorrer para a maioria dos Brachyura, mas não para todos os Decapoda. Rorandelli et al. (2008) citam, para *Inachus phalangium* que os espermatóforos na espermateca ficam envoltos em um gel, formando grupos de espermatóforos de cada macho que copulou com a fêmea. Uma vez que os machos de *C. danae* carregam as fêmeas antes e durante a copula, é provável que cada fêmea só copule uma única vez, e desta forma, esse mecanismo torna-se naturalmente desnecessário.

A função do fluido secretado pela espermateca é amplamente discutido. Algumas espécies apresentam a espermateca preenchida por substância mesmo antes da cópula (SHINOZAKI-MENDES et al., 2011). Essa substância, geralmente composta por polissacarídeos neutros (BENINGER et al., 1993), pode ter a função de proteção contra choques mecânicos, pode auxiliar na abertura dos espermatóforos (BENINGER et al., 1993) ou pode manter os espermatóforos, visto que o fluido apresenta características energéticas e os espermatóforos podem ser armazenados por um longo período (SAINTE-MARIE e SAINTE-MARIE, 1999). Para *C. danae*, que copulam uma única vez, e cuja substância secretada pela espermateca parece ser a mesma transferida pelos machos, acredita-se que a secreção apenas mantém o volume necessário para garantir a qualidade dos espermatóforos e auxiliar a expulsão dos mesmos no momento da fertilização dos oócitos.

A vagina revestida por tecido muscular e internamente por células colunares, também foi observado para caranguejo da família Pinnotheridae (BECKER et al., 2011). Segundo Adiyodi e Subramoniam (1983), para auxiliar a eliminação dos ovos, as espécies podem ou apresentar revestimento muscular, ou podem contrair

músculos adjacentes ao ovário, como ocorre para *G. cruentata* (SOUZA e SILVA, 2009).

Tipo de desova

Há duas análises que podem ser efetuadas em relação à desova. Pode-se analisar se a espécie está apta a desovar mais de uma vez na vida, ou seja, a cada estação reprodutiva o ovário reinicia o processo de desenvolvimento, ficando em repouso no interstício. E outra análise aborda ainda a possibilidade da fêmea desovar mais de uma vez na mesma estação reprodutiva, ou seja, uma fêmea ovígera já apresenta células em vitelogênese, para desovar novamente neste mesmo período.

A primeira análise é amplamente efetuada. Ao observar os estágios maturativos e registrando-se a presença de OPV em ovários maduros ou desovados, obtém-se um indicativo de que a fêmea pode tornar a maturar em outro momento. A segunda análise, envolve a medição do diâmetro das células e observação da progressão das modas. De acordo com o padrão das modas observadas, pode-se concluir o tipo de desova.

Observa-se que muitas espécies desovam mais de uma vez na vida, por exemplo *Scylla serrata*, *G. cruentata*, *C. guanhumi*, *U. rapax* (QUINITIO et al., 2007, SOUZA e SILVA, 2009; SHINOZAKI-MENDES et al., 2011; CASTIGLIONI et al., 2007). Contudo, são raras as análises acerca do tipo de desova. Observou-se para *C. danae* apenas os trabalhos de Keunecke et al. (2008), que sugeriu haver desova parcelada, uma vez que foram observados OPV e OV em ovários maduros e desovados, e o de Costa e Negreiros-Fransozo (1998), que registram fêmeas ovígeras com a gônada em desenvolvimento, corroborando, assim, o presente trabalho.

Muda terminal

O indicativo de que a muda puberal de *C. danae* é a muda terminal, se baseou nos resultados obtidos no presente trabalho e nas observações de que ao cultivar espécimens em laboratório durante 180 dias, os indivíduos com abdômen não aderido não realizaram ecdise, diferente dos demais estágios (Shinozaki-Mendes et al., submetido para publicação). Corroborando essa afirmação, Johnson (1980) cita, para *C. sapidus*, esse mesmo padrão. Observando o trabalho de Barreto

et al. (2006), nota-se que o gráfico de LC_{50} baseado na maturidade gonadal, para machos e para fêmeas, apresenta indivíduos imaturos distribuídos ao longo de todo eixo de tamanho, não havendo uma clara separação entre jovens e adultos, diferente do que ocorre na análise do LC_{50} baseado na morfometria. Essa característica é mais um indicativo de que o tamanho obtido na muda puberal, é o tamanho máximo atingido por cada exemplar. Isto implica que atribuir estádios de maturação com base na observação das gônadas, macro ou microscopicamente, pode resultar em um grande erro.

Um outro indicativo é o fato de todas as fêmeas na muda puberal apresentarem as gônadas no mesmo estágio “início de maturação”, não havendo nenhum sinal que a fêmea já desovou alguma vez, como por exemplo, flacidez do ovário, coloração alaranjada, pontos de hemorragia, folículos pós ovulatórios, oócitos atrésicos ou desorganização das lamelas e excesso de células foliculares circundando os OPV. Embora alguns desses elementos desapareçam caso a duração de repouso seja longa, as características de um ovário que já desovou não retorna às características de um ovário em “início de maturação”.

Maturação

Obsevou-se que a realização da muda puberal é sincronica ao início de desenvolvimento oocitário. Em oposição à esse relato, Araújo et al. (2011) citam que a maturação é assincrônica. Contudo, estes autores utilizaram apenas a análise macroscópica para embasar tal afirmação. Pita et al. (1985) corroboram a hipótese do desenvolvimento sincrônico para *C. danae*, bem como Pinheiro e Fransozo (1998) também reportam o desenvolvimento sincrônico para fêmeas de *A. cribrarius*.

REFERÊNCIAS

- ADIYODI, R.G.; T. SUBRAMONIAM. 1983. Arthropoda Crustacea. In: K.G. Adiyodi and R.G. Adiyodi. *Reproductive Biology of Invertebrates*, pp. 443-495, v. 1, John Wiley and Sons Ltd.
- ARAÚJO, M. S. L.; NEGROMONTE, A.O.; BARRETO, A. V.; CASTIGLIONI, D. S. Sexual maturity of the swimming crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) at

the Santa Cruz Channel, a tropical coastal environment. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2011. online first.

BALASUBRAMANIAN, C. P.; SUSEELAN, C. 1998. Reproductive biology of the female deepwater crab *Charybdis smithii* (Brachyura: Portunidae) from the Indian Seas. Asian Fisheries Science 10: 211-222.

BALINSKY, B.I.; DEVIS, R. J. 1963. *Origin and differentiation of cytoplasmic structures in the oocytes of Xenopus laevis*. Acta embryologiae et morphologiae experimentalis 6: 55-108.

BAPTISTA-METRI, C; PINHEIRO, M. A. A.; BLANKENSTEYN, A.; BORZONE, C. A. 2005. Biologia populacional e reprodutiva de *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae), no Balneário Shangri-lá, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 22(2):446-453.

BARRETO, A. V.; BATISTA-LEITE, L. M. A.; AGUIAR, M. C. A. 2006. Maturidade sexual das fêmeas de *Callinectes danae* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, Itamaracá, PE, Brasil. Iheringia 96(2): 141-146.

BECKER, C.; BRANDIS, D.; STORCH, V. 2011. Morphology of the female reproductive system of European pea crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Pinnotheridae). Journal of Morphology 272(1): 12–26.

BENINGER, P. G.; LANTEIGNE, C.; ELNER, R. W. 1993. Reproductive processes revealed by spermatophore dehiscence experiments and by histology, ultrastructure, and histochemistry of the female reproductive system in the snow crab *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius). Journal of Crustacean Biology 13(1): 1-16.

BRANCO, J. O.; FREITAS Jr, F. 2009. Análise quali-quantitativa dos crustáceos no ecossistema Saco da Fazenda, Itajaí, SC. in: Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas. 180-206p.

BRANCO, J. O; MASUNARI, S. 2000. Reproductive ecology of the blue crab *Callinectes danae* Smith, 1869 in the Conceição Lagoon System, Santa Catarina Isle, Brazil. Revista Brasileira de Biologia 60(1): 17-27.

CASTIGLIONI, C. S.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L.; LÓPEZ-GRECO, L. S.; SILVEIRA, A. F.; SILVEIRA, S. O. 2007. Gonad development in females of fiddler

crab *Uca rapax* (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) using macro and microscopic techniques. *Iheringia* 97(4): 505-510.

CHARNIAUX-COTTON, H. 1980. Experimental studies of reproduction in Malacostraca crustaceans. *In*: CLARK, W. H. & ADAMS, T. S. eds. Description of vitellogenesis and of its endocrine control in Adv. Inv. Reprod. North Holland, Elsevier. p.177-185.

COSTA, T. C.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 1998. The reproductive cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, Brazil. *Crustaceana* 71 (6): 615- 627.

DIESEL, R. 1991. Sperm competition and the evolution of mating behavior in Brachyura, with special reference to spider crabs (Decapoda: Majidae). *In*: Bauer RT, Martin JW, editors. Crustacean Sexual Biology. New York: Columbia University Press, pp 145–163.

HARTNOLL, R. G. 1982. Growth. *In* Bliss D. E. (Ed.), The biology of Crustacea. *In* Abele L. G. (Ed.), Embryology, morphology and genetics. Academic Press, New-York.

JOHNSON, P. T. 1980. Histology of the Blue Crab, *Callinectes sapidus*, a Model for the Decapoda. Praeger Publishers, New York. 440 p.

JUNQUEIRA, L. C.; JUNQUEIRA, L. M. M. S. 1983. Técnicas básicas de citologia e histologia, pp. 1–123. Livraria e Editora Santos, São Paulo.

KEUNECKE, K. A; SILVA JR, D. R.; VIANNA, M.; VERANI, J. R.; D'INCAO, F. 2008. Ovarian development stages of *Callinectes danae* and *Callinectes ornatus* (Brachyura, Portunidae). *Crustaceana* 82 (6): 753-761.

LAUTENSCHLAGER, A. D.; BRANDIS, D.; STORCH, V. 2010. Morphology and function of the reproductive system of representatives of the genus *Uca*. *Journal of Morphology* 271(11): 1281–1299.

LÓPEZ-GRECO, L. S.; LÓPEZ, G. C.; RODRÍGUEZ, E. M. 1999. The Zoological Society of London Morphology of spermathecae in the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* Dana 1851 (Grapsidae, Sesarminae). *Journal of Zoology (London)* 249: 490-493.

MENDES, P. P. 1999. Estatística aplicada à aquicultura. Bargaço: Recife-PE. 265p.

- NAYYAR, R. P. 1964. The yolk nucleus of fish oocytes. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 105(3): 353–358.
- NEVIS, A. B.; MARTINELLI, J. M.; CARVALHO, A. S. S.; NAHUM, V. J. I. 2009. Abundance and spatial-temporal distribution of the family Portunidae (Crustacea, Decapoda) in the Curucá estuary on the Northern coast of Brazil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 13: 71-79.
- PINHEIRO, M. A.; FRANSOZO, A. 1998. Sexual Maturity of the Speckled Swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Lamark, 1818) (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in the Ubatuba Litoral, São Paulo State, Brazil. *Crustaceana* 71 (4): 434-452.
- PITA, J. B.; RODRIGUES, E. S.; GRAÇA-LOPES, R.; COELHO, J. A. P. 1985. Observações bioecológicas sobre o siri *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae) no complexo baía-estuário de Santos, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Instituto de Pesca* 12: 35-43.
- QUINITIO, E. T.; PEDRO, J. & PARADO-ESTEPA, F. D. 2007. Ovarian maturation stages of the mud crab *Scylla serrata*. *Aquaculture Research* 38: 1434-1441.
- ROBINSON, A.; MORRISON, J.; MUEHRCKE, P. 1995. *Elements of cartography*. 6. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons. 674 p.
- RORANDELLI, R.; PAOLI, F.; CANNICCI, S.; MERCATI, D.; GIUSTI, F. 2008. Characteristics and Fate of the Spermatozoa of *Inachus phalangium* (Decapoda, Majidae): Description of Novel Sperm Structures and Evidence for an Additional Mechanism of Sperm Competition in Brachyura. *Journal of Morphology* 269:259–27.
- RYAN, E. P. 1967. Structure and function of the reproductive system of the crab *Portunus sanguinolentus* (Herbst) (Brachyura: Portunidae). II. The Female system. *Proceedings of the Symposium on the Crustacea*. Marine Biological Association of India, p. 522-544.
- SAINTE-MARIE, G.; SAINTE-MARIE, B., 1999. Reproductive products in the adult snow crab (*Chionoecetes opilio*). I. Observations on spermatogenesis and spermatophore formation in the vas deferens. *Canadian Journal Zoology* 77 (3): 440-450.
- SHINOZAKI-MENDES, R. A.; SILVA, J. R. F.; SOUSA, L. P.; HAZIN, F. H. V. 2011. Histochemical study of the ovarian development of the blue land crab *Cardisoma*

guanhum (Crustacea: Gecarcinidae). Invertebrate Reproduction and Development (online first).

SOUZA, L. P.; SILVA, J. R. F. 2009. Morphology of the female reproductive system of the red-clawed mangrove tree crab (*Goniopsis cruentata*). Scientia Marina. 73(3): 527–539.

TOLOSA, E. M. C.; RODRIGUES, C. J.; BEHEMER, O. A.; FREITAS-NETO, A. G. 2003. Manual de técnicas histológica normal e patológica. Manole: São Paulo. 241p.

VAN ENGEL, W. A. 1990. Development of the reproductively functional form in the male blue crab *Callinectes sapidus*. Bulletin of Marine Science 46: 13-22.

VAZZOLER, A. E. A. de M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e pratica. EDUEM, Maringá. 169p.

2.7. Morfologia e desenvolvimento do trato reprodutivo masculino de *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae).

RESUMO

Os machos de *Callinectes danae* começam a desenvolver o sistema reprodutor após a realização da muda puberal. O crescimento do gonopódio é alométrico negativo, para jovens e adultos. O sistema reprodutor é dividido em porções com diferentes funções, como ocorre para diversos Brachyura. Nos testículos, há uma zona germinativa, contendo espermatogônias; uma zona de maturação, contendo espermatozoides, espermátides ou espermatozoides e um ducto coletor, que leva os espermatozoides até o vaso deferente. No vaso deferente anterior, duas matrizes, uma composta de polissacarídeos ácidos (matriz I) e outra composta por polissacarídeos neutros (matriz II), iniciam a separação dos grupos de espermatozoide. No vaso deferente médio, a matriz II forma uma cápsula acelular, originando os espermatóforos. No vaso deferente posterior as matrizes são acumuladas, inicialmente com textura granular, e se homogeneizando na porção final. O ducto ejaculatório e o pênis apresentam o revestimento muscular para expulsar os espermatóforos no momento da cópula. Mesmo após a cópula, os machos ainda apresentam um estoque de espermatóforos, possibilitando a cópula com outras fêmeas. A análise microscópica objetivando a classificação da maturidade é desnecessária, uma vez que a apresentação macroscópica é suficiente para uma correta classificação dos indivíduos em imaturo, em maturação ou maduro.

Palavras chave: Maturação. Histoquímica. Testículo. Vaso deferente. Espermatogênese.

→ Artigo a ser submetido para publicação na revista "Acta Zoologica".

INTRODUÇÃO

O aparelho reprodutor masculino dos Brachyura apresenta simetria bilateral, sendo composto por um par de testículos, vasos deferentes, ductos ejaculatórios e pênis (CASTILHO et al., 2008). Nos testículos há o desenvolvimento das células germinativas e no vaso deferente há a formação e armazenamentos dos espermatóforos, que contém os espermatozóides (KROL et al., 1992).

A partir da análise do desenvolvimento macro e microscópico do trato reprodutor, pode ser feita a classificação de estágios maturativos. Segundo Hartnoll (1982), a muda puberal pode não coincidir com a maturação das gônadas, e os indivíduos só ficam aptos a reproduzir após completarem todas as mudanças necessárias. Deste modo, é sempre importante a análise conjunta das características sexuais primárias e secundárias.

A morfologia do aparelho reprodutor masculino de Brachyura foi descrito para *Libinia emarginata* (HINSCH e WALKER, 1974), *Chionoecetes opilio* (SAINTE-MARIE e SAINTE-MARIE, 2009; BENHALIMA e MOTIYASU, 2000), *Telmessus cheiragonus* (NAGAO e MUNEHARA, 2003), *Goniopsis cruentata* (GARCIA e SILVA, 2006), *Ucides cordatus* (CASTILHO et al., 2008), *Eriphia verrucosa* (ERKAN et al., 2009), *Armases rubripes* (SANTOS et al., 2009), *Maja brachydactyla* (SIMEÓ et al., 2009), *Libinia spinosa* (SAL MOYANO et al., 2010), *Portunus pelagicus* (STEWART et al., 2010) e *Cardisoma guanhumi* (SHINOZAKI-MENDES et al., 2011).

Embora haja importantes trabalhos envolvendo a descrição microscópica do aparelho reprodutor masculino de Brachyura, esse número é ainda muito inferior ao esforço que vem sendo direcionado ao conhecimento do aparelho reprodutor feminino. Segundo Van Engel (1990), essa omissão se dá devido ao grande interesse no potencial reprodutivo, medido pela fecundidade das fêmeas.

Para *Callinectes danae* foi desenvolvido apenas um trabalho de histologia de ovários (KEUNECKE et al., 2008), alguns trabalhos focando a maturidade morfológica e macroscópica de fêmeas (BARRETO et al., 2006; BAPTISTA-METRI et al., 2005) e outros utilizando a morfologia e observações macroscópica de ambos os sexos (e.g. BRANCO e THIVES, 1991; COSTA e NEGREIROS-FRANSOZO 1998; ARAÚJO et al., 2011). São desconhecidos os estudo que focam o desenvolvimento reprodutivo dos machos. Desta forma, o presente trabalho é a

primeira contribuição sobre do desenvolvimento das células germinativas e do aparelho reprodutor masculino de *C. danae*.

A importância do conhecimento acerca desta espécie se pauta na relevância biológica, ecológica e econômica. Assim, objetivou-se com o presente trabalho caracterizar a morfologia e a função de cada secção do aparelho reprodutor, bem como os estágios do desenvolvimento reprodutivo dos machos de *C. danae*.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados 592 exemplares de machos de *C. danae*, no Canal de Santa Cruz (08°49'S e 034°50'W), localizado no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Os exemplares foram capturados mensalmente, utilizando linha de mão, no período entre janeiro e dezembro de 2011. O número de exemplares coletados por mês variou de 27 a 76.

Após a coleta, os indivíduos foram crioanestesiados a -10°C, até a imobilização completa. Em seguida, os indivíduos foram fotodocumentados para elaboração do desenho esquemático. A coloração do trato reprodutor foi medida utilizando a escala RGB (ROBINSON et al., 1995).

Diversas partes do aparelho reprodutor foram separadamente fixadas em solução de Davidson (24h), preservadas em álcool etílico 70% (24h), desidratadas em série alcoólica crescente, diafanizadas em xilol e impregnadas e inclusas em parafina a 60°C. Cada bloco de parafina foi cortado transversalmente com espessura de 5 µm, e corados pelo método de Hematoxilina-Eosina (adaptado de JUNQUEIRA e JUNQUEIRA, 1983), para identificação de substâncias ácidas e básica; Azul de Alcian/ Periodic Acid Schiff (PAS) (adaptado de JUNQUEIRA e JUNQUEIRA, 1983), para detecção de glicoproteínas e mucopolissacarídeos ácidos; e Tricrômico de Gomori (adaptado de TOLOSA et al. 2003), para diferenciação dos tecidos.

As células germinativas encontradas foram classificadas de acordo com a reação aos corantes, tamanho e forma. Foi utilizada a estatística descritiva, quanto à média e desvio padrão, dos diâmetros das células e dos espermátóforos (n=50, para cada estágio). Para avaliar se os diâmetros apresentaram diferenças estatisticamente significativas na variância ($p < 0,05$), foi testada a normalidade da distribuição dos erros (teste de Shapiro Wilk) e a homocedasticidade das variâncias

(teste de Cochran). Como as variâncias se apresentaram de forma não homogênea, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (MENDES, 1999).

Cada exemplar foi mensurado quanto à largura do cefalotórax, medida entre a extremidade dos espinhos laterais (LC) e quanto ao comprimento do gonopódio (CG), medida linear da curvatura próxima à coxa do 5º pereiópodo até a extremidade próxima ao télson (Fig. 1A). Para classificar os indivíduos como jovens ou adultos, foi utilizada a classificação proposta por Van Engel (1990), em que os jovens apresentam o abdômen aderido aos esternitos torácicos, enquanto que os adultos apresentam o abdômen não aderido.

A classificação macroscópica do aparelho reprodutor (não desenvolvido, em desenvolvimento ou desenvolvido), a identificação microscópica das secções (testículo, vaso deferente e ducto ejaculatório) bem como a classificação microscópica (imaturo, em maturação, maduro), foi adaptada da escala proposta por Shinozaki-Mendes et al. (2011). Em adição, os machos que foram capturados no momento da cópula com fêmea que apresentava a espermateca preenchida, foram classificados como “esvaziados”.

Para comparação do tamanho dos indivíduos em cada estágio de maturação microscópica, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (ZAR, 1984) após verificar as premissas citadas anteriormente.

RESULTADOS

Foram registrados indivíduos com tamanho entre 3,74 e 12,25 cm de LC. Desses, 62,8% apresentaram o abdômen aderido aos esternitos (jovens), com LC variando de 3,74 a 10,23 cm. Os exemplares que apresentaram o abdômen sem aderência (adultos), variaram o tamanho de 7,50 a 12,25 cm.

Indivíduos jovens e adultos apresentaram um crescimento do corpo mais acelerado, em relação ao crescimento do gonopódio. Contudo, os jovens apresentam um maior incremento no comprimento do gonopódio, enquanto que os adultos apresentaram um menor incremento ($p < 0,0001$), além de exibir uma alta dispersão dos valores (Fig. 1B). Baseado nos modelos gerados, o tamanho de 9,54 cm é o ponto de interseção das retas, ou seja, é o tamanho de LC em que o CG dos jovens e adultos apresentaram o mesmo tamanho.

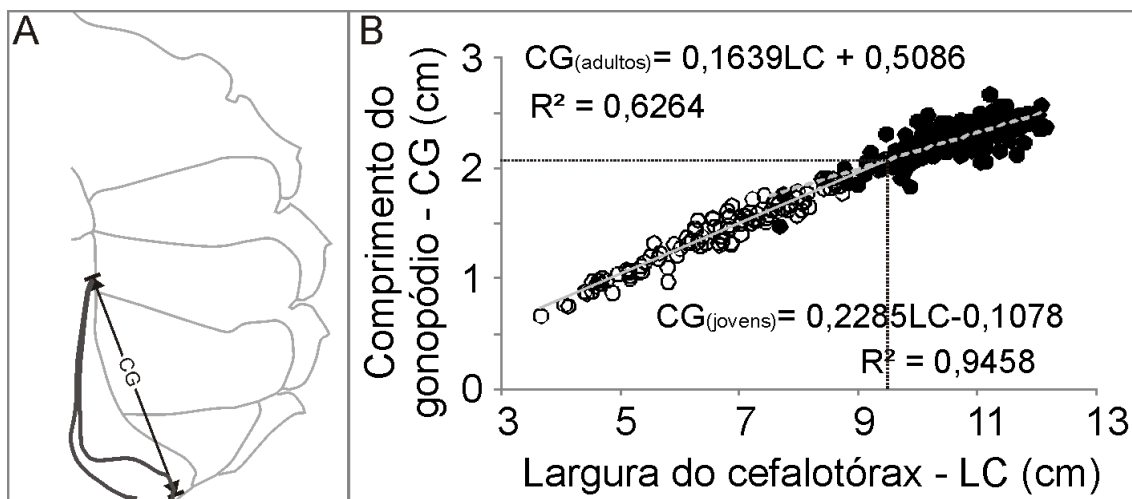


Figura 1. A- Indicação da medida do comprimento do gonopódio (CG) de *Callinectes danae*. B- Relação entre o CG e a largura do cefalotórax de juvenis (círculos abertos e linha contínua) e adultos (círculo fechado e linha tracejada).

Análise macroscópica

O sistema reprodutor masculino de *Callinectes danae* apresenta simetria bilateral, localizando-se no cefalotórax, não se estendendo ao abdômen ou demais partes. Foi possível observar sete secções distintas (Fig. 2), descritas abaixo.

A porção mais anterior do aparelho (1) se localiza na região dorsolateral, próximo aos espinhos laterais, se direcionando para a região cardíaca (central). Esta porção é formada por um único segmento, fino e convoluto, de coloração esbranquiçada (R170 G166 B146). Na porção central (2), o aparelho se apresenta bastante enovelado, mantendo coloração esbranquiçada. Há uma diminuição do diâmetro e se observa uma comissura, ventral ao coração, que conecta os lóbulos. Posterior a essa secção (3), a conformação enovelada e a coloração esbranquiçada se mantém, porém, nota-se um sutil aumento no diâmetro. Lateralmente à porção enovelada (4), observa-se a dilatação do diâmetro, sugerindo a forma de saco e a coloração é translúcida (pouco esbranquiçada) (R148 G135 B116). Em seguida, há uma mudança na coloração e formato (5), em que o aparelho apresenta a cor amarelada (R194 G186 B140) e volta a apresentar o formato tubular. Na porção posterior (6), o aparelho possui um diâmetro mínimo, e se insere no esqueleto endofragmal. Na porção final, apresenta abertura na base do quinto par de pereiópodos. Externamente (7), o aparelho é conectado ao pênis, que apresenta o formato cônico e que se encaixa ao gonopódio (pleópodo modificado para a cópula).

Analizando as variações ocorridas no aparelho reprodutor e associando às feições morfométricas, puderam ser caracterizados os seguintes estágios:

- Não desenvolvido: Todo o sistema é de difícil visualização. A variação no diâmetro entre as secções é bastante sutil.
- Em desenvolvimento: A secção 1 não apresentou diferenciação. As secções 2 e 3 passam a ser perceptíveis a olho nu, enquanto que as secções 4 e 5 acumulam substâncias em seu interior, sendo facilmente visualizadas. As secções 6 e 7 apresentam a parede mais espessa.
- Desenvolvido: A secção 1 se mantém pouco perceptível. As secções 2, 3, 6 e 7 mantêm as características do estágio anterior, contudo as secções 4 e 5 aumentam de volume, apresentando-se bastante túrgidas (Fig. 2). Todos os indivíduos esvaziados (n=12) apresentaram as características deste estágio, apresentando uma pequena diminuição no volume da secção 5, algumas vezes imperceptível.

Todos os indivíduos que apresentaram o abdômen aderido aos esternitos (jovens) exibiam o aparelho reprodutor no estágio macroscópico “não desenvolvido”. Dentre os indivíduos com o abdômen sem aderência, 9,6% apresentaram o aparelho reprodutor não desenvolvido, em 42,3% foi possível notar o aparelho em desenvolvimento e em 48,1% dos exemplares, o aparelho reprodutor se encontrava desenvolvido.

Análise microscópica

Ao longo do aparelho reprodutor masculino, foi possível observar os seguintes componentes germinativos:

- Espermatozônias (SPG): São as maiores e mais primitivas células da linhagem germinativa, com diâmetro médio de $5,6 \pm 0,6 \mu\text{m}$. Formam ninhos na periferia dos ácinos testiculares. O citoplasma é pouco perceptível por se corar fracamente basofílico. O núcleo apresenta a cromatina perinucleolar e uma reação basofílica (Fig. 3A).

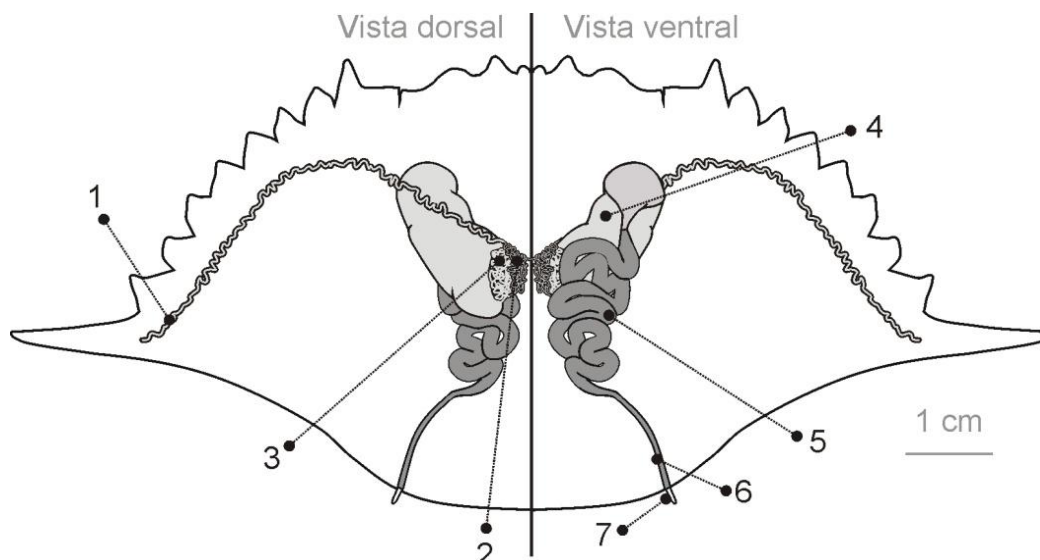


Figura 2. Desenho esquemático do aparelho reprodutor desenvolvido de macho de *Callinectes danae*, com vista dorsal e ventral, excluindo-se os demais componentes. Os números indicam as diversas regiões analisadas no presente trabalho.

- **Espermatócitos (SPC):** Apresentam o diâmetro médio de $4,8 \pm 0,6 \mu\text{m}$, não se diferenciando estatisticamente das SPG. Contudo, visivelmente são mais basófilas que as SPG e apresentam a cromatina condensada. Outra diferenciação é que estas células se agrupam em número muito maior, ocupando uma vasta área (Fig. 3B).
- **Espermátides (SPT):** as SPT apresentaram dois estágios distintos: um estágio inicial (SPT_1), com diâmetro médio de $4,6 \pm 0,3 \mu\text{m}$, estatisticamente igual às SPG e SPT. E outro estágio mais avançado (SPT_2), com diâmetro estatisticamente menor ($2,8 \pm 0,2 \mu\text{m}$). As SPT apresentam o acrossomo, inicialmente, como uma pequena porção acidófila (Fig. 3C). Ao avançar no desenvolvimento, essa região acidófila já ocupa aproximadamente a metade da célula (Fig. 3C), ficando as SPT_2 com um aspecto bicolor, metade acidófila e metade basófila.
- **Espermatozóides (SPZ):** É a célula mais desenvolvida da linhagem germinativa. Apresenta o acrossomo ocupando quase todo o diâmetro da célula, proporcionando uma forte reação acidófila (Fig. 3D). Os SPZ são PAS-positivos, se apresentando ricos em glicoproteína. Foram encontrados no testículo e nos vasos deferentes, com menor tamanho médio ($p < 0,0001$) que as demais células germinativas, variando de 1,7 a 2,1 μm . A variação no diâmetro foi associada à localização no sistema reprodutor, descrito a seguir.

A partir da separação macroscópica em sete secções, puderam-se identificar histologicamente os seguintes componentes somáticos:

1. Testículo (t): é formado por ácinos enovelados, em forma de lóbulos, contendo células basófilas e acidófilas (Fig. 3E). Os ácinos apresentam uma zona de maturação na porção central, contendo células germinativas em um único estágio de maturação, podendo ser SPC, SPT ou SPZ. Podem apresentar um ducto coletor, na periferia, contendo apenas SPZ (Fig. 3F, G) ou uma zona germinativa na periferia (Fig. 3H), contendo SPG. Diversos ácinos apresentam apenas a zona de maturação (Fig. 3E, H). O tecido epitelial que recobre os ácinos é pavimentoso simples e no ducto coletor pode se apresentar cúbico (Fig. 3G) ou colunar simples com núcleos basais (Fig. 3H), sendo ambos recobertos por fibras elásticas (Fig. 3F, H). Os SPZ no ducto coletor apresentam diâmetro médio de $2,1 \pm 0,2 \mu\text{m}$.
2. Vaso deferente anterior proximal (VDAP): Porção do vaso deferente contínuo ao testículo. Apresenta o epitélio colunar simples, com núcleos basais e região apical secretora (Fig. 4A, C). Observa-se a síntese de uma duas matrizes: uma matriz alcianofílica, composta de polissacarídeos ácidos, denominada Matriz I, e outra com reação PAS-positiva, composta de polissacarídeos neutros (Matriz II) (Fig. 4A, C, D, E). Quando não desenvolvido (Fig. 4A), não se observam espermatozoides no lúmen. Quando o trato reprodutor se apresenta desenvolvido, nesta porção os espermatozoides se encontram livres (Fig. 4C). Os SPZ apresentaram o mesmo diâmetro médio dos SPZ encontrados no testículo, de $2,0 \pm 0,2 \mu\text{m}$.
3. Vaso deferente anterior distal (VDAd): O epitélio que recobre o VDAd é semelhante ao VDAP, contudo, no VDAP o epitélio é mais espesso (Fig. 4C). Quando não desenvolvido, as células são jovens, com citoplasma ainda escasso (Fig. 4B) e não se observam espermatozoides no lúmen. Quando desenvolvido, observam-se as matrizes se inserindo entre os SPZ, iniciando a formação de grupos esféricos ou ovais (Fig. 4C, E), que irão originar os espermatóforos (SPH). Os SPZ apresentaram o mesmo diâmetro médio dos SPZ encontrados no testículo e no VDAP, de $2,0 \pm 0,6 \mu\text{m}$. O diâmetro médio dos grupos de SPZ (que irão formar os SPH) é de $107,7 \pm 10,4 \mu\text{m}$.

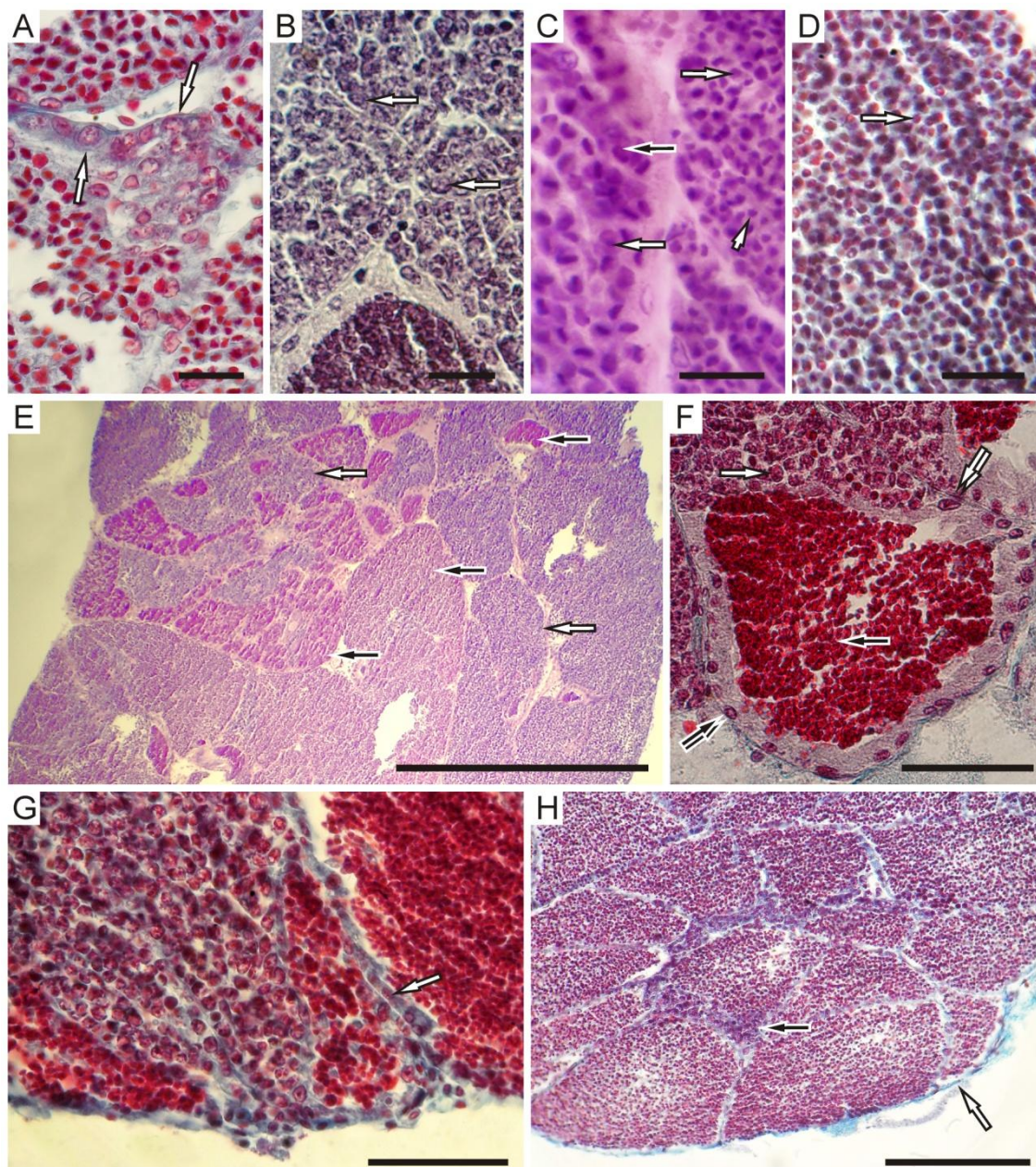


Figura 3. Fotomicrografias do testículo de *Callinectes danae*. A: Espermatogônias localizadas na periferia do ácino (zona germinativa), exibindo fraca reação (setas); B: Espermatócitos com contornos mal definidos (setas) ocupando a zona de maturação; C: Espermátide, exibindo formação do acrossomo (seta) e reação acidófila, no estágio inicial (setas negras) e final (setas curtas); D: Espermatozoide exibindo acrossomo (seta) com formato esférico e contornos bem definidos; E: testículo exibindo ácidos contendo células germinativas basófilas (setas) e acidófilas (setas negras); F: ácino testicular contendo espermatócitos na zona de maturação (seta) e espermatozoides no ducto coletor (seta negra). O ácino testicular é formado por células pavimentosas (seta dupla), exceto na porção do ducto coletor, onde podem se observar células colunares (seta negra dupla); G: Detalhe de ducto coletor periférico revestido por epitélio cúbico (seta); H: Revestimento composto de material fibroso (seta). Observa-se a zona germinativa (setas negras) contendo apenas espermatogônias. Coloração: Tricrômico de Gomori (A, D, F, G, H), Alcian/ PAS (B) e Hematoxilina-Eosina (C, D, E). Barra de escala: 20 μ m (A, B, C, D), 50 μ m (F, G, H) e 500 μ m (E).

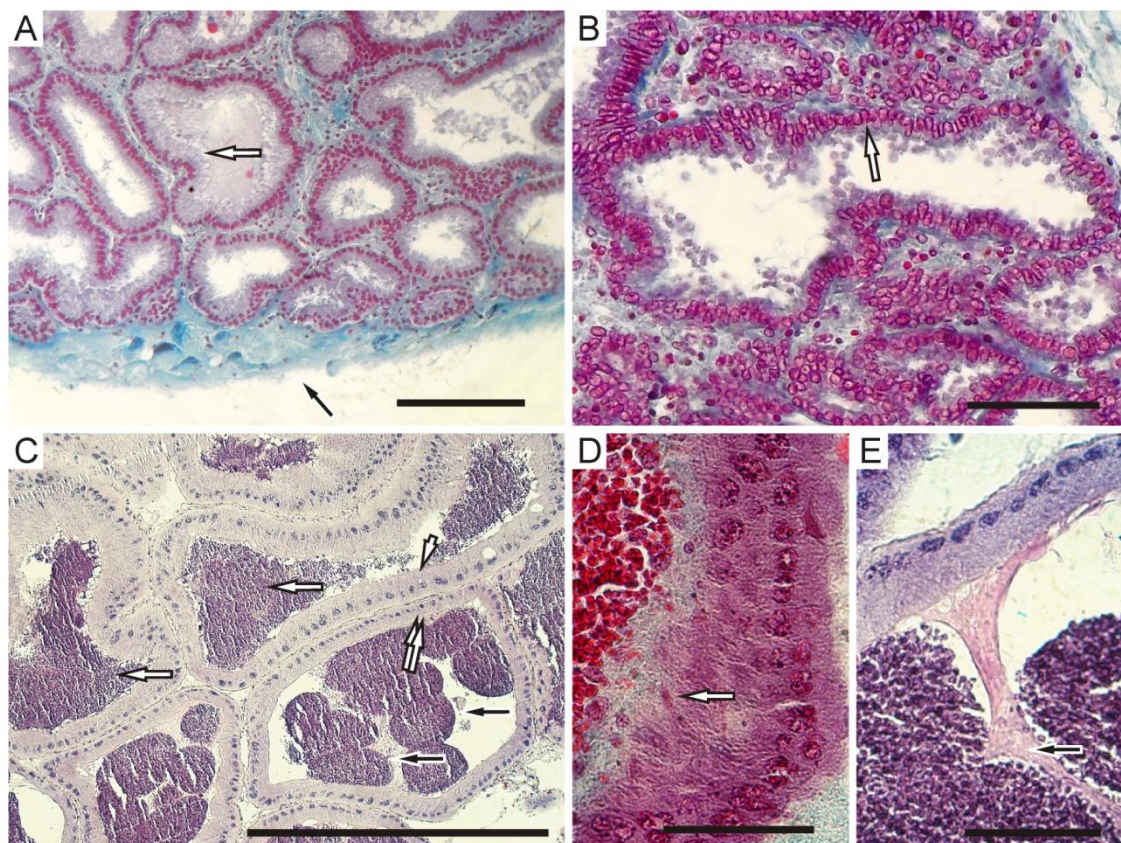


Figura 4. Fotomicrografias do vaso deferente anterior (VDA) de *Callinectes danae*. A: Indivíduo jovem exibindo a região proximal (VDAp) formada por epitélio colunar, com núcleos basais e ápice secretor (seta). O revestimento externo é densamente fibroso (seta negra); B: Porção mais distal do vaso deferente anterior (VDAAd) de indivíduos jovens, exibindo epitélio formado por células com citoplasma escasso (setas) e o lúmen ainda não preenchido por espermatozoides; C: VDAp de indivíduo adulto, contendo espermatozoides livres (setas) e a porção mais distal (VDAAd), onde os espermatozoides iniciam uma formação de grupos (setas negras). Nota-se que o epitélio do VDAp (seta curta) é mais espesso que o epitélio do VDAAd (seta dupla). D: Detalhamento do epitélio do VDAp, com núcleo basal e região apical secretora (seta). E: Detalhamento das matrizes iniciando a formação de grupos (seta negra) do VDAAd. Coloração: Alcian/ PAS (C, E), Tricrômico de Gomori (A, B, D). Barra de escala: 50 μ m (B, D, E), 100 μ m (A) e 500 μ m (C).

4. Vaso deferente médio (VDM): No VDM do trato reprodutor não desenvolvido, observa-se externamente um revestimento fibroso e, internamente, um lúmen, preenchido apenas pelas matrizes (Fig. 5A, B). O epitélio é formado por uma camada simples de células com citoplasma escasso (Fig. 5B). Quando o trato se encontra desenvolvido, o VDM é completamente preenchido por espermatóforos (Fig. 5C). As matrizes são mais evidentes que no VDA, porém ainda ocupam pouco espaço relativo (Fig. 5C, D, E). Na porção mais proximal (VDMp), a matriz II é observada circundando os SPZ, constituindo uma camada acelular, formando o SPH e a Matriz I é observada preenchendo os espaços entre os SPH (Fig. 5D).

Na porção mais distal (VDMd), a cápsula acelular dos SPH já está bem definida e no espaço entre SPH as matrizes se apresentam bem misturadas, dando um aspecto granular (Fig. 5E). O diâmetro médio dos SPZ de $1,8 \pm 0,6 \mu\text{m}$ foi igual aos SPZ encontrados nas secções anteriores e diferentes dos demais estágios celulares ($p < 0,0001$). O diâmetro dos SPH também não apresentou diferença significativa dos encontrados no VDA_d, com média de $105,2 \pm 10,3 \mu\text{m}$.

5. Vaso deferente posterior (VDP): O epitélio do VDP é cúbico simples, independente do grau de desenvolvimento (Fig. 6B, E). No trato não desenvolvido, esta região apresenta dimensões reduzidas (Fig. 6A) e revestimento fibroso (Fig. 6A). Observa-se o acúmulo das matrizes produzidas no VDM. Quando desenvolvidos, as matrizes são armazenadas em grande quantidade. Não houve diferenciação macroscópica, contudo, microscopicamente, foram identificadas duas regiões: a região próxima ao VDM (VDP_p), em que as matrizes preenchem o vaso com textura bastante granular (Fig. 6C), enquanto que na porção distal (VDP_d), há uma liquefação e observa-se um aspecto bastante homogêneo das matrizes (Fig. 6D). Em ambos os casos, as matrizes ocupam bastante espaço entre os SPH. Os SPZ no VDP apresentaram o diâmetro estatisticamente menor que nos testículos ($p < 0,0001$), porém não houve diferença dos SPZ encontrados no VDA_p, VDA_d e VDM. O diâmetro médio foi de $1,7 \pm 0,1 \mu\text{m}$. O diâmetro dos SPH também não apresentou diferença significativa dos encontrados no VDA_d e no VDM, com média de $104,4 \pm 8,0 \mu\text{m}$.

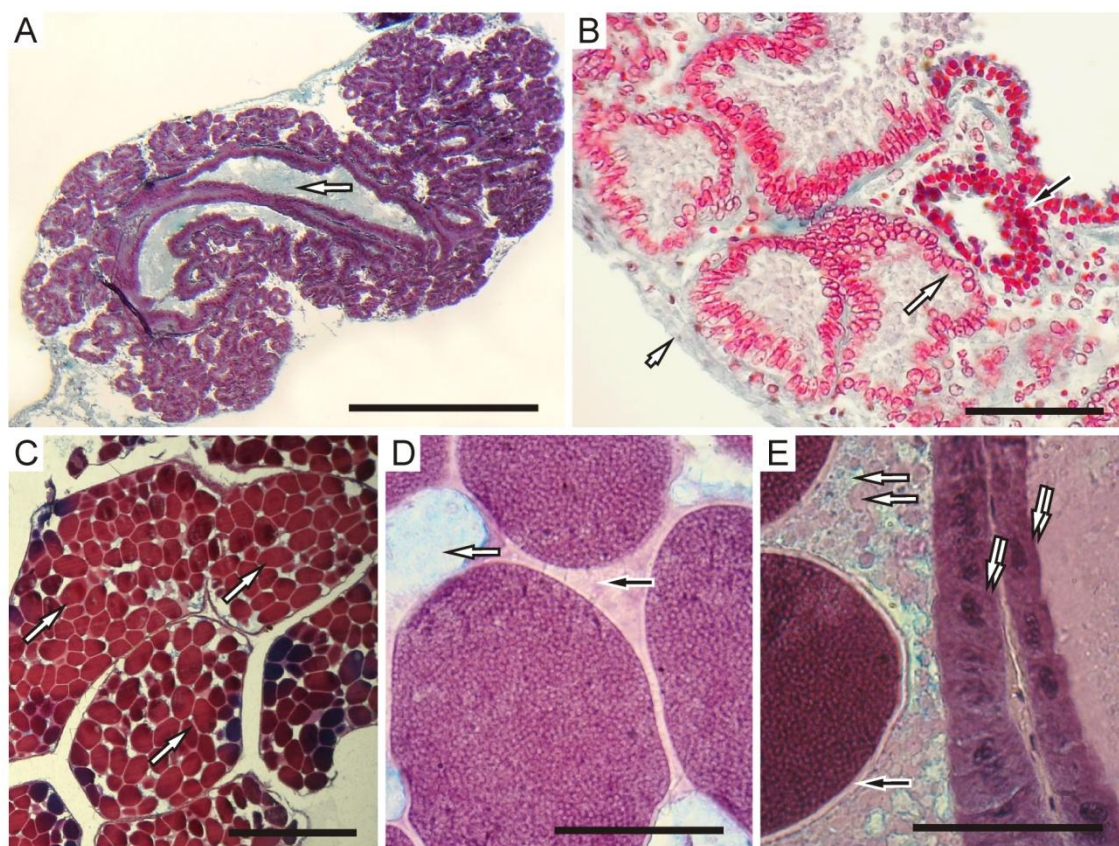


Figura 5. Fotomicrografias do vaso deferente médio (VDM) de *Callinectes danae*. A: Indivíduo jovem, com VDM de tamanho reduzido e lúmen contendo pouca substância e sem espermatóforos (seta). B: Detalhe do epitélio do VDM de jovens, cujas células apresentam citoplasma escasso. O epitélio ora é simples (seta), ora é estratificado (seta negra). O revestimento é fibroso (setas curtas); C: Vista geral do VDM de indivíduos adultos, contendo inúmeros espermatóforos (SPH) (setas); D: Detalhe do preenchimento heterogêneo, composto pela matriz I preenchendo os espaços entre os SPH e a matriz II circundando os SPH; E: Na porção distal do VDM, as duas matrizes apresentam o aspecto granular (setas) e o contorno do espermatóforo já está todo formado (seta negra). À direita observa-se uma secção mais distal, predominando a matriz II. Nota-se que o epitélio do VDM diminui de espessura na direção do VDP (setas duplas). Coloração: Tricrômico de Gomori (A, B) e Alcian/ PAS (C, D, E). Barra de escala: 50 µm (B, D, E), 500 µm (A, C).

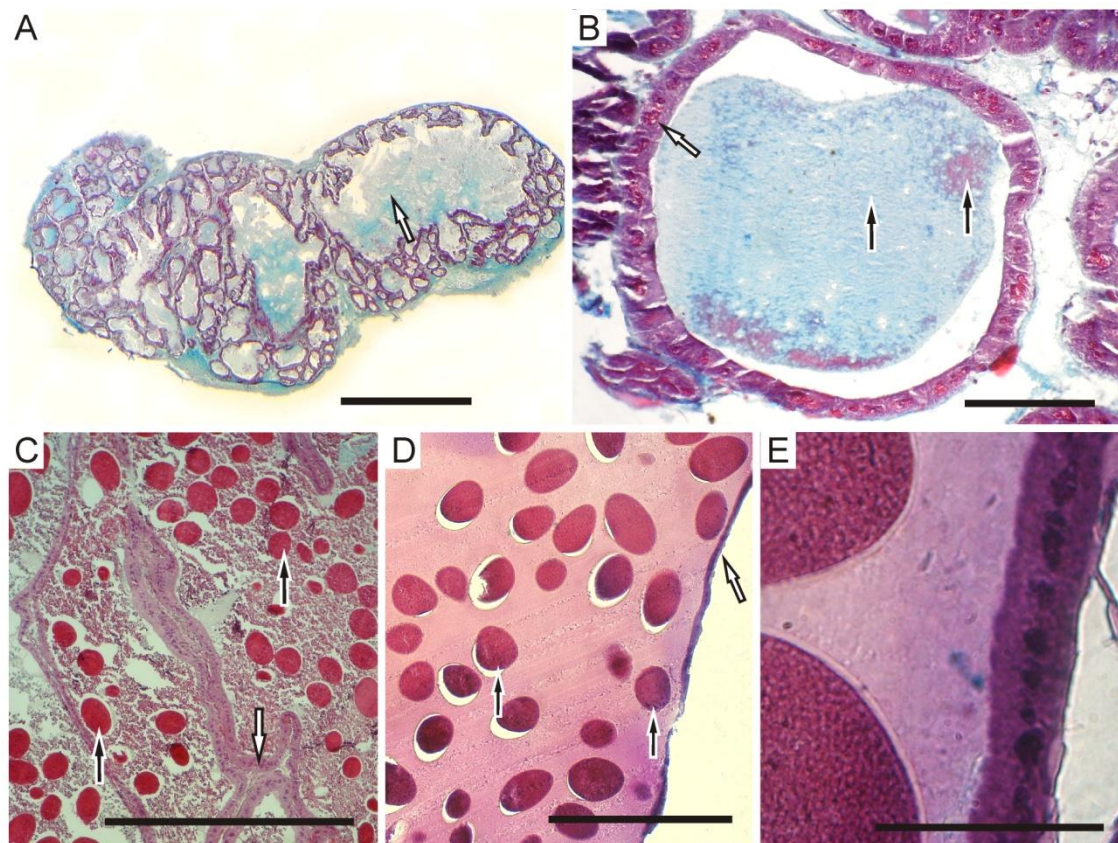


Figura 6. Fotomicrografias do vaso deferente posterior (VDP) de *Callinectes danae*. A: Indivíduo jovem, com VDP diminuto, com lúmen preenchido por matriz (seta) sem espermatóforos (SPH); B: Detalhe do epitélio cúbico (seta) e das duas matrizes (setas negras) preenchendo o lúmen do VDP; C: VDP de trato reprodutor desenvolvido, formado por epitélio cúbico simples (setas), armazenando espermatóforos (setas negras) e volumosamente preenchido pelas matrizes I e II de forma heterogênea. D: Porção distal do VDP, preenchido pelas matrizes homogeneizadas e por espermatóforos (seta negra); E: Detalhe do epitélio cúbico (seta) do VDP de indivíduos adultos. Coloração: Alcian/ PAS (C, D, E), Tricrômico de Gomori (A, B). Barra de escala: 100 µm (B, E) e 500 µm (A, C, D).

6. Ducto ejacutório (DE): Em indivíduos com o trato reprodutor não desenvolvido (Fig. 7A, B), o DE apresentou o epitélio formado por células cúbicas e material fibroso. Quando desenvolvido (Fig. 7C, D), observou-se uma espessa camada muscular cujas fibras seguem no sentido do pênis. Independente do grau de desenvolvimento, observou-se a presença das matrizes e a ausência de espermatóforos (Fig. 7A, B, C, D).
7. Pênis (P): Não apresentou variações em função do grau de desenvolvimento. Externamente é revestido por uma cutícula e abaixo desta camada, observa-se um tecido conjuntivo frouxo. Internamente, formando o lúmen, observa-se uma camada simples de células colunares (Fig. 7E, F).

Estágios microscópicos

Com base nas características microscópicas do aparelho reprodutor, foram determinados os seguintes estágios de maturação:

- Imaturo: Os indivíduos que apresentam o testículo contendo todos os estágios celulares. O VDA, VDM e VDP são preenchidos pelas matrizes I e II, em pequena quantidade, porém, não há a presença de espermatozoides (Fig. 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B). O ducto ejaculatório é delgado (Fig. 7A, B). Nesse estágio, foram incluídos todos os indivíduos macroscopicamente não desenvolvidos ($n=379$) e sete exemplares que já possuíam o abdômen sem aderência. A LC variou de 3,74 a 11,78 cm. Ao comparar o tamanho médio dos exemplares em cada estágio, os jovens e adultos imaturos apresentaram diferenças significativas ($p<0,0001$).
- Em maturação: Observa-se a presença de SPH no VDM e VDP, porém em pequenas quantidades. Foram observados apenas 11 exemplares neste estágio, com LC de 9,81 a 11,78 cm. O tamanho destes exemplares foi estatisticamente igual aos adultos imaturos.
- Maduro: Há um armazenamento em grande quantidade de espermatozoides no VDM (Fig. 5C). No VDP, nota-se um grande volume de matriz e diversos SPH dispersos (Fig. 6C, D). O ducto ejaculatório apresenta espessa camada muscular (Fig. 7C, D). Os machos que foram previamente classificados como esvaziados não apresentaram diferença dos indivíduos maduros. Por esta razão, foram todos classificados como maduros. Foram classificados neste estágio 202 exemplares com LC de 8,04 a 12,25 cm. O tamanho destes exemplares foi estatisticamente igual aos adultos imaturos e em maturação, havendo, assim, um indicativo de que a muda puberal é a muda terminal.

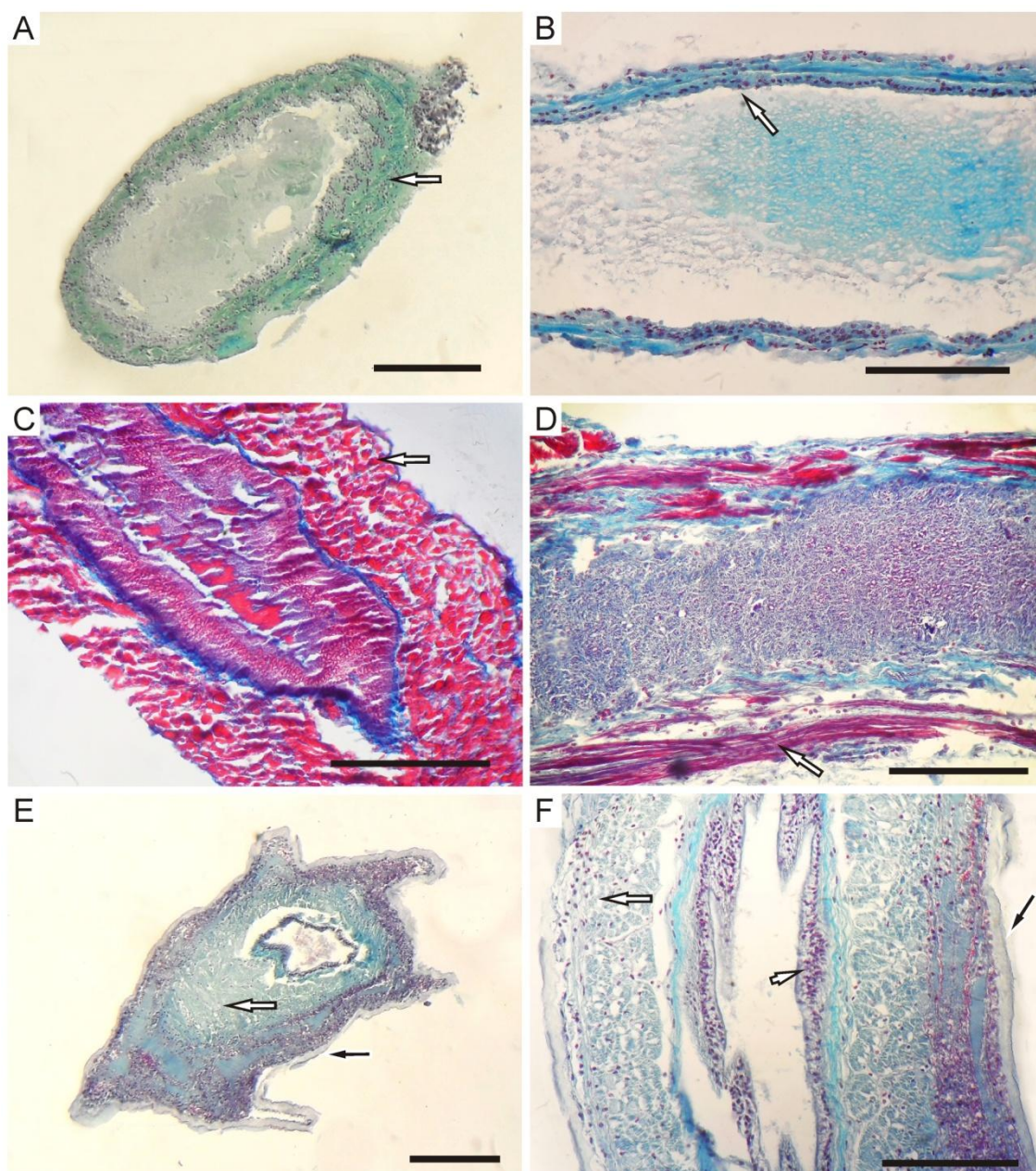


Figura 7. Fotomicrografias do ducto ejaculatório e do pênis de *Callinectes danae*. A, B: Corte transversal (A) e longitudinal (B) do ducto ejaculatório (DE) de indivíduo jovem. Revestimento delgado e lúmen contendo matriz. Epitélio formado por células cúbicas e material fibroso (setas); C, D: DE de indivíduo adulto. Observa-se uma espessa camada muscular (seta) e o lúmen, semelhante aos jovens, não apresentou espermatozóides; E, F: Pênis formado por um tecido conjuntivo frouxo (seta). Externamente apresentou uma cutícula (seta negra) e internamente apresentou o lúmen formado por epitélio colunar simples (seta curta). Coloração: Tricrômico de Gomori. Barra de escala: 50 µm (B, C, D, F) e 500 µm (A, E).

Maturidade

Observou-se que os machos de *C. danae* primeiro realizam a muda puberal e depois desenvolvem o aparelho reprodutor. Contudo, devido ao indício e que a muda puberal é a muda terminal, a maturação das gônadas ocorre ao longo do

tempo e os indivíduos mantêm o tamanho. Desta forma, o único indicativo confiável do LC₅₀ é a curva de maturação morfológica, não havendo a necessidade de análise da curva de maturação gonadal.

A partir do exposto, pode-se concluir que os machos de *Callinectes danae* começam a desenvolver o sistema reprodutor após a realização da muda puberal. O sistema é dividido em porções com diferentes funções, desde a proliferação celular, nos testículos, até a formação dos espermátóforos, no vaso deferente, como ocorre para diversos Brachyura. Mesmo após a cópula, os machos ainda apresentam um estoque de espermátóforos, possibilitando a cópula com outras fêmeas. A análise microscópica objetivando a classificação da maturidade é desnecessária, uma vez que a apresentação macroscópica é suficiente para uma correta classificação.

DISCUSSÃO

Morfologia geral

O aparelho reprodutor de *C. danae* apresentou as mesmas características já descritas para outros Brachyura: simetria bilateral, composto por um par de testículos, onde se desenvolvem as células germinativas; vasos deferentes, onde os espermátóforos são formados; ductos ejaculatórios com parede muscular e pênis (KROL et al., 1992; GARCIA e SILVA, 2006; CASTILHO et al., 2008; SANTOS et al., 2009; SHINOZAKI-MENDES et al., 2011). Essas características parecem ser um padrão da infraordem Brachyura.

A morfologia dos testículos, segundo Nagao e Munehara (2003), pode ser classificada como tubular ou lobular. De acordo com Simeó et al. (2009), a maioria dos Brachyura apresenta o testículo lobular, como também encontrado para *C. danae*, no presente estudo. Entretanto, observou-se uma grande variação de morfotipos de vaso deferente. *Armases rubripes* (SANTOS et al., 2009) apresenta o vaso deferente todo tubular; *Goniopsis cruentata* e *Cardisoma guanhumi* apresentam expansões papiliformes no vaso deferente posterior (GARCIA e SILVA, 2006; SHINOZAKI-MENDES et al., 2011); *Maja brachydactyla* apresenta divertículos desde o VDA até o VDP (SIMEÓ et al., 2009) enquanto que *Callinectes danae* apresenta o VDM em forma de um grande saco e o VDP tubular. Sugere-se que essa variação de formas está relacionada ao tamanho dos espécimens, formato do cefalotórax e ambiente em que vivem.

O ducto ejaculatório formado por uma parede muscular também é um padrão para os Brachyura, tendo sido relatado por diversos autores (SIMEÓ et al., 2009; CASTILHO et al., 2008; SHINOZAKI-MENDES et al., 2011). Esta característica está diretamente ligada à função de comprimir o DE viabilizando a expulsão dos espermatóforos para a espermateca das fêmeas. O pênis apresenta a função de conectar o final do DE aos gonopódios para a passagem dos espermatóforos. Contudo, poucos autores abordam a finalidade e descrevem a morfologia. Castilho et al. (2008), descreve o penis de *U. cordatus* cujas características são semelhantes às de *C. danae*.

Ao analisar o comprimento dos gonopódios, Pinheiro e Hattori (2006) encontraram para *Ucides cordatus* uma alometria positiva nos jovens e alometria negativa nos adultos. Em oposição, Fumis et al. (2007), encontraram para jovens de *Hexapanopeus schmitti* uma alometria negativa, e para os adultos, uma alometria positiva. Já no presente trabalho, a alometria foi negativa para ambos os grupos, sendo a curva dos adultos mais negativa. Visto a grande diversidade de proporções nesta relação, sugere-se que o crescimento dos gonopódios nos indivíduos adultos pode estar relacionado às limitações do tamanho do abdômen que varia de acordo com a espécie.

A grande dispersão dos pontos na relação CGxLC (Fig. 1), para os indivíduos adultos, também pode estar associada a esta característica: Devido à disponibilidade de espaço, o gonopódio dos machos jovens cresce uniformemente. Quando chega ao limite do espaço sob o abdômen, o crescimento se torna limitado, fazendo com que alguns adultos apresentem um maior incremento no CG, enquanto que outros apresentam um menor incremento.

O ponto de interseção da curva de jovens e adultos, de 9,54 cm, é superior ao tamanho de primeira maturação. Esse valor pode ser associado ao tamanho inicial em que os adultos apresentam maior chance de copular. Uma vez que no momento da cópula os machos “abraçam” as fêmeas, os indivíduos maiores tem uma maior probabilidade de sucesso. Em adição, Hartnoll (1974) cita que o menor crescimento do gonopódio dos machos adultos pode ser uma vantagem reprodutiva, visto que os machos podem copular com fêmeas de uma grande amplitude de tamanhos.

A coloração das gônadas masculinas geralmente apresenta tons de branco (BENHALIMA e MOTIYASU, 2000; CASTILHO et al., 2008; SIMEÓ et al., 2009). Contudo, o VDP de *C. danae* apresenta a coloração amarelada, semelhante a

Portunus pelagicus (STEWART et al., 2010). Esta característica mais próxima pode estar relacionada à proximidade taxonômica entre estas espécies.

Testículo e células germinativas

Outra característica comum aos Brachyura é a conformação interna dos testículos. A presença de uma zona germinativa, de zona de maturação e ductos coletores ocorre em *Telmessus cheiragonus*, em *A. rubripes*, em *Maja brachydactyla* e em *C. guanhumi* (NAGAO e MUNEHARA, 2003; SANTOS et al., 2009; SIMEÓ et al., 2009; SHINOZAKI-MENDES et al., 2011, respectivamente).

Houve uma diminuição no diâmetro médio dos espermatozóides no vaso deferente posterior em comparação aos espermatozóides encontrados nos testículos. Segundo Hinsh e Walker (1974), a maturação final dos espermatozoides ocorre no vaso deferente, bem como a formação dos espermatóforos e a produção do fluido seminal. Contudo, essa diminuição pode estar associada ao fato de que nos espermatóforos, os SPZ estão mais compactados.

Os testículos recobertos por um epitélio pavimentoso simples e o ducto coletor formado por um epitélio colunar encontrado para *C. danae* são semelhantes aos de *G. cruentata* (GARCIA e SILVA, 2006). Simeó et al. (2009) também relatam um ducto coletor composto por células colunares com núcleo basal. Contudo, uma variação notória ocorre no preenchimento do ducto coletor dos testículos. *G. cruentata*, *C. guanhumi* e *M. brachydactyla* apresentam o ducto preenchido por polissacarídeos (GARCIA e SILVA, 2006; SHINOZAKI-MENDES et al., 2011 e SIMEÓ et al., 2009), enquanto que em *Callinectes danae*, observam-se apenas espermatozoides, sendo a matriz formada apenas no VDA.

Matriz e espermatóforos

A maioria das espécies de Brachyura estudadas apresenta duas matrizes preenchendo o vaso deferente (BENINGER et al., 1988; SAINTE-MARIE e SAINTE-MARIE, 1999; SIMEÓ et al., 2009, STEWART et al., 2010; Presente estudo). Entretanto, foi relatado para *A. rubripes* e para *Eriphia verrucosa* a presença de apenas uma matriz (SANTOS et al., 2009; ERKEN et al., 2009).

Para *C. danae*, a formação das matrizes se inicia no VDA (proximal e distal) e se intensifica no VDM. Já no VDP, as matrizes são armazenadas, inicialmente apresentam a textura granular e depois ocorre a homogeneização. Corroborando

esse fato, Stewart et al. (2010) citam que a matriz I é produzida na porção proximal do VDA, atuando na divisão dos SPZ em grupos. Simeó et al. (2009) citam que as matrizes são secretadas no VDA e VDM e Benhalima e Motiyasu (2000) reportaram que as matrizes são produzidas na região do VDM e mudam a estrutura química ao passar para o VDP.

Quanto à finalidade da matriz homogênea no VDPp, sugere-se que esta tem a função de facilitar a transferência dos SPH para a espermateca das fêmeas, bem como de protegê-los de choques mecânicos, que poderia causar danos à qualidade dos SPZ.

Nos Brachyura, o formato dos espermatóforos varia entre esférico e oval (CASTILHO et al., 2008), podendo ficar triangulares (STEWART et al., 2010) devido ao achatamento no VDM. O diâmetro médio dos SPH de *C. danae* (aprox. 105 μm) é semelhante ao de *Portunus pelagicus* (100 μm) (STEWART et al., 2010), inferior ao de *Maja brachydactyla* (134 μm) (SIMEÓ et al., 2009) e superior ao de *U. cordatus* (54 μm) (CASTILHO et al., 2008). Observa-se que a maior semelhança ocorreu entre as espécies da família Portunidae.

Erkan et al. (2009), relatam que para os Decapoda existem três tipos de espermatóforos: os do tipo I, são elipsoides ou ovais, frágeis, encontrados em Brachyura com fertilização interna, armazenados no ducto genital da fêmea; O tipo II, encontrado em alguns Brachyura e Anomura com fertilização externa, apresenta o formato tubular, formando colunas, com revestimento com várias camadas; e o tipo III, encontrado apenas nos Anomura, que se apresentam pedunculados.

Vaso deferente

O epitélio que recobre o vaso deferente de *C. danae* variou entre colunar, cúbico e pavimentoso, sempre monoestratificado. *A. rubripes* apresentou células cúbicas, cilíndricas e achatadas (SANTOS et al. 2009). *Eriphia verrucosa* variou entre cúbico colunar (Erken et al., 2009). Já *Libinia emarginata* apresentou uma variação entre células pouco e muito colunar (HINSCH e WALKER, 1974). O tipo de epitélio que recobre o vaso está associado à divisão funcional do mesmo. Percebe-se que há uma grande variação desta característica entre os Brachyura. Uma tendência relatada por Simeó et al. (2009), que também pode ser observada no presente trabalho, é a diminuição do diâmetro das células epiteliais, sendo mais

espessas no VDA e mais delgada no VDP. Este autor sugere que a diminuição do diâmetro pode estar associada à diminuição da atividade secretora.

Hisch e Walker (1974) citaram que, para *Libinia emarginata*, os espermatozoides entram individuais no VDA, e são circundados pela secreção produzida no vaso deferente, sendo então formados os SPH. Simeó et al. (2009) citaram que o VDA de *Maja brachydactyla* apresenta duas porções distintas, em que a porção proximal apresenta um menor diâmetro. Ambas as descrições se assemelham aos achados para *C. danae*. Sal Moyano et al. (2010) ao estudarem *Libinia spinosa*, relataram que a formação dos grupos de SPZ, para esta espécie, ocorre já no ducto coletor dos testículos, diferenciando-se das espécies citadas anteriormente.

As expansões papiliformes encontradas em *G. cruentata* e em *C. guanhumi* apresentam a função secretora e de armazenamento (GARCIA e SILVA, 2006 e SHINOZAKI-MENDES et al., 2011). Em *C. danae*, não foram observadas expansões papiliformes. Entretanto, a função de secretar foi atribuída ao VDA e VDM; a função de armazenar os espermatóforos, ao VDM e VDP; e a função de acumular as matrizes ao VDP. Em adição, Hisch e Walker (1974) citam que o VDP é um centro de estocagem de SPH até o momento da cópula.

Maturidade

Santos et al. (2009) citam que não é possível a classificação dos estágios maturacionais dos machos, uma vez que há uma produção constante de gametas. Por outro lado, Araújo et al. (2011), ao analisar macroscopicamente as gônadas masculinas de *C. danae*, dividiram em quatro estágios. No presente trabalho, a escolha de três estágios maturacionais microscópicos pareceu a mais prudente, visto que, caso houvesse uma maior subdivisão, as características de alguns estágios seriam muito semelhantes.

A relação entre a muda puberal e o desenvolvimento das gônadas foi amplamente abordado por Hartnoll (1982). Este autor comenta que embora a muda puberal possa não coincidir com a maturação das gônadas, esse evento invariavelmente indica o início da atividade reprodutiva. Entretanto, os indivíduos só ficam aptos à reproduzir após completarem todas as mudanças necessárias. Assim, para *C. danae*, a muda puberal é o gatilho que inicia a produção hormonal para o desenvolvimento das gônadas.

Shinozaki-Mendes et al. (2011) citam que não foram observados indivíduos de *Cardisoma guanhumi* com o trato reprodutor desenvolvido com o VDP vazio. Estes autores sugerem que apenas uma pequena quantidade de SPH é passada para as fêmeas no momento da cópula, cuja subtração deste volume no VDP é imperceptível. Para *C. danae*, essa mesma afirmação se enquadra, somando-se ao fato de terem sido capturados e analisados diversos indivíduos no momento da cópula.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. L.; NEGROMONTE, A.O.; BARRETO, A. V.; CASTIGLIONI, D. S. 2011. Sexual maturity of the swimming crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) at the Santa Cruz Channel, a tropical coastal environment. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Online first.
- BAPTISTA-METRI, C; PINHEIRO, M. A. A.; BLANKENSTEYN, A.; BORZONE, C. A. 2005. Biologia populacional e reprodutiva de *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae), no Balneário Shangri-lá, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 22(2): 446-453.
- BARRETO, A. V.; BATISTA-LEITE, L. M. A.; AGUIAR, M. C. A. 2006. Maturidade sexual das fêmeas de *Callinectes danae* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, Itamaracá, PE, Brasil. Iheringia 96(2): 141-146.
- BENHALIMA, K. ; MOTIYASU, M. 2000. Structure and function of the posterior vas deferens of the snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae). Invertebrate Reproduction and Development 37: (1), 11-23.
- BENINGER, P. G.; ELNER, R. W.; FOYLE, T. P.; ODENSE, P. H. 1988. Functional anatomy of the male reproductive system and the female spermatheca in the snow crab *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) (Decapoda: Majidae) and the hypothesis for fertilization. Journal of Crustacean Biology 8(3): 322-332.
- BRANCO, J. O.; THIVES, A. 1991. Relação peso/largura, fator de condição e tamanho de primeira maturação de *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea,

Portunidae) no manguezal do Itacorubi, SC, Brazilian Archives of Biology and Technology 34 (3/4): 415-424.

CASTILHO, G. G., OSTRENSKY, A., PIE, M. R. AND BOEGER, W. A. 2008. Morphology and histology of the male reproductive system of the mangrove land crab *Ucides cordatus* (L.) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae). – Acta Zoologica (Stockholm) 89: 157–161.

COSTA, T. M.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 1998. The reproductive cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, Brazil. Crustaceana 71, 615–627.

ERKAN, M.; TUNALI, Y.; BALKIS, H.; OLIVERIA, E. 2009. Morphology of Testis and vas Deferens in the Xanthoid Crab, *Eriphia verrucosa* (Forskål, 1775) (Decapoda: Brachyura). Journal of Crustacean Biology 29(4): 458-465.

FUMIS, P.B.; FRANSOZO, A.; BERTINI, G.; BRAGA, A. A. 2007. Morphometry of the crab *Hexapanopeus schmitti* (Decapoda: Xanthoidea) on the northern coast of the state of São Paulo, Brazil. International Journal of Tropical Biology 55(1): 163-170.

GARCIA, T. M.; SILVA, J. R. F. 2006. Testis and vas deferens morphology of the red-clawed mangrove tree crab (*Goniopsis cruentata*) (Latreille, 1803). – Brazilian Archives of Biology and Technology 49: 339–345.

HARTNOLL, R. G. 1974. Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda, Brachyura). Crustaceana, 27(2): 131- 136.

HARTNOLL, R. G. 1982. Growth. In Bliss D. E. (Ed.), The biology of Crustacea. In Abele L. G. (Ed.), Embryology, morphology and genetics. Academic Press, New-York. 2 (3): 111-196.

HINSCH, G. W.; WALKER, M. H. 1974. The vas deferens of the spider crab, *Libinia emarginata*. Journal of Morphology 143: 1-19.

JUNQUEIRA, L. C.; JUNQUEIRA, L. M. M. S. 1983. Técnicas básicas de citologia e histologia, pp. 1–123. Livraria e Editora Santos, São Paulo.

KEUNECKE, K. A; SILVA JR, D. R.; VIANNA, M.; VERANI, J. R.; D'INCAO, F. 2008. Ovarian development stages of *Callinectes danae* and *Callinectes ornatus* (Brachyura, Portunidae). Crustaceana 82 (6): 753-761.

- KROL, R. M.; HAWKINS, W. E.; OVERSTREET, R. M. 1992. Reproductive components. In: Harrison, F. W. and Humes, A. G. (Eds): Microscopic Anatomy of Invertebrates, Decapod Crustacea, Vol. 10, pp. 295–343. Wiley-Liss, New York.
- MENDES, P. P. 1999. Estatística aplicada à aquicultura. Bargaço: Recife-PE. 265p.
- NAGAO, J.; MUNEHARA, H., 2003. Annual cycle of testicular maturation in the helmet crab *Telmessus cheiragonus*. Fisheries Science 69(6): 1200-1208.
- PINHEIRO, M. A. A.; HATTORI, G. Y. 2006. Relative Growth of the Mangrove Crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) at Iguape, São Paulo, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology 49(5): 813-823.
- ROBINSON, A.; MORRISON, J.; MUEHRCKE, P. 1995. Elements of cartography. 6. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons. 674 p.
- SAINTE-MARIE, G.; SAINTE-MARIE, B., 1999. Reproductive products in the adult snow crab (*Chionoecetes opilio*). I. Observations on spermatogenesis and spermatophore formation in the vas deferens. Canadian Journal Zoology 77 (3): 440-450.
- SAL MOYANO, M. P.; GAVIO, M. A.; CUARTAS, E. I. 2010. Morphology and function of the reproductive tract of the spider crab *Libinia spinosa* (Crustacea, Brachyura, Majoidea): pattern of sperm storage. Helgoland Marine Research 64: 213–221.
- SANTOS, C. M.; LIMA, G. V.; NASCIMENTO, A. A.; SALES, A; OSHIRO, L. M.Y. 2009. Histological and histochemical analysis of the gonadal development of males and females of *Armases rubripes* (Rathbun 1897) (Crustacea, Brachyura, Sesamidae). Brazilian Journal of Biology 69(1): 161-169.
- SHINOZAKI-MENDES, R. A.; SILVA, J. R. F. & HAZIN, F. H. V. 2011. Development of male reproductive system of the blue land crab *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Decapoda: Gecarcinidae). Acta Zoologica (Stockholm) online first.
- SIMEÓ, C. G.; RIBES, E.; ROTLLANT, G. 2009. Internal anatomy and ultrastructure of the male reproductive system of the spider crab *Maja brachydactyla* (Decapoda: Brachyura). – Tissue and Cell 41:345–361.
- STEWART, M. J., STEWART, P., SOONKLANG, N., LINTHONG, V., HANNA, P. J., DUAN, W. and Sobhon, P. 2010. Spermatogenesis in the blue swimming crab,

Portunus pelagicus, and evidence for histones in mature sperm nuclei. – Tissue and Cell 42: 137–150.

TOLOSA, E. M. C.; RODRIGUES, C. J.; BEHEMER, O. A.; FREITAS-NETO, A. G. 2003. Manual de técnicas histológica normal e patológica. Manole: São Paulo. 241p.

VAN ENGEL, W. A. 1990. Development of the reproductively functional form in the male blue crab *Callinectes sapidus*. Bulletin of Marine Science 46: 13-22.

ZAR, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. (Ed): Prentice Hall. Englewood Cliffs. pp.1-718.

2.8. Dinâmica populacional de *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) em estuário tropical.

RESUMO

Os indivíduos jovens de *Callinectes danae*, no Canal de Santa Cruz/PE, foram recrutados principalmente em setembro, na margem do canal, na região mais estuarina, onde predominaram os jovens ao longo de todo o ano. Machos e fêmeas ao crescerem, ocuparam a área mais central do Canal, ainda na região estuarina. Observou-se a formação de casais de machos adultos com fêmeas jovens, nesta região. Ocorreu a migração para a região mais próxima ao mar (abertura do Canal), em que os casais foram compostos por machos e fêmeas adultas. As fêmeas ficaram reprodutivamente inativas em março e abril. Entre junho e julho ocorreu a primeira desova da estação, entre novembro e dezembro observou-se o pico de maior atividade reprodutiva e em janeiro e fevereiro ocorreu a última desova. As fêmeas desovaram até três vezes por estação. A fecundidade variou de 117.727 a 977.363 ovos por fêmea, havendo relação com o tamanho da fêmea. Após a desova, as fêmeas não retornaram ao estuário. Os machos apresentaram a mortalidade total e a mortalidade por pesca superior às fêmeas. A sobrevivência total foi estimada em 16,86% para as fêmeas e 8,54% para os machos e a taxa de exploração situou-se entre 0,17 e 0,28 para as fêmeas e entre 0,21 e 0,27 para os machos.

Palavras chave: Reprodução. Mortalidade. Recrutamento. Migração.

→ Artigo a ser submetido para publicação na revista "Brazilian Journal of Biology".

INTRODUÇÃO

Diferentes padrões de migração entre os sexos de espécies da família Portunidae são relatados. A migração está relacionada aos processos reprodutivos de cópula, desenvolvimento gonadal, sobrevivência das larvas e recrutamento dos juvenis (VAN ENGEL, 1990; NEGREIROS-FRANSOZO e FRANSOZO, 1995; NEGREIROS-FRANSOZO et al. 1999; LEE e HSU, 2003). A salinidade parece ser um dos fatores que mais influencia nesse processo (CHACUR et al., 2000).

A espécie *Callinectes danae* Smith, 1869, que se distribui desde a Flórida, nos Estados Unidos até Santa Catarina, no Brasil (MELO, 1996), é o Portunídeo mais abundante em diversas regiões costeiras (SHINOZAKI-MENDES et al., 2012), apresentando importante valor econômico no Canal de Santa Cruz/PE/Brasil.

As diferentes formas de utilização do habitat por *C. danae* estão diretamente associado ao estuário, baía ou complexo em que vive. Na Baía de Ubatuba/SP, há uma migração de jovens do estuário para a Baía, quando se tornam adultos (CHACUR et al., 2000); na Lagoa da Conceição/SC, existe um subsistema ao norte e outro, ao sul, havendo na região central um canal de acesso que é utilizado pelas fêmeas para desovarem no mar e voltarem à lagoa (BRANCO e MASUNARI, 2000). Já na Baía de Vitória/ES, o acesso ao mar ocorre na porção sul da baía, formando três diferentes regiões de acordo com a distância do mar (SFORZA et al., 2010). O Canal de Santa Cruz é um braço de mar em forma de “U” que contorna a Ilha de Itamaracá do lado continental, e apresenta características de estuário, sendo abastecido por seis pequenos rios (MEDEIROS e KJERFVE, 1993).

Segundo Kahn e Helser (2005), para gerenciar um estoque e desenvolver uma pesca sustentável, é preciso conhecer o “status” deste estoque. Assim, os valores de abundância, recrutamento e exploração são importantes para o desenvolvimento e avaliação de estratégias de gestão. Entretanto, informações acerca do uso do habitat associado à reprodução e fator de condição, bem como os aspectos de recrutamento e mortalidade, são desconhecidos para *C. danae*.

Nesse contexto, objetivou-se com o presente trabalho, inferir sobre o potencial reprodutivo em função da área e da sazonalidade; observar um possível padrão migratório, associado fator de condição; analisar a ocorrência de fêmeas ovígeras; Quantificar os valores de fecundidade; caracterizar a população com base no

recrutamento e mortalidade e inferir sobre a condição do estoque em função das taxas de exploração.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram capturados espécimens de *C. danae* no Canal de Santa Cruz, município de Itapissuma, litoral Norte do Estado de Pernambuco, Brasil. As coletas foram realizadas mensalmente, no período de um ano, nos seguintes pontos:

- Margem (Fig. 1A): Localizado à margem do Canal de Santa Cruz (08°47'00"S e 034°53'12"W). Caracteriza-se por apresentar profundidade máxima de 1,5 m. Para a captura da população desta localidade, foi utilizada uma rede de arrasto com malha de 12 mm entre nós opostos, no período entre março de 2009 e fevereiro de 2010.

- Centro (Fig. 1B): Meio do canal, nas proximidades de 08°47'24"S e 034°53'12"W. Esta área apresenta profundidade entre 2 e 4 metros. Para a captura da população desta localidade, utilizou-se linha com isca e puçá, no período entre abril de 2009 e março de 2010.

- Abertura (Fig. 1C): Região do canal mais próxima ao mar (08°49'S e 034°51'W). Esta área apresenta profundidade entre 2 e 4 metros. Para a captura da população desta localidade, utilizou-se linha com isca e puçá, no período entre janeiro e dezembro de 2011.

A temperatura e a salinidade da água foram medidos *in situ* e os dados de pluviometria foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A temperatura e salinidade ao longo do ano e entre as três localidades foram inicialmente testadas quanto à normalidade da distribuição dos erros (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade das variâncias (teste de Cochran). Por se apresentarem homocedásticas e normais ($p > 0,05$), foram comparadas utilizando-se ANOVA fatorial com dois efeitos, seguido do teste paramétrico de Tukey ($p < 0,05$) (MENDES, 1999).

Cada exemplar foi mensurado quanto à largura do cefalotórax, medida entre a extremidade dos espinhos laterais (LC) e pesado quanto ao peso total (PT). Os exemplares foram classificados como jovens, quando apresentavam o abdômen aderido aos esternitos, ou adultos, quando o abdômen se encontrava unido apenas pela base (VAN ENGEL, 1990). O sexo foi identificado com base no formato do

abdômen, sendo os machos com formato de “T” invertido e as fêmeas com abdômen triangular ou semicircular. Quando muito jovens, as fêmeas e os machos apresentam o formato do abdômen semelhante, sendo classificados como não identificados (NI).

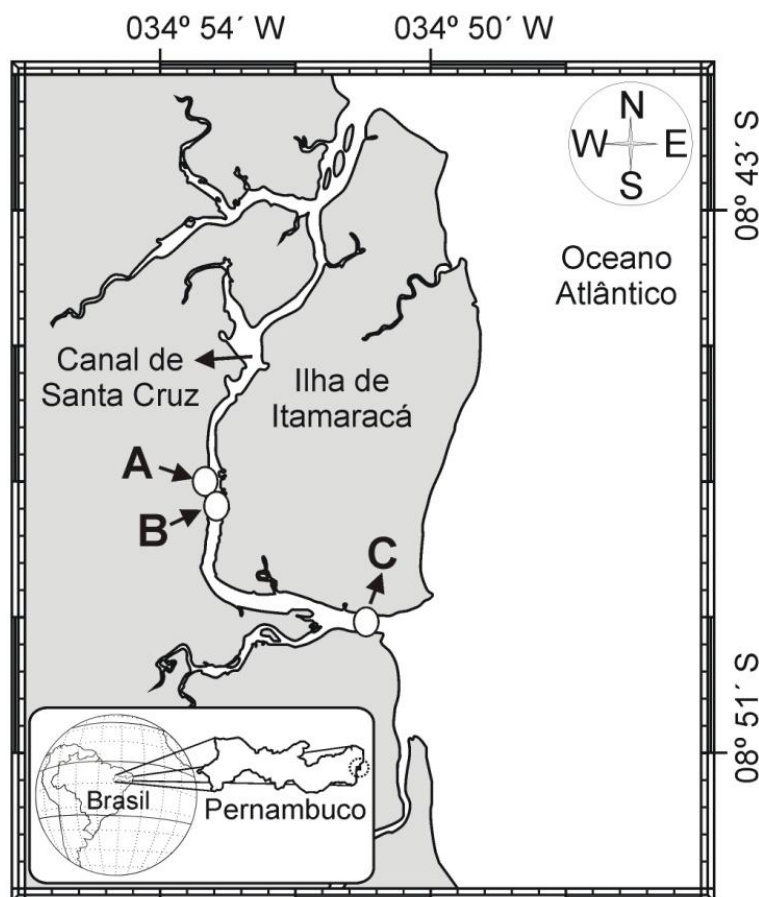


Figura 1. Área de coleta dos exemplares de *Callinectes danae*. Foram estabelecidos três pontos ao longo do Canal de Santa Cruz/PE/Brasil: A, na margem; B, no centro e C, na abertura para o mar.

Para estimativa do fator de condição (FC), foi inicialmente realizada a regressão entre PT e LC, obtendo-se a expressão: $PT = 0,0871LC^{2,8318}$ ($R^2 = 0,981$). O coeficiente de alometria (expoente) foi utilizado na fórmula: $FC = PT \cdot 100 / LC^{2,8318}$ (FROESE, 2006), aplicado a cada indivíduo e analisado mensalmente. Para avaliar se o FC apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$), foi testada a normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Cochran). Como as variâncias se apresentaram de forma não homogênea, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

A frequência de indivíduos ao longo dos meses para cada localidade foi comparada utilizando-se o teste de qui-quadrado, exceto para frequências

esperadas inferiores a 5% (ZAR, 1984). Assim, foram comparados machos jovens e fêmeas jovens, na margem (Frequência esperada de 50%); machos jovens, machos adultos e fêmeas jovens no centro (FE=33,3%); machos e fêmeas, jovens e adultos na abertura do Canal (FE=25%).

Um fragmento da gônada de cada fêmea morfológicamente adulta foi submetido à rotina histológica padrão (para detalhes, ver SHINOZAKI-MENDES, 2012) e corados pelo método de Hematoxilina-Eosina, Azul de Alcian/ PAS e Tricrômico de Gomori (adaptado de JUNQUEIRA e JUNQUEIRA, 1983 e de TOLOSA et al. 2003). Para classificação dos estágios, foi utilizada a escala proposta Shinozaki-Mendes (2012), resumindo-se como:

- **Início de maturação:** Apenas indivíduos em ecdise. Apresentam Oogônias (OO), oócitos pré-vitelogênicos (OPV) e raros oócitos vitelogênicos (OV).
- **Em maturação:** Observam-se diversos OV na zona de maturação.
- **Maduro:** Os oócitos maduros (OM) ocupam grande espaço no ovário.
- **Desovado parcialmente:** Predominam os OV e há a presença de líquido de células rompidas, oócitos atrésicos (OA) e folículos pós ovulatórios (FPO).
- **Desovado totalmente (última desova)/ repouso:** Difere do desovado parcial por não apresentar OV, apresentando apenas OO e OPV. Observam-se OA e FPO.

Os indivíduos com a gônada imatura restringem-se àqueles imaturos morfometricamente (abdômen triangular). Por não participarem do ciclo reprodutivo, foram excluídos da análise no presente trabalho. Os estágios desovados se referem ao estado gonadal, e não à liberação dos ovos aderidos aos pleópodos.

A fecundidade foi determinada pelo método gravimétrico, segundo o qual são contados e medidos os ovos em uma alíquota de peso conhecido, para estimação subsequente do número total de ovos total na massa ovígera. Os ovos foram classificados em: sem pigmentação; pigmentação inicial (um a dois pontos visíveis) ou pigmentação final (diversos pontos visíveis). A cor dos ovos foi mensurada utilizando a escala RGB (ROBINSON et al., 1995). De cada grupo foram mensurados 30 ovos (adaptado de DOI et al., 2008) e analisados quanto à média e desvio padrão. Para comparação dos tamanhos médios, utilizou-se ANOVA não paramétrica seguida do teste de Kruskal-Wallis, uma vez que os dados são heterogêneos (teste de Cochran).

Para análise de recrutamento, foi observada a ocorrência de indivíduos recém-assentados, considerando-se os indivíduos não sexados, machos e fêmeas

no estágio de primeiro caranguejo, que segundo Hines (1986), é de 2,89 cm. Assim, foram contabilizados os indivíduos nas classes de tamanho até 3,00 cm de LC. Para padronização dos dados, os valores foram tomados como uma porcentagem do total capturado em cada mês.

Para análise da mortalidade, foi estimada a mortalidade total (Z), a mortalidade natural (M), a mortalidade por pesca (F), a taxa de exploração (E) e de sobrevivência (S). Foi ainda calculada M e S para cada idade (M_t), para machos e fêmeas separadamente. Para estes cálculos, foram utilizadas as fórmulas dispostas na tabela 1, em que: t_{mat} é a idade de primeira maturação; L_{∞} é o comprimento médio assintótico teórico; k é a constante de crescimento (anual); t_{max} é a idade máxima observada; t_{95} é a longevidade, considerando-se 95% do L_{∞} ; T é a temperatura média do ambiente ($^{\circ}\text{C}$); b é o coeficiente angular da regressão linear entre o logaritmo neperiano (ln) do número de indivíduos versus a idade; L_m é o tamanho médio dos indivíduos capturados e L' é o limite inferior da menor classe de tamanho.

Tabela 1. Fórmulas utilizadas nas estimativas de mortalidade total (Z), a mortalidade natural (M), a mortalidade por pesca (F), a taxa de exploração (E) e de sobrevivência (S), e as respectivas referências.

	Fórmula	Referência
1	$Z=M+F$	Gulland (1983)
2	$E=F/Z$	Gulland (1983)
3	$M=1,521/(t_{mat}^{0,720})-0,155$	Rikhter e Efanov's (1976)**
4	$\log M=-0,0066-0,279 \log(L_{\infty})+0,6543 \log k+ 0,4634 \log T$	Pauly (1980)*
5	$M = 4,22/t_{max}$	Hewitt e Hoenig (2005)
6	$M=-\ln(0,05/t_{95})$	Taylor (1960)**
7	$M=1,65/ t_{mat}$	Jensen (1996)
8	$M = 1,6 k$	Jensen (1996)
9	$Z= -b$	Ricker (1975)
10	$Z=k(L_{\infty}-L_m)/(L_m-L')$	Beverton e Holt (1959)**
11	$S=\exp(-Z)$	Ricker (1975)

*apud Simpfendorfer et al. (2004); ** apud Gayanilo et al. (2005).

RESULTADOS

Foram analisados 5215 espécimens de *C. danae*, sendo 43 indivíduos jovens não identificados (NI), 2402 fêmeas e 2770 machos. Os jovens NI apresentaram tamanhos de 0,91 a 2,22 cm, os machos variaram de 1,44 a 12,45 cm e as fêmeas, de 1,11 a 10,54 cm. Na localidade “margem”, foi capturada a maior parte dos exemplares, totalizando 3654 espécimens. No “centro” foram capturados 598 e na “abertura”, 963 indivíduos.

Fatores ambientais

A pluviometria apresentou valores médios de janeiro a março, aumentando no período entre abril e junho. De julho a setembro os valores apresentam uma diminuição progressiva, até que entre outubro e dezembro o volume de chuvas é mínimo. A maior intensidade de chuvas acarreta menores valores de temperatura e salinidade (Fig. 2).

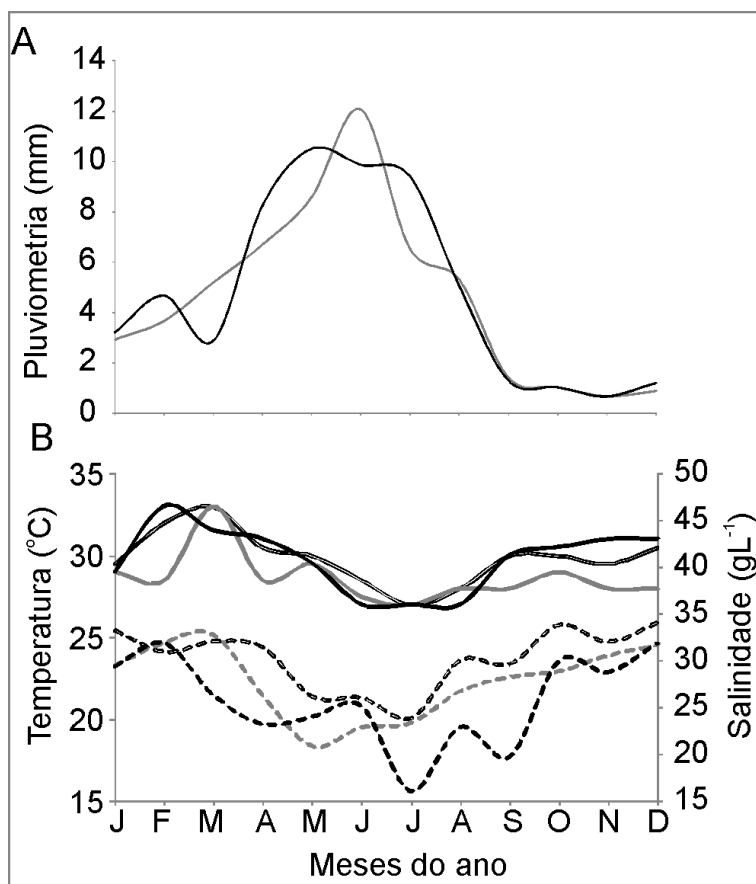


Figura 2. Variação média mensal da pluviosidade na região nos anos de 2009, 2010 e 2011 (linha negra) e a média dos últimos 10 anos (linha cinza) (A); e variação sazonal da temperatura (linha contínua) e salinidade (linha tracejada) nos três pontos de coleta de *Callinectes danae* no Canal de Santa Cruz: à margem (preto), ao meio (cinza) e na abertura para o mar (branco) (B), no período entre março de 2009 e dezembro de 2011.

A temperatura apresentou variação sazonal, sendo diferente estatisticamente ($p=0,0027$) entre o primeiro e o terceiro trimestre do ano. Entre as localidades, a temperatura não apresentou diferença ($p=0,1006$). No primeiro trimestre a temperatura foi mais elevada, com média de $30,9 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$ e no terceiro trimestre foi mínima, com média de $28,0 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$.

A salinidade na abertura do Canal foi superior e as demais localidades não apresentaram diferenças ($p=0,0004$). Ao longo do ano, o primeiro e quarto trimestres (verão) foram igualmente superiores ao segundo e terceiro (inverno) ($p<0,0001$). Na abertura do Canal a salinidade média foi de $32,7 \pm 0,6 \text{ g.L}^{-1}$ no verão e $30,3 \pm 0,9 \text{ g.L}^{-1}$ no inverno. Na margem e no centro do Canal, a salinidade média foi de $27,8 \pm 1,5 \text{ g.L}^{-1}$ no verão e $23,3 \pm 1,7 \text{ g.L}^{-1}$ no inverno.

Uso do habitat

Observa-se que na margem há um grande predomínio de jovens ao longo de todo o ano (Fig. 3A), incluindo todos os indivíduos não sexados. As fêmeas jovens foram mais abundantes que os machos jovens nos meses de abril, maio e novembro ($p<0,05$), numa proporção anual de 1:1,1. Os machos adultos estiveram presentes ao longo de todo o ano, representando apenas 1,6% das capturas. As fêmeas adultas foram observadas principalmente no inverno, totalizando apenas 13 exemplares. Nos meses de dezembro e março foram capturadas duas fêmeas ovígeras. O fator de condição de machos se manteve constante ao longo de todo o ano, enquanto que as fêmeas apresentaram maiores valores em março e menores valores em julho e novembro (Fig. 3A).

No centro do Canal, observou-se a presença machos adultos em maior quantidade e jovens em menor proporção, se comparado à margem. As fêmeas adultas permaneceram pouco abundantes (2,3%), porém presentes em quase todos os meses. Os machos jovens apresentam uma maior abundância em fevereiro, março e abril (Fig. 3B). Em junho e julho, os machos jovens foram pouco presentes e houve um aumento significativo de machos adultos ($p<0,05$). As fêmeas jovens apresentaram alta abundância em abril e queda em maio, mantendo-se constantes ao longo dos demais meses. Nesta localidade, foram capturados 36 casais (o macho carregando a fêmea) ao longo de todos os meses. As fêmeas apresentaram o maior valor de fator de condição em maio e o menor em outubro, contudo, não houve

diferença estatística. Já os machos, apresentaram menores valores em março, mantendo-se constante ao longo dos demais meses (Fig. 3B).

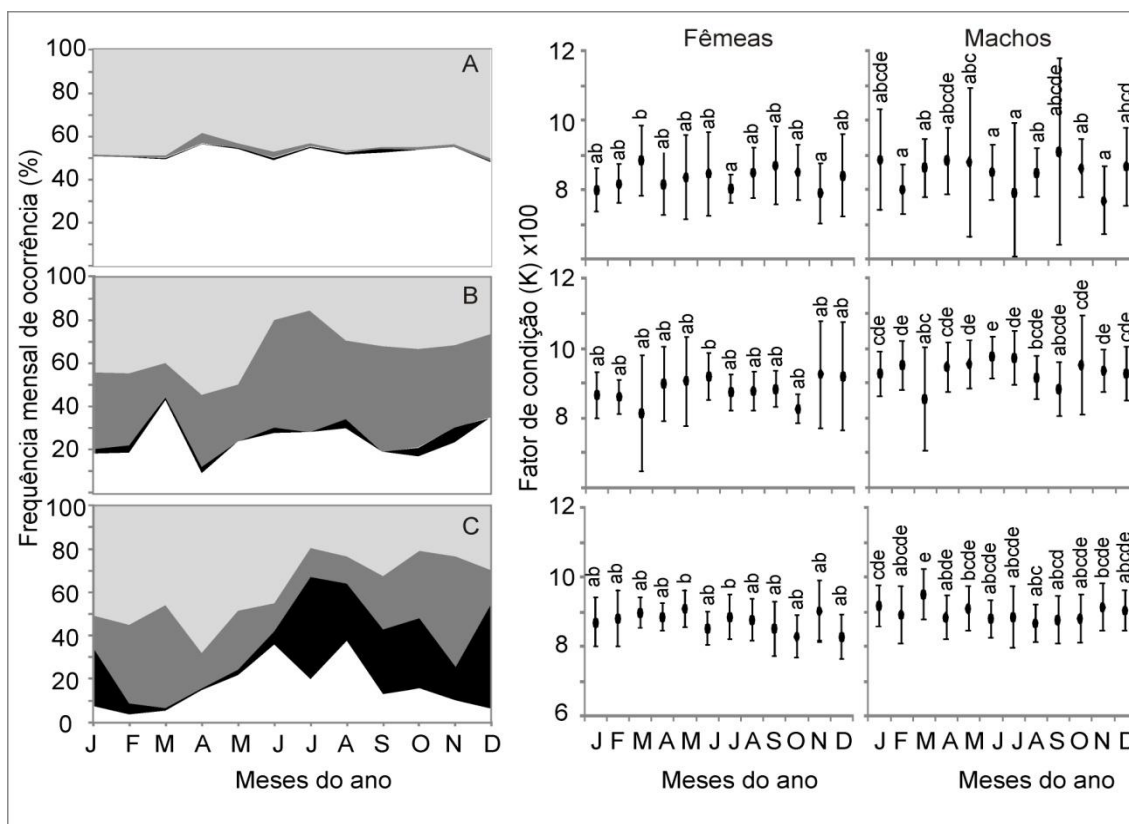


Figura 3. Frequência mensal de ocorrência de fêmeas jovens (branco), fêmeas adultas (preto), machos jovens (cinza claro) e machos adultos (cinza escuro) de *Callinectes danae* nas três localidades de coleta: A, à margem; B: no centro e C, na abertura para o mar. À direita, encontram-se os valores de fator de condição, para fêmeas e machos nas respectivas localidades. Letras iguais sobre as barras indicam igualdade estatística entre as medianas mensais, utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), machos e fêmeas foram analisados separadamente.

Na abertura do canal, machos e fêmeas, jovens e adultos foram abundantes. Os machos jovens foram predominantes de janeiro a junho, enquanto que os adultos apresentaram uma menor variação, sendo mais abundante em fevereiro e março e em outubro e novembro ($p < 0,05$). As fêmeas jovens foram menos abundantes, apresentando picos apenas em junho e agosto ($p < 0,05$). As fêmeas adultas foram mais abundantes de julho a janeiro, exceto novembro ($p < 0,05$) (Fig. 3C). A proporção anual foi de 1♀:1,6♂. Foram capturados 30 casais, ao longo dos meses e 53 fêmeas ovígeras, principalmente nos meses de novembro, dezembro e janeiro. O fator de condição das fêmeas apresentou a mesma tendência do meio do Canal somado a baixos valores em dezembro, enquanto que os machos apresentaram maior valor em março e menores em agosto e setembro (Fig. 3C).

Ao analisar a distribuição de tamanhos dos grupos, em cada localidade (Fig. 4), observou-se que os jovens capturados na margem, pertencem às menores classes de tamanhos, enquanto que no centro e na abertura, as classes de tamanho se aproximam dos adultos. A moda de fêmeas jovens na margem foi de 3,0 a 4,5 cm, e no centro e na abertura, entre 6,0 e 7,5 cm. Os machos jovens na margem apresentaram moda entre 2,5 e 5,0 cm, no centro, entre 7,0 e 8,0 e na abertura, entre 8,0 e 9,0 cm. Ao observar os adultos, nas três localidades, as fêmeas apresentaram a classe modal ente 8,0 e 10,0 cm, e os machos, entre 9,5 e 11,5 cm. Na margem, foram capturados os menores machos adultos (Fig. 4).

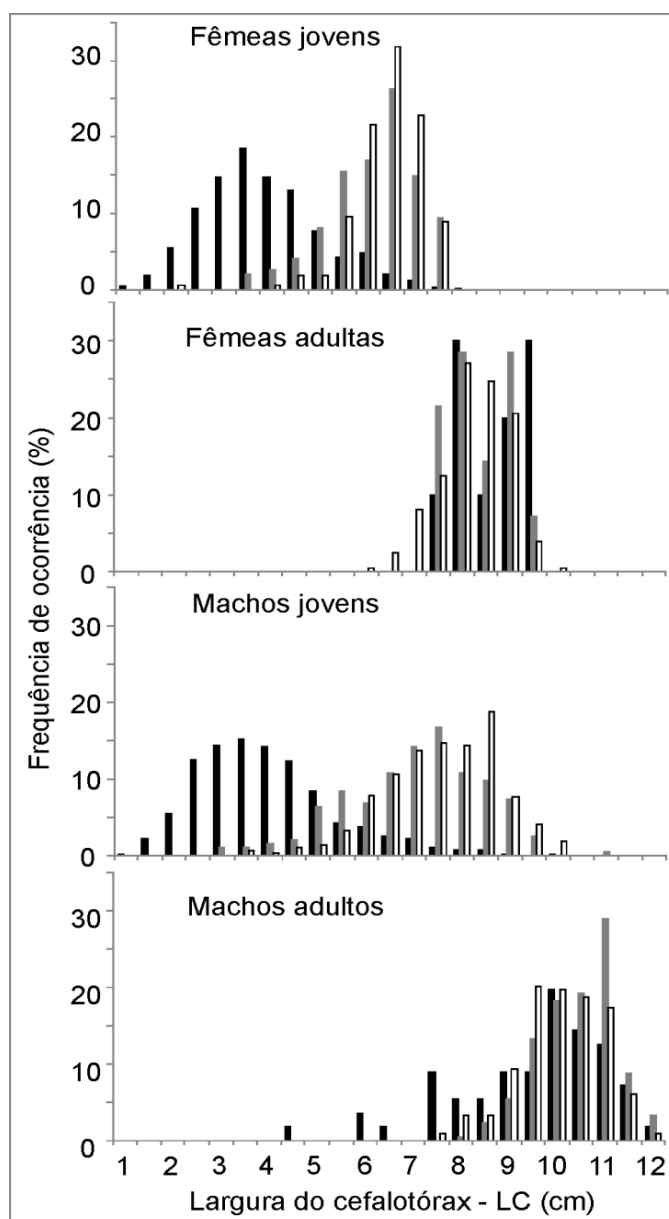


Figura 4. Distribuição dos tamanhos de fêmeas e machos, jovens e adultos de *Callinectes danae* em três localidades do Canal de Santa Cruz: à margem (preto), ao meio (cinza) e na abertura para o mar (branco). Os valores de LC se referem ao início da classe de 0,5 cm de amplitude.

Recrutamento

Indivíduos jovens foram recrutados apenas na margem do canal. Nas demais localidades, o tamanho dos jovens foi superior a 3 cm, exceto no centro do Canal, que foi capturado um único exemplar (Fig. 4) em março. O recrutamento pode ser considerado sazonal contínuo, uma vez que machos, fêmeas ou indivíduos não sexados entram para o estoque todos os meses (Fig. 5), apresentando picos em setembro, em dezembro e em maio/junho (Fig. 5). A proporção sexual de recrutamento foi de 1,2♀:1♂.

Ao analisar a distância temporal entre os picos de desova e de recrutamento, nota-se um período de um a três meses. Sugere-se assim, que o período de incubação dos ovos somado ao período planctônico das larvas (tempo gasto até o assentamento dos juvenis) seja em média de dois meses.

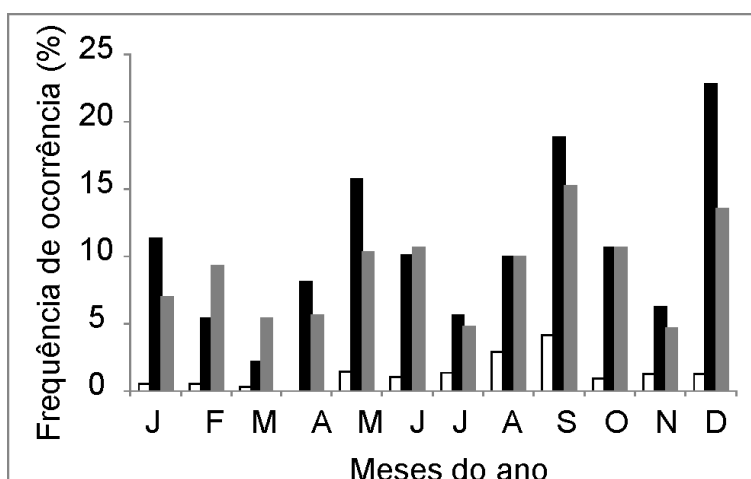


Figura 5. Frequência de jovens de *Callinectes danae*, machos (cinza), fêmeas (preto) e indivíduos não sexados (branco), de até 3,0 cm de largura do cefalotórax, sendo recrutados ao longo do ano no Canal de Santa Cruz/PE.

Mortalidade

Para as estimativas de mortalidades, foram utilizados os seguintes parâmetros: $t_{mat} = 0,91^*$ (♀) e $0,64^*$ ano (♂); $L_{\infty} = 9,45^*$ (♀) e $12,12$ cm* (♂); $k = 1,33^*$ e $1,89^*$ (anual); $t_{max} = 3,30^*$ (♀) e $2,36^*$ anos; $t_{95} = 2,09^*$ (♀) e $1,51^*$ anos; $T=29^{\circ}\text{C}$; $L_m = 4,76$ (♀) e $5,97$ cm (♂) e $L' = 1,25$ cm (♀ e ♂). (Fonte: * Shinozaki-Mendes, 2012).

A mortalidade natural dos machos foi superior à das fêmeas (Tab. 2), exceto pela estimativa baseada no modelo de Taylor (1960, *apud* Gayanilo et al., 2005), que apresentou maiores valores para as fêmeas (Tab. 2). A mortalidade total também apresentou resultados antagônicos: o modelo de Beverton e Holt (1959 *apud* Gayanilo et al., 2005) (equação 10) apresentou maiores valores para os

machos enquanto que o modelo de Ricker (1975), exibiu maiores valores para as fêmeas.

Tabela 2. Coeficientes de mortalidade natural (M) e mortalidade total (Z) para *Callinectes danae* capturados no Canal de Santa Cruz. As estimativas foram realizadas por diferentes métodos indiretos, segundo equações (Eq.) dispostas na tabela 1. * indica as equações que foram consideradas adequadas à população estudada.

Eq.	M _♀	Z _♀	M _♂	Z _♂
3*	1,47		1,94	
4	3,02		3,53	
5*	1,28		1,79	
6	3,73		3,41	
7	1,82		2,60	
8	1,19		3,12	
9		5,04		3,18
10*		1,78		2,46

Para estimar a mortalidade por pesca (F), cruzando-se os valores de Z (2 valores) e M (6 valores), estimados por cada equação, obteve-se um valor negativo na relação entre as equações 9-4; 9-6; 10-4; 10-6; 10-7 e 10-8. Desta forma, esses valores foram considerados inadequados. Considerando-se que foram capturados mais machos do que fêmea, espera-se que os machos apresentem uma maior mortalidade por pesca. Assim, foram também excluídas as relações entre as equações 9-3; 9-5; 9-7 e 9-8. Desta forma, apenas as equações 3 e 5 para mortalidade natural e a equação 10 para mortalidade total foram consideradas adequadas.

A partir das equações selecionadas, a sobrevivência total foi estimada em 16,86% para as fêmeas e 8,54% para os machos. A mortalidade por pesca foi estimada entre 0,31 e 0,50 para as fêmeas e entre 0,52 e 0,67 para os machos e a taxa de exploração situou-se entre 0,17 e 0,28 para as fêmeas e entre 0,21 e 0,27 para os machos.

Reprodução

Os machos carregam as fêmeas utilizando os pereiópodos para segurá-la. Quando a fêmea é jovem, é carregada com o dorso em contato a região ventral do macho. Quando a fêmea realiza a muda puberal, o macho a vira, no sentido das

regiões ventrais ficarem em contato e os abdomens abertos permitem a cópula. O macho continua segurando a fêmea até que seu cefalotórax fique mais rígido, mesmo após a cópula. Em seguida, o casal se separa, não sendo observadas fêmeas adultas em intermuda formando casais.

A cópula ocorre tanto no centro quanto na abertura do canal. Contudo, no centro do Canal houve a predominância de casais com fêmea jovem, enquanto que na Abertura, predominaram as fêmeas adultas. Assim, é possível que ocorra a migração reprodutiva em casal. Observa-se que as fêmeas após migrarem para a área de desova, na abertura do Canal, não retornam ao estuário, como evidenciado pela quase ausência de fêmeas adultas na margem e no centro do Canal.

A reprodução pode ser considerada sazonal, com três períodos de desova (Fig. 6): após dois meses de inatividade, em junho e julho parece ser a primeira desova da estação reprodutiva, em que poucos animais estão desovando, muitos ainda estão se desenvolvendo e são ausentes indivíduos com desova total. Novembro e dezembro é o período mais evidente de desova na abertura do Canal, em que muitos exemplares realizam a desova parcial e outros já estão em sua última desova da estação e é elevado o número de fêmeas ovígeras. O terceiro e menor período ocorre no final da estação, em que os exemplares amadurecem em janeiro e fevereiro e realizam a última desova em março, não tendo sido observado nenhum exemplar em desova parcial nesse período. Encerra-se o ciclo reprodutivo com indivíduos em repouso (desova total) e em “início de maturação” até a próxima estação reprodutiva.

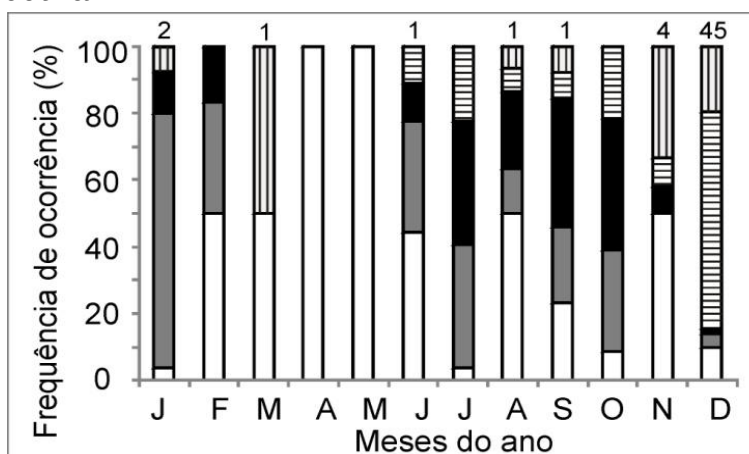


Figura 6. Ciclo reprodutivo das fêmeas de *Callinectes danae* no Canal de Santa Cruz. Fêmeas nos estágios início de maturação (branco), em maturação (cinza), maduro (preto), desovada parcialmente (barra horizontal) e desovada totalmente (barra vertical). Os valores superiores indicam o número de fêmeas ovígeras em cada mês.

A relação entre o número de ovos e o tamanho dos indivíduos apresentou uma alta dispersão dos valores (Fig. 7A). Contudo, nota-se um limite à esquerda da dispersão (seta) que sugere ser o número máximo de ovos, limitado pelo tamanho do abdômen, havendo uma correlação positiva entre estas variáveis. Toda a dispersão à direita pode estar associada à perda de ovos, visto que ao analisar os diferentes estágios (pela presença/ausência de olhos e pigmentos), não se observou uma tendência.

Para comprovar a correlação, foi feita a análise no número médio de ovos por classe de tamanho (Fig. 7B). Nota-se uma tendência positiva, com diferença significativa entre as classes ($p=0,0260$). Contudo, devido à grande dispersão dos dados, ao testar a diferença mínima significativa, não se obteve diferença entre os valores. O valor médio variou de 227.919 ± 30.351 na classe de 7,0 a 7,5 cm de LC e atingiu 616.124 ± 113.024 ovos, na classe de 9,5 a 10,0 cm. O menor valor observado foi de 117.727, e o maior, de 977.363 ovos.

O tamanho médio dos ovos sem pigmentos foi de $1,04 \pm 0,04$ mm, com coloração laranja (R144 G48 B0). Os ovos com pouco pigmento apresentaram tamanho igual aos ovos sem pigmento e aos ovos com muito pigmento, com média de $1,07 \pm 0,5$ mm, e coloração marrom (R62 G37 B20). Os ovos com muitos pigmentos apresentaram o diâmetro superior ($p=0,0081$) aos ovos sem pigmentos, com média de $1,13 \pm 0,07$ mm e coloração grafite, quase negra (R6 G15 B20).

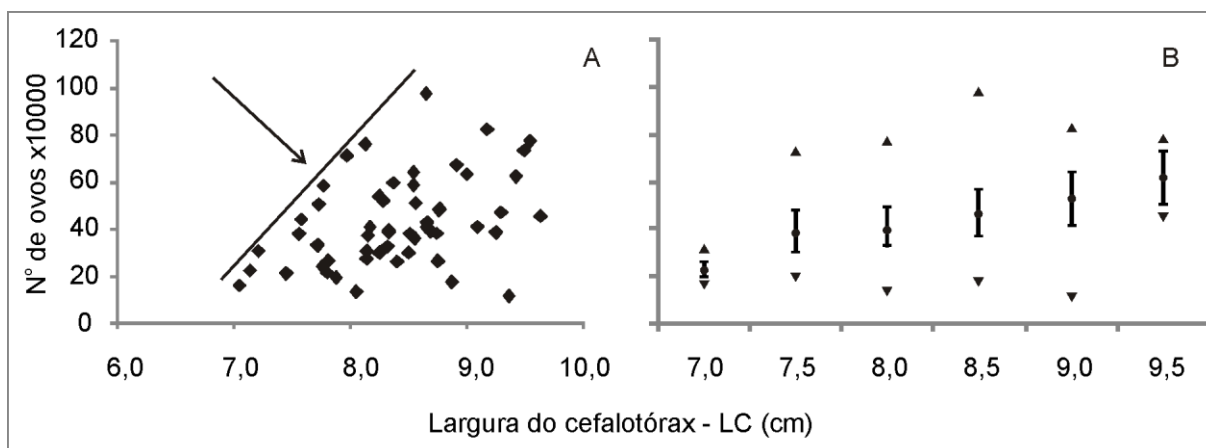


Figura 7. Número de ovos carregados pelas fêmeas de *Callinectes danae*. Na figura “A” observa-se a dispersão dos dados e na “B”, o valor médio (círculo) $\pm$ desvio padrão (barras) e a indicação dos valores máximos e mínimos (triângulos) de cada classe de tamanho. Na figura B, os valores de LC se referem ao tamanho inicial da classe de 0,5 cm de amplitude.

DISCUSSÃO

Uso do habitat

A migração reprodutiva e segregação populacional de *C. danae* no Canal de Santa Cruz são evidentes. Em diversas regiões, registrou-se para *C. danae* a predominância de jovens no interior do estuário enquanto que na região externa, próxima ao mar, houve o predomínio das fêmeas adultas (PITA et al., 1985; BRANCO e MASUNARI, 2000; CHACUR et al., 2000; CHACUR e NEGREIROS-FRANSOZO, 2001; PEREIRA et al., 2009; SFORZA et al., 2010; ARAÚJO et al., 2011), corroborando os resultados do presente estudo. Contudo, é relevante destacar que no presente trabalho foram utilizados aparelhos de pesca distintos e as coletas apresentaram uma distância temporal que podem ter afetado os resultados obtidos.

Diferente do que ocorre para *C. danae*, Van Engel (1990) relata para *C. sapidus* que a cópula ocorre em baixa salinidade e apenas as fêmeas migram para regiões mais salinas. No presente estudo, observou-se a migração reprodutiva, contudo, os machos adultos também foram encontrados na área mais salina, bem como também são observados indivíduos em cópula. Chacur et al. (2000) e Shinozaki-Mendes et al. (2012) citam que a salinidade é a variável mais influente na distribuição e abundância de *C. danae*.

Araújo et al. (2011) relatam que os machos adultos e as fêmeas ovígeras de *C. danae* migram para a região mais próxima ao mar. Entretanto, estes autores contradizem seus próprios resultados quando afirmam que as fêmeas ovígeras foram encontradas apenas próximo ao mar. Com base nos dados do presente estudo e no trabalho de Pita et al. (1985), observa-se que apenas um pequeno número de fêmeas realizam a muda puberal no meio do canal. Para a maior parte da população, após a migração das fêmeas jovens para águas mais salinas, ocorre a muda puberal, o desenvolvimento gonadal e a desova.

Assim, é possível que a migração para áreas mais salinas seja o gatilho para o desenvolvimento gonadal, além de estar associado a melhor dispersão das larvas. Hines (1986) citam que a sobrevivência dos ovos e larvas está associada à uma menor flutuação das variáveis físico-químicas, bem como uma menor predação.

Uma característica que ficou evidente no presente trabalho é que as fêmeas, após migrarem, não retornam ao estuário. Resultado semelhante foi destacado por Pita et al. (1985), na Baía-estuário de Santos. Entretanto, Keunecke et al. (2011) e Branco e Masunari (2000) afirmam que as fêmeas de *C. danae* retornam ao estuário da Baía de Guanabara e à Lagoa da Conceição após a desova. Assim, pode-se inferir que a espécie se adapta à região, não havendo um padrão para todos os estuários.

Recrutamento e mortalidade

O período de recrutamento de *C. danae* com pico em setembro foi também relatado por Furia et al. (2008), no estuário de Caravelas, Bahia (17,5°S). Entretanto, Pereira et al. (2009) reportam a captura dos menores machos jovens de *C. danae* (3 a 4 cm), no sul do Brasil, no verão e Araújo et al. (2011) reportam maior abundância de jovens de março a junho. Sforza et al. (2010), baseado em outros autores, citam que a maior ocorrência de recrutamento na região mais estuarina pode estar associado à osmorregulação, disponibilidade de alimentos e alta produtividade do ecossistema.

Longhurst e Pauly (2007) citam que os indivíduos devem completar sua vida larval em um local adequado para a entrada no próximo estágio do seu ciclo de vida para garantir uma entrada no ecossistema em local e época adequados. No presente estudo, pode-se associar a margem da região mais estuarina do Canal de Santa Cruz (local de coleta A) como sendo a área de entrada dos juvenis (berçário) da população de *C. danae*. Assim, sugere-se que as larvas migram das regiões mais salinas para o interior do Canal.

Ao analisar a razão sexual ao longo da ontogenia, observa-se que no recrutamento a proporção é de 1,2♀:1♂. Dentre os indivíduos jovens, essa proporção se inverte (1♀:1,1♂) e para os indivíduos na abertura do canal (jovens e adultos) a proporção de machos aumenta (1♀:1,6♂). Essa variação está diretamente relacionada aos valores de mortalidade por pesca dos machos, além da característica dos machos adultos serem maiores que as fêmeas, levando vantagem na competição pela isca, favorecendo a captura dos machos.

Hilborn e Walters (1992) citam que o modelo proposto por Beverton e Holt é uma boa ferramenta, mesmo quando algumas de suas premissas são violadas. As premissas são: (1) O estoque se encontra em equilíbrio; (2) Todos os exemplares

são igualmente vulneráveis à pesca; (3) O crescimento segue o modelo de von Bertalanffy e (4) Todos os indivíduos apresentam mesmo valor de mortalidade total. Contudo, a equação depende fortemente da premissa de que o estoque esteja em equilíbrio. Assim, estes autores citam que os valores de mortalidade não devem ser totalmente confiáveis.

Para explicar o alto valor da mortalidade natural dos machos de *C. danae*, em relação às fêmeas, pode-se associar esse fato às competições por fêmeas ou disputas por território ou alimentação, além da predação natural, que se insere sobre os dois sexos. Keunecke et al., (2009), também encontraram uma taxa de mortalidade natural para machos maior que para as fêmeas de *C. danae* na Baía de Guanabara.

A espécie *C. danae* apresenta valores de mortalidade muito elevados e taxas de sobrevivência baixa. Essas características estão associadas à estratégia de vida, podendo ser caracterizado como uma espécie tipicamente “r” estrategista, que apresenta o crescimento rápido (“k” alto), baixa longevidade (máximo de 3,3 anos), rápido alcance da maturidade (até um ano e meio), alta fecundidade (até 977.363 ovos por fêmea) e pequenos tamanhos (menos de 13 cm). Por esta razão, embora haja um elevado esforço de pesca sobre esse estoque, a taxa de exploração pode ser considerada baixa, por se encontrar abaixo de 0.5 (GULLAND, 1977)

Fator de condição

Branco e Thives (1991) citam que a oscilação no fator de condição pode estar associada ao recrutamento, migração e desenvolvimento gonadal. Estes autores estimaram valores semelhantes aos estimados aqui, para a espécie *C. danae* no sul do Brasil. Branco et al. (1992), concluem que a disponibilidade de alimentos exerce menor influência no fator de condição do que o desenvolvimento gonadal. Entretanto, citam que não há uma relação direta entre o FC e o período de desenvolvimento gonadal. Branco e Masunari (2000) relataram que não há correlação para os machos, mas observa uma relação para as fêmeas.

Assim, a utilização do FC como indicativo do período reprodutivo pode apresentar falhas. Uma hipótese acerca desta relação pode ser cogitada: entre março e maio, período que antecede o pico de mudas puberais, o indivíduo fica mais pesado por carregar a carapaça e a nova ecdise. Na margem do Canal, em que predominam os jovens, essa tendência não ocorre, corroborando a hipótese. Já no

final do ano, principalmente em dezembro, observam-se muitas fêmeas desovando, o que acarretaria na diminuição do fator de condição. Para os machos, há uma melhor condição em março, antes da formação de casais. O fator de condição diminui como consequência da diminuição do peso, uma vez que no período em que o macho carrega a fêmea, a alimentação se torna escassa. A situação se mantém até a cópula, se encerrando em agosto, quando a maioria das fêmeas inicia a maturação e os machos voltam a se alimentar normalmente.

Entretanto, a variação foi muito sutil e as diferenças estatísticas pouco perceptíveis. Não podemos, aqui, neste trabalho garantir tal hipótese. Assim, sugere-se que trabalhos futuros correlacionem o índice gonadal, o grau de repleção estomacal e a análise da ecdise, na tentativa de elucidar essa incógnita.

Reprodução

O ciclo reprodutivo e ocorrência de fêmeas ovígeras de *C. danae* parecem seguir um padrão sem muitas divergências ao longo de toda a costa Atlântica Sudoeste Tropical: A maior parte das fêmeas começa a apresentar as gônadas maduras em meados de julho e há ocorrência de picos até meados de janeiro (BRANCO et al., 1992; COSTA e NEGREIROS-FRANSOZO, 1998; BAPTISTA-METRI et al., 2005; KEUNECKE et al., 2011 e o presente trabalho). Apenas Keunecke et al. (2011) apresentou também um pico em abril. Já o pico de fêmeas ovígeras, ocorre ao longo de quase todos os meses, não sendo relatados picos em abril e agosto (COSTA e NEGREIROS-FRANSOZO, 1998; BRANCO e MASUNARI, 2000; BAPTISTA-METRI et al., 2005; PEREIRA et al., 2009; SFORZA et al., 2010; KENEUEKE et al., 2011 e o presente trabalho). Esses relatos abrangem dados desde o nordeste do Brasil (presente estudo) até o sul do Brasil (27,5°S).

Baptista-Metri et al. (2005) sugerem a classificação da reprodução como sazonal contínua, enquanto que Sforza et al. (2010), Keunecke et al. (2011) e Costa e Negreiros-Fransozo (1998) sugerem que é contínua. A ausência de fêmeas maduras em abril, tanto no trabalho de Baptista-Metri et al. (2005), como no presente trabalho, e de fêmeas ovígeras em novembro, no trabalho de Sforza et al. (2010), sugerem que a reprodução é sazonal, embora ocorra na maior parte do ano, como relatado por Branco e Masunari (2000). Entretanto, na Baía de Guanabara foram encontradas fêmeas ovígeras em todos os meses (KEUNECKE et al., 2011) e em Ubatuba, foram encontradas tanto fêmeas com as gônadas desenvolvidas como

fêmeas ovígeras ao longo de todo o ano (COSTA e NEGREIROS-FRANSOZO, 1998). Segundo Longhurst e Pauly (2007), a visão de que alguns peixes tropicais se reproduzem ao longo de todo o ano está incorreta, porque a maioria dos animais apresenta sazonalidade, havendo apenas uma maior extensão na duração das estações, em comparação àqueles de regiões temperadas.

Hines (1982) cita que o diâmetro dos ovos é a fonte de variação da fecundidade em espécies com tamanhos semelhantes. Em adição, Doi et al. (2008) relatam que número de ovos incubados é uma relação diretamente proporcional ao tamanho da fêmea da espécie e caso o tamanho médio dos ovos seja semelhante. Ao comparar espécies com diferentes tamanhos de ovos, observa-se que além da relação direta entre o tamanho do corpo e o número de ovos, há uma relação inversamente proporcional entre o número de ovos e o tamanho dos ovos.

Santos (1990), no sudeste do Brasil (20°S) e Branco e Ávila (1992) na região sul do Brasil (27°S), encontraram uma grande amplitude no número de ovos, semelhante ao presente trabalho. Pereira et al. (2009) reportam uma menor amplitude, com valores próximos à média destes supracitados. Apenas o trabalho de Baptista-Metri et al. (2005) apresentou um menor número. Segundo Pereira et al. (2009) e Branco e Ávila (1992), a variação no número de ovos pode estar associada ao método de contagem, ao diferente número de ovos entre a primeira e segunda postura, às variações genéticas, do estágio de desenvolvimento embrionário e em função do tamanho da fêmea. Soma-se aqui a possibilidade da diminuição devido à perda de ovos, tanto no habitat, quanto na coleta e transporte dos exemplares.

O crescimento dos ovos aderidos aos pleópodos, marcados pela pigmentação dos olhos, foi também observado para *Charybdis bimaculata* (DOI et al., 2008). Pinheiro e Hattori (2002) relatam que o aumento no tamanho dos ovos é um padrão para os crustáceos e a mudança de coloração de laranja até marrom escuro é comum a diversos Portunídeos.

Quanto ao tamanho dos ovos de *C. danae*, Branco e Avilar (1992) e Baptista-Metri et al. (2005) observaram tamanhos médios superiores aos encontrados aqui. Essa variação pode ser explicada pelo fato dos ovos mensurados no presente trabalho terem sido mantidos em álcool 70% por aproximadamente 6 meses, causando desidratação dos mesmos.

O período durante a incubação dos ovos e o retorno do primeiro juvenil ao estuário foi estimado em aproximadamente 2 meses. Johnson et al. (2010)

estimaram, para *Portunus pelagicus* um período de 19 dias em que a fêmea carrega os ovos. Já Pinheiro e Hattori (2002) para *Arenaeus cribrarius* relatam o período de 9 dias em sistema de cultivo. Hines (1986) cita para a família Portunidae um período de incubação de 19 dias e o período larval de 45 dias. Desta forma, o período sugerido no presente trabalho parece ser condizente com a realidade.

Por fim, é importante destacar que toda amostragem proveniente de aparelhos de pesca estão susceptíveis ao viés referente à seletividade. Hartnoll e Bryant (1990) comentam que esse erro pode acarretar na seleção de um grupo de indivíduos, além dos possíveis problemas associados à segregação espacial. No presente trabalho a segregação foi bem explorada, contudo a seletividade dos aparelhos é uma realidade. Acredita-se que o fato que serem observados diversos grupos modais na amostra obtida com o mesmo aparelho, esse viés não é tão influente no nosso trabalho. Contudo, é sempre importante considerar essa possibilidade.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S.; BARRETO, A. V.; NEGROMONTE, A. O.; SCHWAMBORN, R. 2011. Population ecology of the blue crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) in a Brazilian tropical estuary. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 84(1): 1-9.
- BAPTISTA-METRI, C; PINHEIRO, M. A. A.; BLANKENSTEYN, A.; BORZONE, C. A. 2005. Biologia populacional e reprodutiva de *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae), no Balneário Shangri-lá, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22(2): 446-453.
- BRANCO, J. O.; AVILA, M. G. 1992. Fecundidade em *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) da Lagoa da Conceição, SC. *Revista Brasileira de Zoologia* 9: 167–173.
- BRANCO, J. O.; LUNARDON, M. J.; AVILA, M. G.; MIGUEZ, C. F. 1992. Interação entre fator de condição e índice gonadossomático como indicadores do período de desova em *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 9 (3/4): 175-180.

- BRANCO, J. O.; MASUNARI, S. 2000. Reproductive ecology of the blue crab, *Callinectes danae* Smith, 1869 in the Conceição Lagoon System, Santa Catarina Isle, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 60(1): 17-27
- BRANCO, J. O.; THIVES, A. 1991. Relação peso/largura, fator de condição e tamanho de primeira maturação de *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae) no manguezal de Itacorubi, SC, Brazil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 34: 415-424.
- CHACUR, M. M. e NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. 2001. Spatial and seasonal distributions of *Callinectes danae* (Decapoda, Portunidae) in Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil. *Journal of Crustacean Biology* 21 (2): 414- 425.
- CHACUR, M. M.; MANSUR, C. B; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2000. Distributional patterns, seasonal abundance and moult cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 in the Ubatuba region, Brazil. *Nauplius* 8 (2): 215-226.
- COSTA, T. C.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 1998. The reproductive cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, Brazil. *Crustaceana* 71: 615–627.
- DOI, W.; YOKOTA, M.; STRÜSSMANN, C. A.; WATA, S. 2008. Growth and reproduction of the portunid crab *Charybdis bimaculata* (Decapoda: Brachyura) in Tokyo Bay. *Journal of Crustacean Biology* 28(4):641-651.
- FROESE, R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of applied ichthyology* 22: 241–25.
- FURIA, R. R.; SANTOS, M. C. F.; BOTELHO, E. R. O.; SILVA, C. G. M.; ALMEIDA, L. 2008. Biologia pesqueira do siri-açú *Callinectes danae* SMITH, 1869 (CRUSTACEA : PORTUNIDAE) capturado nos manguezais do município de Caravelas (Bahia – Brasil). *Boletim Técnico e Científico do CEPENE* 16: 75-84.
- GAYANILO, JR.; SPARRE, P.; PAULY, D. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8. 168p.
- GULLAND, J. A. 1977. *Fish Population Dynamics*. London, John Willey & Sons. 372p.

- GULLAND, J. A. 1983. Fish Stock Assessment. FAO/ Willey series on food and agriculture. 223p.
- HARTNOLL, R. G.; BRYANT, A. D. 1990. Size-frequency distributions in Decapod Crustacea The quick, the dead, and the cast-offs. *Journal of Crustacean Biology* 10(1): 14-19.
- HEWITT, D. A.; HOENIG, J. N. 2005. Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. *Fishery Bulletin* 103(2): 433-437.
- HILBORN, R.; WALTERS, C. J. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics & Uncertainty. Ed. Chapman & Hall. 570p.
- HINES, A. H. 1982. Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. *Marine Biology* 69: 309-320.
- HINES, A. H. 1986. Larval patterns in the life histories of Brachyuran crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Larval Invertebrate Workshop. *Bulletin of Marine Science* 39(2): 44-66.
- JENSEN, A. L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 820-822.
- JOHNSON, D. D.; GRAY, C.A.; MACBETH, W. G. 2010. Reproductive Biology of *Portunus pelagicus* in a South-East Australian Estuary. *Journal of Crustacean Biology* 30(2): 200-205.
- JUNQUEIRA, L. C.; JUNQUEIRA, L. M. M. S. 1983. Técnicas básicas de citologia e histologia, pp. 1–123. Livraria e Editora Santos, São Paulo.
- KAHN, D.M.; HELSER, T. E. 2005. Abundance, dynamics and mortality rates of the Delaware Bay stock of blue crabs, *Callinectes sapidus*. *Journal of Shellfish Research* 24, 269–284.
- KEUNECKE, K. A.; D'INCAO, F.; VERANI, J. R.; VIANNA, M. 2011. Reproductive strategies of two sympatric swimming crabs *Callinectes danae* and *Callinectes ornatus* (Crustacea: Portunidae) in an estuarine system, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, on line first.

- KEUNECKE, K. A.; SILVA JR, D. R.; VIANNA, M.; VERANI, J. R.; D'INCAO, F. 2009. Effects of migration activity on the mortality rates of two Portunidae crabs in a tropical bay. *Marine Biodiversity Records* 2(34):1-4.
- LEE, H.; HSU, C. 2003. Population biology of the swimming crab *Portunus sanguinolentus* in the waters off northern Taiwan. *Journal of Crustacean Biology* 23: 691-699.
- LONGHURST, A. R.; PAULY, D. 2007. *Ecologia dos Oceanos Tropicais*. Ed. da Universidade de São Paulo. 424p.
- MEDEIROS, C.; KJERFVE, B. 1993. Hydrology of a tropical estuarine system: Itamaracá, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 36: 495-515.
- MELO, G. A. S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo, Plêiade, FAPESP, 604p.
- MENDES, P. P. 1999. *Estatística aplicada à aquicultura*. Bargaço: Recife-PE. 265p.
- NEGREIROS-FRANSOZO, M. L.; FRANSOZO, A. 1995. On the distribution of *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 and *Callinectes danae* Smith, 1869 (Brachyura, Portunidae) in the Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil. *Iheringia* 79: 13-25.
- NEGREIROS-FRANSOZO, M. L.; MANTELATTO, F. L. M.; FRANSOZO, A. 1999. Population biology of *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Portunidae) from Ubatuba (SP), Brazil. *Scientia Marina* 63(2):157-163.
- PEREIRA, M. J.; BRANCO, J. O.; CHRISTOFFERSEN, M. L.; FREITAS JR, F.; FRACASSO, H. A. A.; PINHEIRO, T. C. 2009. Population biology of *Callinectes danae* and *Callinectes sapidus* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) in the south-western Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89:1341-1351.
- PINHEIRO, M. A. A.; HATTORI, G. Y. 2002. Embriologia do siri *Arenaeus cribrarius* (Lamarck) (Crustacea: Brachyura: Portunidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 19(2): 571-583.
- PITA, J. B.; RODRIGUES, E. S.; GRAÇA-LOPES, R.; COELHO, J. A. P. 1985. Observações bioecológicas sobre o siri *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae) no complexo baía-estuário de Santos, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Instituto de Pesca* 12: 35-43.

- RICKER, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada 382p.
- ROBINSON, A.; MORRISON, J.; MUEHRCKE, P. 1995. Elements of cartography. 6. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons. 674 p.
- SANTOS, H. S. 1990. Relação entre a Fecundidade e o Tamanho do Corpo do Siri-Tinga, *Callinectes danae* (Crustacea, Portunidae) da Baía de Vitória, Espírito Santo. Revista Cultura (43): 67-73.
- SFORZA, R.; NALESSO, R. C.; JOYEUX, J. C. 2010. Distribution and population structure of *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) in a tropical Brazilian estuary. Journal of Crustacean Biology 30(4): 597-606.
- SHINOZAKI-MENDES, R. A. 2012. Dinâmica da população do siri *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) no Canal de Santa Cruz/ PE. Tese (Doutorado em Biologia Animal) da Universidade Federal de Pernambuco.
- SHINOZAKI-MENDES, R. A.; MANGHI, R. F.; LESSA, R. 2012. The influence of environmental factors on the abundance of swimming crabs (Brachyura, Portunidae) in a tropical estuary, northeastern Brazil. Crustaceana. In press.
- SIMPFENDORFER, C. A.; BONFIL, R.; LATOUR, R. J. 2004. Mortality estimation. Capítulo 8 (pp. 165-186) Em: (MUSICK, J. A.; BONFIL, R, eds.) Elasmobranch Fisheries Management Techniques, APEC Secretariat, Singapore.
- TOLOSA, E. M. C.; RODRIGUES, C. J.; BEHEMER, O. A.; FREITAS-NETO, A. G. 2003. Manual de técnicas histológica normal e patológica. Manole: São Paulo. 241p.
- VAN ENGEL, W. A. 1990. Development of the reproductively functional form in the male blue crab *Callinectes sapidus*. Bulletin of Marine Science 46: 13-22.
- ZAR, J. H. 1984. Biostatistical analysis. Englewood Cliffs (NJ): Prentice Hallp. 620p.

3. COMENTÁRIOS CONCLUSIVOS

A espécie *Callinectes danae* é alvo da pesca artesanal de siris realizada no Canal de Santa Cruz/PE, sendo bastante abundante nesse ecossistema. Uma vez que se reproduz quase o ano todo e apresenta uma alta fecundidade, os valores de taxa de exploração ainda se encontram dentro dos valores aceitáveis. Porém, é necessário o acompanhamento desse estoque pesqueiro, pois além do elevado esforço de pesca dirigido à essa espécie, existem algumas características que podem torná-lo vulnerável à sobrepesca, como o fato das fêmeas se reproduzirem uma única vez na vida durante a muda puberal e por apresentarem o ciclo de vida curto.

Sugere-se que a Portaria da SUDEPE nº N-024, de 26 de julho de 1983, que regulamenta a captura de *C. danae*, seja atualizada e modificada, de modo que seja permitida a captura de machos com o abdômen não aderido aos esternitos e com largura do cefalotórax (medido nas extremidades dos espinhos) superior a 9,0 cm e de fêmeas com abdômen semicircular e largura do cefalotórax superior a 7,2 cm. Sugere-se ainda que sejam proibidas as capturas de casais (indivíduos em cópula) e de fêmeas ovígeras.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. L.; NEGROMONTE, A.O.; BARRETO, A. V.; CASTIGLIONI, D. S. 2011b. Sexual maturity of the swimming crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) at the Santa Cruz Channel, a tropical coastal environment. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2011. online first.
- ARAÚJO, M. S.; BARRETO, A. V.; NEGROMONTE, A. O.; SCHWAMBORN, R. 2011a. Population ecology of the blue crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) in a Brazilian tropical estuary. Anais da Academia Brasileira de Ciências 84(1): 1-9.
- BAPTISTA-METRI, C; PINHEIRO, M. A. A.; BLANKENSTEYN, A.; BORZONE, C. A. 2005. Biologia populacional e reprodutiva de *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae), no Balneário Shangri-lá, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 22(2): 446-453.
- BARRETO, A. V.; BATISTA-LEITE, L. M. A.; AGUIAR, M. C. A. 2006. Maturidade sexual das fêmeas de *Callinectes danae* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, Itamaracá, PE, Brasil. Iheringia 96(2): 141-146.
- BRANCO, J. O.; AVILAR, M. G. 1992. Fecundidade em *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 9 (3/4): 167-173.
- BRANCO, J. O.; FREITAS Jr, F. 2009. Análise quali-quantitativa dos crustáceos no ecossistema Saco da Fazenda, Itajaí, SC. in: Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas. 180-206p.
- BRANCO, J. O.; LUNARDON, M. J.; AVILA, M. G; MIGUEZ, C. F. Interação entre fator de condição e índice gonadosomático como indicadores do período de desova em *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
- BRANCO, J. O.; MASUNARI, S. 1992. Crescimento de *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) da lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil. Revista Brasileira de Zoologia 9 (1/2): 53-66.

- BRANCO, J. O.; MASUNARI, S. 2000. Reproductive ecology of the blue crab, *Callinectes danae* Smith, 1869 in the Conceição Lagoon System, Santa Catarina Isle, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 60(1): 17-27
- BRANCO, J. O.; THIVES, A. 1991. Relação peso/largura, fator de condição e tamanho de primeira maturação de *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae) no manguezal de Itacorubi, SC, Brazil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 34: 415-424.
- CARMONA-SUÁREZ, C. A.; CONDE, J. E. 2002. Local distribution and abundance of swimming crabs (*Callinectes* spp. and *Arenaeus cribrarius*) on a tropical arid beach. *Fishery Bulletin* 100: 11–25.
- CARVALHO, F. L.; COUTO, E. C. G. 2011. Environmental variables influencing the *Callinectes* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) species distribution in a tropical estuary - Cachoeira River (Bahia, Brazil). *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 91(4): 793-800.
- CHACUR, M. M. e NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. 2001. Spatial and seasonal distributions of *Callinectes danae* (Decapoda, Portunidae) in Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil. *Journal of Crustacean Biology* 21 (2): 414- 425.
- CHACUR, M. M.; MANSUR, C. B; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 2000. Distributional patterns, seasonal abundance and moult cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 in the Ubatuba region, Brazil. *Nauplius* 8 (2): 215-226.
- COSTA, T. C.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. 1998. The reproductive cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, Brazil. *Crustaceana* 71, 615–627.
- CPRH - Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e da administração de recursos Hídricos. 1982. Estudo para controle ambiental nas áreas estuarinas de Pernambuco. Canal de Santa Cruz. Recife, CONDEPE, 118p.
- CPRH - Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e da administração de recursos Hídricos. 2001. Diagnóstico socioambiental do Litoral norte do estado de Pernambuco: o meio físico da área e recursos hídricos superficiais. 2001. p43-54.

ESTATPESCA. 2008. Monitoramento da atividade pesqueira no litoral nordestino–projeto ESTATPESCA. SEAP/IBAMA/PROZEE. 385p.

FURIA, R. R.; SANTOS, M. C. F.; BOTELHO, E. R. O.; SILVA, C.G.M.; ALMEIDA, L. 2008. Biologia pesqueira do siri-açu *Callinectes danae* SMITH, 1869 (CRUSTACEA : PORTUNIDAE) capturado nos manguezais do município de Caravelas (Bahia – Brasil). Boletim Técnico e Científico do CEPENE. 16: 75-84.

IUCN. 2011. The red list of threatened species. Disponível em: <www.iucnredlist.org>.

KEUNECKE, K. A.; D'INCAO, F.; VERANI, J. R.; VIANNA, M. 2011. Reproductive strategies of two sympatric swimming crabs *Callinectes danae* and *Callinectes ornatus* (Crustacea: Portunidae) in an estuarine system, south-eastern Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, on line first.

KEUNECKE, K. A.; SILVA JR, D. R.; VIANNA, M.; VERANI, J. R.; D'INCAO, F. 2009. Effects of migration activity on the mortality rates of two Portunidae crabs in a tropical bay. Marine Biodiversity Records 2(34):1-4.

MEDEIROS, C.; KJERFVE, B. 1993. Hydrology of a tropical estuarine system: Itamaracá, Brazil. Estuarine, Coastal and Shelf Science 36: 495-515.

NEGREIROS-FRANSOZO, M. L., A. FRANSOZO, M. A. A. 1995. On the distribution of *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 and *Callinectes danae* Smith, 1869 (Brachyura, Portunidae) in the Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil. Iheringia (79): 13–25.

NEVIS, A. B.; MARTINELLI, J. M.; CARVALHO, A. S. S.; NAHUM, V. J. I. 2009. Abundance and spatial-temporal distribution of the family Portunidae (Crustacea, Decapoda) in the Curuçá estuary on the Northern coast of Brazil. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology 13(1):71-79.

PEREIRA, M. J.; BRANCO, J. O.; CHRISTOFFERSEN, M. L.; FREITAS JR, F.; FRACASSO, H. A. A.; PINHEIRO, T. C. 2009. Population biology of *Callinectes danae* and *Callinectes sapidus* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) in the south-western Atlantic. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 89: 1341-1351.

PEREIRA-BARROS, J. B. 1987. Resistência do siri *Callinectes danae* às variações de salinidade em laboratório. Boletim de Estudos de Ciências do Mar 6: 82-83.

- PITA, J. B.; RODRIGUES, E. S.; GRAÇA-LOPES, R.; COELHO, J. A. P. 1985. Observações bioecológicas sobre o siri *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae) no complexo baía-estuário de Santos, Estado de São Paulo, Brasil. Boletim Instituto de Pesca 12: 35-43.
- RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. 1996. Zoologia dos invertebrados. 6ed. São Paulo: Roca, 1029p.
- SANTOS, H. S. 1990. Relação entre a Fecundidade e o Tamanho do Corpo do Siri-Tinga, *Callinectes danae* (Crustacea, Portunidae) da Baía de Vitória, Espírito Santo. Revista Cultura (43): 67-73.
- SEVERINO-RODRIGUES, E.; PITA, J.B.; GRAÇA-LOPES, R. 2001 . Pesca artesanal de siris (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. Boletim Instituto de Pesca 27(1): 7-19.
- SFORZA, R.; NALESSO, R. C.; JOYEUX, J. C. 2010. Distribution and population structure of *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) in a tropical Brazilian estuary. Journal of Crustacean Biology 30(4): 597-606.
- TEIXEIRA, R. L.; SÁ, H. S. 1998. Abundância de macrocrustáceos decápodas nas áreas rasas do complexo lagunar Mundaú/Manguaba, AL. Revista Brasileira de Biologia 58(3): 393-404.