



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL - PPGBA



**DINÂMICA POPULACIONAL DO GUAIAMUM, *CARDISOMA*
GUANHUMI LATREILLE, 1828 (CRUSTACEA: DECAPODA:
GECARCINIDAE) EM DUAS ÁREAS DE MANGUEZAL NO
ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE COM DIFERENTES
PRESSÕES DE CAPTURA**

CYLENE CÂMARA DA SILVA

RECIFE

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL - PPGBA

**Dinâmica populacional do guaiaumum, *Cardisoma guanhumi*
Latreille, 1828 (Crustacea: Decapoda: Gecarcinidae) em duas
áreas de manguezal no Estado do Rio Grande do Norte com
diferentes pressões de captura**

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

Orientador: Ralf Schwamborn (UFPE)

Co-orientador: Jorge Eduardo Lins-Oliveira (UFRN)

RECIFE

2013

Catálogo na Fonte:
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

S586d Silva, Cylene Câmara da

Dinâmica populacional do guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 |
(Crustacea: decapoda: Gecarcinidae) em duas áreas de manguezal no Estado do Rio
Grande do Norte com diferentes pressões de captura / Cylene Câmara da Silva. –
Recife: O Autor, 2013.

144. f. : il., fig., tab.

Orientador: Ralf Schwamborn

Coorientador: Jorge Eduardo Lins-Oliveira

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro
de Ciências Biológicas. Pós-graduação em Biologia Animal, 2013.

Inclui bibliografia

1. Caranguejo 2. Crustáceo 3. Ecologia dos manguezais I.
Schwamborn, Ralf (orientador) 2. Lins-Oliveira, Jorge Eduardo
(coorientador) III. Título.

595.386

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2013-189

Esta Tese foi julgada para a obtenção do título de Doutor em Biologia Animal e aprovada em 26/02/2013 pelo Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, em sua forma final.

Prof. Dr. Ralf Shwamborn (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. Jorge Eduardo Lins-Oliveira (Co-Orientador)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Rosângela Paula Teixeira Lessa (Membro interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Prof. Dr. André Morgado Esteves (Membro interno)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr^a. Sigrid Neumann Leitão (Membro externo)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. Jesser Fidelis de Souza Filho (Membro externo)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. Thierry Fredou (Membro externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco (PPGBA), representado pelos professores Diego Astúa e André Esteves, pelo apoio institucional e a Ana Elizabeth Fraga por toda a ajuda sempre que solicitada.

Ao departamento de Limnologia e Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte por todo o apoio logístico durante a realização deste trabalho.

Ao laboratório de Biologia Pesqueira da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo apoio logístico e infraestrutura disponibilizada.

A Base Naval de Natal, especialmente ao Capitão-de-Mar-e-Guerra Somavilla e aos Tenentes Rodolfo Alen e Márcia Marques que possibilitaram a realização das coletas dentro das instalações da Base Naval de Natal.

Ao Centro de Tecnologia e Aquicultura por possibilitar a coleta dentro de suas instalações.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico – CNPq, pela bolsa de Doutorado.

Ao meu orientador Ralf Schwamborn pela confiança depositada em mim, pelos ensinamentos e conselhos.

Ao meu Co-orientador Jorge Eduardo Lins Oliveira pela amizade e por todos os ensinamentos repassados ao longo de todos os anos que trabalhamos juntos.

Aos meus pais por todo o empenho, amor, dedicação e ajuda para que eu alcançasse mais esta etapa acadêmica em minha vida. Amo vocês.

Ao meu amado companheiro Jorge Liberato por todo o amor, companheirismo e apoio a minha carreira acadêmica.

As minhas irmãs que sempre me apoiaram e desejaram sempre muito sucesso em meus estudos. Amo vocês.

Ao técnico de laboratório Wellington Severino Xavier (“o pai do mangue”) pelos ensinamentos sobre o manguezal, o guaiamum e principalmente por toda a ajuda sem a qual este trabalho não seria realizado.

A Arley Andrade, Gildete Patriota e Família que me receberam com muito carinho em sua casa sempre que precisei ir a Recife.

A companheira de Doutorado e professora Renata Shinozaki-Mendes pela amizade e por toda a ajuda durante a realização deste trabalho.

As estagiárias Aline Alves e Beatriz Nascimento por toda a ajuda na biometria e coleta do material.

Aos amigos de laboratório José Garcia, Lorena, Françoise, Marina, Tatiana, Guido, Alina, Allan, Marcelo, Pedro, Priscila, Jaciana, Agripino e Mauro pela ajuda e pelos momentos de descontração.

A Deus por estar comigo e permitir que tudo isto acontecesse.

E a todos que contribuíram para a realização deste trabalho e que por ventura não tenham sido citados.

DEDICATÓRIA

Aos que persistem na pesquisa com o intuito
de um melhor entendimento da biologia das
espécies, visando o manejo sustentável e a
proteção de espécies ameaçadas.

ESTRUTURA DA TESE

A presente tese de doutorado está estruturada na seguinte sequência:

RESUMO GERAL

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO GERAL

2. OBJETICO GERAL

3. HIPÓTESES

4. ÁREAS DE ESTUDO

5. METODOLOGIA GERAL

6. CAPÍTULOS

- ✓ **Capítulo 1:** Impacto da pressão de pesca na biologia populacional de *C. guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade) no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.
- ✓ **Capítulo 2:** Biologia reprodutiva de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade) em duas áreas de manguezal no Nordeste do Brasil sob diferentes intensidades de captura.
- ✓ **Capítulo 3:** Biologia populacional e padrões de coloração de *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1828) (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade) em um manguezal no Nordeste do Brasil.
- ✓ **Capítulo 4:** Desenvolvimento gonadal de *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1828) (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RESUMO GERAL

O objetivo deste estudo foi analisar os principais parâmetros da dinâmica populacional da espécie *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1828) comparando os parâmetros populacionais e reprodutivos de duas áreas com diferentes pressões de captura no Estado do Rio Grande do Norte. As coletas foram realizadas na Base Naval de Natal, município de Natal (RN) (rio Potengi - 5°47'22,8"S - 35°13'W e 5°47'29,5"S - 35°13'W), área onde o acesso é restrito, com baixa pressão de captura (BPC), a outra área situa-se no Centro Tecnológico da Aquicultura, município de Extremoz (RN) (rio Ceará-mirim - 5°26'S e 35°14'W - 5°38'S e 35°34' W), onde ocorre uma alta pressão de captura (APC). As coletas ocorreram mensalmente em dois anos consecutivos, entre fevereiro de 2010 e janeiro de 2012. Foram coletados 3670 caranguejos nas duas localidades, sendo 1837 na área de BPC e 1833 na área de APC. Os resultados das análises da espécie nas duas áreas analisadas mostraram que uma intensa captura exerce efeitos drásticos na estrutura populacional e nos aspectos reprodutivos da espécie, causando diminuição de tamanho, peso e outras variáveis morfométricas, diminuição do tamanho de primeira maturação sexual, desigualdade na proporção de machos e fêmeas, diminuição da fecundidade das fêmeas, além de afetar a abundância de indivíduos adultos da população. A análise histológica das gônadas de machos e fêmeas de *C. guanhumi* mostrou semelhanças com várias espécies de braquiúros. Na análise macroscópica foi possível observar semelhanças na morfologia externa das gônadas e nos padrões de coloração da gônada ao longo do seu desenvolvimento e a análise microscópica também revelou similaridades com outras espécies da mesma Infra-ordem no que diz respeito da presença e desenvolvimento das células germinativas ao longo do ciclo reprodutivo. Os machos apresentaram dois estágios macroscópicos com características facilmente identificáveis de coloração e tamanho em relação à cavidade cefalotorácica, enquanto que microscopicamente foi possível a visualização de três estágios. As fêmeas possuem cinco estágios de desenvolvimento gonadal, tanto macroscópicos quanto microscópicos. O recrutamento contínuo da espécie e outros aspectos como crescimento lento, maturidade tardia, várias desovas por período reprodutivo e a seletividade do apetrecho de pesca utilizado podem ter contribuído para a não determinação dos parâmetros de crescimento da espécie. Baseado no resultado do índice gonadosomático, recomenda-se uma ampliação do atual período de defeso da espécie de quatro para cinco meses, dos atuais meses de dezembro a março para o período de novembro a março. Os resultados aqui apresentados contribuem para o estudo da espécie e entendimento de sua biologia, além de evidenciar os efeitos nocivos de uma pesca intensiva nos parâmetros populacionais, efeitos estes que colaboram para a atual situação de vulnerabilidade a qual a espécie se encontra.

Palavras-chave: guaiamum, dinâmica populacional, sobreexploração, reprodução.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the main parameters of the population dynamics of the blue land crab *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1828), comparing the population and reproductive parameters in two areas with different pressures capture the state of Rio Grande do Norte, Brazil. Samples were collected at the Naval Base of the city of Natal (Potengi river - 5° 47' 22,8" S - 35° 13' W and 5° 47' 29,5" S - 35° 13' W), an area where access is restricted, with low pressure capture (Low capture Pressure Area - LPC). The other area is located in the Centro Tecnológico da Aquicultura, in the municipality of Extremoz (Ceará-Mirim River - 5° 26' S and 35° 14' W - 5° 38' S and 35° 34' W), where there is a High capture Pressure Area (HPC). Sampling occurred monthly in two consecutive years between February 2010 and January 2012. A total of 3670 crabs were collected at both locations, being 1837 in the area of LPC and 1833 in the area of HPC. The results of the analyses of population parameters of the species in the two areas analyzed showed that an intense capture has drastic effects on the population structure and reproductive features of this species. The results of the analyzes of the species in the two areas analyzed showed an intense capture has drastic effects on the population structure and reproductive features of the species, causing reduction of size, weight and other morphometric variables, decrease in size at first maturity sexual inequality in the proportion of males and females, reduced female fertility, besides affecting the abundance of adult individuals. Histological analysis of the gonads of male and female *C. guanhumi* showed similarities with several species of Brachyura. In the macroscopic analysis was possible to observe similarities in external morphology of gonads and gonad staining patterns throughout its development and microscopic analysis also revealed similarities with other species of the same Infraorder in respect of the presence and development of germ cells to throughout the reproductive cycle. Males had two stages with macroscopic characteristics easily identifiable in color and size in relation to the cavity cephalothorax, while microscopically it was possible to visualize three stages. Females have five stages of gonadal development, both as microscopic and macroscopic. The continuous recruitment of species and other aspects such as slow growth, late maturity, several clutches per breeding season and the selectivity of fishing paraphernalia used may not have contributed to the determination of the growth parameters of the species. Based on the result of the gonadosomatic index, recommended an extension of the current closed season for the species from four to five months of the current month from December to March for the period from November to March. The results presented here contribute to the study and understanding of the species biology, besides showing the harmful effects of intensive fishing in population parameters, effects that contribute to the current situation of vulnerability to which the species is found.

Key words: land crab, population dynamics, overfishing, reproduction.

LISTA DE FIGURAS

ÁREA DE ESTUDO

- Figura 1: Localização geográfica das áreas de estudo no estuário do rio Potengi (Natal/RN - BPC) e do rio Ceará-mirim (Extremoz/ RN - APC). 24

METODOLOGIA GERAL

- Figura 2: Armadilhas utilizadas para a captura dos guaiamuns. 27
- Figura 3: *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1828), medidas morfométricas (a – LC e CC; b – AC; c – LA (macho); d – LA (fêmea); e – CMQ e LMQ; f – CG). 28
- Figura 4: Metodologia de amostragem dos quadrantes (a) e de coleta de água para a salinidade (b). 28

CAPÍTULO 1

- Figura 1: Distribuição mensal da largura da carapaça de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. (ANOVA Kruskal-wallis; teste *a posteriori*, U de Mann-Whitney - machos: U=34759; Z=17.9; p = 0.00; fêmeas: U=45073; Z=17.1; p = 0.000). (Box: média±erro padrão). 38
- Figura 2: Distribuição mensal do peso de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN), de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. (ANOVA Kruskal-wallis; teste *a posteriori*, U de Mann-Whitney - machos: U=31719; Z=18.6; p = 0.00; fêmeas: U=41761; Z=17.8; p = 0.000). (Box: média±erro padrão). 39
- Figura 3: Histograma de frequência de comprimento de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN), de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. 40
- Figura 4: Proporção sexual de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN), de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. 41

CAPÍTULO 2

- Figura 1: Percentual de indivíduos juvenis e adultos de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. 61

- Figura 2: Curva da maturidade gonadal de fêmeas e machos de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. 62
- Figura 3: Curva da maturidade morfométrica de fêmeas e machos de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. 63
- Figura 4: Relação entre a largura da carapaça (LC) e largura do abdômen (LA) das fêmeas de *Cardisoma guanhumi*. 64
- Figura 5: Relação entre a largura da carapaça (LC) e o comprimento do maior quelípodo (CMQ) dos machos de *Cardisoma guanhumi*. 65
- Figura 6: Histograma de distribuição mensal dos estágios macroscópicos de maturação gonadal das fêmeas *Cardisoma guanhumi*. 66
- Figura 7: Variação mensal dos índices gonadosomático (GSI) e hepatossomático (HSI) das fêmeas *Cardisoma guanhumi*. (Box: média±erro padrão). 67
- Figura 8: Variação dos índices gonadosomático e hepatossomático entre os estágios de maturação gonadal das fêmeas de *Cardisoma guanhumi*. (letras normais = Natal; letras em itálico = Extremoz; letras diferentes indicam diferenças significativas entre os estágios de maturação (ANOVA Fatorial, post-hoc - Bonferroni)). (Box: média±erro padrão). 68

CAPÍTULO 3

- Figura 1: Proporção sexual de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* por classe de tamanho (LC- largura da carapaça), amostrados no manguezal do rio Potengi, Brasil, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. * Indica significância estatística (χ^2 , $p \leq 0,05$). 82
- Figura 2: Histograma de frequência de tamanho de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. 83
- Figura 3: Curva da maturidade sexual das fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. 83
- Figura 4: Histograma da frequência de tamanho de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. 84
- Figura 5: Distribuição mensal dos juvenis de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. (As letras acima das barras correspondem aos grupos de acordo com a abundância – χ^2 teste). 84

Figura 6: Padrão de coloração da carapaça de amostras de *C. guanhumi* coletados no manguezal do rio Potengi, Brasil, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2011. (padrão de coloração 1 (a), padrão de coloração 2 (b), padrão de coloração 3 (c), padrão de coloração 4 (d)). Escala de 5 centímetros. 86

CAPÍTULO 4

Figura 1: Localização geográfica das áreas de amostragem de *C. guanhumi*. 98

Figura 2: Fotomicrografias dos componentes germinativos e somáticos dos ovários das fêmeas de *C. guanhumi* em diferentes estágios de maturação. d, imaturo; e, em maturação; f, maduro; g, em desova; h, em repouso; OO, oogônias; OPV, oócito pré-vitelogênico; OV, oócito vitelogênico; OM, oócito maduro (b, c e f); CF, células foliculares; GV, grânulos de vitelo; N, núcleo; PG, parede da gônada; OA, oócito atresico. Escala da barra 50 µm. 101

Figura 3: Fotomicrografias dos componentes germinativos e somáticos do sistema reprodutivo dos machos de *C. guanhumi* em diferentes estágios de maturação. a e b, imaturo; c, em maturação; d, f, g e h; maduro; a, VDA; e, testículo; g, VDP; h, VDM; EPG, espermatogônia; EPC, espermatócito; EPT_i, espermátide inicial; EPT_f, espermátide final; EPZ, espermatozoa; EPH, espermatóforo; EPTc, epitélio cúbico; EPTe, epitélio escamoso; L, lúmen; CB, células basais; MP, matriz protéica; ME, matriz espermatofórica; PM, parede muscular. Escala da barra 50 µm. 103

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL

Tabela 1: Produção total estimada, preço médio e valor total da produção de caranguejos (<i>Ucides cordatus</i> e <i>Cardisoma guanhumi</i>) no Estado do Rio grande do Norte do ano de 1999 até 2006.	20
--	----

CAPÍTULO 1

Tabela 1: Resultado da análise de variância Kruskal-Wallis entre áreas e anos amostrados de machos e fêmeas de <i>Cardisoma guanhumi</i> amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012.	37
Tabela 2: Resultado geral da análise de GLM para o peso esperado de <i>C. guanhumi</i> (modelo gama com função de ligação Log).	40
Tabela 3: Valores mínimos, máximos, média, desvio padrão das variáveis ambientais e de abundância nas áreas amostradas.	43
Tabela 4: Valores mínimos, máximos, média, desvio padrão da abundância de tocas em função da quantidade de cobertura vegetal.	43

CAPÍTULO 2

Tabela 1: Tamanho de primeira maturidade sexual de <i>C. guanhumi</i> encontrado por diversos autores e na legislação existente no Brasil. (F, fêmeas; M, machos; ND, não determinado).	64
Tabela 2: Valores mínimos, médios (DP) e máximos da largura da carapaça (LC) dos estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos de <i>Cardisoma guanhumi</i>	66

CAPÍTULO 3

Tabela 1: Resultado na análise de variância Kruskal-Wallis para testar as diferenças do tamanho médio dos padrões de coloração de <i>C. guanhumi</i> , coletados no manguezal do rio Potengi, Brasil, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2011 (n = número de indivíduos, SE – erro padrão, Min = mínimo, Máx = máximo) (valores com pelo menos uma letra em comum não diferem estatisticamente (ANOVA Kruskal-Wallis, post-hoc – Mann-Whitney; $\alpha = 0.05$)).	86
---	----

CAPÍTULO 4

Tabela 1: Descrição das características macroscópicas e microscópicas dos estágios de maturação gonadal de fêmeas e machos de <i>C. guanhumi</i>	104
--	-----

ANEXO

CAPÍTULO 1

Anexo 1: Padrões de crescimento relativo das relações morfométricas para machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. (n = número de indivíduos; R^2 = coeficiente de determinação; AN – nível alométrico (0 – Isometria, + alometria positiva, - alometria negativa); *g.l.* – graus de liberdade; F e *p* – valores estatísticos da ANCOVA). 53

SUMÁRIO

Resumo geral	07
Abstract	08
Lista de figuras	09
Lista de tabelas	12
Lista de anexo	13
1. INTRODUÇÃO GERAL	15
1.1. Situação das populações dos caranguejos de mangue	15
2. OBJETIVO GERAL	21
2.1. Objetivos específicos	21
3. HIPÓTESES	22
4. ÁREAS DE ESTUDO	23
5. METODOLOGIA GERAL	26
6. CAPÍTULOS	29
6.1. Capítulo 1: Impacto da pressão de pesca na biologia populacional de <i>C. guanhumi</i> Latreille, 1828 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade) no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.	29
6.2. Capítulo 2: Biologia Reprodutiva de <i>Cardisoma guanhumi</i> Latreille, 1828 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade) em duas áreas de manguezal no Nordeste do Brasil sob diferentes intensidades de captura.	55
6.3. Capítulo 3: Biologia populacional e padrões de coloração de <i>Cardisoma guanhumi</i> Latreille, 1828 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade) em um manguezal no Nordeste do Brasil.	76
6.4. Capítulo 4: Desenvolvimento gonadal de <i>Cardisoma guanhumi</i> Latreille, 1828 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade).	97
7. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO GERAL	110
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Situação das populações dos caranguejos de mangue

Estudos sobre a dinâmica populacional e reprodutiva de espécies que são exploradas pela pesca são de fundamental importância, uma vez que estes parâmetros são a base para os estudos que determinam os tamanhos mínimos de captura, tamanho de primeira maturação sexual, períodos de defeso, taxas de crescimento e outros parâmetros importantes para o adequado manejo pesqueiro destas espécies (Aguilar *et al.*, 1995; Knuckey, 1996; Fonteles-Filho, 2011).

Devido à intensa exploração de espécies de invertebrados que são alvo da pesca no Brasil, em 2004 a espécie já aparece na lista divulgada pelo Ministério do Meio Ambiente entre as espécies que estão ameaçadas de extinção, sobreexploradas ou ameaçadas de sobreexploração (MMA, 2004). Os crustáceos presentes nesta lista são objetos da pesca artesanal e/ou industrial há muitos anos, e este consumo intensivo resultou em uma contínua diminuição dos estoques e redução do tamanho dos espécimes, como é o caso dos caranguejos de mangue (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828, o guaíamum e *Ucides cordatus* Linnaeus (1763), o caranguejo-uçá) (Amaral e Jablonski, 2005). Em 2012 foi divulgada uma nova lista das espécies com risco de extinção da fauna brasileira (Subirá *et al.*, 2012) e o guaíamum já aparece como espécie Criticamente em Perigo (CR).

Existem vários fatores que contribuem para as alterações no tamanho das populações e redução populacional, entre eles estão a sobrepesca e a captura seletiva, fatores estes que são acentuados em função da destruição das áreas de manguezais, contribuindo de sobremaneira para a não recuperação dos estoques (Vannucci, 1999; Amaral e Jablonski, 2005). Outro fator que colabora para aumentar a vulnerabilidade

destas espécies é o crescimento lento e idade de maturação tardia (Jennings *et al.*, 1998; Jennings *et al.*, 1999).

A exploração pesqueira dos caranguejos de mangue ocorre há muitos anos no Brasil (Pinheiro e Fiscarelli, 2001; Diele e Koch, 2010). Oliveira (1946) já comentava sobre o comércio do caranguejo uçá (*U. cordatus*) e do guaíamum (*C. guanhumi*) vendidos em feiras e por vendedores ambulantes no Rio de Janeiro na década de 40.

Apesar das espécies *U. cordatus* e *C. guanhumi* apresentarem a mesma distribuição populacional ao longo do Atlântico Ocidental (Melo, 1996; Burggren e McMahon, 1988; Branco, 1991), *U. cordatus* é mais abundante e a quantidade de estudos relacionados a esta espécie principalmente no Brasil (Mota Alves, 1975; Alcântara-Filho, 1978; Castro, 1986; Branco, 1993; Diele, 2000; Nordhaus, 2004; Pinheiro *et al.*, 2005; Diele *et al.*, 2005; Diele e Smith, 2007; Nordhaus *et al.*, 2009; Diele *et al.*, 2010; entre outros) é proporcional a esta abundância quando comparada a espécie *C. guanhumi*.

A captura de *U. cordatus* é uma das atividades mais antigas de extrativismo nos manguezais e muitas comunidades tradicionais sobrevivem dessa prática (Pinheiro e Fiscarelli, 2001). Hoje é um recurso com importância na escala comercial no Brasil (Diele, 2000; Jankowsky *et al.*, 2006; Saint-Paul, 2006; Castilho-Westphal *et al.*, 2008) e apesar do uso indiscriminado da “redinha”¹ que é proibida por lei no Norte e Nordeste do país (IBAMA, 2003) na captura de *U. cordatus*, a abundância desta espécie comparada ao *C. guanhumi* é consideravelmente superior.

¹ “redinha”: apetrecho utilizado na captura do caranguejo *U. cordatus*. Confeccionado com a utilização de sacos de plásticos de fios de nylon branco que são desfiados e fixados na entrada das tocas (Botelho *et al.*, 2000).

As duas espécies possuem a mesma distribuição no Atlântico Ocidental, porém elas habitam áreas diferentes. Enquanto o *U. cordatus* é encontrado na região do manguezal que é constantemente inundada pela maré (Bright e Hogue, 1972) o *C. guanhumi* constrói suas galerias acima da linha da preamar (Melo, 1996), em áreas adjacentes ao ecossistema de manguezal, denominada “apicuns” (Schaeffer-Novelli, 1989). É importante destacar que esta região normalmente é utilizada para construção de salinas, fazendas para cultivo de peixes e crustáceos e construção de áreas para extração de petróleo (Vannucci, 1999; Duarte *et al.*, 2008), comprometendo a abundância desta espécie.

Estudos relacionados à exploração pesqueira de *C. guanhumi* são muito escassos. Os primeiros estudos sobre a espécie datam das décadas de 60 e 70 deste século e abordavam a biologia geral, importância econômica e estrutura das tocas (Gifford, 1962; Feliciano, 1962; Herreid e Gifford, 1963; Taissoun, 1974; Henning, 1975). Nas décadas de 80 e 90 muitos autores se dedicaram a pesquisa dos aspectos fisiológicos da espécie (Burggren *et al.*, 1985; Wolcott e Wolcott, 1987; Burggren *et al.*, 1993). A partir da década de 80 e mais enfaticamente nos últimos cinco anos começaram a surgir alguns estudos com enfoque na exploração pesqueira e suas consequências em populações sujeitas à pesca intensiva (Lutz e Austin, 1983; Govender e Cuevas, 2008; Govender e Rodríguez-Fourquet, 2008; Rodríguez-Fourquet e Sabat, 2009; Carmona-Suárez, 2011; Forsee e Albrecht, 2012).

No Brasil, Oliveira (1946) reporta os primeiros dados acerca da biologia e pesca da espécie, porém relatos sobre sua exploração e produção pesqueira são muito escassos. Estudos publicados em boletins estatísticos pelo Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste – CEPENE / IBAMA (CEPENE, 2000; 2001; 2002;

2003; 2006) trazem os dados de produção da espécie, porém os mesmos estão vinculados aos dados da produção do *U. cordatus* e não refletem a realidade para *C. guanhumi*.

Ainda existe uma enorme carência de informações sobre o guaiamum no Brasil. Os trabalhos relacionados à biologia e/ou ecologia da espécie foram publicados com maior incidência a partir do ano de 2001 (Botelho *et al.*, 2001; Silva e Oshiro, 2002; Botelho *et al.*, 2009; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2008a; 2008b; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2011a; 2011b; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2012; Firmo *et al.*, 2012).

O caranguejo *Cardisoma guanhumi* (guaiaumum) é facilmente encontrada em mercados e feiras livres no litoral nordestino (Botelho *et al.*, 2001) e faz parte da culinária típica da região (Oshiro *et al.*, 1999). Possui o maior valor de mercado em relação às demais espécies de braquiúros comercializados (US\$ 1,60 a 3,20 por unidade) (Silva, 2006; Firmo *et al.*, 2012). Esta demanda levou a má utilização deste recurso (Amaral e Jablonski, 2005; Firmo *et al.*, 2012), acarretando diminuição no tamanho de primeira maturação sexual e do estoque populacional (Botelho *et al.*, 2001; Firmo *et al.*, 2012). Diante desta realidade, medidas foram tomadas recentemente (IBAMA, 2006), visando um melhor gerenciamento pesqueiro da espécie e diminuição da atividade predatória. Entretanto estas medidas parecem não estar surtindo efeito nas áreas onde a espécie é capturada comercialmente (Firmo *et al.*, 2012; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2012).

Com relação à produção do crustáceo no estado do Rio Grande do Norte (RN), verifica-se um decréscimo na produção (CEPENE, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006). Os dados da produção pesqueira do Nordeste estão disponibilizados a

partir de 1999 até 2006 (Tabela 1) e os dados de produção de caranguejos englobam o caranguejo-uçá e o guaiamum.

Apesar dos levantamentos estatísticos do IBAMA serem confusos, o que se observa, através dos dados e em conversas com pescadores é a redução na produção do crustáceo e um aumento considerável no valor médio pago por quilo. Apesar do percentual total da produção de caranguejos no Estado do RN não alcançar 1 % do total dos recursos pesqueiros comercializados, o valor total da produção em 2006 ultrapassou os 450.000,00 reais no ano, porém não é divulgado o número de pescadores envolvidos nesta atividade econômica.

Os pescadores ou catadores de caranguejos como são mais conhecidos, normalmente são pessoas marginalizadas, com poucos recursos econômicos e pouco conhecidos entre os outros pescadores artesanais, apesar disto, este grupo resiste à degradação ambiental e a falta de incentivos governamentais (Nordi, 1992). Em 2011 foi lançado o Plano Nacional de estão e uso sustentável do caranguejo-uçá, guaiamum e siri azul visando à preservação e a conservação destas espécies (Neto, 2011). Entre as propostas está à criação de um seguro defeso, o que poderia resolver o problema da pesca indiscriminada dos indivíduos durante o período reprodutivo, uma vez que os ganhos com a atividade não superariam o valor pago pelo seguro.

Diante de toda a problemática, atual situação de vulnerabilidade e escassez de trabalhos com a espécie, estudos imediatos que levem a um melhor entendimento da biologia da espécie, principalmente no que diz respeito a sua dinâmica populacional e reprodutiva se fazem necessários, visando uma exploração e manejo sustentável deste importante recurso pesqueiro tão ameaçado.

Tabela 1: Produção total estimada, preço médio e valor total da produção de caranguejos (*Ucides cordatus* e *Cardisoma guanhumi*) no Estado do Rio grande do Norte do ano de 1999 até 2006.

ANO	PRODUÇÃO (toneladas/ano)	PREÇO MÉDIO (reais / quilo)	VALOR TOTAL DA PRODUÇÃO (reais)
1999	345,5	1,54	531.584,62
2000	104,9	1,50	157.470,00
2001	78,1	1,78	139.130,35
2002	131,5	2,33	306.130,35
2003	124,9	2,53	315.636,41
2004	143,9	2,82	406.337,12
2005	120,5	3,2	379.315,00
2006	115,8	3,94	456.252,00

Assim, o primeiro capítulo desta tese foi investigado o efeito de uma pesca intensiva nos parâmetros populacionais da espécie. Comparando duas áreas com diferentes pressões de captura, uma área situada no estuário do rio Potengi (Natal) dentro das instalações da Base Naval de Natal (RN), de acesso restrito o que possibilitou a caracterização de uma população com baixo impacto de captura. E outra área situada no município de Extremoz que se caracteriza pela intensa captura e comercialização da espécie.

O segundo capítulo abordou o efeito de uma pesca intensiva nos parâmetros reprodutivos da espécie. Comparando as duas áreas com diferentes pressões de captura.

No terceiro capítulo abordou a biologia populacional desta espécie no estuário do rio Potengi. Além de abordar pela primeira vez para a espécie as relações existentes entre os padrões de coloração da carapaça, com o tamanho e os estágios de desenvolvimento gonadal. A espécie possui quatro padrões de coloração conhecido e existem apenas dois estudos publicados relacionados a este tema (Gifford, 1962; Silva e Oshiro, 2002).

Visando contribuir para o entendimento da dinâmica reprodutiva da espécie, no capítulo 4 foi descrito o desenvolvimento gonadal macroscópico e microscópico de machos e fêmeas de *C. guanhumi*, com o objetivo de caracterizar todo o processo reprodutivo da espécie.

2. OBJETIVO GERAL

Este estudo teve como objetivo determinar os principais parâmetros da biologia populacional e reprodutiva da espécie *Cardisoma guanhumi*, e comparar estes parâmetros em duas áreas de manguezal com diferentes pressões de captura no Estado do Rio Grande do Norte, gerando informações para a criação de medidas de manejo e monitoramento pesqueiro, bem como o controle e fiscalização do uso deste recurso.

2.1. Objetivos específicos

✓ Capítulo 1

- Determinar a estrutura populacional em comprimento e peso de *C. guanhumi* e comparar estes resultados entre as duas áreas amostradas;
- Determinar a proporção sexual de *C. guanhumi* e comparar estes resultados entre as duas áreas amostradas;
- Determinar o tipo de crescimento relativo *C. guanhumi* e comparar estes resultados entre as duas áreas amostradas;
- Determinar abundância por metro quadrado de *C. guanhumi* e comparar estes resultados entre as duas áreas amostradas;
- Determinar os parâmetros ambientais nas duas áreas amostradas.

✓ Capítulo 2

- Verificar o percentual de indivíduos juvenis e adultos de *C. guanhumi* nas duas áreas amostradas;

- Determinar o comprimento de primeira maturação gonadal e morfométrica de *C. guanhumi* e comparar os resultados nas duas áreas amostradas;
- Verificar se existem diferenças ontogenéticas em fêmeas e machos de *C. guanhumi*;
- Determinar a distribuição mensal dos estágios de maturação gonadal e comparar os resultados nas duas áreas amostradas;
- Determinar o índice gonadosomático e hepatossomático;
- Determinar a fecundidade das fêmeas e comparar os resultados nas duas áreas amostradas.

✓ **Capítulo 3**

- Determinar a proporção sexual de machos e fêmeas;
- Verificar a distribuição da largura da carapaça por classe de tamanho;
- Determinar o comprimento de primeira maturação sexual das fêmeas;
- Verificar a distribuição mensal dos indivíduos juvenis;
- Determinar os padrões de coloração da carapaça e correlacioná-los com estágio de maturação e tamanho dos indivíduos.

✓ **Capítulo 4**

- Verificar se os estágios macroscópicos de maturação gonadal corroboram com os estágios microscópicos de maturação gonadal.

3. HIPÓTESES

✓ **Capítulo 1**

- a) A captura intensiva afeta os parâmetros reprodutivos de *C. guanhumi*, causando efeitos significativos sobre o tamanho de maturidade sexual

gonadal e morfométrica, sobre os índices gonadossomático e hepatossômico e sobre a fecundidade das fêmeas.

✓ **Capítulo 2**

- (a) A captura intensiva afeta os parâmetros populacionais de *C. guanhumi*, causando efeitos significativos sobre o tamanho, peso, variáveis morfométricas, proporção sexual e abundância dos indivíduos.

✓ **Capítulo 3**

- a) A proporção sexual difere de acordo com a classe de tamanho;
- b) A largura da carapaça e o crescimento diferem entre os sexos e entre os períodos estudados;
- c) Existe um período de recrutamento definido ao longo do ano;
- d) O padrão de coloração da carapaça reflete diferenças no tamanho de juvenis e adultos.

✓ **Capítulo 4**

- (a) Os estágios macroscópicos de desenvolvimento gonadal corroboram a análise microscópica.

4. ÁREAS DE ESTUDO

Os caranguejos foram capturados em duas áreas adjacentes ao ecossistema de manguezal. Uma localizada no município de Natal e outra no município de Extremoz (Fig. 1).

A cidade de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, está situada na margem direita da região estuarina do Rio Potengi próximo à desembocadura. Os limites transversais são definidos em direção ao mar pela plataforma continental interna

e em direção ao continente até a zona limite da influência das marés nos estuários e limite da migração das dunas.

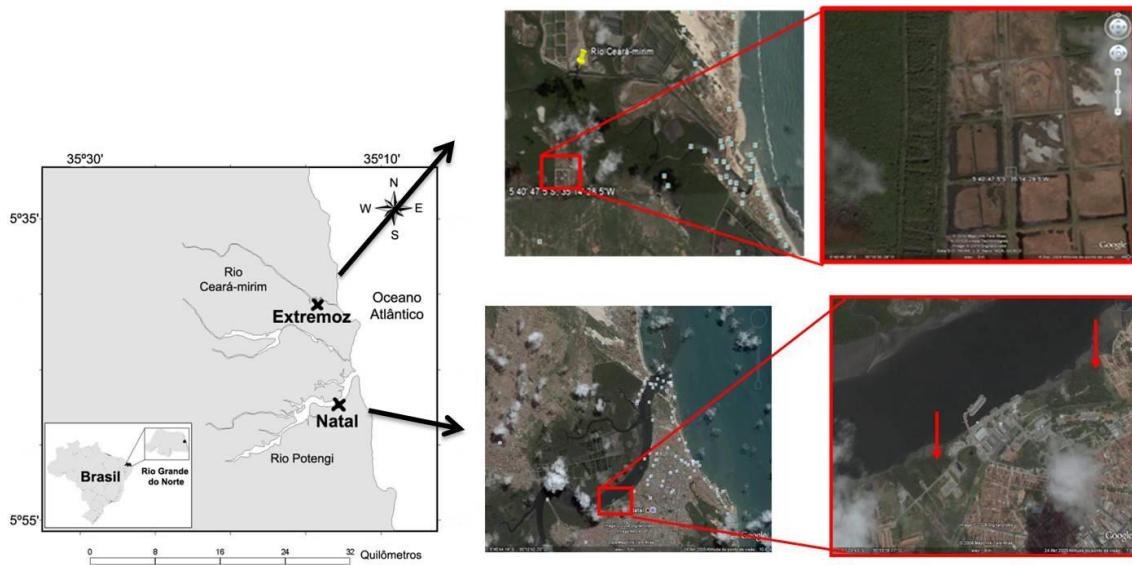


Figura 1: Localização geográfica das áreas de estudo no estuário do rio Potengi (Natal/RN - BPC) e do rio Ceará-mirim (Extremoz/ RN - APC).

O estuário do Rio Potengi, com 20 Km de extensão, assemelha-se a uma grande enseada. O rio Jundiá é seu principal contribuinte da margem direita e o rio Doce, na margem esquerda. É um estuário com influência tipicamente marinha, onde a ação das marés penetra com vazões que variam de 5.000 até 20.000 m³/s, contribuindo com volumes d'água (prisma de maré) de até 32.910.000 m³. Portanto, com essa total predominância das águas oceânicas temos um estuário do tipo homogêneo, com salinidades maiores em direção à foz, e praticamente as mesmas da superfície ao fundo (principalmente na preamar). A circulação estuarina apresenta um comportamento nitidamente regulado pela ação das marés, enquanto o vento, fator predominante na circulação costeira, tem um papel secundário, com atuação restrita a área próxima à desembocadura (Pires, 2000; Cunha, 2004).

Estudos dos componentes sedimentológicos do Estuário Potengi indicam uma cobertura sedimentar relíquia, predominantemente arenosa e oriunda de diferentes fontes de suprimento, como: eólica, marinha e fluvial (Cunha, 2004).

Em relação à qualidade ambiental, os resultados obtidos permitem concluir que, apesar dos pontos críticos de poluição, o Estuário do Potengi, ao contrario de ecossistemas semelhantes, pelas suas características hidrogeoquímicas, tem uma grande renovação de água, o que evita uma concentração crítica de poluentes em seu corpo d'água (Cunha, *Op cit*).

A área de coleta situou-se dentro da Base Naval de Natal (BNN), que por ser uma área com entrada restrita, a população de guaiamum nessa região ainda encontra-se de certa forma preservada, sendo possível encontrar uma estrutura populacional completa, desde indivíduos jovens até adultos, uma vez que amostrar as classes de tamanho com uma maior amplitude possível é de fundamental importância em estudos populacionais.

O município de Extremoz está situado na mesoregião Leste Potiguar, possui uma área de abrangência de 135 Km² e está a 20 km da capital do Estado do RN. O município possui um clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono, período chuvoso de março a julho. A temperatura média anual fica em torno de 25,6°C e umidade relativa média anual de 72% (CPRM, 2005).

O município de Extremoz possui 49,45% de seu território inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Ceará-Mirim (Figura 5) (CPRM, 2005). O estuário do Rio Ceará Mirim, localizado entre os municípios de Extremoz e Ceará Mirim, no litoral oriental potiguar, com coordenadas 05 26' e 05 38' S e 35° 14' e 35° 34' W. A geologia

é composta pela formação barreiras, depósitos de mangue, depósitos eólicos litorâneos de paleodunas e depósitos litorâneos de praia e dunas móveis. Já a geomorfologia da área é formada por dunas móveis e fixas, planície de inundação fluvial e planície flúvio-marinha, tabuleiros e praias. Em relação a vegetação natural encontramos mangues, matas e vegetação de duna (IDEMA, 2004).

Nos últimos anos o estuário do Rio Ceará Mirim vem sendo ocupado de forma mais intensa por atividades humanas, com destaque para ocupação urbana com o turismo, a agricultura e a carcinicultura.

A área onde foi realizada a coleta caracteriza-se pela intensa exploração pesqueira (alta pressão de captura – APC) da espécie, sendo os caranguejos comercializados em cordas de 10 indivíduos ou armazenados em tanques a disposição dos compradores que podem escolher de acordo com o tamanho (pequeno, médio ou grande) e também são fornecidos aos restaurantes da Cidade do Natal.

5. METODOLOGIA GERAL

Foram realizadas coletas mensais nas duas localidades entre fevereiro de 2010 e janeiro de 2012. Foram utilizadas 50 armadilhas confeccionadas com canos de PVC de 100 mm de diâmetro e de 40 mm de diâmetro em ambas as áreas (Fig. 2). As coletas iniciavam-se às 9 horas da manhã e se estendiam até às 17 horas da tarde, com intervalos de despesca de 1 hora e meia, as armadilhas onde havia caranguejos eram despescadas e armadas novamente.

Os exemplares coletados serão transportados vivos em sacos de nylon até o Laboratório de Biologia Pesqueira da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, onde serão mantidos sob congelamento até serem analisados.

No laboratório após a determinação do sexo, os indivíduos serão mensurados, com o auxílio de um paquímetro manual de precisão de 0,01mm e pesados em balança digital, com precisão de 0,5 gramas



Figura 2: Armadilhas utilizadas para a captura dos guaiamuns.

Posteriormente os animais foram dissecados para a análise macroscópica das gônadas, onde verificou-se coloração, consistência e espessura das gônadas. Após a análise macroscópica as gônadas foram pesadas e posteriormente as gônadas que foram submetidas à técnica histológica foram fixadas em solução de Davidson e depois preservadas em álcool 70%.

As medidas morfométricas geralmente usadas para braquiúros que foram utilizadas neste trabalho são: largura da carapaça – LC (Distância máxima na região anterior da carapaça à altura do primeiro par de pereópodos); comprimento da carapaça – CC (Distância entre o rostro e a porção posterior da carapaça); altura da carapaça – AC (Distância do abdômen até a parte mais alta do dorso do animal); largura do abdome – LA (Distância da base do 5o. seguimento abdominal); comprimento do própodo do quelípodo maior – CMQ; largura do própodo do quelípodo maior – LMQ; Comprimento do gonopódio – CG (para os machos) (Fig. 3).

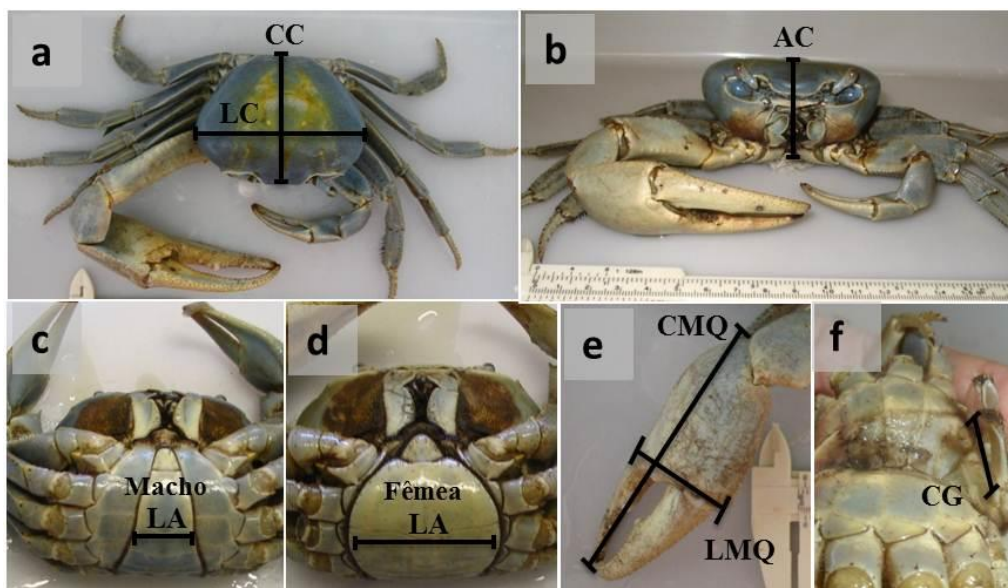


Figura 3: *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1828), medidas morfométricas (a – LC e CC; b – AC; c – LA (macho); d – LA (fêmea); e – CMQ e LMQ; f – CG).

Para a determinação da salinidade dentro da toca foi utilizado uma mangueira flexível de borracha de 0,8 cm de diâmetro (Fig. 4a) para a retirada da água armazenada no fundo da toca. Para a determinação da abundância foram utilizados quadrantes de 1m x 2 m, todas as tocas dentro da área eram contadas e posteriormente era determinado o número de tocas por metro quadrado (indivíduos/m²) (Fig. 4b).



Figura 4: Metodologia de amostragem dos quadrantes (a) e de coleta de água para a salinidade (b).

6. CAPÍTULOS

6.1. Capítulo 1: Impacto da pressão de pesca na biologia populacional de *C. guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade) no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil

RESUMO

Com o intuito de avaliar o efeito do impacto da pressão de pesca nos parâmetros populacionais de *Cardisoma guanhumi*, foram amostradas duas áreas com diferentes pressões de captura, em dois anos consecutivos (2010-2011; 2011-2012). Um total de 3670 caranguejos foi coletado, 1837 caranguejos na área de baixa pressão de captura – BPC (Natal) e 1833 na área de alta pressão de captura – APC (Extremoz). Os resultados revelaram que existem diferenças significativas entre as duas áreas analisadas, com maiores médias de tamanho, peso e variáveis morfométricas na área onde a captura de indivíduos é baixa (BPC), tanto para os machos quanto para as fêmeas, além dos indivíduos desta área alcançarem maiores amplitudes e abundâncias. A análise da proporção sexual revelou que existe uma maior abundância de machos nas classes de maior tamanho da distribuição na área de BPC e de fêmeas na área de APC. Diante dos resultados encontrados, fica evidente que os efeitos de uma pesca intensiva afetam diretamente os parâmetros da população, resultando em comprimento, peso e abundância significativamente menor na área sobreexplorada (APC).

Palavras-chave: Caranguejo semi-terrestre, pesca intensiva, estrutura populacional, crescimento relativo.

Artigo será submetido à revista Invertebrate Biology.

INTRODUÇÃO

Existem hoje várias espécies de crustáceos sobreexplotadas ou ameaçadas de sobreexploração no Brasil devido principalmente a pesca intensiva, acarretando uma contínua diminuição dos estoques e redução do tamanho dos espécimes, como é o caso dos caranguejos de mangue (*Cardisoma guanhumi* e *Ucides cordatus*), lagostas (*Panulirus argus* e *P. laevicauda*), camarões (*Farfantepenaeus brasiliensis*, *F. paulensis* e *F. subtilis*; *Litopenaeus schmitti* e *Xyphopenaeus kroyeri*) e uma espécie de siri (*Callinectes sapidus*) (MMA, 2004).

As alterações no tamanho das populações e dos espécimes podem ser atribuídas à sobrepesca e à captura seletiva e, para os caranguejos de mangue, podem ser ainda acentuadas em função da destruição das áreas de manguezais, fatores que em conjunto contribuem sobremaneira para a não recuperação dos estoques (Botelho *et al.*, 2001; Amaral e Jablonski, 2005) e que resultaram na atual classificação da espécie como Criticamente em Perigo (Subirá *et al.*, 2012).

O impacto da pressão de pesca exercido sobre um recurso pesqueiro reflete mudanças em sua dinâmica populacional (Alcântara-Filho, 1988). Hoje vários estudos mostram uma significativa redução no tamanho de primeira captura do siri azul, *Callinectes danae* (Smith, 1869), o qual, de acordo com a legislação vigente no Brasil possui um tamanho mínimo de captura de 12 cm. Entretanto, hoje os estudos apontam valores variando entre 6,2 cm e 9,4 cm (Branco e Thives, 1991; Medeiros e Oshiro, 1992; Branco e Masunari, 2000; Barreto *et al.*, 2006; Furia *et al.*, 2008; Araújo *et al.*, 2011), e em alguns estudos recentes a amplitude máxima que a espécie vêm sendo capturada não ultrapassa os 12-13 cm (Keunecke *et al.*, 2008).

O caranguejo semi-terrestre *Ucides cordatus* é outra espécie de grande importância ambiental e socioeconômica no nordeste do Brasil que vêm mostrando redução no tamanho médio (Diele, 2000; Jankowsky *et al.*, 2006). Isso se deve principalmente devido ao uso indiscriminado da “redinha” e ao aumento no número de catadores (Castilho-Westphal *et al.*, 2008). Em trabalhos realizados na década de 70 e 80 na região nordeste a espécie possuía um tamanho médio de largura de carapaça variando de 5,19 cm a 6,91 cm (Pinheiro *et al.*, 2005). Entretanto, nos últimos anos os estudos já apresentaram uma redução no tamanho médio, com indivíduos variando de 3,8 cm a 4,88 cm (Vasconcelos, 2008; Farias, 2009; Castiglioni e Coelho, 2011). A mesma situação foi reportada por Gondim e Araújo (1996), os quais citam uma redução significativa no tamanho de *U. cordatus* capturado nos manguezais da região Norte do Brasil.

Os estudos com a espécie *C. guanhumi* também mostram a mesma tendência de redução de tamanho, tanto no Brasil como em outros países aonde a espécie vêm sofrendo os efeitos da pesca intensiva (Botelho *et al.*, 2001; Rodríguez-Fourquet e Sabat 2000; Firmo *et al.*, 2012)

Dentre os países onde a espécie ocorre e possui grande importância econômica, além do Brasil, destacam-se Porto Rico (Feliciano 1962; Rodríguez-Fourquet e Sabat 2009), Venezuela (Taisoun, 1974) e várias ilhas Caribenhas (Wolcott, 1988).

Em Porto Rico a espécie tem sido capturada intensivamente desde a década de 60, onde o comprimento médio dos caranguejos mais abundantes variava entre 7,5 e 8,4 cm (Feliciano, 1962). Por outro lado, em estudo realizado quatro décadas depois por Rodríguez-Fourquet e Sabat (2009), o comprimento médio atingiu somente 5,76 cm,

ficando constatado que esta redução de tamanho estava diretamente relacionada à intensa exploração da espécie neste país.

Entre os caranguejos semi-terrestres comercializados no Nordeste Brasileiro *C. guanhumi* é a espécie que alcança maior tamanho (Fausto-Filho, 1968) e possui maior valor comercial (US\$ 1,60 a 3,20 por unidade) (Silva, 2006; Firmo *et al.*, 2012) comparado ao caranguejo de mangue mais abundante e comercializado, *Ucides cordatus* (US\$ 0,12 a 0,60 por unidade) (Pinheiro *et al.*, 2005; Silva, 2006; Castilho-Westphal *et al.*, 2008; Farias, 2009). Botelho *et al.* (2001) analisando os aspectos populacionais do *C. guanhumi* também na região Nordeste, observaram um comprimento de primeira maturação fisiológica de 3,55 cm, valor consideravelmente inferior a 6 cm, estabelecido como comprimento mínimo de captura na legislação vigente no país (IBAMA, 2006), o que indica uma intensa exploração do recurso. Por outro lado, Shinozaki-Mendes (2008) analisando a espécie também na região Nordeste, encontrou valores de primeira maturação gonadal (5,87 a 6,22 cm) próximos ao tamanho de captura definido na legislação brasileira.

Apesar de sua importância econômica, a estrutura populacional e ecologia de caranguejos terrestres geralmente não são bem conhecidas, prejudicando assim o desenvolvimento de estratégias efetivas de manejo. O grande tamanho alcançado, crescimento lento, maturidade tardia, entre outros aspectos da sua biologia, contribuem para a alta vulnerabilidade por exploração (Jennings *et al.*, 1999; Diele *et al.*, 2005)

Neste sentido, considerando-se a pesca intensiva de grande parte dos crustáceos explorados economicamente no Brasil, este estudo teve como objetivo de avaliar o efeito da pressão da pesca nos principais parâmetros da biologia populacional de *C. guanhumi* no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.

Este trabalho testa a hipótese que a captura intensiva afeta os parâmetros populacionais de *C. guanhumi*, causando efeitos significativos sobre o tamanho, peso, variáveis morfométricas, proporção sexual e abundância dos indivíduos.

MATERIAL DE MÉTODOS

Áreas de estudo

As duas áreas de coletas estão situadas no Estado do Rio Grande do Norte na região Nordeste do Brasil. A primeira área de coleta, denominada de baixa pressão de captura (BCP) está localizada nas coordenadas: lat. 5°47'22,8"S – long. 35°13'W e lat. 5°47'29,5"S – long. 35°13'W, às margens do estuário do rio Potengi (município de Natal - RN), em área militar, com acesso restrito. A outra área de coleta localiza-se no município de Extremoz (RN) nas coordenadas: lat. 5°26'S e long. 35°14'W – lat. 5°38'S e long. 35°34' W, às margens do rio Ceará-mirim, denominada de alta pressão de captura (APC), com acesso irrestrito aos pescadores e intensa atividade de captura.

Metodologia

As coletas foram realizadas sem reposição dos indivíduos, mensalmente de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. Os espécimes foram coletados usando armadilhas cilíndricas com 40 mm de diâmetro (120 mm de comprimento) e 100 mm de diâmetro (250 mm de comprimento). No laboratório foi determinado sexo, peso total (PT) e as seguintes medidas foram mensuradas: largura da carapaça (LC), comprimento da carapaça (CC), altura do corpo (AC), largura do abdômen no 5ª segmento (LA), comprimento do própodo do maior quelípodo (CMQ) e comprimento do gonopódio (CG) (Baptista *et al.*, 2003).

Os estágios de maturação macroscópico das gônadas foram identificados quanto a sua coloração e tamanho em relação ao hepatopâncreas e cavidade cefalotorácica, segundo a escala proposta por Mota Alves (1975) para *U. cordatus* e adaptada para *C. guanhumi* por Botelho *et al.*, (2001). De acordo com esta escala, os indivíduos foram classificados em juvenis e adultos.

Para verificar diferenças nas larguras de carapaça e peso entre as populações (BPC e APC) foi utilizada a análise de variância não paramétrica ANOVA Kruskal-Wallis, uma vez que foram feitos testes *a priori* (teste de Kolmogorov e Smirnov e Levene) que determinaram a rejeição da hipótese de normalidade e homogeneidade das variâncias (Zar, 1999). Quando detectadas diferenças significativas, um teste de comparações múltiplas *a posteriori* foi aplicado aos resultados (Mann-Whitney, $\alpha=0.05$) (Zar, 1999).

Na análise da distribuição mensal da largura da carapaça e do peso, também foi constatada a não aderência dos dados à distribuição normal (teste de Kolmogorov e Smirnov) e a heterogeneidade na variância dos fatores (teste de Levene), utilizando-se então o teste de análise de variância não paramétrico de Kruskal-Wallis. Em caso de diferenças significativas aplicou-se o teste U de Mann-Whitney ($\alpha=0,05$) para comparação dois a dois (Zar, 1999).

Um modelo linear generalizado (GLM) (McCullagh e Nelder, 1989) foi utilizado para verificar a relação do peso com as variáveis categóricas e quantitativas, também foram testadas algumas interações entre as variáveis para machos e fêmeas de *C. guanhumi* nas duas áreas amostradas (modelo gama com função de ligação Log). O nível de significância utilizado foi de 5% para identificação dos fatores, dos coeficientes e das interações estatisticamente significativos que explicam a variabilidade da variável

resposta do modelo GLM. O modelo proposto tem a seguinte estrutura em suas covariáveis (β é o termo intercepto):

$$Peso = \beta + local + sexo + ano + LC + CC + LA5 + local * sexo + ano * mês + sexo * mês.$$

Para verificar a existência de diferença significativa na proporção sexual em cada mês e em cada classe de largura de carapaça foi usado o teste qui-quadrado χ^2 ($\alpha=0,05$) (Zar, 1999).

A determinação do crescimento relativo da espécie foi verificada pela relação entre partes do corpo do animal (Hartnoll, 1982). Para as relações LCxCC, LCxAC, LCxCMQ, LCxCG e LCxLA, o tipo de crescimento foi estabelecido a partir do valor do coeficiente angular "b" da relação: $y = a+bx$ (Huxley, 1950), a isometria determinada por Kuris *et al.* (1987) e Pinheiro e Fransozo (1993). A relação LCxPT baseou-se na equação potencial ($y = ax^b$) (Huxley, 1950). As equações foram linearizadas ($\log y = \log a + b \log x$), onde a largura da carapaça (LC) foi utilizada como variável independente (x) e relacionada com as variáveis dependentes (y).

Para testar se as regressões de machos e fêmeas apresentaram diferenças entre as áreas e períodos foram realizadas análises de covariância ANCOVA ($p \leq 0,05$) utilizando os valores de largura da carapaça (LC) como covariante (Castiglioni e Negreiros-Fransozo, 2004).

Dados ambientais e de abundância foram coletados em cada área: temperatura na entrada da toca; salinidade dentro da toca e abundância de tocas (nº de tocas / m²). Como estas variáveis não apresentaram uma distribuição normal, os dados foram

transformados em Log_{10} e as diferenças analisadas através do teste t de Student (Zar, 1999).

Para a variável categórica cobertura vegetal foram determinadas três categorias baseadas na análise visual da quantidade de dossel acima do quadrante: pouca cobertura vegetal (0 a 10 %); moderada de cobertura vegetal (11 a 50 %); e muita cobertura vegetal (51 a 100%). Após a transformação dos dados (Log_{10}) foi realizado o teste ANOVA One-Way, no qual a abundância de tocas foi considerada a variável dependente e a quantidade de cobertura vegetal a variável independente. Quando detectadas diferenças significativas aplicou-se o teste de comparações múltiplas *a posteriori* (Bonferroni) (Zar, 1999).

RESULTADOS

Estrutura populacional em comprimento e peso

Dos 3.670 indivíduos coletados, foram capturados 1837 indivíduos na área BPC (Natal) e 1833 na área APC (Extremoz). No primeiro ano de amostragem (2010-2011) foram coletados na área BPC 477 machos (LC = 1,7 – 8,6 cm, média = 5,7; PT = 2,6 – 341 g; média = 104,1) e 482 fêmeas (LC = 1,7 – 8,0 cm, média = 5,6; PT = 2,0 – 236 g; média = 93,6); e na APC 455 machos (LC = 1,6 – 7,0 cm, média = 4,7; PT = 1,6 – 174 g; média = 54) e 504 fêmeas (LC = 1,7 – 7,0 cm, média = 4,7; PT = 2,3 – 160 g; média = 55,1).

No segundo ano de amostragem (2011-2012) na área de BPC foram coletados 472 machos (LC = 1,3 – 8,5 cm, média = 5,9; PT = 1,8 – 292 g; média = 115,3) e 406 fêmeas (LC = 2,1 – 8,0 cm, média = 5,7; PT = 5,0 – 261 g; média = 97,5); e na área de APC, 450 machos (LC = 1,7 – 6,5 cm, média = 4,5; PT = 3,0 – 149 g; média = 48,6) e 424 fêmeas (LC = 1,8 – 6,5 cm, média = 4,7; PT = 3,0 – 135 g; média = 51,9).

O resultado da análise de variância em função da largura da carapaça mostrou que existe diferença para os machos entre os anos na área BPC e entre as áreas, para as fêmeas ocorreu diferença só entre as áreas. Na análise em função do peso ocorreu diferença entre as áreas para ambos os sexos (tab. 1).

A análise do crescimento relativo revelou diferenças significativas entre as relações morfométricas na comparação entre as duas áreas (Anexo 1).

Tabela 1: Resultado da análise de variância Kruskal-Wallis entre áreas e anos amostrados de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012.

Variável	Sexo	Local/ano	ANOVA*	F	g.l.	p
Largura da carapaça (LC)	Machos	BPC ¹	a	733,3	3	0,000
		BPC ²	b			
		APC ¹	c			
		APC ²	c			
	Fêmeas	BPC ¹	a	603,8	3	0,000
		BPC ²	a			
		APC ¹	b			
		APC ²	b			
Peso total (PT)	Machos	BPC ¹	a	774,1	3	0,000
		BPC ²	a			
		APC ¹	b			
		APC ²	b			
	Fêmeas	BPC ¹	a	644,5	3	0,000
		BPC ²	a			
		APC ¹	b			
		APC ²	b			

¹ (2010-2011); ² (2011-2012); *ANOVA Kruskal-Wallis, teste *a posteriori* – Mann-Whitney; $\alpha = 0,05$; (Valores com pelo menos uma letra em comum não diferem estatisticamente).

A distribuição mensal da largura da carapaça diferiu entre as áreas em todos os meses dos dois anos amostrados, tanto para os machos (H=322,748; g.l.=1 e p=0,000) como para as fêmeas (H=292,450; g.l.=1 e p=0,000) (Fig. 1). Na análise do peso o

mesmo ocorreu para os machos ($H=348,588$; g.l.=1 e $p=0,000$) e para as fêmeas ($H=317,961$; g.l.=1 e $p=0,000$) (Fig. 2).

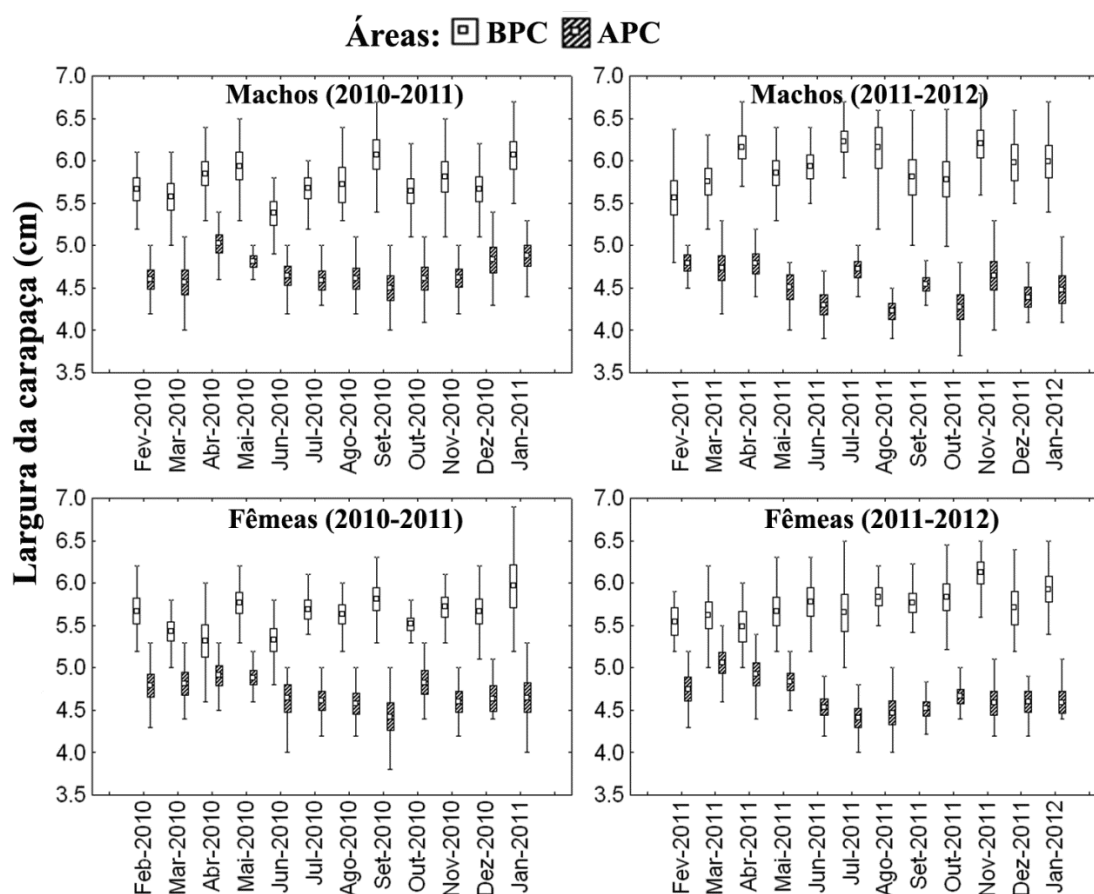


Figura 1: Distribuição mensal da largura da carapaça de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumis* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. (ANOVA Kruskal-wallis; teste *a posteriori*, U de Mann-Whitney - machos: $U=34759$; $Z=17.9$; $p = 0,00$; fêmeas: $U=45073$; $Z=17,1$; $p = 0,000$). (Box: média±erro padrão).

A distribuição por classe de comprimento mostra que os indivíduos coletados na área BPC alcançam maiores amplitudes e maior abundância nas classes de maior tamanho (Fig. 3). A classe modal para machos e fêmeas na área BPC no primeiro ano foi de 5,5-6,0 cm para ambos os sexos e no segundo ano foi de 6,0-6,5 cm para machos e 5,5-6,0 cm para fêmeas, já na área APC a classe modal para ambos os sexos nos dois anos analisados foi de 4,5-5,0 cm.

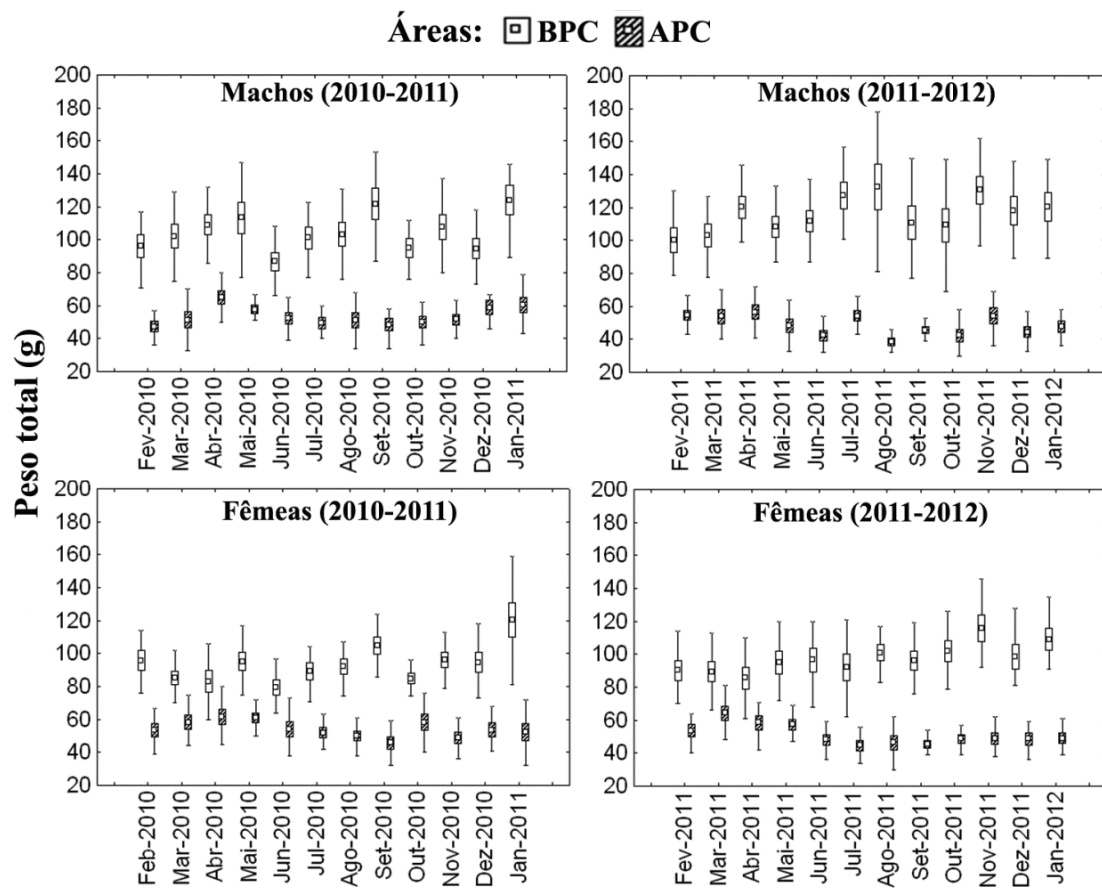


Figura 2: Distribuição mensal do peso de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumí* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN), de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. (ANOVA Kruskal-wallis; teste *a posteriori*, U de Mann-Whitney - machos: $U=31719$; $Z=18.6$; $p = 0.00$; fêmeas: $U=41761$; $Z=17.8$; $p = 0.000$). (Box: média±erro padrão).

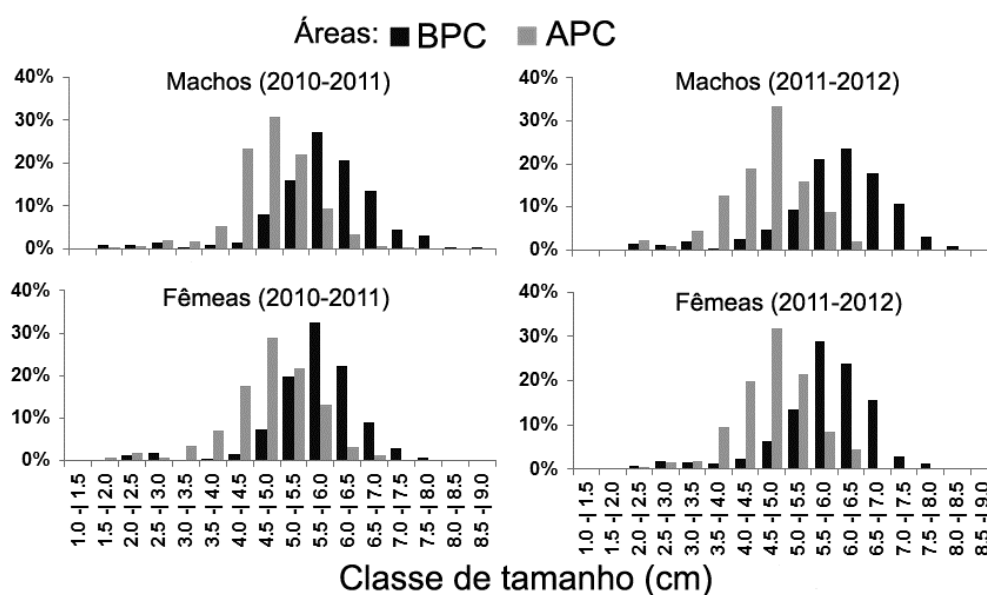


Figura 3: Histograma de frequência de comprimento de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumí* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN), de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012.

O resultado do modelo GLM incluiu variáveis categóricas (local e sexo), variáveis quantitativas (ano, mês, LC, CC, LA5) e interações (local * sexo, ano * mês, sexo * mês), revelando diferenças significativas do peso em função do local, sexo, ano, entre outros (Tabela 2). O modelo corrobora os resultados encontrados na análise de variância mostrados na figura 2, bem como, reforça as diferenças encontradas entre as duas áreas.

Tabela 2: Resultado geral da análise de GLM para o peso esperado de *C. guanhumí* (modelo gama com função de ligação Log).

Parâmetros	β	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)		p
			Inferior	Superior	
Intercepto	1,74085	0,06805	1,60746	1,87423	0,00000
Local (Extremoz - APC)	0,06208	0,03262	-0,00186	0,12601	0,05704
Local (Natal - BPC)	-	-	-	-	-
Sexo (Fêmea)	-0,28338	0,03179	-0,34570	-0,22107	0,00000
Sexo (Macho)	-	-	-	-	-
Ano	0,38930	0,04593	0,29927	0,47933	0,00000
LC	0,19352	0,04692	0,10156	0,28549	0,00004
CC	0,18701	0,05888	0,07161	0,30241	0,00149
LA5	0,26196	0,02197	0,21890	0,30501	0,00000
Local (APC) * Ano	-0,18898	0,02043	-0,22903	-0,14893	0,00000
Local (BPC) * Ano	-	-	-	-	-
Ano * Mês	-0,01104	0,00294	-0,01681	-0,00528	0,00017
Sexo (Fêmea) * Mês	0,00692	0,00467	-0,00223	0,01606	0,13821
Sexo (Macho) * Mês	0,01222	0,00466	0,00308	0,02136	0,00879

Proporção sexual

Na análise da proporção sexual mensal ocorreu diferença apenas na área BPC, em 4 dos 24 meses analisados. No primeiro ano de amostragem, no mês de fevereiro ($\chi^2_{\text{cal}} = 4,68$; $p \leq 0,05$) e nos meses de junho ($\chi^2_{\text{cal}} = 5,88$; $p \leq 0,05$), agosto ($\chi^2_{\text{cal}} = 6,94$; $p \leq 0,05$) e novembro ($\chi^2_{\text{cal}} = 9,72$; $p \leq 0,05$) do segundo ano de amostragem. Já na análise da proporção sexual por classe de comprimento nos dois anos analisados na área BPC apresentou diferença significativa (χ^2 , $p \leq 0,05$) nas classes periféricas, principalmente com uma maior abundância de machos nas maiores classes da distribuição. Para a área APC ocorreu diferença principalmente nas menores classes da distribuição com uma maior abundância de fêmeas (Fig. 4).

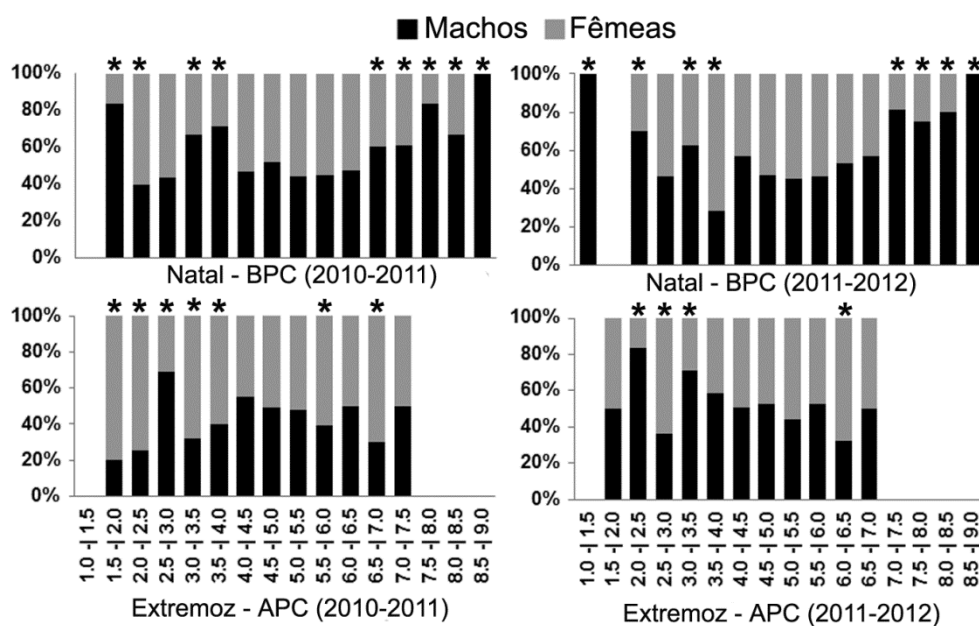


Figura 4: Proporção sexual de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN), de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. * Indica significância estatística (χ^2 , $p \leq 0,05$).

Crescimento relativo

Os resultados da análise do crescimento relativo mostram que a relação entre a LCxCC e LCxAC apresentou crescimento o tipo isométrico para ambos os sexos e anos amostrados. Já a relação LCxCMQ apresentou crescimento alométrico positivo para os machos e isométrico para as fêmeas (Anexo 1).

Já a relação entre as variáveis LCxPT apresentou crescimento alométrico negativo para ambos os sexos nos dois anos. Já a relação entre os caracteres sexuais LCxCG para machos e LCxLA para as fêmeas apresentou crescimento alométrico positivo em ambos os anos (Anexo 1).

A análise de covariância entre as retas de machos e de fêmeas considerando as áreas e anos amostrados, mostrou diferença significativa para os machos, exceto para LCxAC e LCxCG (primeiro ano). As fêmeas também apresentaram diferença significativa na maioria das relações, exceto para LCxCC (em ambos os anos) e LCxAC (primeiro ano) (Anexo 1).

Parâmetros ambientais e de abundância

Os parâmetros ambientais e de abundância mostraram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as áreas (Tab. 3 e 4). No que diz respeito à salinidade, apesar de haver diferença entre as áreas ambos os valores estão dentro da faixa de tolerância fisiológica para espécies estuarinas.

O teste t de Student mostrou que há diferença na abundância entre as áreas apenas para os quadrantes com moderada cobertura vegetal (Tab. 4).

Segundo a análise de variância entre a abundância de tocas e proporção de cobertura vegetal mostrou que existe diferença na área BPC ($F=3,912$; g.l.=2 e $p=0,027$) para os quadrantes com pouca cobertura e muita cobertura. Já na área APC não houve diferença entre os quadrantes ($F=0,218$; g.l.=2 e $p=0,804$). A maior abundância foi encontrada nos quadrantes com moderada cobertura vegetal para ambas as áreas, mostrando que os indivíduos podem apresentar uma preferência por locais intermediários, sem tanta exposição à dessecação, bem como não totalmente sombreado por vegetação.

Tabela 3: Valores mínimos, máximos, média, desvio padrão das variáveis ambientais e de abundância nas áreas amostradas.

Variáveis	Natal - BPC			Extremoz - APC			Teste t	p
	Min	Méd ± DP	Máx	Min	Méd ± DP	Máx		
Temperatura	23,0	27,07±2,87	37,0	24,0	30,0±3,39	39,0	-	0,000
Salinidade	0,0	11,18±12,45	40,0	3,0	21,04±11,47	45,0	3,888	0,000
Abundância	2,0	4,78±1,78	8,3	2,0	3,39±0,75	4,5	2,477	0,02

Nota: Min – Mínimo; Max – Máximo; Med – Média; DP – Desvio padrão; p – valor do teste-t de Student dos dados transformados (Log_{10}).

Tabela 4: Valores mínimos, máximos, média, desvio padrão da abundância de tocas em função da quantidade de cobertura vegetal.

Cobertura vegetal	Natal - BPC			Extremoz - APC			Teste t	p
	Min	Méd ± DP	Máx	Min	Méd ± DP	Máx		
Pouco (0 a 10%)	3,66	4,00±0,57 ^a	4,66	2,0	3,37±0,98 ^a	4,5	1,093	0,306
Moderada (11 a 50%)	2,83	6,05±2,03 ^{ab}	8,3	2,0	3,44±0,72 ^a	4,5	5,740	0,000
Muita (51 a 100%)	2,0	4,33±1,49 ^b	6,66	2,0	3,29±0,75 ^a	4,5	1,929	0,06

p – valor do teste-t de Student; as letras correspondem ao resultado *a posteriori* de Bonferoni da ANOVA One-Way (ambas as análises estatísticas foram realizadas com os dados transformados (Log_{10})).

DISCUSSÃO

Estrutura populacional em tamanho e peso

A pesca é uma das ocupações mais antigas desenvolvidas pelo homem, porém é uma atividade econômica essencialmente extrativista (Fonteles-Filho, 2011). Esta exploração afeta a história de vida das populações. Mudanças na idade e tamanho de maturação, longevidade, fecundidade e tamanho dos ovos são produtos de respostas fenotípicas e genéticas a esta atividade extrativista (Law, 2000; Hutchings, 2002).

Assim, estudos de populações que estão sujeitas à intensa pressão de pesca são importantes para conservação. Apesar de *C. guanhumi* não ser considerada ainda ameaçada de extinção, a espécie vem se tornando rara em algumas áreas, com uma contínua diminuição nos estoques e redução no tamanho médio dos indivíduos (Amaral e Jablowsky, 2005; Rodríguez-Fourquet e Sabat, 2009).

Os resultados aqui apresentados mostram que tanto para a largura de carapaça como para o peso existe diferença entre os indivíduos capturados na área de baixa pressão de captura BPC e na de alta pressão de captura APC, para ambos os sexos, com média de largura da carapaça e peso inferiores para os indivíduos capturados na área APC.

Rodríguez-Fourquet e Sabat (2009) analisando populações de *C. guanhumi* em três áreas protegidas e três áreas não protegidas em Porto Rico encontraram alguns resultados contraditórios, como: caranguejos com largura de carapaça maior em áreas não protegidas. Contudo, a média de largura de carapaça encontrada neste estudo foi de 5,76 cm, enquanto que na década de 60 a média era entre 7,5 e 8,4 cm.

No Nordeste do Brasil em áreas onde existe intensa captura Botelho *et al.* (2001) capturaram indivíduos com tamanhos máximos de 6,2 cm (2,5 anos) confirmando a intensa exploração do recurso na área estudada. Já Shinozaki-Mendes *et al.* (2012) encontraram amplitudes maiores de tamanho (2,84 a 9,22 cm) e moda de 5,5-6,0 cm para ambos os sexos. Em outro Estado na região Nordeste do Brasil a média dos indivíduos foi em torno de 6,0 cm e amplitudes de 3,0 a 9,0 cm (Botelho *et al.*, 2009). Na região Sudeste do país, Silva e Oshiro (2002) encontraram indivíduos variando de 2,7 a 8,5 cm e moda de 6,0-7,0 cm e Gil (2009) analisando a espécie em uma área de preservação no Estado de São Paulo encontrou indivíduos com até 9,36 cm de largura de carapaça e média variando entre 6,25 e 6,75 cm.

No presente estudo foi verificado que a área APC possui valores médios, modas e amplitudes inferiores aos encontrados para a área. Os valores encontrados na área APC se assemelham aos valores encontrados para áreas de intensa captura, enquanto que os valores referentes à área BPC corroboram com os dados relatados para a região Sul da Bahia e região Sudeste do país (incluindo área de preservação). Nestas áreas a espécie sofre menos impacto de captura e possui um tamanho mínimo de captura maior (7,0 e 8,0 cm) comparado com o valor estipulado para a região Nordeste do país (MMA, 2004).

Takahashi (2008) analisando a cadeia produtiva de *C. guanhumi* no Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, verificou que boa parte dos indivíduos analisados estava abaixo do tamanho mínimo estabelecido na legislação, ocorrendo também captura de fêmeas e o período de defeso não era respeitado. Entretanto, os pescadores relacionavam a escassez de indivíduos maiores e a diminuição da abundância apenas a fatores como poluição e perda de habitat, evidenciando a falta de conhecimento do

efeito da pesca na população de caranguejos ou a isenção da responsabilidade pela captura indiscriminada que acarreta a depleção tanto no tamanho dos indivíduos como na abundância populacional.

Analisando a distribuição populacional verifica-se um padrão unimodal em ambas as áreas e anos amostrados, o que é comum para espécies de decápodes (Diaz e Conde, 1989), porém a distribuição apresentou um deslocamento mais a direita na área BPC enquanto que na área APC tem uma distribuição mais a esquerda. Segundo Rodríguez-Fourquet e Sabat (2009) distribuições deslocadas para a direita (como no caso da área BPC) indicam baixo recrutamento e alta sobrevivência de indivíduos adultos, enquanto distribuições com deslocamento para a esquerda (como no caso da área APC) indicam alta taxa de recrutamento de jovens e alta mortalidade de adultos. Apesar da captura discreta de indivíduos recém-recrutados, principalmente na área BPC foi possível observar muitos indivíduos, bem como a presença de muitas tocas. Já na área APC a quantidade de indivíduos adultos foi muito reduzida, o que indica realmente uma mortalidade muito alta devido à intensa pesca.

Botelho *et al.* (2009) encontrou no Sul do Estado da Bahia uma variação mensal na média de largura de carapaça nos meses de junho a setembro, com valores médios menores que a média para machos e fêmeas, indicando a entrada de jovens neste período, fato que também foi observado por Botelho *et al.* (2001) no Estado de Pernambuco. Já no presente estudo a média de largura da carapaça oscilou durante os meses em ambos os períodos e áreas analisadas sem evidência de um declínio em determinada época do ano que indicasse recrutamento de indivíduos jovens.

Os indivíduos capturados na área APC têm em média a metade do peso dos indivíduos capturados na área BPC. Não foram encontrados trabalhos para *C. guanhumi*

que fizessem referência às variações de peso. Em vários trabalhos os autores mencionam a obtenção do peso na metodologia (Botelho *et al.*, 2001; Silva e Oshiro, 2002; Botelho *et al.*, 2009; Gil, 2009), porém os mesmos foram utilizados apenas na correlação com alguma variável de comprimento.

Os dados populacionais de comprimento e peso, bem como as comparações morfométricas mostram diferenças significativas entre as duas áreas analisadas. Estes resultados revelam o efeito da pressão da pesca sobre a população onde a captura é acentuada (APC), resultando em uma população em estado de sobrepesca.

Proporção sexual

A proporção sexual encontrada na maioria dos trabalhos com braquiúros fica muito próxima da relação de 1:1. Para a espécie *C. guanhumi*, vários autores encontraram proporções semelhantes no número de machos e fêmeas (Bozada e Chávez, 1986; Silva e Oshiro, 2002; Botelho *et al.*, 2001; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2012; Gil, 2009). Com exceção de Botelho *et al.* (2009) que mostra em seu resultado proporções diferindo da proporção hipotética (Fisher, 1930).

Com relação à proporção sexual mensal Shinozaki-Mendes *et al.* (2012) relatam não haver diferença, enquanto Botelho *et al.* (2001 e 2009) encontraram proporções variando ao longo do ano. Já no presente estudo foi observada variação apenas em quatro meses dos 24 analisados na área de BPC.

Na análise da proporção sexual por classe de comprimento, observa-se que na área BPC ocorre diferença significativa nas classes da extremidade inferior e superior da distribuição. Na área APC ocorreu diferença principalmente nas classes inferiores. Entretanto, algumas classes da extremidade superior da distribuição apresentaram

diferença significativa com maior proporção de fêmeas, o que não é comum para a infraordem Brachyura, na qual os machos tendem a alcançar maiores comprimentos e maior abundância nestas faixas de tamanho (Litulo, 2005). Diversos trabalhos com *C. guanhumi* (Herreid, 1967; Bozada e Chávez, 1986; Silva e Oshiro, 2002; Rivera, 2005; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2008; Gil, 2009) corroboram essa afirmação. No presente estudo a população da área APC difere deste esperado, com uma maior proporção de fêmeas. Este fato pode estar relacionado a uma seletividade dos machos na área onde a pesca é intensa, pois a comercialização dos machos é facilitada, em virtude da proibição da captura das fêmeas. Segundo Diele *et al.* (2005) presume-se que em uma população inexplorada a proporção de machos seja maior (resultado encontrado para a população da área de baixa pressão de captura), enquanto que em áreas com histórico de pesca a proporção de fêmeas seja maior (resultado encontrado para a área APC). Porém estudos de caráter socio-econômico fazem-se necessários para uma perspectiva mais clara a respeito deste resultado.

Crescimento relativo

Segundo Hartnoll (1988) o crescimento diferencial de várias partes do corpo vem sendo largamente estudado particularmente em braquiúros. O autor verifica que o crescimento relativo é mais marcado em estruturas que estão direta ou indiretamente associadas com a reprodução, como quela e abdômen, ocorrendo diferenças entre os sexos e entre indivíduos imaturos e maduros.

Porém parece ainda existir algumas divergências quanto a isto ser uma premissa para braquiúros. Alguns autores relatam que as mudanças morfométricas durante o processo de ontogênia estão relacionadas ao sexo e puberdade (Hartnoll; 1978; Aguilar e Spina, 1988). Entretanto, outros autores relatam que as relações da carapaça não

refletem mudanças no crescimento durante a ontogenia (Somerton e MacIntosh, 1983; Pinheiro e Fransozo, 1998).

No presente estudo foram observadas diferenças entre os sexos na relação entre a largura da carapaça e o comprimento da quela (LCxCMQ). Com alometria positiva para os machos e isometria para as fêmeas, o mesmo padrão foi encontrado para outras espécies de braquiúros (Dalabona *et al.*, 2005) e evidencia o dimorfismo sexual entre os sexos, perceptível na análise morfométrica (Hartnoll, 1982).

As variáveis morfométricas relacionadas com a carapaça são caracterizadas por isometria (Hartnoll, 1978; 1982) e a maioria dos trabalhos com braquiúros que utilizam as variáveis: LC como variável independente e CC ou AC como variável dependente, apresentaram o crescimento do tipo isométrico (Pinheiro e Hattori, 2006), fato também corroborado no presente estudo.

As diferenças entre machos e fêmeas são bem documentadas na infra-ordem Brachyura e normalmente estão associados a um maior gasto energético das fêmeas durante o processo reprodutivo resultando em um crescimento mais lento em relação aos machos (Hartnoll, 1982; Litulo, 2005). As mudanças ocorridas durante o desenvolvimento estão associadas àquelas relacionadas à morfologia do abdômen dos indivíduos com a finalidade de carregar e incubar os ovos, no caso das fêmeas (Simons e Jones, 1981), e suportar a estrutura dos pleópodes durante a cópula nos machos (Pinheiro e Fransozo, 1993). Por outro lado, a quela maior nos machos é associada à defesa e competição pelas fêmeas (Hartnoll, 1978).

As análises estatísticas realizadas demonstraram que existem diferenças quanto ao tamanho dos indivíduos entre as áreas estudadas (BPC – APC). Além dos fatores já

relacionados anteriormente, outros podem determinar um crescimento diferenciado, tais como: disponibilidade, qualidade de alimento, substrato adequado (Colpo e Negreiros-Fransozo, 2003), temperatura e pluviosidade (Wunderlich *et al.*, 2008). Além destes, a intensidade da pesca, pode ser considerado outro fator importante já que afeta não somente as relações morfométricas dos indivíduos, mas, sobretudo o tamanho dos mesmos (Botelho *et al.*, 2001; Amaral e Jablonski, 2005).

Parâmetros ambientais e de abundância

Foi verificado que a salinidade pode afetar o desenvolvimento larval de espécies do gênero *Cardisoma*. Cuesta e Anger (2005) relatam que as larvas da espécie *C. armatum* podem tolerar salinidade de até 15 psu, porém não inferiores ou ambientes dulcículas como os adultos e têm preferência por águas com salinidade em torno de 25 psu. Abrunhosa *et al.* (2000) recomenda salinidades entre 20 e 25 psu para um bom desenvolvimento larval de *C. guanhumi* em laboratório.

Entretanto a salinidade parece não afetar a distribuição dos indivíduos adultos, uma vez que são encontrados exemplares tanto vivendo em tocas com água do mar quanto em tocas com águas salobra e doce (Herreid e Gifford, 1963). Na Flórida encontrou-se indivíduos da espécie *C. guanhumi* vivendo em ambientes com teores de sal variaram de 0,4 a 600 mM/L (Gifford, 1962), enquanto no presente estudo foram encontrados indivíduos em tocas com salinidade variando de 0 a 45 psu., evidenciando a grande tolerância à variações de salinidade para a espécie.

Com relação à distribuição em áreas abertas ou sombreadas devido à presença de vegetação, observou-se que as populações de *C. guanhumi* que vivem em áreas abertas expostas a dessecação são mais ativas durante a noite enquanto as de área com cobertura

vegetal são mais ativas durante o dia (Gifford, 1962). Entretanto, Rodríguez-Fourquet e Sabat (2009) analisando os efeitos da captura de *C. guanhumi* em Porto Rico, não encontraram relação significativa entre a abundância e tamanho médio dos caranguejos com o número de árvores, área basal ou com o índice de diversidade de espécies de plantas e concluíram que a abundância está relacionada ao nível de captura da área.

No presente estudo verifica-se diferenças significativas entre os parâmetros abióticos das áreas estudadas, porém a espécie é classificada como generalista, plástica e resiliente à modificações ambientais (Govender *et al.*, 2008; Rodríguez-Fourquet e Sabat, 2009), além de tolerar variações elevadas de salinidade (Herreid e Gifford, 1963). Assim, conclui-se que os efeitos nos parâmetros populacionais da espécie na área APC são decorrentes da intensa captura, afetando desta forma, o tamanho, peso e abundância dos indivíduos coletados nesta área.

CONCLUSÃO

Os resultados mostram que a pesca intensiva afeta diretamente os parâmetros da população, resultando em tamanho, peso e abundância significativamente menores na área APC, bem como diferenças na proporção sexual, com maior abundância de fêmeas nas classes de maior comprimento da distribuição na área de intensa pressão de pesca, fato que não é comum para braquiuros, além de diferenças nas relações morfométricas e na distribuição de comprimento. Assim, conclui-se que a população na área APC encontra-se sobreexplorada devido à intensa pesca.

As conclusões deste trabalho reforçam e evidencia a atual situação de vulnerabilidade a qual a espécie se encontra. Entretanto, este fato não é exclusivo para o Brasil, tendo em vista que diversos autores encontraram resultados semelhantes em países como: Porto Rico, Venezuela e em algumas Ilhas Caribenhas.

No Brasil apesar de toda a fragilidade do estoque atual deste recurso pesqueiro, pouquíssimos trabalhos têm como objeto de estudo a espécie *C. guanhumi* e existe uma deficiência elevada no que diz respeito aos dados de capturas anuais. Assim, os autores sugerem estudos que visem um melhor entendimento do ciclo de vida da espécie, possibilitando a recuperação do estoque, bem como, ações governamentais que permitam uma exploração de forma sustentável, com legislações mais severas e fiscalização eficiente.

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos ao técnico de laboratório, Wellington S. Xavier, sem o qual este trabalho não poderia ter sido realizado, as estagiárias Aline C. Alves e Beatriz P. P. do Nascimento pela colaboração nas amostragens biológicas. A Base Naval de Natal por autorizar a realização deste estudo dentro de suas instalações e ao Laboratório de Biologia Pesqueira (DOL/UFRN) por todo o apoio logístico. Este artigo faz parte da Tese de Doutorado em Biologia Animal do primeiro autor e foi financiado pela bolsa de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico - CNPq (Processo: 579540/2008-1).

Anexo 1: Padrões de crescimento relativo das relações morfométricas para machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. (n = número de indivíduos; R^2 = coeficiente de determinação; NA – nível alométrico (0 – Isometria, + alometria positiva, - alometria negativa); *g.l.* – graus de liberdade; F e *p* – valores estatísticos da ANCOVA).

Ano	Local	Sexo	N	Relação	Equação linear	R^2	NA	<i>g.l.</i>	F	<i>p</i>
1	BPC	M	477	LCxCC	$\ln CC=1,02*\ln LC-0,172$	0,99	0	931	10,844	0,000
	APC	M	455		$\ln CC=0,998*\ln LC-0,196$	0,98	0			
	BPC	F	482	LCxCC	$\ln CC=0,987*\ln LC-0,179$	0,99	0	983	2,362	0,125
	APC	F	504		$\ln CC=0,991*\ln LC-0,183$	0,99	0			
2	BPC	M	472	LCxCC	$\ln CC=0,981*\ln LC-0,174$	0,99	0	919	13,579	0,000
	APC	M	450		$\ln CC=0,985*\ln LC-0,175$	0,99	0			
	BPC	F	406	LCxCC	$\ln CC=0,993*\ln LC-0,191$	0,99	0	825	2,262	0,133
	APC	F	424		$\ln CC=1,00*\ln LC-0,199$	0,99	0			
1	BPC	M	477	LCxAC	$\ln AC=0,979*\ln LC-0,415$	0,97	0	929	0,396	0,529
	APC	M	455		$\ln AC=1,012*\ln LC-0,465$	0,93	0			
	BPC	F	482	LCxAC	$\ln AC=0,996*\ln LC-0,427$	0,96	0	983	1,868	0,172
	APC	F	504		$\ln AC=1,028*\ln LC-0,483$	0,96	0			
2	BPC	M	472	LCxAC	$\ln AC=0,981*\ln LC-0,406$	0,98	0	798	7,135	0,008
	APC	M	450		$\ln AC=1,003*\ln LC-0,432$	0,97	0			
	BPC	F	406	LCxAC	$\ln AC=1,001*\ln LC-0,431$	0,98	0	826	6,751	0,010
	APC	F	424		$\ln AC=1,035*\ln LC-0,479$	0,96	0			
1	BPC	M	477	LCxCMQ	$\ln CMQ=1,350*\ln LC-0,605$	0,94	+	931	110,0	0,000
	APC	M	455		$\ln CMQ=1,179*\ln LC-0,405$	0,91	+			
	BPC	F	482	LCxCMQ	$\ln CMQ=1,115*\ln LC-0,308$	0,93	0	984	37,340	0,000
	APC	F	504		$\ln CMQ=1,121*\ln LC-0,352$	0,95	0			
2	BPC	M	472	LCxCMQ	$\ln CMQ=1,341*\ln LC-0,593$	0,93	+	921	97,200	0,000
	APC	M	450		$\ln CMQ=1,169*\ln LC-0,382$	0,92	+			
	BPC	F	406	LCxCMQ	$\ln CMQ=1,144*\ln LC-0,375$	0,91	0	828	24,190	0,000
	APC	F	424		$\ln CMQ=1,098*\ln LC-0,321$	0,92	0			
1	BPC	M	477	LCxPT	$\ln PT=2,962*\ln LC-0,615$	0,98	-	928	67,796	0,000
	APC	M	455		$\ln PT=2,929*\ln LC-0,609$	0,98	-			
	BPC	F	482	LCxPT	$\ln PT=2,923*\ln LC-0,575$	0,98	-	983	43,73	0,000
	APC	F	504		$\ln PT=2,953*\ln LC-0,661$	0,98	-			
2	BPC	M	472	LCxPT	$\ln PT=2,949*\ln LC-0,601$	0,98	-	797	62,436	0,000
	APC	M	450		$\ln PT=2,899*\ln LC-0,580$	0,98	-			
	BPC	F	406	LCxPT	$\ln PT=2,916*\ln LC-0,586$	0,98	-	825	38,521	0,000
	APC	F	424		$\ln PT=2,877*\ln LC-0,558$	0,98	-			
1	BPC	M	477	LCxCG	$\ln CG=1,207*\ln LC-1,664$	0,91	+	764	0,059	0,808
	APC	M	455		$\ln CG=1,254*\ln LC-1,737$	0,86	+			
2	BPC	M	472	LCxCG	$\ln CG=1,171*\ln LC-1,604$	0,96	+	798	6,749	0,010
	APC	M	450		$\ln CG=1,384*\ln LC-1,914$	0,93	+			
1	BPC	F	406	LCxLA	$\ln LA=1,406*\ln LC-1,455$	0,96	+	983	258,3	0,000
	APC	F	424		$\ln LA=1,490*\ln LC-1,656$	0,96	+			
2	BPC	F	406	LCxLA	$\ln LA=1,407*\ln LC-1,476$	0,96	+	826	11,042	0,001
	APC	F	424		$\ln LA=1,482*\ln LC-1,645$	0,96	+			

Nota: 1 – (2010-2011); 2 – (2011-2012); BPC – baixa pressão de captura; APC – alta pressão de captura; M – machos; F – fêmeas; LC – Largura da carapaça (cm); CC – Comprimento da carapaça (cm); AC – Altura da carapaça (cm); CMQ – Comprimento do própodo da maior quela (cm); PT – Peso Total (g); CG – Comprimento do gonopódio (machos) (cm); LA – Largura do quinto somito do abdômen (fêmeas) (cm).

6.2. Capítulo 2: Biologia reprodutiva de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade) em duas áreas de manguezal no Nordeste do Brasil sob diferentes intensidades de captura

RESUMO

A biologia reprodutiva do caranguejo semi-terrestre *Cardisoma guanhumi* foi estudada em duas áreas na região Nordeste do Brasil durante dois anos consecutivos, entre fevereiro de 2010 e janeiro de 2012, sendo uma área de acesso restrito (Natal) com baixa pressão de captura e outra com alta pressão de captura (Extremoz). As amostragens foram realizadas mensalmente e um total de 3670 caranguejos foi coletado. A maior parte da população coletada na área de APC foi de indivíduos jovens, já na área de BPC a maior parte dos indivíduos coletados eram adultos. O comprimento de primeira maturação gonadal foi semelhante nas duas áreas, já o comprimento de maturação morfométrica revelou diferença de até um centímetro, com os machos e fêmeas antecipando a maturidade na área de APC. Existe diferença ontogenética entre fêmeas jovens e fêmeas adultas. O período reprodutivo das fêmeas foi determinado durante a estação seca, entre novembro e fevereiro, evidenciado pelo sincronismo da evolução sazonal dos índices gonadosomático e hepatossomático. As fêmeas em desova atingiram as maiores médias de comprimento e a fecundidade variou entre 63.233 e 321.608 ovos. Os resultados indicam que a pressão de pesca afeta os parâmetros reprodutivos da espécie na área com alta pressão de captura (APC).

Palavras-chave: *Cardisoma guanhumi*, maturação gonadal, maturação morfométrica, período reprodutivo, fecundidade.

INTRODUÇÃO

A atividade reprodutiva dos caranguejos envolve padrões de comportamento e vários processos fisiológicos (Hartnoll, 2006). Estes processos causam fortes impactos no desempenho geral das fêmeas durante a fase reprodutiva, tais como: crescimento mais lento, devido à alocação de energia dos tecidos somáticos para os reprodutivos; uma menor habilidade para escapar dos predadores durante a estação reprodutiva, entre outros. Porém em espécies sujeitas à exploração pesqueira, algumas mudanças podem estar relacionadas ao efeito da pesca (Rijnsdorp, 1993; Hutchings, 2005).

Muitos estudos sobre a biologia e/ou ecologia de caranguejos têm como foco de interesse as espécies marinhas exploradas pela pesca (Diaz e Conde, 1989; Haefner, 1990; Costa e Negreiros-Fransozo, 1998; Branco *et al.*, 2000; Arreola-Lizárraga *et al.*, 2003; Hines, 2003; Fischer e Wolff, 2006; Zheg, 2008; Hjelset *et al.*, 2009; Araújo *et al.*, 2012), entretanto as espécies terrestres ou semi-terrestre de interesse econômico são pouco estudadas (Faole, 1999; Diele *et al.*, 2005; Bonine *et al.*, 2008; Diele e Koch, 2010; Turner, 2011), como é o caso de *C. guanhumi*, principalmente na América do Sul, continente onde a espécie possui a maior área de distribuição (Silva e Oshiro 2002; Carmona-Suárez, 2011; Firmo *et al.*, 2012; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2012).

Cardisoma guanhumi (Latreille, 1825) é uma espécie de caranguejo semi-terrestre que vive em áreas estuarinas desde o Estado da Flórida (EUA) até a região Sudeste do Brasil (Burggren e McMahon 1988; Melo, 1996). É o maior caranguejo de mangue da América do Sul (Fausto-Filho, 1968), sendo bastante consumido principalmente na região Nordeste do país, onde tem importância econômica relevante (Amaral e Jablonski, 2005). Esta demanda e outros fatores como perda do habitat levou a espécie ao “status” atual de Criticamente em Perigo (Subirá *et al.*, 2012).

Dessa forma, a compreensão e caracterização dos padrões e comportamentos reprodutivos são importantes para o estabelecimento de subsídios que fomentem a legislação acerca de uma espécie, no intuito de garantir o equilíbrio da população e a manutenção do estoque pesqueiro, visando uma exploração de forma sustentável (Dalabona e Loyola e Silva, 2005; Wunderlich *et al.*, 2008), além de fornecer informações básicas para o monitoramento de estoques naturais (Annala *et al.* 1980; Knuckey, 1996).

Diante da atual situação vulnerável que a espécie se encontra, este trabalho teve como objetivo determinar os parâmetros da biologia reprodutiva da espécie *C. guanhumi* coletados em dois manguezais com diferentes pressões de captura e verificar o efeito da captura sobre estes parâmetros.

Este trabalho testa a hipótese que a captura intensiva afeta os parâmetros reprodutivos de *C. guanhumi*, causando efeitos significativos sobre o tamanho de maturidade sexual gonadal e morfométrica, sobre os índices gonadossomático e hepatossomático e sobre a fecundidade das fêmeas.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas em uma área de manguezal dentro da Base Naval de Natal, município de Natal (RN) (5°47'22,8"S - 35°13'W e 5°47'29,5"S - 35°13'W). Esta área localiza-se no estuário do rio Potengi e possui acesso restrito e a captura é reduzida (área de baixa pressão de captura – BPC). A outra área localiza-se no Centro Tecnológico da Aquicultura, município de Extremoz (RN) (5°26'S e 35°14'W - 5°38'S e 35°34' W), no estuário do rio Ceará-mirim e apesar de ser uma área particular a captura de guaiamum e outras espécies de caranguejos é intensa (área de alta pressão de captura – APC). Ambas as áreas estão situadas na região Nordeste do Brasil.

As coletas foram realizadas sem reposição dos indivíduos, mensalmente de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012 nas duas áreas, sendo as análises divididas em dois períodos: primeiro ano: 2010-2011 e segundo ano: 2011-2012. Os espécimes foram coletados usando armadilhas cilíndricas com 40 mm de diâmetro (120 mm de comprimento) e 100 mm de diâmetro (250 mm de comprimento).

No laboratório foi determinado sexo, peso e as seguintes medidas foram registradas: largura da carapaça (LC), largura do abdômen no 5ª segmento (LA), comprimento do gonopódio dos machos (CG) e comprimento do própodo do quelípodo maior (CMQ) (Baptista *et al.*, 2003).

Posteriormente, os animais foram dissecados para a análise macroscópica das gônadas. Os estágios de maturação macroscópico das gônadas foram identificados segundo a escala adaptada para *Cardisoma guanhumi* por Botelho *et al.*, (2001). O estágio de maturação gonadal foi utilizado para classificar os indivíduos jovens (estádio A – imaturo) e adultos (estádios B, C, D e E – maduros).

Para determinar o comprimento de primeira maturação gonadal (LC₅₀ gonadal) os indivíduos foram separados em dois grupos de acordo com o desenvolvimento macroscópico das gônadas: imaturos e maduros; e a frequência relativa (%) dos machos e fêmeas adultas foi calculada por classe de tamanho.

Para a determinação o comprimento de maturidade sexual morfométrica (LC₅₀ morfométrico), realizou-se a análise do crescimento relativo com base nos dados morfométricos, plotando-os em gráficos de dispersão e observando a tendência dos pontos empíricos das relações: largura da carapaça (LC) como variável independente; largura do abdômen do quinto segmento (LA) para as fêmeas e comprimento do gonopódio (CG) para os machos, como variáveis dependentes (Gregati e Negreiros-

Fransozo, 2007). Os dados foram logaritimizados e uma análise não-hieraquica K-means clustering foi aplicada para separar os indivíduos em dois grupos de interesse, ou seja, juvenis e adultos, posteriormente foi realizada uma análise discriminante (Sampedro *et al.*, 1999). Por fim, determina-se o ponto de inflexão referente a muda crítica, ou seja, o tamanho de maturação que 50% dos indivíduos estão maduros morfologicamente, a qual indica a separação da fase juvenil da fase adulta.

As análises de K-means e discriminante foram realizadas mediante a utilização do software Past versão 1.62 (Hammer *et al.*, 2001).

Ambas as análises do comprimento de maturação foram plotadas em gráficos, nos quais foi ajustada uma curva do tipo sigmóide, seguindo o resultado da equação logística $y = 1/(1+\exp[-r(LC_1-LC_{50})])$, onde LC_{50} é o comprimento da carapaça em que 50% dos indivíduos atingem a maturidade sexual gonadal e r = inclinação da curva. O ajuste da função foi determinado pelo método dos mínimos quadrados (Vazzoler, 1996) utilizando a rotina “SOLVER” do programa Microsoft *Excel* (Microsoft Corporation ©).

Para a análise das relações morfométricas entre juvenis e adultos de fêmeas e machos os dados foram transformados (raiz quadrada), uma vez que não apresentaram uma distribuição normal. Para verificar se existem diferenças relacionadas à ontogenia, as retas das regressões entre juvenis e adultos foram testadas através de uma análise de covariância ANCOVA ($\alpha = 0,05$) utilizando os valores de largura da carapaça (LC) como covariante e as variáveis morfométricas relacionadas ao desenvolvimento, como largura do abdômen (LA) para as fêmeas e comprimento do própodo do quelípodo maior (CMQ) para os machos como variáveis dependentes (Zar, 1999; Castiglioni e Negreiros-Fransozo, 2004).

O índice gonadosomático (IGS) e hepatossomático (IHS) das fêmeas foi determinado segundo Grant e Tyler (1983) e Vazzoler (1996) pelas seguintes equações: $IGS = (PG/PT) \times 100$ e $IHS = (PH/PT) \times 100$, onde: PG = peso da gônada, PT = peso total do indivíduo e PH = peso do hepatopâncreas. Os índices foram analisados mensalmente para a determinação do período de desova, período este associado aos maiores valores de IGS.

Para verificar a variação mensal dos índices gonadosomático e hepatossomático os dados foram transformados ($\log_{10}$), uma vez que não apresentaram uma distribuição normal. Após a transformação foi utilizada ANOVA One-Way e para verificar a variação dos índices entre os estádios de maturação gonadal foi utilizada uma ANOVA Fatorial (fatores: local e estágio de maturação gonadal) (Zar, 1999).

A fecundidade foi determinada através da retirada da massa de ovos dos pléopodos das fêmeas ovígeras, que foi dissociada com solução de hipoclorito de sódio. De cada amostra foram retiradas três subamostras com 1 ml cada, os ovos foram contados, utilizando-se uma câmara de contagem sob o microscópio estereoscópico e contador manual. Através da média das sub-amostras estimou-se o número total de ovos de cada fêmea (Silva e Oshiro, 2002). A classificação do estágio de desenvolvimento dos ovos seguiu a descrição proposta por Silva e Oshiro (2002).

RESULTADOS

Foram coletados 3670 caranguejos, sendo 1837 indivíduos coletados na área de BPC (888 fêmeas e 949 machos) e 1833 indivíduos coletados na área de APC (928 fêmeas e 905 machos). Houve uma maior abundância de indivíduos adultos na área de BPC, já na área de APC a maior abundância foi de indivíduos jovens, essa mesma

tendência foi observada tanto para as fêmeas quanto para os machos nos dois anos analisados.

No primeiro ano na área de BPC foram coletadas 482 fêmeas (28,4% jovens e 71,6% adultas) e 477 machos (39,8% jovens e 60,2% adultos). Na área de APC neste mesmo período foram coletadas 504 fêmeas (87,1% jovens e 12,9 % adultas) e 455 machos (92,3% jovens e 7,7% adultos). No segundo período na área de BPC foram coletadas 406 fêmeas (24,1% jovens e 75,9% adultas) e 472 machos (28,6% jovens e 71,4% adultos) e na área de APC 424 fêmeas (85,4% jovens e 14,6% adultas) e 450 machos (93,6% jovens e 6,4% adultos) (Fig. 1).

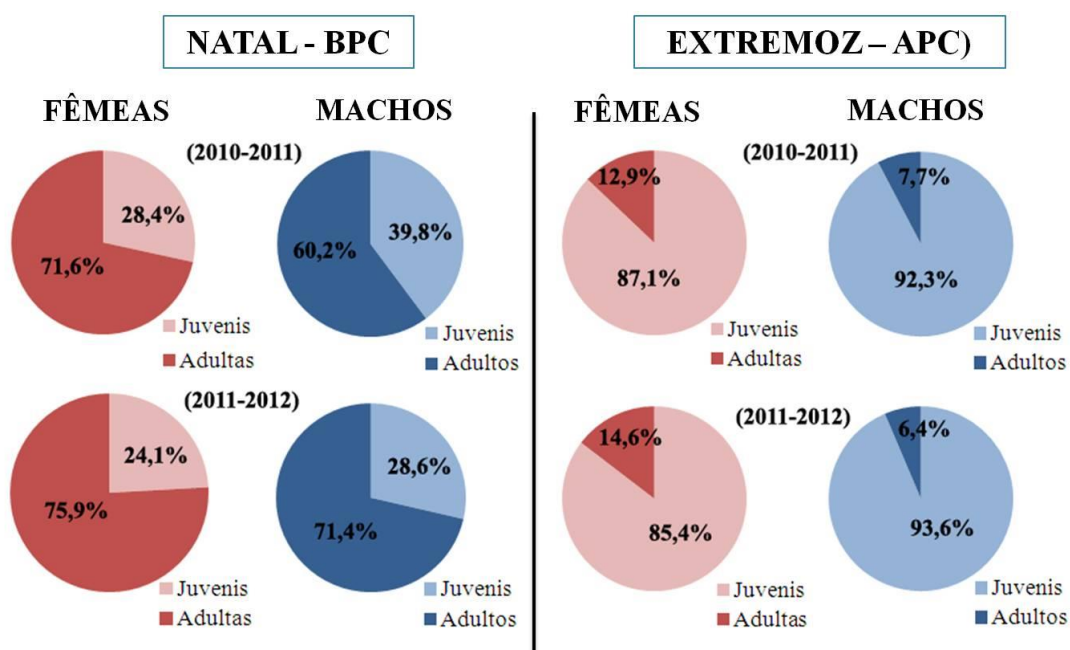


Figura 1: Percentual de indivíduos juvenis e adultos de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012.

Os valores do LC_{50} gonadal foram maiores que os valores do LC_{50} morfométrico para os indivíduos coletados na área de APC, enquanto que na área de BPC os amadurecimentos gonadal e morfométrico ocorreram em tamanhos semelhantes (Fig. 2 e 3). Para ambos os sexos e anos analisados os tamanhos de primeira maturação sexual (gonadal e morfométrico) foram maiores na área de BPC do que na área de APC. A tabela 1 mostra os valores de maturidade sexual encontrados por outros autores para a espécie *C. guanhumi* no Brasil.

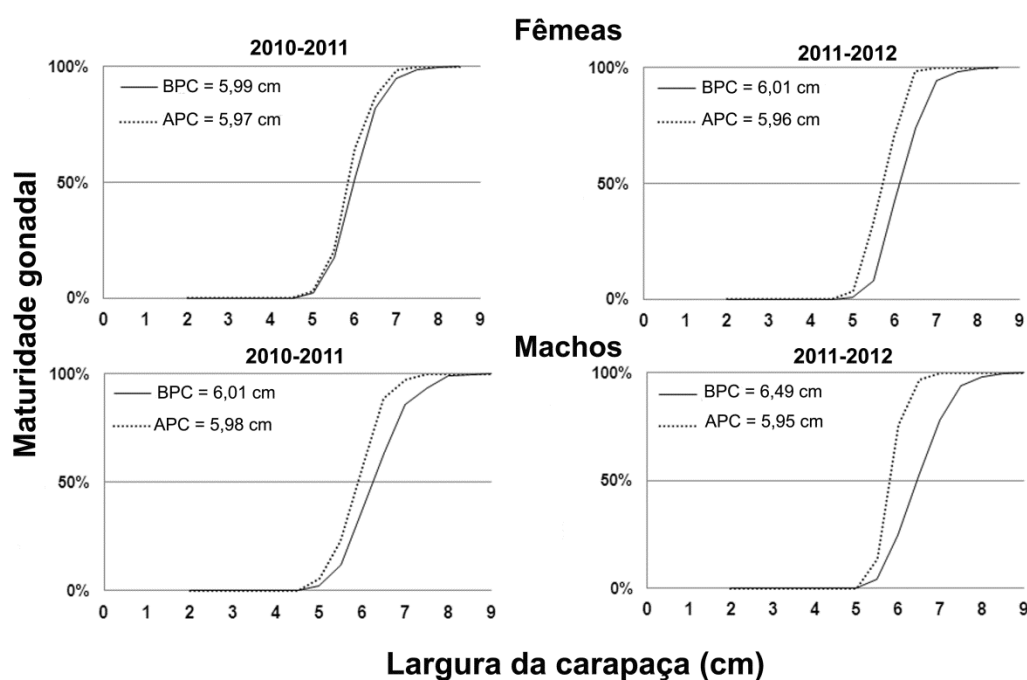


Figura 2: Curva da maturidade gonadal de fêmeas e machos de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012.

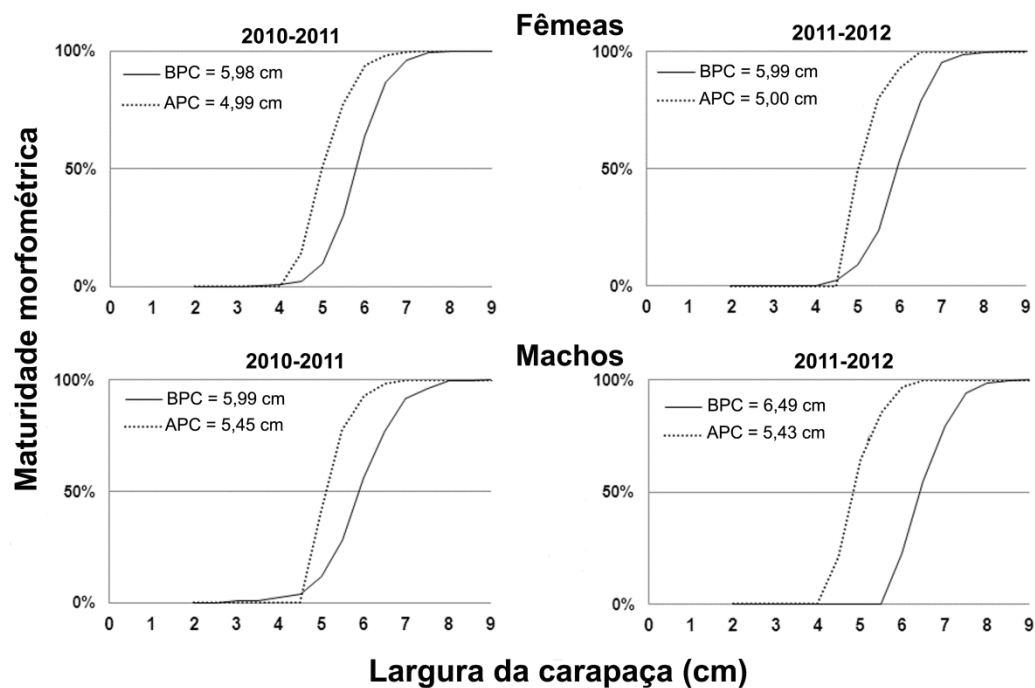


Figura 3: Curva da maturidade morfométrica de fêmeas e machos de *Cardisoma guanhumí* amostrados no manguezal do rio Potengi, Natal - BPC (RN) e rio Ceará-mirim, Extremoz - APC (RN) de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012.

A análise de covariância revelou diferença significativa entre as fêmeas jovens e adultas, nos dois anos analisados, tanto na área de BPC ($F = 16,477$ e $p = 0,000$; $F = 24,659$ e $p = 0,000$) como na área de APC ($F = 35,102$ e $p = 0,000$; $F = 19,325$ e $p = 0,000$). Já os machos não apresentaram diferenças entre jovens e adultos nos dois anos, tanto na área de BPC ($F = 2,68$ e $p = 0,102$; $F = 1,231$ e $p = 0,268$) como na área de APC ($F = 0,004$ e $p = 0,948$; $F = 3,526$ e $p = 0,061$) (Fig. 4 e 5).

Tabela 1: Tamanho de primeira maturidade sexual de *C. guanhumi* encontrado por diversos autores e na legislação existente no Brasil. (F, fêmeas; M, machos; ND, não determinado) (+ Extremoz; * Natal).

Autor (ano)	Localidade (Estado)	Sexo	Maturidade gonadal (cm)	Maturidade morfométrica (cm)	Maturidade sexual (ND) (cm)
Botelho <i>et al.</i> (2001)	Brasil (PE)	F	3,55		
Silva e Oshiro (2002)	Brasil (RJ)	F	5,3		
		M	5,1		
IBAMA (2003)	Brasil (ES, RJ e SP)	M			8,00
IBAMA (2006)	Brasil (BA)	M			7,00
IBAMA (2006)	Brasil (CE, RN, PB, PE, AL e SE)	M			6,00
Botelho <i>et al.</i> (2009)	Brasil (PE)	F	4,7		
Gil (2009)	Brasil (SP)	F	3,7 à 5,2		
		M	4,3 à 4,8		
Shinozaki-Mendes <i>et al.</i> (2012)	Brasil (CE)	F	5,87	6,12	
		M	6,22	6,91	
Presente estudo	Brasil (RN)	F	5,96 à 5,97+ 5,99 à 6,01*	4,99 à 5,00+ 5,98 à 5,99*	
		M	5,95 à 5,98+ 6,01 à 6,49*	5,43 à 5,45+ 5,99 à 6,49*	

+ APC; * BPC

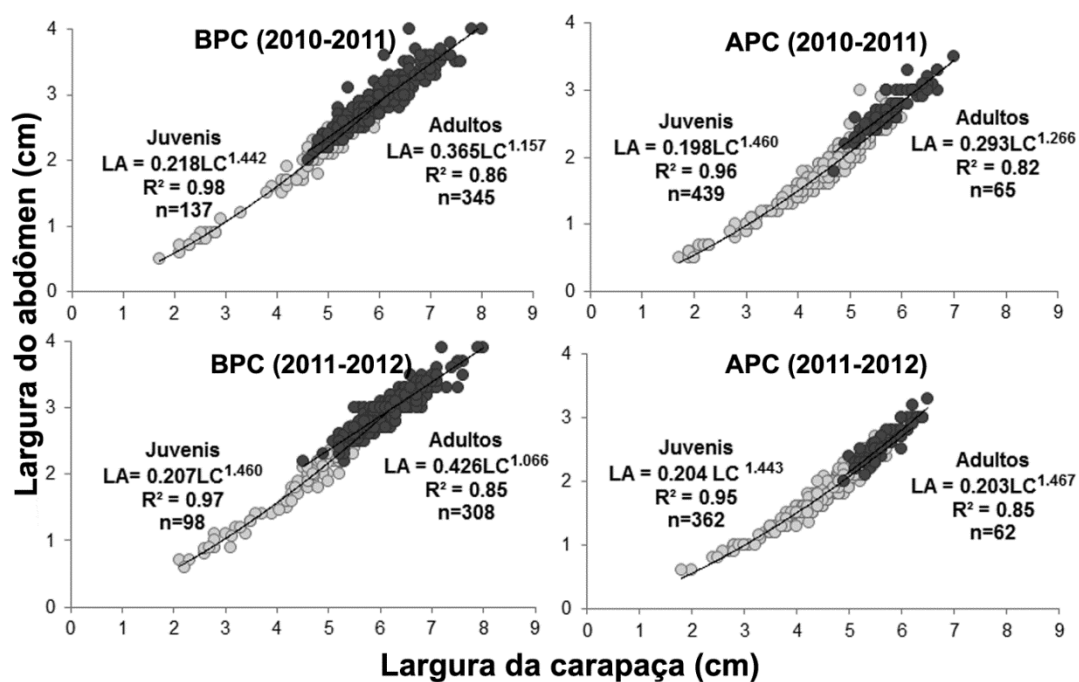


Figura 4: Relação entre a largura da carapaça (LC) e largura do abdômen (LA) das fêmeas de *Cardisoma guanhumi*.

A distribuição mensal dos estágios de maturação gonadal na área de BPC mostrou uma maior abundância de indivíduos adultos (estágios B, C, D e E) nos dois anos de coleta e maior abundância de gônadas no estágio maduro (C) nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. Na área de APC há uma maior abundância de indivíduos juvenis (estágio A) nos dois anos de coleta, também foram coletadas gônadas maduras no mesmo período observado para a área de BPC, porém o número reduzido prejudicou a análise nesta área (Fig. 6).

A comparação das médias de largura de carapaça entre as duas áreas amostradas revelou diferenças significativas para os estágios de maturação A, B, e C das fêmeas e para os estágios A e B dos machos (Tab. 2).

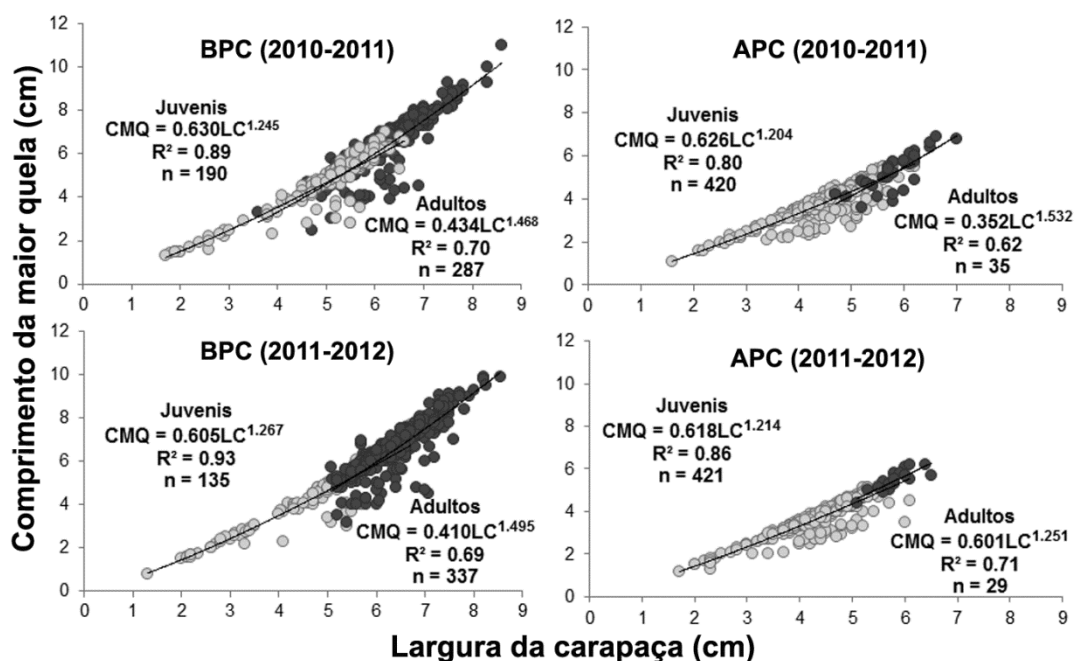


Figura 5: Relação entre a largura da carapaça (LC) e o comprimento do maior quelípodo (CMQ) dos machos de *Cardisoma guanhumí*.

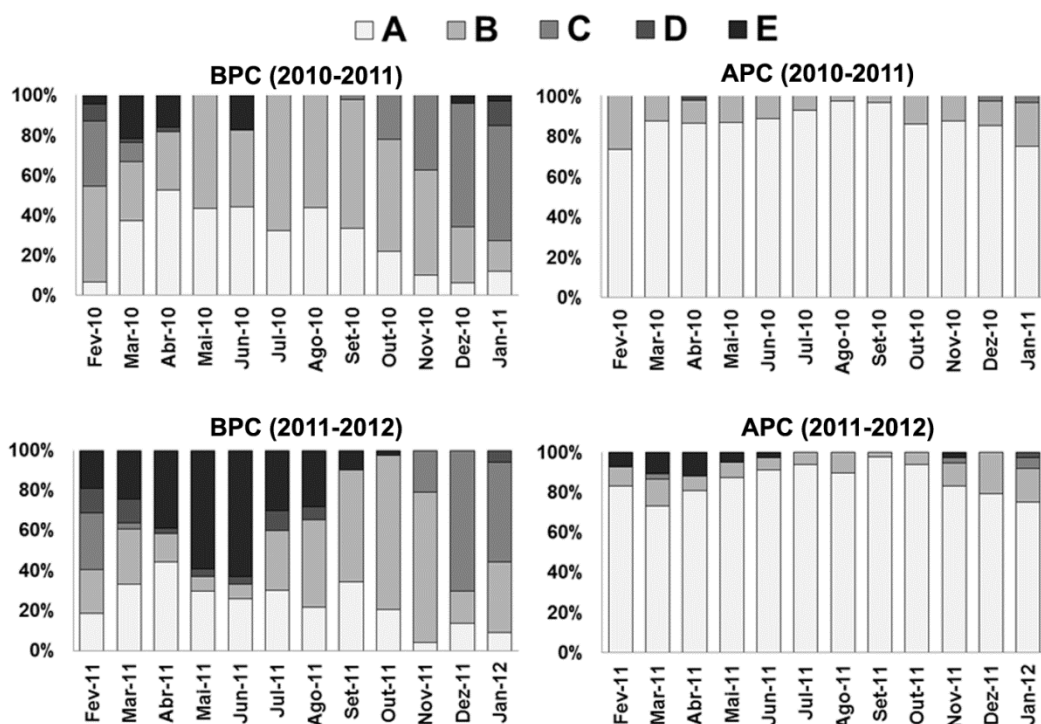


Figura 6: Histograma de distribuição mensal dos estágios macroscópicos de maturação gonadal das fêmeas *Cardisoma guanhumí*.

Tabela 2: Valores mínimos, médios (DP) e máximos da largura da carapaça (LC) dos estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos de *Cardisoma guanhumí*.

Estágio maturacional	Sexo	BPC - Natal				APC - Extremoz				
		n	Min	Méd±DP	Máx	n	Min	Méd±DP	Máx	p
A	Fêmeas	230	1,7	4,7±0,99	6,2	800	1,7	4,53±0,70	6,2	0,019
B		356	4,6	5,96±0,55	8,0	104	4,7	5,72±0,46	6,7	0,000
C		151	4,5	6,08±0,58	8,0	6	5,1	5,6±0,48	6,4	0,046
D		29	5,5	6,41±0,45	7,5	2	5,6	6,3±0,99	7,0	0,728
E		116	5,1	6,05±0,50	7,6	16	5,3	5,88±0,29	6,3	0,201
A	Machos	325	1,3	4,94±1,08	6,7	841	1,6	4,52±0,69	6,2	0,000
B		624	3,6	6,31±0,68	8,6	64	4,7	5,79±0,41	7,0	0,000

Note: p – valor de teste “t” dos dados transformados (Log₁₀).

A análise mensal do índice gonadosomático mostrou diferenças significativas entre os meses na área de BPC ($F = 14,890$; $p = 0,000$), com os meses entre novembro e fevereiro diferindo dos demais (Fig. 7). Assim o período de desova dos indivíduos foi estimado entre novembro de um ano até fevereiro do outro ano. A baixa abundância de indivíduos adultos na área de APC prejudicou a análise do índice gonadosomático

nesta localidade, não sendo constatadas diferenças entre os meses ($F = 1,451$; $p = 0,08$). Desta forma o período reprodutivo foi baseado nos dados da área de BPC.

Excetuando-se apenas o mês de fevereiro do primeiro ano de coleta na área de BPC, o índice hepatossômico mostrou uma relação inversa ao gonadossômático, uma vez que a energia é alocada para o crescimento das gônadas durante o período reprodutivo. A mesma tendência foi observada em ambas as áreas (Fig.7).

A relação entre o índice gonadossômático e os estágios de maturação mostrou diferença significativa tanto na área de BPC ($F = 729,1$; $p = 0,000$) como na área de APC ($F = 688,3$; $p = 0,000$). No teste *a posteriori* do IGS ambas as localidades apresentaram as mesmas diferenças entre os estágios de maturação (Fig. 8). O índice hepatossômático também mostrou diferença significativa entre os estágios de maturação na área de BPC ($F = 16,33$; $p = 0,000$) e na área de APC ($F = 8,77$; $p = 0,000$) (Fig. 8).

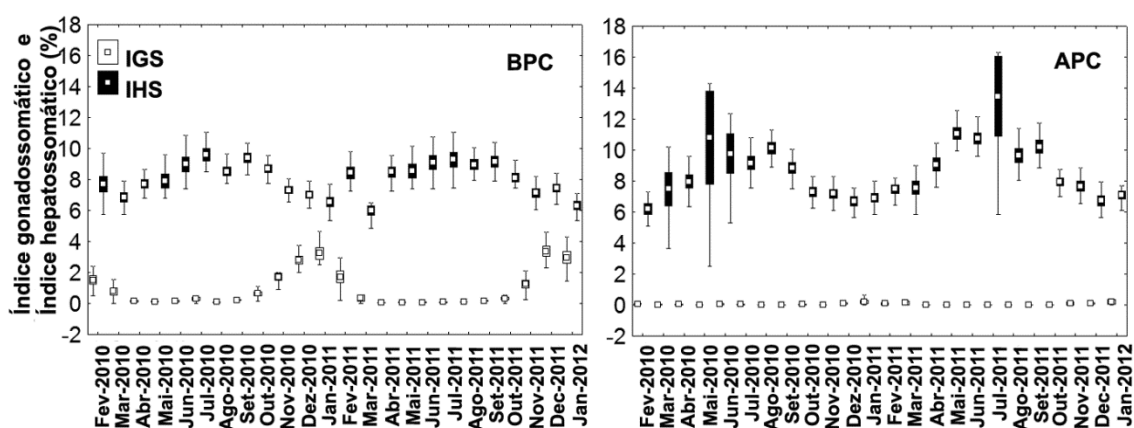


Figura 7: Variação mensal dos índices gonadossômático (IGS) e hepatossômático (IHS) das fêmeas *Cardisoma guanhumii*. (Box: média±erro padrão).

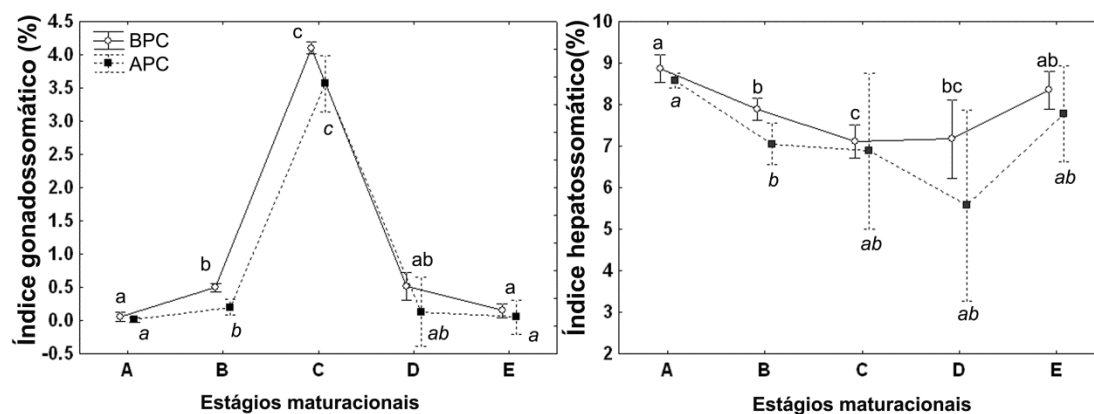


Figura 8: Variação dos índices gonadosomático e hepatossomático entre os estágios de maturação gonadal das fêmeas de *Cardisoma guanhumi*. (letras normais = Natal; letras em itálico = Extremoz; letras diferentes indicam diferenças significativas entre os estágios de maturação (ANOVA Fatorial, post-hoc - Bonferroni)). (Box: média±erro padrão).

Foram coletadas apenas duas fêmeas ovígeras em cada área amostrada. A análise da fecundidade mostrou que os ovos das fêmeas capturadas na área de BPC encontravam-se em estágio II de desenvolvimento segundo Silva e Oshiro (2002), já para as fêmeas na área de APC os ovos estavam em estágio I. A fecundidade individual variou entre 63.233 a 221.608, com média de 153.256 ovos. Na área de APC a fecundidade foi menor (63.233 e 107.100, média de 85.166) comparada à fecundidade na área de BPC (221.083 e 221.608, média de 221.345).

As correlações entre o número de ovos x largura da carapaça e número de ovos x largura do abdômen das fêmeas foram elevadas ($R^2 = 0,73$ e $0,84$, respectivamente) apesar o número reduzido de fêmeas ovígeras, mostrando que a fecundidade em *C. guanhumi* depende do tamanho da fêmea, ou seja, da largura da carapaça e da largura do abdômen das fêmeas.

DISCUSSÃO

O presente estudo contribui para o entendimento e caracterização da atual situação deste recurso pesqueiro tão importante, principalmente na região Nordeste do Brasil, uma vez que investiga de forma pioneira no Brasil o efeito da pressão de captura nos parâmetros reprodutivos da espécie *C. guanhumi*, comparando pela primeira vez os dados de uma área com baixa pressão de captura (BPC) com uma área com alta pressão de captura (APC).

Em populações sujeitas à pesca, é imprescindível que alguns indivíduos na população sejam protegidos e tenham a oportunidade de se reproduzirem antes de chegarem ao tamanho capturável legalmente pela pesca (Somerton, 1981; Donaldson e Donaldson, 1992). A população de *C. guanhumi* na área de APC é formada quase que completamente por indivíduos que não atingiram a maturidade. Segundo Sparre e Venema (1995) não pode haver recrutamento sem haver indivíduos adultos que madurem, desovem e produzam proles que possam crescer e se converter em recrutas, uma vez que o recrutamento depende do potencial reprodutivo da população (Fonteles-Filho, 2011).

O estudo da maturidade sexual é um dos parâmetros da biologia reprodutiva que permite entender as diferentes estratégias adaptativas a partir do momento em que machos e fêmeas passam a atuar diretamente na flutuação populacional (Lima e Oshiro, 2006). Assim, a determinação deste parâmetro é de vital importância para o entendimento do ciclo de vida e dinâmica populacional de populações exploradas (Hartnoll, 1988; Hines, 1989; Watters e Hobday, 1998).

O tamanho de maturidade dos indivíduos pode ser calculado com base na maturidade morfométrica (ou morfológica), na qual são utilizados dados das relações morfométricas; ou baseado na maturidade gonadal, através da observação macroscópica das gônadas; ou ainda com base na maturidade funcional, através de observações comportamentais do processo de corte e cópula (Hartnoll, 1974; Vazzoler, 1996; Pinheiro e Fransozo, 1998; Watters e Hobday, 1998; Castiglioni e Negreiros-Fransozo, 2006).

No presente estudo observou-se que as maturidades gonadal e morfométrica ocorreram quase de forma sincrônica na área de BPC, enquanto que na área de APC aconteceu de forma assincrônica, com a maturidade morfométrica ocorrendo primeiro. Shinozaki-Mendes *et al.* (2012) analisando uma população de *C. guanhumi* também no Nordeste do Brasil, verificou que a maturidade gonadal ocorreu primeiro que a morfométrica.

Vários autores optaram por determinar apenas o tamanho da maturidade sexual gonadal. Shinozaki-Mendes *et al.* (2012) mencionaram que a espécie não apresenta sincronismo entre os dois tipos de maturidade sexual, fazendo-se necessário a determinação de ambas. Porém neste trabalho foi observado que na população onde a pressão de captura é baixa a maturidade sexual gonadal e morfométrica ocorrem em comprimentos semelhantes.

Na área de APC a pescaria da espécie ocorre de forma intensa, os pescadores não respeitam o tamanho mínimo de captura e as fêmeas são pescadas, mesmo com a proibição de captura das mesmas. Assim, os machos e fêmeas coletados nesta área mostram antecipação da maturidade morfométrica através do desenvolvimento precoce dos seus caracteres sexuais externos, o que permite a estes indivíduos copular

antecipadamente a sua maturidade gonadal. Porém para garantir o sucesso reprodutivo é necessário que a maturidade gonadal e morfométrica ocorra de forma paralela ou subsequente (Santos e Negreiros-Fransozo, 1996; Colpo e Negreiros-Fransozo, 2003; Castiglioni e Negreiros-Fransozo, 2006).

Os tamanhos de maturidade gonadal em ambas as áreas e de maturidade morfométrica para a área de BPC encontrados no presente estudo condizem com o tamanho mínimo de captura para a espécie segundo a legislação Brasileira (IBAMA, 2006). Entretanto, os comprimentos de maturidade morfométrica de fêmeas e machos encontrados na área de APC estão abaixo deste tamanho. Este resultado indica, como citado anteriormente, uma precocidade no desenvolvimento da morfologia visando uma antecipação da reprodução nesta população. Os tamanhos de maturidade sexual encontrados em outros trabalhos com a espécie no Brasil também estão abaixo do valor determinado na legislação.

A pesca pode afetar as características da história de vida de peixes ósseos e crustáceos (Pollock, 1995), porém estas mudanças evolutivas podem ocorrer após longos períodos de pressão de pesca intensa. Hjelset *et al.* (2009) analisando a pesca do caranguejo real (*Paralithodes camtschaticus*) durante 14 anos verificou que a população não foi afetada pela pesca, porém deve-se considerar as particularidades da população estudada, nas quais o tamanho populacional estimado é de 4,3 milhões de indivíduos e a atual situação de expansão da população mesmo com o aumento da pressão de pesca.

Estoques em declínio podem estar mais suscetíveis e revelar mudanças dentro de prazos mais curtos. Zheng (2008) observou redução significativa no tamanho da maturidade sexual do caranguejo *Chionoecetes bairdi*, com uma diminuição de 20 mm de CW de uma década para outra. A redução no tamanho e idade de primeira maturação

sexual frequentemente ocorre após um declínio rápido do estoque (Zheng, 2008), sendo o efeito densidade-dependente comumente usado para explicar estas mudanças temporais (Helser e Almeida, 1997; Saborido-Rey e Junquera, 1998; Lorenzen e Enberg, 2002; Cassoff *et al.*, 2007). Contudo mudanças temporais no tamanho e idade de maturação também podem ser produto de uma resposta genética a exploração pesqueira (Rijnsdorp, 1993; Hutchings, 2005).

Maturação precoce acarreta em um déficit no crescimento somático, uma vez que iniciando o processo reprodutivo a energia para o crescimento dos tecidos é alocada para o crescimento das gônadas (Alunno-Bruscia e Sainte Marie 1998; Hartnoll, 1985; Hartnoll, 2006). Assim, estes indivíduos podem jamais chegar ao tamanho comercial (Zheng, 2008).

A diferença ontogenética entre as fêmeas jovens e adultas revela um maior incremento na largura do abdômen nas fêmeas jovens em relação às fêmeas adultas. Segundo Mauchline (1977) e Hartnoll (1982) o crescimento em crustáceos é descontínuo, com mudanças periódicas no exoesqueleto durante a ontogenia devido aos processos de muda. Vários estudos com braquiúros relatam essas diferenças ontogenéticas (Castiglioni e Negreiros-Fransozo, 2004; Dalabona *et al.*, 2005; Castiglioni *et al.*, 2006; Araújo *et al.*, 2011).

Em caranguejos a análise da relação LCxCMQ ou LCxCG para os machos e LCxLA para as fêmeas, revela a existência de um crescimento distinto entre as fases de desenvolvimento, com os machos mostrando um crescimento pronunciado da quela maior na fase adulta, enquanto nas fêmeas a largura do abdômen apresenta um crescimento maior na fase juvenil (Hartnoll, 1974; 1978; 1982). Porém neste estudo não foi possível verificar diferença entre as fases juvenil e adulta dos machos.

O período reprodutivo de *C. guanhumi* ocorreu nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. Outros autores analisado a mesma espécie encontraram períodos reprodutivos entre dezembro e fevereiro (Botelho *et al.*, 2001), entre novembro e fevereiro (Shinozaki-Mendes, 2008) e entre dezembro e abril (Botelho *et al.*, 2009). Já na região Sudeste foi entre outubro e março (Silva e Oshiro, 2002) e entre novembro e maio (Gil, 2009).

Segundo Burggren e McMahon (1988) os ciclos reprodutivos dos caranguejos são programados de acordo com sinais recebidos de diversos fatores abióticos e bióticos, tais como: disponibilidade de alimento e água, temperatura, salinidade, fase lunar e competição entre espécies congêneras. Apesar das diferenças locais, observar-se que o período reprodutivo da espécie no Brasil ocorre nos meses finais e iniciais do ano. Vários autores recomendam que a legislação vigente para a espécie, que trata do período de defeso (dezembro a março), seja adequada às características regionais da espécie. Não sendo possível uma legislação específica por região, sugere-se uma ampliação do período de defeso (novembro a março), visando a proteção de todo o período reprodutivo já que a espécie encontra-se em crescente declínio populacional (Amaral e Jablonski, 2005).

Em vários estudos a determinação do período reprodutivo é fundamentada no índice gonadosomático. Um método quantitativo que se baseia nos estágios de desenvolvimento gonadal (Castiglioni *et al.*, 2006), uma vez que a duração e a frequência do ciclo ovariano de crustáceos podem variar entre populações de uma espécie (Sastry, 1983).

Segundo Lawrence (1976) a sazonalidade do desenvolvimento gonadal está associada com o armazenamento de reservas orgânicas e minerais nos tecidos somáticos

que são transferidas para as gônadas durante o processo da gametogênese, portanto como o hepatopâncreas é o maior centro de reservas orgânicas e inorgânicas em decápodes (Gibson e Baker, 1979) espera-se uma relação inversa entre os índices gonadosomático e hepatossomático. Para as fêmeas de *Cardisoma guanhumi* aqui estudadas as flutuações no IGS e IHS refletem mudanças fisiológicas associadas com o ciclo reprodutivo, com um evidente aumento no índice gonadosomático encontrado para as gônadas em estágio de desenvolvimento gonadal avançado (“C”), bem como, durante os meses reprodutivos da espécie. A relação inversa relatada por diversos autores para IGS e IHS também é corroborada por este estudo.

Apesar do número reduzido de fêmeas ovígeras, o presente estudo mostrou uma baixa fecundidade (média de 85.256) na área de APC. Já na área de BPC esse número foi 2,5 vezes maior (média de 221.345). Silva e Oshiro (2002) encontraram fecundidade variando entre 103.350 a 366.450 ovos e uma média de 197.100, enquanto Gil (2009) encontrou fecundidade variando entre 119.149 a 270.848 e média de 182.163. Na década de 60 e 70 autores encontraram fecundidades muito mais elevadas que as registradas nos estudos mais recentes. Gifford (1962) estimou para fêmeas adultas com peso de 160 gramas uma fecundidade de 370.000 ovos na Flórida (EUA) e Taisoun (1974) encontrou uma variação de 350.00 a 1.200.000 ovos na Venezuela. O comprometimento do tamanho das fêmeas, devido à maturação antecipada principalmente no caso nas fêmeas coletadas na área de APC, está afetando também a fecundidade da espécie, uma vez que existe uma relação direta entre o número de ovos e o tamanho da fêmea (Hines, 1982; Luppi *et al.*, 1997; Hartnoll, 2006).

CONCLUSÃO

Estudos sobre a biologia reprodutiva são importantes para o gerenciamento de espécies pesqueiras e os resultados encontrados neste trabalho corroboram a atual situação vulnerável da espécie *C. guanhumi*.

Medidas legais e eficientes poderiam melhorar a atual situação do estoque no Brasil, uma vez que neste estudo, entre duas áreas com diferentes pressões de captura, foi possível demonstrar que em uma população com baixo nível de predação, o estado de equilíbrio populacional é mantido. Contudo são necessários mais estudos, tendo em vista a literatura incipiente referente à espécie. Com relação à legislação que visa proteger a espécie, sugere-se um período de defeso mais adequado a cada região ou a ampliação do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos ao técnico de laboratório, Wellington S. Xavier, que auxiliou no trabalho de campo, as estagiárias Aline C. Alves e Beatriz P. P. do Nascimento, pela colaboração nas amostragens biológicas e a Base Naval de Natal por autorizar a realização deste estudo dentro de suas instalações. Ao Laboratório de Biologia Pesqueira (DOL/UFRN) por todo o apoio logístico sem o qual este projeto não se realizaria. Este artigo faz parte da Tese de Doutorado em Biologia Animal do primeiro autor e foi financiado pela bolsa de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico - CNPq (Processo: 579540/2008-1).

6.3. Capítulo 3: Biologia populacional e padrões de coloração de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade) em um manguezal no Nordeste do Brasil

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a biologia populacional e os padrões de coloração da carapaça de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 em um manguezal de acesso restrito em Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. Foi coletado mensalmente entre fevereiro/2010 e janeiro/2012 um total de 1837 caranguejos. A proporção sexual foi semelhante para machos e fêmeas (1:1) no primeiro ano e diferiu no segundo ano. A proporção sexual por classe de tamanho diferiu estatisticamente nas classes extremas da distribuição, com abundância de machos nas superiores. Não houve diferença ($p \geq 0.05$) entre as larguras de carapaça de machos e fêmeas no primeiro ano, porém no segundo ocorreu diferença ($p \leq 0.05$). Ambos os sexos apresentaram distribuição unimodal. O comprimento de primeira maturação sexual das fêmeas foi de 6,00 cm. Não houve progressão modal definida, o que impossibilitou a determinação do parâmetro de crescimento k. Os valores de LC infinito foram obtidos para machos (9.4 cm) e fêmeas (9.2 cm). Foram encontrados juvenis ao longo de todos os meses do ano, mostrando não haver um período de recrutamento definido. Os resultados mostram que os padrões de coloração da carapaça estão claramente relacionados ao estágio de desenvolvimento e à maturidade sexual do animal.

Palavras-chave: guaiaumum, padrão de coloração, proporção sexual, distribuição de frequência de tamanho.

INTRODUÇÃO

O caranguejo *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1828) é encontrado no Atlântico ocidental. Da Flórida, nos Estados Unidos até o Estado de Santa Catarina no Sul do Brasil. (Burggren e McMahon, 1988; Branco, 1991).

Trata-se de uma espécie semi-terrestre, ou seja, apesar de desenvolver a maior parte do seu ciclo de vida no ambiente terrestre, onde se alimenta e reproduz, é dependente do ambiente aquático para dispersão e desenvolvimento larval planctônico (Bliss, 1979; Burggren e McMahon, 1988). A espécie constrói suas galerias acima da linha da preamar (Melo, 1996) em áreas adjacentes ao ecossistema de manguezal (Schaeffer-Novelli, 1989) e é um recurso econômico importante em países como Porto Rico (Feliciano, 1962; Rodríguez-Fourquet e Sabat, 2009), Venezuela (Taisoun, 1974), assim como em várias ilhas Caribenhas (Wolcott, 1988).

No Brasil a espécie é bastante apreciada na alimentação principalmente na região costeira do Nordeste do Brasil e é frequentemente comercializada em feiras e em mercados ou às margens de estradas próximas às áreas de manguezal, ou ainda utilizada na culinária em pratos típicos (Oshiro *et al.*, 1999; Botelho *et al.*, 2001). Esta demanda pelo consumo vem gerando uma forte pressão sobre as populações da espécie, constituindo um dos fatores que tem contribuído significativamente para a diminuição dos estoques no nordeste do Brasil (Botelho *et al.*, 2001). Além do consumo crescente, a espécie também sofre com os impactos causados pela supressão direta ou indireta em seu habitat, onde a vegetação de mangue é destruída dando lugar principalmente à expansão industrial-portuária, a salinas, fazendas de camarão e áreas para extração de petróleo (Vannucci, 1999; Duarte *et al.*, 2008).

Estudos sobre a espécie *C. guanhumi* são importantes, uma vez que existe uma enorme carência de informações, principalmente na região Nordeste do Brasil (Abrunhosa *et al.*, 2000; Botelho *et al.*, 2001; Shinozaki-Mendes, 2008; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2008b; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2011a; 2011b), relacionadas a biologia populacional, uma vez que estas informações são imprescindíveis para um adequado gerenciamento deste recurso, pois permite uma exploração sustentável dessa espécie.

Com relação aos padrões de coloração, apesar da evidente variedade de padrões de cores nesta espécie, existem poucos trabalhos publicados (Gifford, 1962; Silva e Oshiro, 2002; Gil, 2009) que se dedicaram a classificar e investigar quantitativamente a relação destes padrões de cores com o tamanho e a maturidade sexual. Neste contexto, este estudo tem como objetivo maior, descrever a estrutura populacional da espécie em uma área de manguezal no Estado do Rio Grande do Norte com acesso restrito, portanto de baixa pressão de captura, destacando os aspectos relacionados à proporção sexual, distribuição da frequência de tamanho, abundância de juvenis, crescimento e padrões de coloração.

As seguintes hipóteses serão testadas: (a) a proporção sexual difere de acordo com a classe de tamanho, (b) a largura da carapaça e o crescimento diferem entre os sexos e entre os períodos estudados, (c) existe um período de recrutamento definido ao longo do ano e (d) o padrão de coloração da carapaça reflete diferenças no tamanho de juvenis e adultos.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de *C. guanhumi* foram coletadas, sem reposição dos indivíduos, mensalmente de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012, no baixo estuário do rio Potengi

(5°47'22,8"S, 35°13'10,5"W), em uma área de manguezal da Base Naval na cidade de Natal, Rio Grande do Norte, localizado no nordeste do Brasil, dentro de uma área militar com acesso restrito.

Os espécimes foram coletados usando armadilhas cilíndricas com 40 mm de diâmetro (120 mm de comprimento) e 100 mm de diâmetro (250 mm de comprimento). No laboratório foram determinados: sexo, coloração e largura da carapaça (LC). Os indivíduos foram classificados em juvenis (A – imaturos) e adultos (B, C, D e E – maduros) através da análise macroscópica dos estádios de desenvolvimento gonadal (Botelho *et al.*, 2001). A espécie possui três padrões de coloração de carapaça para machos e quatro para fêmeas (Silva e Oshiro 2002). Os padrões são classificados em: padrão 1- caracteriza a fase juvenil, quando a parte dorsal da carapaça é marrom amarelada e as laterais roxo claro, os quelípodos e as pernas também apresentam coloração marrom amarelados ou alaranjados. Padrão 2 - corresponde à fase de transição, quando o corpo do animal tem uma tonalidade roxa escura azulada bem intensa. Padrão 3 - representa os indivíduos com carapaça, pernas e quelípodos de coloração azul lavanda. Padrão 4 - é caracterizado pela coloração esbranquiçada, amarelada ou acinzentada. Esse padrão é frequentemente encontrado em fêmeas adultas e segundo Gifford (1962) e Fischer *et al.* (1978), é decorrente da ovulação, podendo ser observado também no período reprodutivo dos machos, embora de modo raro.

Na análise da proporção sexual em cada classe de largura de carapaça foi usado o teste qui-quadrado χ^2 ($\alpha=0,05$) e para verificar diferenças na largura da carapaça entre os sexos nos dois anos analisados foi aplicado o teste *t* (Zar, 1999), sendo as premissas de normalidade a homogeneidade das variâncias testadas anteriormente.

A frequência relativa (%) das fêmeas adultas em cada classe de tamanho foi plotada em gráfico, no qual foi ajustada uma curva do tipo sigmóide, seguindo o resultado da equação logística $y = 1/(1+\exp[-r(LC_1-LC_{50})])$, onde LC_{50} é o comprimento da carapaça em que 50% dos indivíduos atingem a maturidade sexual e r = inclinação da curva. O ajuste da equação foi efetuado pelo método dos mínimos quadrados (Vazzoler, 1996).

Para o ajuste da curva de crescimento Von Bertalanffy foi usada a rotina ELEFAN (Pauly e David, 1981) incorporada no programa FISAT II (Gayanilo *et al.*, 1996, Gayanilo e Pauly, 1997). O LC infinito (LC_{inf}) foi estimado utilizando-se a rotina Wetherall plot (Wetherall, 1986; Pauly, 1986; Wetherall *et al.*, 1987), método que se mostrou extremamente robusto para estimar este parâmetro, mesmo quando não há uma progressão modal clara (Palomares e Pauly, 2009). Posteriormente foram utilizadas as rotinas “scan of K-values” e ELEFAN (Pauly e David 1981) para testar valores de K, mantendo o LC_{inf} fixo, a fim de adequar a curva de crescimento aos dados de frequência de comprimento mensais, caso houvesse uma progressão de modas, ou seja, caso houvesse modas claramente separadas e bem definidas, crescendo continuamente mês a mês de acordo com a equação Von Bertalanffy.

Para verificar se houve diferença significativa na abundância de juvenis ao longo dos meses nos dois anos analisados foi utilizado o teste qui-quadrado (χ^2) com correção de Yates e alpha (α) com correção de Bonferroni (Zar, 1999), esta correção consiste em ajustar o valor de α para α/n , onde n é o número de possíveis combinações de médias entre os pares.

Utilizou-se uma ANOVA Kruskal-Wallis para analisar se o padrão de coloração da carapaça reflete diferenças significativas ($\alpha=0,05$) no tamanho de juvenis e adultos

de machos e fêmeas, uma vez que foram feitos testes *a priori* para verificar a normalidade das distribuições (teste de Kolmogorov e Smirnov) e a homogeneidade das variâncias (teste de Bartlett) e ocorreu a rejeição da hipótese de normalidade e homocedasticidade. Após a realização destes testes, sendo detectados efeitos significativos, um teste de comparações múltiplas *a posteriori* foi aplicado aos resultados (Mann-Whitney) (Zar, 1999).

RESULTADOS

Proporção sexual

Foi capturado um total de 1837, sendo 959 indivíduos, 477 machos e 482 fêmeas, no primeiro ano, com uma proporção sexual não diferindo significativamente de 1:1 ($\chi^2=0,026$, $p=0,871$). No segundo ano foi capturado um total de 878 indivíduos, 472 machos e 406 fêmeas, com uma proporção sexual diferindo significativamente ($\chi^2=4,961$, $p=0,025$). A proporção sexual por classe de tamanho foi de 1:1 ($p\geq 0,05$) nas classes intermediárias com uma maior proporção de machos nas classes extremas da distribuição ($p\leq 0,05$, indivíduos juvenis e adultos grandes) para os dois anos (Fig. 1).

Distribuição de tamanho

A distribuição de frequência de tamanho para machos e fêmeas apresentada na figura 2 mostra um padrão unimodal para ambos os sexos nos dois períodos. A largura da carapaça (LC) dos machos variou de 1,7 a 8,6 cm ($5,73 \pm 0,99$), e das fêmeas variou de 1,7 a 8,0 cm ($5,63 \pm 1,00$) no primeiro ano. No segundo ano a LC dos machos variou de 1,3 a 8,5 cm ($5,94 \pm 1,10$) e as fêmeas de 2,1 a 8,0 cm ($5,74 \pm 0,92$). A classe modal para ambos os sexos no primeiro ano foi 5,5-6,0 cm LC, já no segundo ano as classes modais foram diferentes, para machos foi 6,0-6,5 e fêmeas 5,5-6,0 cm LC.

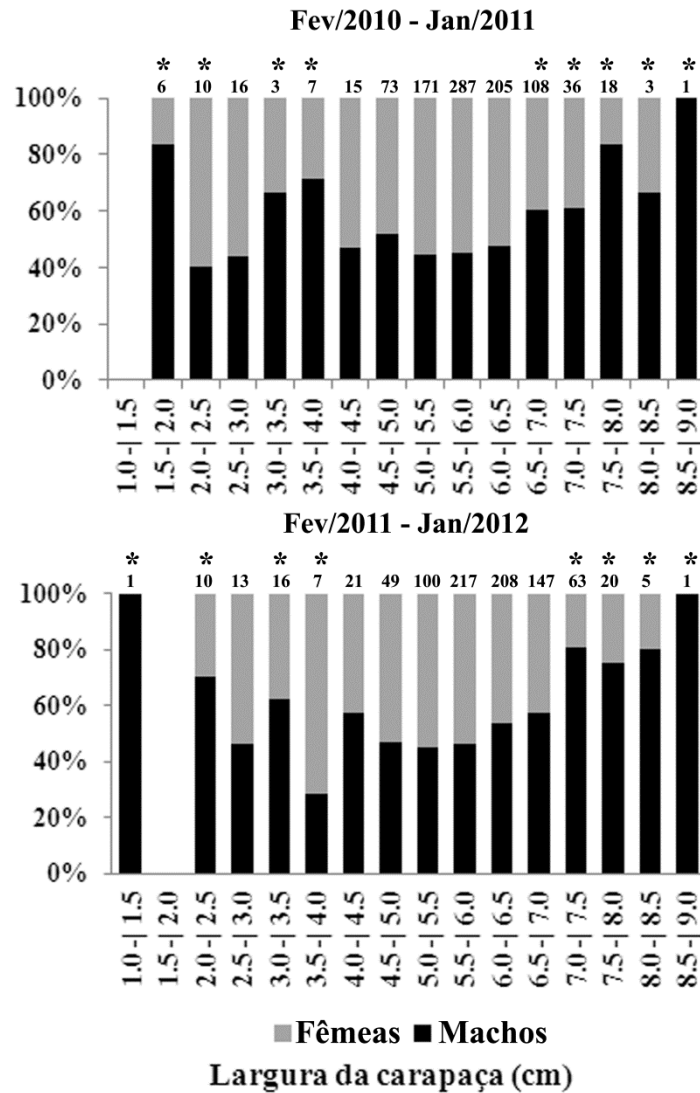


Figura 1 – Proporção sexual de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumí* por classe de tamanho (LC- largura da carapaça), amostrados no manguezal do rio Potengi, Brasil, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. (* Indica significância estatística (χ^2 , $p \leq 0,05$) e os números acima das barras são os valores absolutos em cada classe).

A distribuição da frequência de tamanhos mostrou que as fêmeas no geral foram mais abundantes até a classe de tamanho de 6,0-6,5, enquanto que os machos foram mais abundantes a partir da classe de 6,5-7,0 cm LC, em ambos os períodos. Este fato evidencia a predominância dos machos nas classes de maior largura de carapaça. Não houve diferença significativa entre a largura da carapaça (LC) para machos e fêmeas (*t-test*, $p=0,076$) no primeiro ano, porém no segundo ocorreu diferença entre os sexos (*t-*

t-test, $p=0,003$). Entre as fêmeas não ocorreu diferença entre os períodos (*t*-test, $p=0,069$), já entre os machos ocorreu diferença (*t*-test, $p=0,002$).

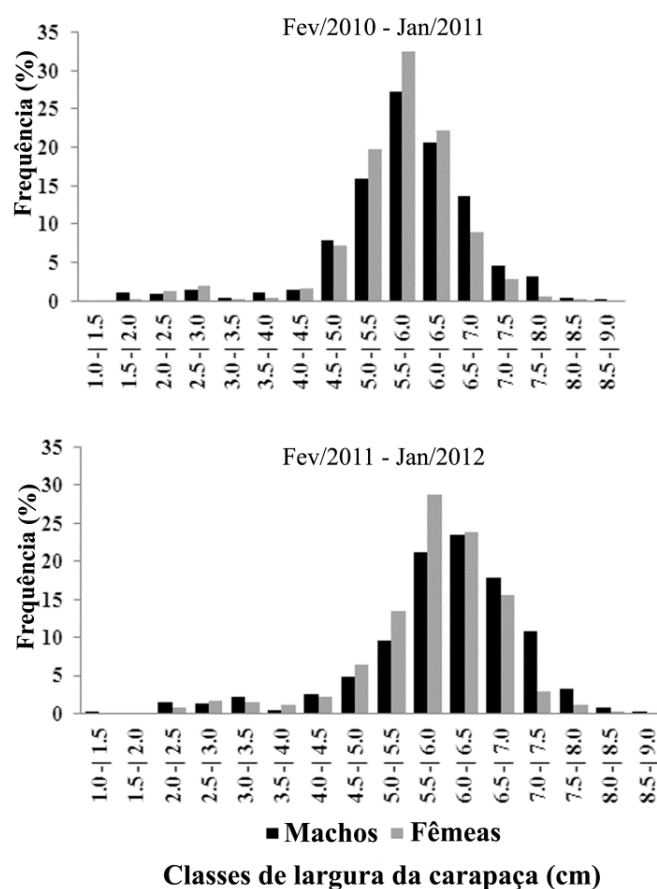


Figura 2 – Histograma de frequência de tamanho de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012.

O comprimento de primeira maturidade sexual foi determinado para as fêmeas adultas (Fig. 3), agrupando-se os dois períodos anos, uma vez que não houve diferença na largura da carapaça para as fêmeas entre os dois períodos. O comprimento de primeira maturação foi 6,00 cm.

Os dados de largura de carapaça foram utilizados para a construção de uma curva de crescimento, porém os dados não apresentaram uma progressão modal definida, o que impossibilitou ajustar uma curva de crescimento e a determinação de

seus parâmetros (Fig. 4). Foram obtidos os valores de LC infinito para machos (9,4 cm) e fêmeas (9,2 cm).

Foram encontrados juvenis ao longo de todos os meses do ano (Fig. 5), no primeiro ano ocorreram três grupos de abundância (χ^2 , $p \leq 0,05$) que se misturam ao longo do ano tanto para os machos como para as fêmeas. No segundo ano ocorreram quatro grupos para machos e cinco para fêmeas que também se misturam ao longo dos meses. Observou-se uma menor abundância de fêmeas juvenis de novembro a fevereiro em ambos os períodos.

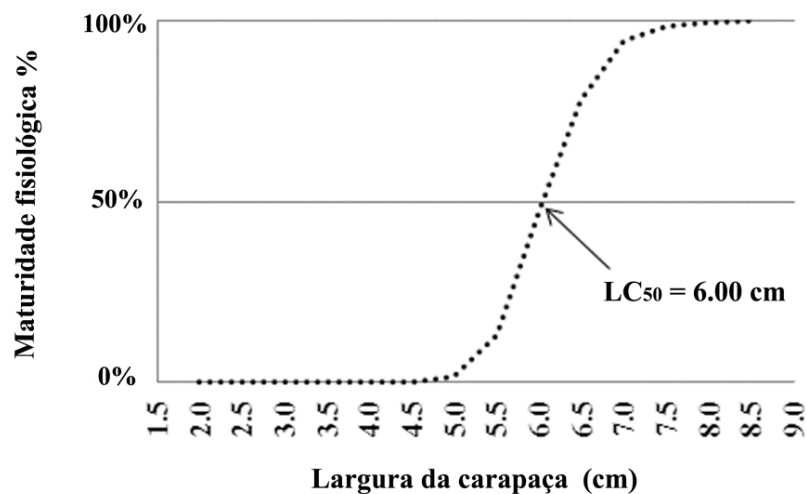


Figura 3: Curva da maturidade sexual das fêmeas de *Cardisoma guanhumi* amostrados no manguezal do rio Potengi, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012.

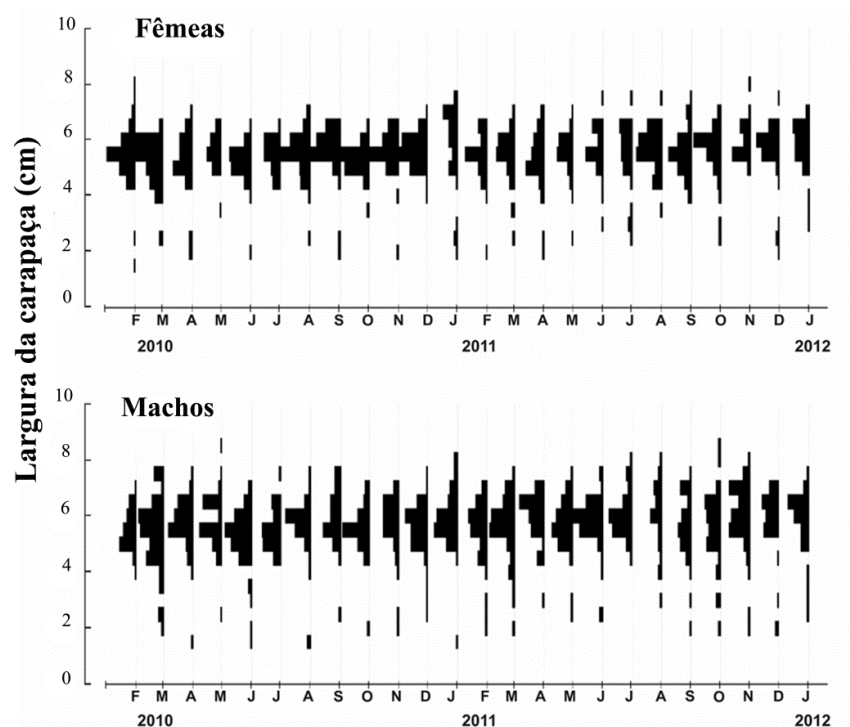


Figura 4 – Histograma da freqüência de tamanho de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumis* amostrados no manguezal do rio Potengi, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012.

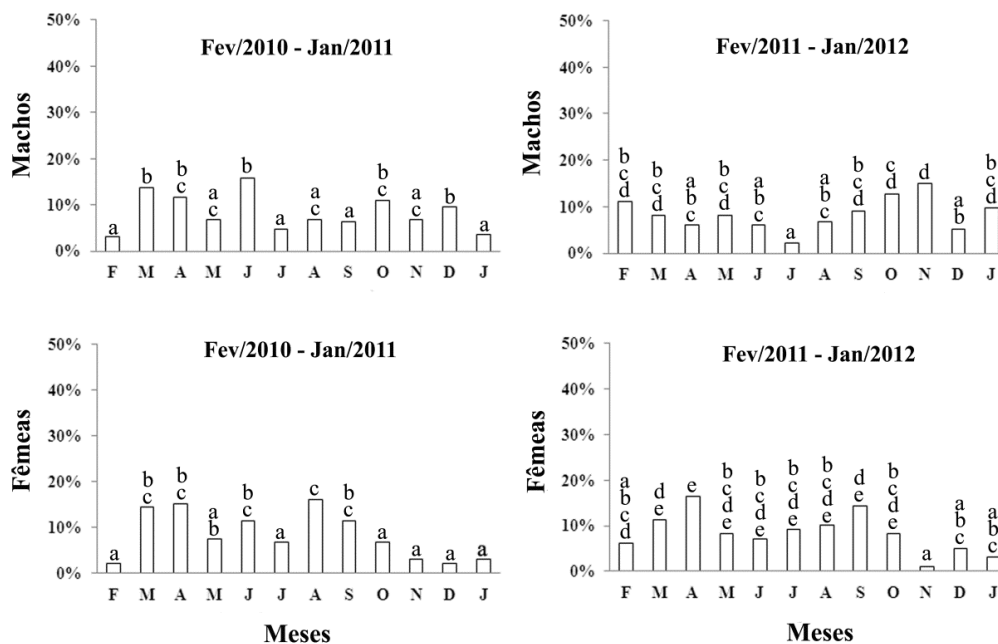


Figura 5 - Distribuição mensal dos juvenis de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumis* amostrados no manguezal do rio Potengi, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. (As letras acima das barras correspondem aos grupos de acordo com a abundância – χ^2 teste).

Padrões de coloração

O padrão de coloração foi determinado para 624 indivíduos, sendo 307 machos e 317 fêmeas. Foram observados três padrões de coloração para os machos e quatro para fêmeas, sendo os três primeiros iguais para ambos os sexos, e o quarto exclusivo para fêmeas (Fig. 6). No presente estudo os padrões de coloração apresentaram uma grande amplitude de tamanho, porém é possível observar um incremento no tamanho médio dos indivíduos do padrão 1 ao padrão 3 para os machos e ao padrão 4 para as fêmeas, principalmente nos indivíduos adultos (Tabela 1).

Os resultados mostram que o padrão 2 de coloração foi dominante para os juvenis e fêmeas adultas enquanto que o padrão 3 foi comum para os machos adultos (Tabela 1).

Os resultados da ANOVA Kruskal-Wallis mostram que com relação aos tamanhos dos machos juvenis nos padrões de coloração 1 e 2 existe diferença ($H=6,47$; $p=0,039$), já para os machos adultos ocorreu diferença de tamanho entre todos os padrões de coloração ($H=35,41$; $p=0,000$). As fêmeas juvenis não apresentaram diferenças ($H=0,70$ $p=0,703$) de tamanhos entre os padrões de coloração, já as fêmeas adultas os padrões de coloração 1 e 2 apresentaram diferenças ($H=48,41$; $p=0,000$) em relação aos padrões 3 e 4.

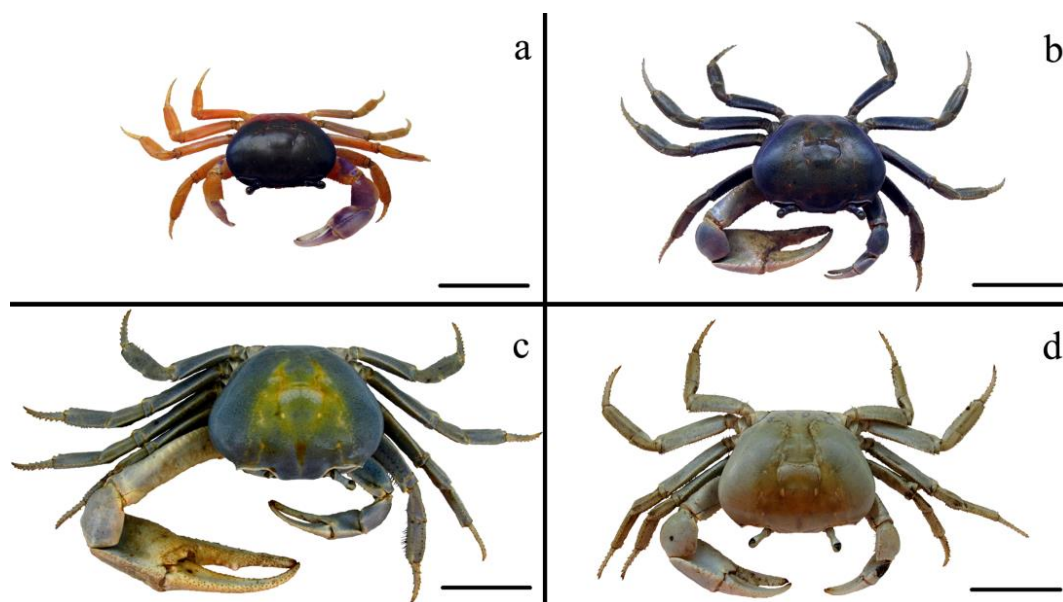


Figura 6 – Padrão de coloração da carapaça de amostras de *C. guanhumi* coletados no manguezal do rio Potengi, Brasil, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2011. (padrão de coloração 1 (a), padrão de coloração 2 (b), padrão de coloração 3 (c), padrão de coloração 4 (d)). Escala de 5 centímetros.

Tabela 1 – Resultado na análise de variância Kruskal-Wallis para testar as diferenças do tamanho médio dos padrões de coloração de *C. guanhumi*, coletados no manguezal do rio Potengi, Brasil, de fevereiro de 2010 a janeiro de 2011 (n = número de indivíduos, DP – desvio padrão, Min = mínimo, Máx = máximo. Valores com pelo menos uma letra em comum não diferem estatisticamente (ANOVA Kruskal-Wallis, post-hoc – Mann-Whitney; $\alpha = 0,05$)).

		Juvenis			Adultos		
	Padrões de coloração	n	Média±DP (cm)	Max – Min (cm)	n	Média±DP (cm)	Max – Min (cm)
Machos	1	42	4,8±1,12 ^a	1,9-6,0	26	5,64±0,94 ^a	4,8-6,6
	2	69	5,3±0,90 ^b	1,8-6,6	67	6,0±0,91 ^b	4,8-6,6
	3	11	4,8±0,86 ^{ab}	1,7-6,1	91	6,5±0,93 ^c	5,0-8,3
Fêmeas	1	29	4,7±0,95 ^a	2,3-6,0	41	5,6±0,41 ^a	4,8-6,6
	2	39	5,0±0,87 ^a	2,1-6,1	98	5,8±0,45 ^a	4,9-7,0
	3	12	4,9±0,93 ^a	2,1-6,2	82	6,2±0,51 ^b	5,2-7,6
	4	-	-	-	15	6,6±0,95 ^b	5,6-7,5

DISCUSSÃO

Proporção sexual

O presente estudo adiciona informações relevantes no que diz respeito à biologia populacional e padrões de coloração da espécie *C. guanhumi* no Estado do Rio Grande do Norte, e de modo geral, aos estudos sobre a espécie, uma vez que os mesmos são escasso na literatura, comprometendo a avaliação da atual situação da espécie que se encontra tão vulnerável.

Com relação aos estudos sobre a proporção sexual a teoria de Fischer (Fischer, 1930; Willson e Pyanka, 1963) relata que é esperada uma proporção sexual na natureza de 1:1 (fêmea:macho). Entretanto, algumas populações podem diferir desta proporção devido a diversos fatores como: preferência entre os sexos por diferentes habitats, mortalidade, crescimento diferencial entre os sexos, migração entre outros (Berglund, 1981; Johnson, 2003; Diele *et al.*, 2005; Hartnoll, 2006; 2009).

No presente estudo verificou-se que a proporção diferiu no segundo ano. Em outros trabalhos realizados para a espécie a proporção sexual não diferiu de 1:1 (Bozada e Chávez, 1986; Silva e Oshiro, 2002; Botelho *et al.*, 2001; Shinozaki-Mendes, 2008). Por outro lado, quando analisada a proporção sexual por classe de tamanho, verifica-se que os machos foram mais abundantes (χ^2 test, $p \leq 0,05$) nas classes mais extremas da distribuição, enquanto que a abundância nas classes intermediárias não apresentaram diferença da proporção de 1:1 (Fig. 1). A menor abundância de fêmeas nas classes de maior tamanho da distribuição pode ser explicada pela maior alocação de energia das fêmeas para os tecidos reprodutivos, bem como pela restrição alimentar durante o

período de incubação dos ovos, que compromete o crescimento somático das fêmeas (Alunno-Bruscia e Sainte Marie, 1998; Hartnoll, 2006).

Os resultados mostraram que as fêmeas foram mais abundantes até a classe de 5,5-6,0 cm e o LC_{50} das fêmeas foi de 6,00 cm de largura de carapaça. Assim, nesta classe de tamanho 50% das fêmeas passam a investir grande parte de sua energia para o desenvolvimento das gônadas, o que resulta em uma diminuição do seu crescimento corporal, justificando a maior abundância de machos a partir desta classe. Entretanto segundo Wenner (1972) as proporções nas classes inferiores de tamanho devem ser iguais, o que não ocorreu neste estudo, provavelmente devido à seletividade do apetrecho de pesca, que dificultou uma captura mais abundante de indivíduos nas classes iniciais da distribuição.

Distribuição de tamanho

A distribuição unimodal para machos e fêmeas é comum segundo Warner (1967) e Diaz e Conde (1989), para decápodos de regiões tropicais, onde as variações climáticas são pouco acentuadas. Uma distribuição unimodal geralmente reflete um recrutamento contínuo, sem rompimento de classes e taxas de mortalidade constantes (Diaz e Conde 1989). Segundo Gifford (1962), Taisoun (1974) e Henning (1975), as fêmeas desta espécie podem desovar até cinco vezes por ano, o que explica o recrutamento contínuo, uma vez que as fêmeas são capazes de armazenar e manter os espermatozóides nas espermatecas durante anos (Taisoun, 1974). No presente estudo foram observadas fêmeas com ovos aderidos aos pleópodes que não foram desovados e cuja gônada já se encontrava madura novamente, indicando pelo menos duas desovas seguidas.

Desovas consecutivas durante um ciclo reprodutivo pode explicar a impossibilidade de estimação dos parâmetros de crescimento da equação Von Bertalanffy, pois sendo o recrutamento contínuo e sem rompimento de classes ao longo do ano, não foi possível observar a presença bem marcada de coortes ao longo dos meses. Porém um fator relevante para o não ajuste da curva de crescimento foi à seletividade do apetrecho de pesca utilizado (armadilhas) que levou a uma baixa captura de indivíduos jovens. Este é um problema recorrente em trabalhos com *C. guanhumi*, uma vez que a captura de indivíduos jovens é bastante dificultada pelo comportamento agonístico e pouco sociável da espécie (Hill, 2001; Wedes, 2004). Por outro lado, a falta de progressão modal também pode ser um indício de um crescimento lento (valor de “k” baixo) da espécie, o que é realmente observado para *C. guanhumi*.

Segundo Henning (1975), a espécie se caracteriza por um crescimento lento e grande longevidade quando comparado com outros caranguejos, enquanto outros caranguejos necessitam de aproximadamente 20 mudas para atingir o tamanho máximo, *Cardisoma guanhumi* necessita de até 60 mudas, podendo atingir até 13 anos de idade.

Botelho *et al.* (2001) estimou pela primeira vez através da equação de Von Bertalanffy os parâmetros de crescimento de *C. guanhumi* em uma população e faz ressalvas aos problemas inerentes a esta estimativa. Desta forma, o autor estimou um LC infinito de 8,3 cm, $k = 0,594$, maturidade das fêmeas com 1,47 anos e período principal de recrutamento entre maio e setembro. Já Henning (1975) com base em mudas em laboratório, estimou a maturidade das fêmeas em 3,75 anos.

O comprimento de primeira maturidade sexual das fêmeas de *C. guanhumi* foi de 6,00 cm LC no presente estudo, ou seja, o mesmo tamanho sugerido pela legislação ambiental Brasileira como tamanho mínimo de captura (IBAMA, 2006). Contudo

fazemos aqui a ressalva que o local de amostragem é uma área de acesso restrito, onde a espécie é pouco capturada e encontra-se de certa forma protegida. Comparado com outros trabalhos, no presente estudo a espécie apresentou uma maturação tardia das gônadas, outros autores encontraram valores de L_{50} para fêmeas inferiores na região Nordeste no Brasil (3,55 cm - Botelho *et al.* (2001) e 6,12 cm - Shinozaki-Mendes (2008)), na região Sudeste (5,3 cm - Silva e Oshiro (2002); 3,7-5,1 cm - Gil (2009)), e em Cuba (5,00 cm - Gimenez e Acevedo 1991). Já Taisoun (1974) encontrou um valor de L_{50} de 7,00 cm na Venezuela.

As variações no tamanho de primeira maturação sexual podem ser atribuídas a vários fatores, tais como: temperatura e interação com o fotoperíodo (Giese, 1959; Annala *et al.*, 1980; Sampedro *et al.*, 1999). Parâmetros exógenos podem interferir nas taxas metabólicas e no crescimento individual em populações de uma mesma espécie em regiões distintas, originando tamanhos diferenciados para o início da maturação, como observado por Hines (1989) para algumas espécies de braquiúros da Costa Oeste dos Estados Unidos. Outros fatores também podem influenciar o tamanho de maturidade sexual, como a salinidade e a disponibilidade de recursos alimentares (D’Incao *et al.*, 1993).

Apesar da baixa captura mensal de indivíduos juvenis neste estudo, a análise da abundância de juvenis ao longo dos dois anos mostrou que não ocorre um período de recrutamento definido. Apesar de formarem alguns grupos de abundância que se misturam ao longo do ano tanto para os machos como para as fêmeas, pode-se observar a presença dos juvenis ao longo de todos os meses do ano. Este resultado reforça o que alguns autores (Gifford, 1962; Taisoun, 1974; Henning, 1975) relatam sobre as

características reprodutivas da espécie já mencionadas neste trabalho que possibilitam este recrutamento contínuo.

A distribuição por classe de tamanho mostrou as fêmeas foram mais abundantes na classe modal e intermediárias, e foram menos abundantes nas classes periféricas. Shinozaki-Mendes (2008) analisando a biologia populacional de *C. guanhumi* no Estado do Ceará observou que as fêmeas também foram mais abundantes na classe modal e ausentes nas classes periféricas. Esta predominância de um sexo nas classes periféricas pode indicar taxas ou tamanhos diferentes de recrutamento e de mortalidade (Shinozaki-Mendes, 2008).

Os machos apresentaram maior amplitude de tamanho e foram mais abundantes nas classes de maior tamanho. Já com relação às médias de largura de carapaça de machos e fêmeas não ocorreu diferença no primeiro ano ($p=0,079$). Entretanto foi observada uma diferença significativa no segundo ano ($p=0,003$). Este dimorfismo sexual é mais evidente em braquíuros aquáticos do que em semi-terrestres ou terrestres (Hartnoll, 1982; Gleason, 1991). Porém têm sido relatado em diversos trabalhos com *C. guanhumi* (Herreid, 1967; Bozada e Chávez, 1986; Silva e Oshiro, 2002; Rivera, 2005; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2008; Gil, 2009). Este maior tamanho dos machos na infraordem Brachyura segundo vários autores (Warner, 1967; Benetti e Negreiros-Fransozo, 2003; Johnson, 2003; Luppi *et al.*, 2004; Litulo, 2005) é resultado de um maior período de crescimento somático e/ou à um maior incremento durante a muda.

Padrões de coloração

Segundo Gifford (1962) os padrões de coloração em *C. guanhumi* são determinados por diferentes combinações de efeitos devido à presença de pigmentos na

carapaça e cromatóforos da epiderme. Os juvenis utilizam os dois tipos de coloração, na fase de transição os pigmentos da carapaça são mais importantes, enquanto que a coloração dos adultos é exclusivamente devido aos cromatóforos da epiderme.

O padrão de coloração mais abundante em ambos os sexos foi o “padrão 2” (roxo escuro azulado), ou seja, indivíduos na fase de transição. Quando observamos as amplitudes de tamanho por padrão de coloração, os exemplares do “padrão 1” variaram entre 1,9 e 6,6 cm LC. Silva e Oshiro (2002) encontraram indivíduos variando de 3,0 a 7,5 cm L e Gil (2009) de 2,1 a 5,8 cm LC, ambos coletados no Sudeste do Brasil. No “padrão 2” os indivíduos variaram entre 1,8 a 7,5 cm LC, Silva e Oshiro (2002) encontraram indivíduos variando de 5,0 a 7,0 cm LC e Gil (2009) de 3,7 a 7,6 cm LC. No “padrão 3” os indivíduos variaram entre 1,7 a 8,3 cm LC, sendo os indivíduos coletados na região Sudeste do Brasil maiores (5,5 a 9,0 cm (Silva e Oshiro 2002) e 4,5 a 9,3 (Gil 2009))).

O maior tamanho para a espécie na região Sudeste do Brasil, se dá pelo fato da espécie não ser tão apreciada na culinária da região e também por fatores relacionados à temperatura, disponibilidade de alimento e latitude que podem atuar na biologia populacional de algumas espécies de crustáceos (Hartnoll, 1982; Bond-Buckup e Buckup, 1989; Müller *et al.*, 1999; Fischer *et al.*, 2009a; Fischer *et al.*, 2009b). Esta diferença pode ser evidenciada nos tamanhos mínimos de captura para a espécie nas duas regiões do país. No Nordeste, excetuando-se o Estado da Bahia a espécie possui um tamanho mínimo de captura de 6 cm LC, já na região Sudeste é de 8 cm LC (IBAMA 2003 e IBAMA 2006). Para o “Padrão 4”, Silva e Oshiro (2002) não mencionam a amplitude de tamanhos, enquanto que Gil (2009), capturou fêmeas variando de 5,6 a 9,1 cm LC e relata a captura de dois indivíduos machos (9,2 e 9,3 cm

LC), um no período de pós-muda e outro na fase reprodutiva, um padrão raro de coloração para machos segundo Gifford (1962) e Fischer *et al.*, (1978). Os tamanhos encontrados por Gil (2009), também foram superiores aos encontrados no presente estudo (5,6 a 7,5 cm LC) para este padrão de coloração. É importante destacar que Silva e Oshiro (2002) e Gil (2009) relatam as amplitudes de tamanho para cada padrão de coloração, porém não mencionam a abundância dos mesmos.

Segundo Reuschel e Schubart (2007) a plasticidade fenotípica nos padrões de coloração da carapaça é frequentemente observada em caranguejos marinhos e pode estar relacionada com alguma vantagem contra predadores (Todd *et al.*, 2005). Em caranguejos semi-terrestres os padrões de coloração podem mudar com o crescimento, a sazonalidade, o estado atual do indivíduo, como estresse, ritmos endógenos e até mudanças de temperatura (Silbiger e Munguia, 2008). Podem estar também relacionadas à fisiologia respiratória e osmoregulatória, resposta á dessecação, ao ciclo de muda e ao comportamento de acasalamento (Reid *et al.*, 1997).

Para o *C. guanhumi*, Gifford (1962), acredita que o padrão de coloração está relacionado com a maturidade do animal. Já Silva e Oshiro (2002) relacionam os padrões de coloração ao estágio de desenvolvimento da espécie.

Os resultados aqui encontrados, excetuando-se as fêmeas juvenis, mostram que o padrão de coloração da carapaça reflete diferenças no tamanho dos machos juvenis e nos adultos de ambos os sexos. Assim sendo, o padrão de coloração da carapaça está relacionado tanto com o estágio de desenvolvimento quanto a maturidade do animal, uma vez que os dois fatores estão diretamente relacionados.

CONCLUSÃO

A análise da proporção sexual mostrou que o percentual de machos e fêmeas pode diferir entre os anos e que os machos tendem a ser mais abundantes, principalmente nas classes de maior tamanho da distribuição. Entretanto, apesar dos machos de *C. guanhumi* não diferirem do padrão apresentado para infraordem Brachyura, onde os machos tendem a alcançar maiores tamanhos que as fêmeas, não houve diferença significativa entre as médias de largura da carapaça de machos e fêmeas no primeiro ano de amostragem.

A distribuição do tipo unimodal esperada para décapodes foi confirmada para *C. guanhumi*. Não foi possível estimar o parâmetro de crescimento K, devido a características inerentes à espécie relatada por outros autores, tais como, crescimento lento e grande longevidade, agravados pelas dificuldades na amostragem de indivíduos juvenis.

A espécie não apresenta um período de recrutamento bem definido. Os padrões de coloração da carapaça estão claramente relacionados ao estágio de desenvolvimento e à maturidade sexual do animal.

O presente trabalho traz relevantes contribuições para o estudo da espécie e entendimento de sua biologia. Além de ser o primeiro trabalho a analisar as relações entre o padrão de coloração da carapaça com o tamanho e os estágios de desenvolvimento gonadal. Porém estudos complementares são necessários para uma melhor compreensão de sua biologia populacional e dos fatores que estão relacionados aos padrões de coloração da carapaça, uma vez que a espécie possui importância econômica e encontra-se vulnerável devido a sua elevada captura.

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos ao técnico de laboratório, Wellington S. Xavier, que auxiliou no trabalho de campo, as estagiárias Aline C. Alves e Beatriz P. P. do Nascimento, pela colaboração nas amostragens biológicas e a Base Naval de Natal por autorizar a realização deste estudo dentro de suas instalações. Ao Laboratório de Biologia Pesqueira (DOL/UFRN) por todo o apoio logístico sem o qual este projeto não se realizaria. Este artigo faz parte da Tese de Doutorado em Biologia Animal do primeiro autor e foi financiado pela bolsa de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico - CNPq (Processo: 579540/2008-1).

6.4. Capítulo 4: Desenvolvimento gonadal de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea, Brachyura, Gecarcinidade)

RESUMO

Os estágios de desenvolvimento das gônadas de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 foram descritos macroscopicamente e microscopicamente. Os indivíduos foram coletados em duas áreas de manguezal no Estado do Rio Grande do Norte. Um total de 70 indivíduos foi analisado. O sistema reprodutivo das fêmeas é formado por um par de ovários e espermatecas que desembocam nos gonóporos, enquanto os machos possuem um par de testículos, vasos deferentes e ductos ejaculatórios. As seguintes células germinativas foram encontradas para as fêmeas: oogônias (média $12 \pm 2,6 \mu\text{m}$), oócitos pré-vitelogênicos (média $35,8 \pm 10,1 \mu\text{m}$), oócitos vitelogênicos (média $102,5 \pm 13,9 \mu\text{m}$) e oócitos maduros (média $224,2 \pm 53 \mu\text{m}$) e para os machos: espermatogônias (média $9,7 \pm 1,22 \mu\text{m}$), espermatócitos (média $8,6 \pm 0,99 \mu\text{m}$), espermátides iniciais (média $5,4 \pm 1,4 \mu\text{m}$), espermátides finais (média $3,4 \pm 0,4 \mu\text{m}$) e espermatozoides (média $3,15 \pm 0,32 \mu\text{m}$). Foram determinados cinco estágios de desenvolvimento macroscópicos e microscópicos para as fêmeas: imaturo, em maturação, maduro, em desova e repouso, enquanto para os machos foram determinados dois estágios macroscópicos: imaturo e maduro; e três estágios microscópicos: imaturo, em maturação e maduro.

Palavras-chave: oogênese, espermatogênese, reprodução, caranguejo semi-terrestre.

Artigo será submetido à revista Tissue and Cell.

INTRODUÇÃO

Os caranguejos da família Gecarcinidae são popularmente conhecidos como caranguejos terrestres (Hartnoll, 1988). Embora eles passem a maior parte da sua vida adulta na terra, as fêmeas necessitam retornar ao mar para realizar a desova, uma vez que as larvas têm desenvolvimento planctônico (Hartnoll *et al.*, 2007). O ciclo reprodutivo inclui a proliferação de células do ovário, crescimento para a maturação, ovulação, extrusão de ovos e incubação até a eclosão das larvas (Sastry, 1983).

As mudanças ocorridas durante o desenvolvimento gonadal são importantes para o entendimento do processo reprodutivo (Hartnoll, 1974) e os métodos histológicos são normalmente usados nos crustáceos para determinar o estágio de crescimento e maturação das gônadas (Pinheiro e Lins-Oliveira, 2006; Castiglioni *et al.* 2007, Shinozaki-Mendes *et al.*, 2011a; 2011b; 2012; Souza *et al.*, 2012; Nicolau *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2012). Segundo Fonteles-Filho (2011) estes estudos são parte importante da dinâmica populacional de uma espécie, contribuindo de forma significativa para elaboração e implementação de medidas que possam garantir um adequado manejo, recuperação e sustentabilidade de populações exploradas pela pesca.

A espécie *Cardisoma guanhumi* representa um recurso pesqueiro economicamente importante em várias localidades no Atlântico Ocidental (Bermudas, Flórida, Golfo do México, Antilhas, Porto Rico, Venezuela e Brasil – do Estado do Ceará até Santa Catarina) (Feliciano, 1962; Taissoun, 1974; Wolcott, 1988; Botelho *et al.*, 2001; 2009; Amaral e Jablonski, 2005; Rodríguez-Fourquet e Sabat, 2009; Firmo *et al.*, 2012). Por outro lado, devido a uma intensa exploração, em alguns países como Brasil e Porto Rico os estoques já se encontram em situação de sobrepesca (Amaral e Jablonski, 2005; Rodríguez-Fourquet e Sabat, 2009).

Neste contexto, este estudo tem como objetivo contribuir para o conhecimento da dinâmica reprodutiva da espécie, com enfoque no desenvolvimento gonadal de machos e fêmeas do caranguejo semi-terrestre *Cardisoma guanhumi*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os caranguejos foram capturados em duas áreas de manguezal situadas na região Nordeste do Brasil (Natal – RN: 5°47'22,8"S - 35°13'W e 5°47'29,5"S - 35°13'W e Extremoz – RN: 5°26'S e 35°14'W - 5°38'S e 35°34' W) (Fig. 1).

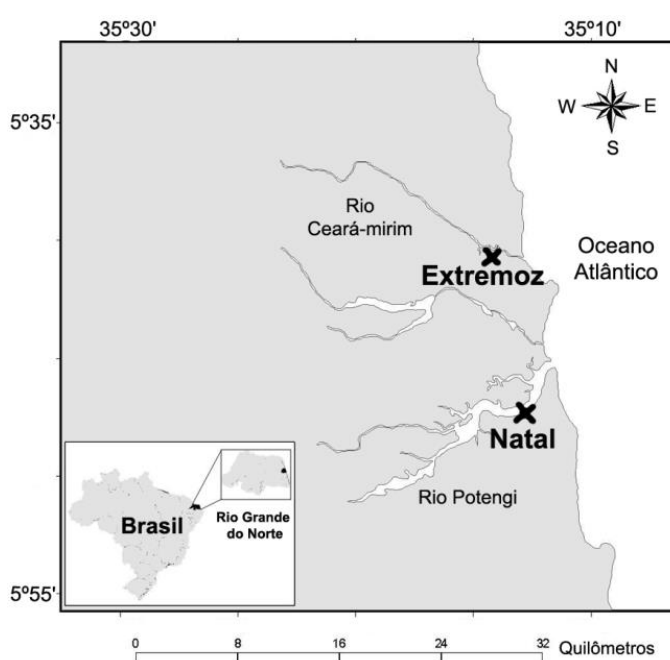


Figura 1: Localização geográfica das áreas de amostragem de *C. guanhumi*.

Para a captura dos caranguejos foram utilizadas armadilhas com 40 e 100 mm de diâmetro, durante o período de fevereiro de 2010 a janeiro de 2012. Foi coletado o tecido gonadal de 70 indivíduos, sendo 43 fêmeas e 27 machos, compreendendo todos os estágios de desenvolvimento gonadal macroscópico. Antes da dissecação, os indivíduos foram mantidos em refrigerador à temperatura de -10°C, por 40 minutos, ou até a sua imobilização. Em seguida, a carapaça foi retirada para a exposição do trato reprodutivo.

O material coletado foi fixado em solução de Davidson, por 24h, sendo posteriormente conservado em solução de álcool 70%. Os fragmentos do trato reprodutivo foram submetidos à desidratação em série alcoólica crescente, diafanização em xilol e impregnação e inclusão em parafina a 60°C. Cada bloco contendo material biológico foi seccionado a 5 µm, sendo as lâminas, em seguida coradas com a técnica de HE (Hematoxilina-Eosina). As fotomicrografias foram tiradas usando um microscópio Olympus (CH 30) acoplado a uma câmera Olympus (PM – 10 AK).

Com base na proporção das células de cada estágio foram determinadas as fases de desenvolvimento ovariano. Para compreender a dinâmica reprodutiva foram estabelecidas as relações entre as características macroscópicas e microscópicas segundo observações realizadas neste estudo, bem como nas descrições propostas por Shinozaki-Mendes *et al.* (2011a, 2011b), Shinozaki-Mendes *et al.* (2012) e Souza *et al.* (2012).

RESULTADOS

Caracterização das gônadas das fêmeas

O sistema reprodutivo das fêmeas de *C. guanhumi* é formado por ovários pares e espermatecas desembocando no gonóporo. As gônadas são simétricas bilateralmente e em forma de “H”, os ovários estão localizados na porção antero-lateral do cefalotórax, são alongados e ligados por uma comissura transversal, abaixo do coração. Os gonodutos localizados na porção posterior da comissura possui uma dilatação lateral conhecida como espermateca, a qual é conectada aos gonóporos e cuja abertura localiza-se no esternito, na altura do 3º par de pereiópodos, na parte interna do abdômen das fêmeas.

As células que constituem os ovários são principalmente de três tipos: oogônias, oócitos em diferentes estágios de desenvolvimento e células foliculares.

Oogônias são células pequenas caracterizadas pela presença de células germinativas jovens e formam aglomerados na região central ovário (zona germinativa) (Fig. 2a e 2d). Este tipo de célula possui citoplasma reduzido e de natureza basófila e um núcleo evidente, ocupando grande parte da célula e cromatina fortemente condensada. O diâmetro das oogônias variam entre 7,6 e 22,2 μm (média $12 \pm 2,6 \mu\text{m}$).

Oócitos pré-vitelogênicos são células um pouco maiores que as oogônia e são encontradas na periferia da zona germinativa, possuem núcleo e citoplasma maiores comparados as oogônias (Fig. 2e). O citoplasma ainda apresenta natureza basófila ao reagir com a hematoxilina. É possível visualizar no núcleo a presença de um ou raramente dois nucléolos e cromatina dispersa na região próxima a membrana nuclear. O diâmetro dos oócitos pré-vitelogênicos variam entre 18,8 e 64 μm (média $35,8 \pm 10,1 \mu\text{m}$).

Oócitos vitelogênicos são células acidófilas, corando-se em rosa claro ao reagir com a eosina, são células maiores (diâmetro variando entre 79,3 e 133,1 μm ; média $102,5 \pm 13,9 \mu\text{m}$) que as encontradas nos estágios de desenvolvimento anteriores, encontram-se justapostas e possuem forma geralmente poliédrica ou arredondada (Fig. 2a). Há um grande acúmulo de proteínas e concentração de vitelo no citoplasma.

Oócitos maduros são células volumosas com forma poliédrica, citoplasma acidófilo e núcleo basófilo. São as maiores células da linhagem germinativa (diâmetro variando entre 117,9 e 339,7 μm ; média $224,2 \pm 53 \mu\text{m}$) (Fig. 2b, 2c e 2f). O núcleo encontra-se bastante reduzido e pouco visível, porém é possível observar a presença de um nucléolo corado pela hematoxilina em alguns oócitos. O citoplasma aparece

totalmente preenchido com grânulos de vitelo, os quais têm tamanho reduzido próximo ao núcleo.

Células foliculares são observadas em todos os estágios de desenvolvimento ovariano. São encontradas livres, formando aglomerados irregulares ao redor de oócitos pré-vitelogênicos ou formando camadas simples ao redor de oócitos maduros e vitelogênicos (Fig. 2a). Este processo é chamado foliculogênese (Adiyodi e Subramoniam, 1983).

A evolução macroscópica e microscópica da gônada das fêmeas de *C. guanhumi* permitiu que os ovários fossem agrupados em cinco estágios distintos de desenvolvimento (Fig. 2d, 2e, 2f, 2g e 2h).

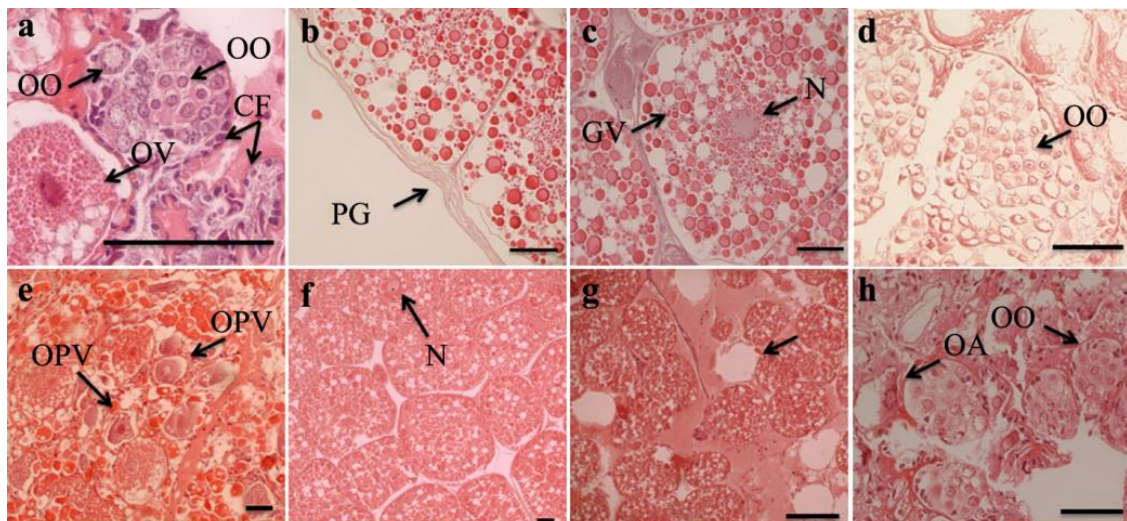


Figura 2: Fotomicrografias dos componentes germinativos e somáticos dos ovários das fêmeas de *C. guanhumi* em diferentes estágios de maturação. d, imaturo; e, em maturação; f, maduro; g, em desova; h, em repouso; OO, oogônias; OPV, oócito pré-vitelogênico; OV, oócito vitelogênico; OM, oócito maduro (b, c e f); CF, células foliculares; GV, grânulos de vitelo; N, núcleo; PG, parede da gônada; OA, oócito atrésico. Escala da barra 50 μ m.

Caracterização das gônadas dos machos

O sistema reprodutivo dos machos é simétrico bilateralmente, localizado na porção mediana-posterior do cefalotórax e composto por um par de testículos, vasos deferentes e ductos ejaculatórios.

Os testículos são bastante delgados e conectados através de uma comissura testicular localizada sob o coração. O vaso deferente inicia-se logo após a comissura testicular, aumentando de diâmetro em direção ao gonóporo. É dividido em três partes: vaso deferente anterior (VDA), vaso deferente médio (VDM) e vaso deferente posterior (VDP). Na porção final do VDP encontra-se o ducto ejaculatório que se projeta para a parte externa do corpo terminando no gonóporo, na altura do quinto par de pereiópodos.

Os testículos são formados por diferentes células da linhagem germinativa, como espermatogônias, espermatócitos, espermatídes e espermatozoides.

As espermatogônias têm caráter basófilo e estão situadas próximas à zona germinativa, possui núcleo grande e central, com cromatina periférica e pouco condensada, são as maiores células da linhagem germinativa (diâmetro variando entre 8 e 11,3 μm ; média $9,7 \pm 1,22 \mu\text{m}$) (Fig. 3a, 3b).

Os espermatócitos possuem núcleo reduzido em relação ao citoplasma abundante, localiza-se na região central da célula e sua forma é pouco definida (diâmetro variando entre 7 e 10,5 μm ; média $8,6 \pm 0,99 \mu\text{m}$). Também possui caráter basófilo como as espermatogônias (Fig. 3a).

As espermatídes foram classificadas em iniciais (diâmetro variando entre 3,9 e 9,1 μm ; média $5,4 \pm 1,4 \mu\text{m}$) (Fig. c) e finais (diâmetro variando entre 2,7 e 4,2 μm ; média $3,4 \pm 0,4 \mu\text{m}$) (Fig. d) de acordo com o tamanho do acrossomo, nas espermatídes

finais o acrossomo encontra-se mais desenvolvido e é maior que o núcleo. O núcleo tem caráter basófilo e o acrossomo acidófilo.

Os espermatozoides possuem caráter altamente acidófilo e forma esférica (Fig. 3f e 3h). São as menores células germinativas (diâmetro variando entre 2,7 e 3,9 μm ; média $3,15 \pm 0,32 \mu\text{m}$), nos machos maduros são encontrados tanto nos testículos como nos vasos deferentes.

A evolução macroscópica do trato reprodutor dos machos de *C. guanhum*i permitiu a classificação de dois estágios de desenvolvimento, imaturo e maduro, porém a análise microscópica mostrou a existência de um estágio intermediário (em maturação) (Fig. 3a, 3c e 3d).

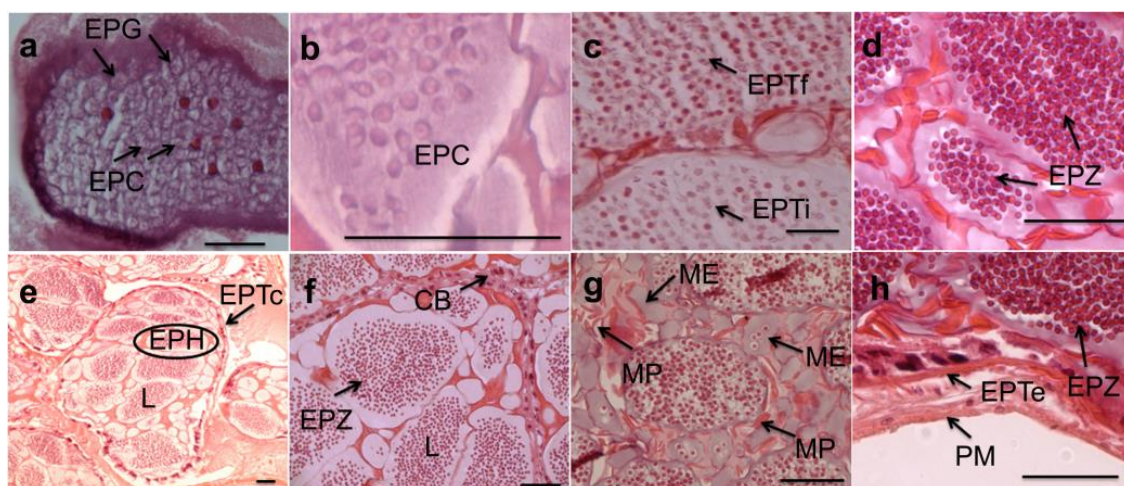


Figura 3: Fotomicrografias dos componentes germinativos e somáticos do sistema reprodutivo dos machos de *C. guanhum*i em diferentes estágios de maturação. a e b, imaturo; c, em maturação; d, f, g e h; maduro; a, VDA; e, testículo; g, VDP; h, VDM; EPG, espermatogônia; EPC, espermatócito; EPT_i, espermátide inicial; EPT_f, espermátide final; EPZ, espermatozoa; EPH, espermatóforo; EPT_c, epitélio cúbico; EPT_e, epitélio escamoso; L, lúmen; CB, células basais; MP, matriz protéica; ME, matriz espermatófórica; PM, parede muscular. Escala da barra 50 μm .

Tabela1: Descrição das características macroscópicas e microscópicas dos estágios de maturação gonadal de fêmeas e machos de *C. guanhumi* (Descrição baseada nas análises realizadas no presente estudo e no que foi proposto por Shinozaki-Mendes *et al.*, 2011a; 2011b; 2012).

Sexo	Estágios	Características macroscópicas	Características microscópicas
Fêmeas	Imaturo (A)	Ovários pouco desenvolvidos, delgados e translúcidos, neste estágio a gônada têm uma aparência filamentosa, rompendo-se facilmente no manuseio.	As oogônias são numerosas, cercadas de células foliculares e a presença de oócitos pré-vitelogênicos ocorre em menor quantidade (Fig. 2d).
	Em maturação (B)	Os ovários já estão um pouco mais desenvolvidos que no estágio anterior e a coloração varia de amarelo claro ao marrom.	Observa-se oócitos pré-vitelogênicos e oócitos vitelogênicos e células foliculares em grande número (Fig. 2e).
	Maduro (C)	Ovários bem desenvolvidos, ocupando boa parte da cavidade cefalotorácica e com coloração marrom escura ou preta. Observa-se oócitos a olho nu. A parede do ovário é fina e rompe-se facilmente.	Ocorre predominância de oócitos maduros e zona germinativa reduzida na região central do oócito (Fig. 2f).
	Em desova (D)	Ovários flácidos e desenvolvimento semelhante ao estágio em maturação, coloração variando do marrom ao amarelo-alaranjado, observando-se à presença de oócitos não eliminados. Este estágio normalmente é observado em fêmeas ovígeras ou em fêmeas que desovaram há pouco tempo.	São encontrados oócitos atrésicos e espaços vazios e alguns oócitos maduros, as células foliculares estão dispersas (Fig. 2g). No fim desta fase é possível observar a reorganização das células foliculares e a presença de oócitos pré-vitelogênicos começando a ocupar os espaços vazios.
	Repouso (E)	Neste estágio os ovários apresentam-se semelhantes ao estágio imaturo e em maturação. Os ovários são bastante delgados, porém a parede é mais resistente quando comparado com o estágio imaturo, a coloração varia de transparente a amarelo claro.	O ovário está em fase de desorganização e reorganização celular, com ovócitos remanescentes em diferentes estágios de desenvolvimento. As células foliculares estão presentes em grande número (Fig. 2h).
Machos	Imaturo (A)	Os testículos e vasos deferentes têm coloração esbranquiçada, porém com alguma transparência e ocupa um volume reduzido na cavidade posterior do cefalotórax.	Não é possível observar a presença de espermátóforos no vaso deferente posterior e no ducto ejaculatório. Espermatogônias e espermátócitos são as células preponderantes (Fig. 3a, 3b).
	Em maturação (-)	No presente estudo não foi observada diferenças macroscópicas que diferissem do estado imaturo.	Observa-se a presença de espermátóforo no vaso deferente posterior. Ocorre maior abundância de espermátides finais do que iniciais e já há presença de espermatozoides formados (Fig. d).
	Maduro (B)	Os testículos e vasos deferentes têm coloração leitosa, ocupando um volume maior na cavidade posterior do cefalotórax.	Observa-se a presença de espermátóforos no vaso deferente posterior em maior número que no estágio anterior e ocasionalmente no ducto ejaculatório e espermatozoides nos tubos seminíferos (Fig. 3e, 3f, 3g, 3h).

DISCUSSÃO

Estudos sobre a histologia das gônadas de braquiúros que antes eram raros vêm aumentando nos últimos anos (Castilho *et al.*, 2008; Lima e Oshiro 2006; Erkan *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2009; Santana *et al.*, 2010; Castilho-Westphal *et al.*, 2012; Nicolau *et al.*, 2012), porém trabalhos com a espécie *Cardisoma guanhumi* ainda são escassos e recentes (Shinozaki-Mendes *et al.*, 2011; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2012a; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2012b; Souza *et al.*, 2012). Assim, a compreensão do sistema reprodutivo, tanto macroscopicamente quanto microscopicamente, é de fundamental relevância para um manejo adequado da espécie, principalmente aquelas que são exploradas pela pesca e que já apresentam algum sinal de sobreexploração, como é o caso da espécie *C. guanhumi* (Amaral e Jablonski, 2005).

A morfologia do sistema reprodutivo de fêmeas e machos de *C. guanhumi* segue o padrão descrito para outras espécies de braquiúros (Garcia e Silva, 2006; Castiglioni *et al.*, 2007; Castilho *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2009; Castilho-Westphal *et al.*, 2012; Nicolau *et al.*, 2012). Os estágios de desenvolvimento macroscópico das fêmeas corroboram os resultados encontrados na análise microscópica, com cinco estágios de desenvolvimento. O mesmo resultado foi encontrado por Shinozaki-Mendes *et al.*, (2011a; 2011b; 2012) para *C. guanhumi* e por outros autores para outras espécies de braquiúros (Castiglioni *et al.*, 2007; Castilho-Westphal *et al.*, 2012). Porém no presente estudo foram determinados apenas dois estágios de desenvolvimento macroscópico (imaturo e maduro) para os machos, enquanto que microscopicamente foram observados três estágios (imaturo, em maturação e maduro). Diferentemente de Shinozaki-Mendes *et al.* (2011a; 2011b; 2012) que encontraram para ambas as análises três estágios de desenvolvimento.

Em muitas espécies de decápodes as fêmeas apresentam os ovários em forma de “H” com uma comissura central em forma de “ponte” situada atrás do estômago (Johnson, 1980; Beninger *et al.*, 1988; Krol *et al.*, 1992; Santana, 2002; Garcia e Silva, 2006; Nicolau *et al.*, 2012). Esta comissura conecta as porções direita e esquerda do ovário, e define a porção posterior e anterior dos lobos ovarianos.

No presente estudo as gônadas das fêmeas apresentaram diferentes colorações ao longo das fases de desenvolvimento, desde uma coloração translúcida na fase imatura até o preto na fase madura. Esta variação durante a oogênese é relatada para a espécie (Botelho *et al.*, 2001; Silva e Oshiro, 2002; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2011a; 2011b; 2012) e para outras espécies de braquiúros (Castiglioni *et al.*, 2007; Vasquez *et al.*, 2008; Souza e Silva, 2009; Silva *et al.*, 2012) e segundo Adiyodi e Subramoniam (1983) é resultado de pigmentos carotenoides acumulados nos oócitos durante a vitelogênese para proteger o embrião da radiação solar.

Os quatro tipos de células germinativas (oogônias, oócitos pré-vitelogênicos, oócitos vitelogênicos e oócitos maduros) presentes nas fêmeas de *C. guanhumi* possuem características semelhantes à de outras espécies de braquiúros, tais como: *Uca rapax* (Castiglioni *et al.*, 2007), *Ucides cordatus* (Santana, 2002), *Chasmagnathus granulata* (López *et al.*, 1997) e *Panulirus* sp. (Barreto *et al.*, 2008; Dávila *et al.*, 2009). Também foram observadas semelhanças na presença e arranjo das células foliculares, durante o processo de maturação ovariana.

As células germinativas podem ser classificadas de acordo com o tamanho da célula (Mota e Tomé, 1965) e/ou na vitelogênese (Kulkarni *et al.*, 1991). No presente estudo as classificações foram baseadas em ambas as análises.

Um dos problemas na classificação dos estágios macroscópicos de desenvolvimento gonadal ocorre devido às semelhanças externas nas gônadas de

indivíduos imaturos e em repouso, como é o caso das fêmeas, uma vez que em ambos os estágios as gônadas apresentam coloração semelhante e mesmo tamanho, diferindo apenas na aparência flácida do estágio em repouso. Desta forma, muitos indivíduos maduros acabam sendo classificados como imaturos. Já para os machos houve uma divergência entre a classificação macroscópica e microscópica, sendo verificada a presença do estágio em maturação na análise microscópica, fato não observado na análise microscópica. Assim, o estudo em conjunto das características macroscópicas somadas à descrição histológica das gônadas é a melhor maneira para se determinar de forma correta o ciclo ovariano de uma espécie.

O sistema reprodutivo dos machos é similar a outros sistemas reprodutivos normalmente descritos para braquiúros, com um par de testículos, vasos deferentes e ductos ejaculatórios (Krol *et al.*, 1992; Garcia e Silva, 2006; Castilho *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2009; Stewart *et al.*, 2010). Segundo Shinozaki-Mendes *et al.* (2012) o papel da comissura entre os dois testículos é provavelmente uma forma de sincronizar o amadurecimento do testículo em ambos os lobos. A coloração vai do branco translúcido nos imaturos ao branco leitoso nos maduros. Essa variação da coloração branca é reportada por vários autores (Krol *et al.*, 1992; Stewart *et al.*, 2010; Benhalina e Moriyasu, 2000; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2012).

As características microscópicas para os machos de *C. guanhumi* seguem os padrões de semelhança com outros braquiúros (Garcia e Silva, 2006; Castilho *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2019; Stewart *et al.*, 2010). As células germinativas (espermátogônias, espermatócitos, espermátides e espermatozoides) são as mesmas comumente encontradas para decápodes no geral (Castilho *et al.*, 2008; Erkan *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2009; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2012). Túbulos seminíferos preenchem os testículos e as espermátogônias estão localizadas na porção

periférica destes túbulos (Nagao e Munehara, 2003; Santos *et al.*, 2009; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2012).

A presença de vaso deferente dividido em três porções, como verificado neste estudo, é citada por vários autores (Noro *et al.*, 2007; Amadio e Mantelatto 2009; Erkan *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2009; Shinozaki-Mendes *et al.*, 2012), bem como a ausência do espermatóforo no vaso deferente anterior (VDA) e a presença do espermatóforo no vaso deferente médio e posterior (Castilho *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2009; Shinozaki-Mendes., 2012; Silva *et al.*, 2012). O espermatóforo é uma cápsula formada por uma parede acelular (Moriyasu e Benhalima, 1998) e segundo Silva *et al.* (2012) possui forma esférica, a qual é a mais comum entre os braquiúros com fecundação interna (Erkan *et al.*, 2009). Porém, em *C. guanhumi* é possível visualizar espermatóforos com formas esféricas, semi-esféricas e alongadas, sendo a forma alongada a mais comum.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados da análise macroscópica e microscópica das gônadas de *C. guanhumi*, concluí-se que as fêmeas possuem cinco estágios macroscópicos e microscópicos de desenvolvimento gonadal, enquanto os machos possuem dois estágios macroscópicos com características facilmente identificáveis de coloração e tamanho em relação à cavidade cefalotorácica, enquanto microscopicamente foi possível a visualização de três estágios.

Com base nos dados aqui apresentados, a análise macroscópica, no que diz respeito ao tamanho, coloração e aparência das gônadas pode ser utilizada corretamente para diferenciação dos estágios de maturação gonadal das fêmeas de *C. guanhumi*, resultado corroborado na análise microscópica. Desta forma, os resultados mostraram que estudos de caracterização do desenvolvimento gonadal são relevantes para um

entendimento adequado da dinâmica populacional e do potencial reprodutivo de uma espécie, principalmente quando se pretende desenvolver e implementar estratégias para um manejo sustentável em estoques explorados e/ou sobreexplorados.

AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos ao técnico de laboratório, Wellington S. Xavier, que auxiliou no trabalho de campo, as estagiárias Aline C. Alves e Beatriz P. P. do Nascimento, pela colaboração nas amostragens biológicas e a Base Naval de Natal por autorizar a realização deste estudo dentro de suas instalações. Ao Laboratório de Biologia Pesqueira (DOL/UFRN) por todo o apoio logístico sem o qual este projeto não se realizaria. Este artigo faz parte da Tese de Doutorado em Biologia Animal do primeiro autor e foi financiado pela bolsa de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico - CNPq (Processo: 579540/2008-1).

7. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO GERAL

Os aspectos biológicos do caranguejo *Cardisoma guanhumi* como o amadurecimento tardio e ciclo de vida longo, juntamente com a sobreexploração pesqueira vêm causando diminuição na biomassa e tamanho dos indivíduos e num futuro próximo pode levar a espécie a se tornar criticamente ameaçada de extinção. Esta ameaça ocorre devido à diminuição drástica nos estoques adultos, comprometendo o recrutamento de modo a tornar inviável a pescaria desta espécie, causando assim, a “extinção econômica” do recurso (Fonteles-Filho, 2011).

A legislação vigente que regulamenta a captura da espécie (IN nº 90 do Ministério do Meio Ambiente de fevereiro de 2006) seria suficiente para possibilitar uma recuperação dos estoques na região Nordeste, porém isto não ocorreu nos últimos anos. Apesar de não haver nenhum levantamento oficial sobre a produção desde 2006, a queda nas capturas é relatada por pescadores em trabalhos realizados nesta região (Takahashi, 2008; Firmo *et al.*, 2012;). Isto se dá principalmente devido ao não cumprimento do que é estabelecido na Instrução Normativa, com capturas de indivíduos abaixo do tamanho permitido, a captura de fêmeas, bem como o não cumprimento do período de defeso (Takahashi, 2008; Firmo *et al.*, 2012). O descumprimento da legislação existente ocorre principalmente devido a falta de fiscalização dos órgãos governamentais com relação ao guaiamum.

Devido a todos estes fatores a espécie passou de ameaçada de extinção, sobreexplorada ou ameaçada de sobreexploração (MMA, 2004) para espécie Criticamente em Perigo (CR) segundo a nova lista de Avaliação científica do risco de extinção da fauna brasileira (Subirá *et al.*, 2012).

Esta situação preocupante pode ser confirmada nos resultados dos capítulos apresentados nesta tese, ou seja, onde uma pesca intensiva (área com alta pressão de captura – Extremoz) afetou os parâmetros populacionais e reprodutivos da espécie, causando diminuição de tamanho, peso e outras variáveis morfométricas, diminuição do tamanho de primeira maturação sexual, desigualdade na proporção de machos e fêmeas, diminuição da fecundidade das fêmeas, além de afetar a abundância de indivíduos adultos da população.

Os comprimentos biológicos e pesqueiros de indivíduos tendem a diminuir com o decréscimo da abundância populacional devido a processos de sobrepesca. Assim a população entra em fase de sobrexploração pesqueira, caracterizada por uma grande quantidade de indivíduos de pequeno porte, estrutura dominada pelo estoque jovem, ficando sujeita a uma elevada taxa de predação e com poucas chances de atingir a maturidade sexual (Fonteles-Filho, 2011). Em estudo realizado com *C. guanhumi* em Porto Rico ficou demonstrado que a abundância de caranguejos desta espécie é muito sensível ao nível de sobrevivência dos adultos e que a baixa abundância em algumas áreas pode ser atribuída ao nível elevado das capturas (Rodríguez-Fourquet e Sabat, 2009).

No Brasil, um plano Nacional de gestão para o uso sustentável do caranguejo uçá, guaiamum e siri-azul foi lançado em 2011 (Neto, 2011) e sugere uma otimização das técnicas de captura, transporte e armazenamento, agregação de valor ao produto, regularização da atividade pesqueira, de forma a permitir a estes pescadores um seguro durante o período de defeso e sensibilização dos atores envolvidos na cadeia produtiva do recurso sobre a necessidade de preservação e de conservação do guaiamum, e dos ecossistemas de manguezais e outros associados. A regularização desta atividade pesqueira e a criação de um seguro durante o período de defeso seria altamente benéfica

e diminuiria a pesca predatória durante este período, uma vez que os rendimentos mensais dos pescadores dificilmente ultrapassaria o valor pago pelo seguro.

Uma alternativa que vem sendo utilizada nos últimos anos com outra espécie de caranguejo, também bastante afetada pela exploração pesqueira (*U. cordatus*) (Diele, 2000; Diele e Saint-Paul, 2005), é a produção de larvas megalopas com a finalidade de repovoamento (Silva, 2007; Silva *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2009). Esta alternativa também pode ser utilizada para a espécie *C. guanhumi*, uma vez que o desenvolvimento e metodologia para a produção de megalopas são praticamente os mesmos (Rodrigues e Hebling, 1989; Abrunhosa *et al.*, 2000; Silva, 2006). Porém, faz-se a ressalva que esta alternativa sozinha não resolve o problema, além de envolver um alto custo financeiro.

Com base nos resultados obtidos neste estudo recomenda-se com base no período reprodutivo determinado pelo índice gonadosomático, uma ampliação do período de defeso de quatro para cinco meses, passando de novembro a março, em vez de dezembro a março. Além da manutenção do tamanho mínimo de captura em seis cm de largura da carapaça e a proibição de captura das fêmeas, visando à diminuição de esforço de pesca. Os resultados dos padrões de coloração também podem servir de base para determinação de indivíduos que já alcançaram a maturidade sexual, uma vez que 87% das fêmeas e 89% dos machos analisados com o padrão de coloração 3 (ver Fig. 6, capítulo 2.1) eram adultos.

Os estudos dos parâmetros biológicos da espécie devem ser somados aos esforços para proteger o ecossistema. Com uma maior proteção para as áreas de manguezais, que segundo a lei (nº 4.771/65 Código Florestal Brasileiro) deveriam ser áreas de preservação permanente, porém estas áreas são destruídas e degradadas para diversos fins (Coelho Jr e Schaeffer-Novelli, 2000). Bem como, esforços visando à preservação das águas estuarinas e um controle adequado das capturas de *C. guanhumi*. Assim, os

estudos biológicos associados a medidas de regulamentação e uma fiscalização mais eficiente por parte dos órgãos governamentais podem surtir efeitos benéficos para os estoques, com boas chances de recuperação a médio e longo prazo. Entretanto com a espécie sendo diagnosticada como Criticamente em Perigo (Subirá *et al.*, 2012) possivelmente terá suas atividades de pesca suspensas.

Os efeitos na cadeia produtiva do guaiamum serão sentidos principalmente na comercialização final, tendo em vista que o pescador que captura a espécie normalmente pesca outras espécies de caranguejos (caranguejo uçá, sairi e aratu) ou desenvolve outro tipo de atividade. Já para espécie está medida se tomada, será a certeza de recuperação dos estoques.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRUNHOSA, FA; MENDES, LN; LIMA, TB; YAMAMOTO, SO; OGAWA, M. 2000. Cultivo do caranguejo terrestre *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825 do ovo ao estágio juvenil. Revista Científica de Produção Animal 2: 190-197.
- ADIYODI, RG; SUBRAMONIAM, T. 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.
- AGUILAR, AT; ESPINA, PA. 1988. Observaciones biológicas sobre *Mursia gaudichaudi* (H. Milne Edwards, 1837) capturada en Valparaíso, Chile (Decapoda, Brachyura, Calappidae). Ciencia y Tecnologia del Mar 12: 33-59.
- AGUILAR, AT; MALPICA, ZC; URBINA, BV. 1995. Dinâmica de poblaciones de peces. Trujillo: Editorial Libertad. Peru, 369p.
- ALCÂNTARA-FILHO, P. 1978. Contribuição ao estudo da biologia e ecologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda, Brachyura), no manguezal do Rio Ceará (Brasil). Arquivo de Ciências do Mar 18: 1-41.
- ALCÂNTARA-FILHO, P. 1988. Dinâmica de Populações. Parte 5. In: FAO. *Manual Sobre Manejo de Reservatórios Para a Produção de Peixes*. Documento de Campo 9. Documento Preparado Para o Projeto GCP/RLA/075/ITA Apoio as Atividades Regionais de Aquicultura Para América Latina e o Caribe Programa Cooperativo Governamental. FAO – Itália.

- ALUNNO-BRUSCIA, M.; SAINTE-MARIE, B. 1998. Abdomen allometry, ovary development, and growth of female snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae), in the northwestern Gulf of St Lawrence. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55: 459–477.
- AMADIO, ML; MANTELATTO, FL. 2009. Description of the male reproductive system of the hermit crab *Calcinus tibicen* (Decapoda: Anomura: Diogenidae). Journal of Crustacean Biology 29: 466-475.
- AMARAL, ACZ; JABLONSKI, A. 2005. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. Megadiversidade 1 (1): 43:51.
- ANNALA, JH; MCKOY, JL; BOOTH, JD; PIKE, RB. 1980. Size at the onset of sexual maturity in female *Jasus edwardsii* (Decapoda: Palinuridae) in the New Zeland. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 14 (13): 217-221.
- ARAÚJO, MSLC; BARRETO, AV; NEGROMONTE, AO; SCHWAMBORN, R. 2011. Population ecology of the crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) in a Brazilian tropical estuary. Anais da Academia Brasileira de Ciências 84 (1): 129-138.
- BAPTISTA, C; PINHEIRO, MAA; BLANKENSTEYN, A; BORZONE, CA. 2003. Estrutura populacional de *Callinectes ornatus* Ordway (Crustácea, Postunidae) no Balneário Shangri-lá, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 20 (4): 661-666.
- BARRETO, AV; BATISTA-LEITE, LMA; AGUIAR, MCA. 2006. Maturidade sexual das fêmeas de *Callinectes danae* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, Itamaracá–PE Brasil. Iheringia 96: 141–146.

- BARRETO, AV; SILVA, JRF; KATSURAGAWA, M; RAPOSO, MCF. 2008. Desenvolvimento dos ovários da lagosta *Panulirus echinatus* (Crustacea: Palinuridae) baseados nas análises macroscópica, microscópica e relação gonadossomática (RGS). *Revista Brasileira de Zoologia* 25 (4): 4689-695.
- BENETTI, AS; NEGREIROS-FRANSOZO, ML. 2003. Madurez sexual morfológica del cangrejo *Uca burgersi*, Holthuis, 1967 (Brachyura, Ocypodidae) de uma área de manglar subtropical de Brasil. *Universidad y Ciencia* 19 (37): 9-16.
- BENHALIMA, K; MORIYASU, DM. 2000. Structure and function of the posterior vas deferens of the snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae). *Invertebrate Reproduction and Development* 37(2): 11-23.
- BENINGER, P; ELNER, R; FOYLE, T; ODENSE, P. 1988. Functional anatomy of the male reproductive system and the female spermatheca in the snow crab *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) (Decapoda: Majidae) and a hypothesis for fertilization. *Journal of Crustacean Biology* 8: 322–332.
- BERGLUND, A. 1981. Sex dimorphism and skewed sex ratios in the prawn species *Palaemon adspersus* and *P. squilla*. *Oikos* 36: 158–162.
- BLISS, DE. 1979. From sea to tree: saga a land crab. *American Society Zoologists* 19: 385-341.
- BOND-BUCKUP, G; BUCKUP, L. 1989. Os Palaemonidae de águas continentais do Brasil meridional (Crustacea, Decapoda). *Revista Brasileira de Biologia* 49 (4): 883-896.
- BOTELHO, ERO; SANTOS, MCF; PONTES, ACP. 2000. Algumas considerações sobre o uso da redinha na captura do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no litoral sul de Pernambuco, Brasil. *Boletim Técnico Científico do CEPENE* 8 (1): 55-71.

- BOTELHO, ERO; SANTOS, MCF; SOUZA, J.B. 2001. Aspectos populacionais do guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, do estuário do rio Una (Pernambuco – Brasil). Boletim Técnico Científico do CEPENE 9 (1): 123-146.
- BOTELHO, ERO; SANTOS, MCF; ALMEIDA, L; SILVA, CGM. 2009. Caracterização biológica do guaiamum, *Cardisoma guanhumi*, Latreille, 1825 (DECAPODA: GECARCINIDAE) do estuário do rio Caravelas (CARAVELAS – BAHIA). Boletim Técnico-Científico do CEPENE 17 (1): 65-75.
- BOZADA, L; CHÁVEZ, Z. 1986. La fauna acuatica de la laguna del ostion. México: Centro de Ecodesarrollo-Universidad Veracruzana. Vol. 2, 131p.
- BRANCO, JO. 1991. Aspectos Ecológicos dos Brachyura (Crustácea: Decapoda) no Manguezal do Itacorubi, SC - Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 7 (1-2): 165-179.
- BRANCO, JO. 1993. Aspectos bioecológicos do caranguejo-uçá (Linnaeus 1763) (Crustácea, Decapoda) do manguezal do Itacorubi, Santa Catarina, BR. Arquivo de Biologia e Tecnologia 36, 133-148.
- BRANCO, JO; MASUNARI, S. 2000. Reproductive ecology oh the blue crab, *C. danae* Smith, 1869 in the Conceição Lagoon System, Santa Catarina Isle, Brazil. Revista Brasileira de Zoologia 60 (1): 17-27.
- BRANCO, JO; THIVES, A. 1991. Relação peso/largura, fator de condição e tamanho de primeira maturação de *C. danae* Smith, 1869 (Crustacea, Portunidae) no manguezal do Itacorubi, Santa Catarina, Brasil. Arquivos de Biologia e Tecnologia 34 (3-4): 415-424.

- BRIGHT, DB; HOGUE, CL. 1972. A synopsis of the burrowing land crabs of the world and list of their arthropod symbionts and burrow associates, Los Angeles – USA: Natural History Museum, n° 220.
- BURGGREN, W; PINDER, A; McMAHON, B; WHEATLY, M; DOYLE, M. 1985. Ventilation, circulation and their interactions in the land crab, *Cardisoma guanhumi*. The Journal of Experimental Biology 117: 133-154.
- BURGGREN, WW; McMAHON, B. 1988. Biology of the land crabs. Cambridge: Cambridge University Press, 479 p.
- BURGGREN, WW; MOREIRA, GS; SANTOS, MCF. 1993. Specific dynamic action and the metabolism of the brachyuran land crabs *Ocypode quadrata* Fabricius, 1787, *Gionopsis cruentata* Latreille, 1803 and *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 169 117-130.
- CARMONA-SUÁREZ, C. 2011. Present status of *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea: Brachyura: Gecarcinidae) populations in Venezuela. Interciencia 36 (12): 908-913.
- CASSOFF, R.; CAMPANA, SE; MYKLEVOLL, S. 2007. Changes in baseline growth and maturation parameters of Northwest Atlantic porbeagle, *Lamna nasus*, following heavy exploitation. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 64: 19–29.
- CASTIGLIONI, DA; COELHO, PA. 2011. Determinação da maturidade sexual de *Ucides cordatus* (Crustacea, Brachyura, Ucididae) em duas áreas de manguezal do litoral sul de Pernambuco, Brasil. Iheringia 101(1-2): 138-144.

- CASTIGLIONI, DS; NEGREIROS FRANSOZO, ML. 2004. Comparative analysis of the relative growth of *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21 (1): 137-144
- CASTIGLIONI, DS; NEGREIROS-FRANSOZO, ML. 2006. Physiologic sexual maturity of the fiddler crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in Ubatuba, Brazil. *Brazilian Archives Biology and Technology* 49 (2): 239-248.
- CASTIGLIONI, DS; NEGREIROS-FRANSOZO, ML; MORTARI, RC. 2006. Biologia populacional do caranguejo violinista *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodoidea), proveniente de uma área de manguezal degradado em Paraty, RJ, Brasil. *Atlântica* 28: 73–86.
- CASTIGLIONI, DS; NEGREIROS-FRANSOZO, ML; GRECO, LSL; SILVEIRA, AF; SILVEIRA, SO. 2007. Gonad development in females of fiddler crab *Uca rapax* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) using macro and microscopic techniques. *Iheringia Serie Zoologia* 97: 505-510.
- CASTILHO, GG; OSTRENSKY, A; PIE, M; BOEGER, W. 2008. Morphology and histology of the male reproductive system of the mangrove land crab *Ucides cordatus* (L) (Crustacea, Brachyura ocypodidae). *Acta Zoologica* 89, 157–161.
- CASTILHO-WESTPHAL, GG; OSTRENSKY, A; PIE, MR; BOEGER, WA. 2008. Estado da arte das pesquisas com o caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*. *Archives of Veterinary Science* 13 (2): 151-166.
- CASTILHO-WESTPHAL, GG; OSTRENSKY, A; PIE, MR; BOEGER, WA. 2012. Morphology of the female reproductive system and reproductive cycle of the

mangrove land crab *Ucides cordatus* (L.) in the Baía de Antonina, Paraná, Brazil. Acta Zoologica (Stockholm) 0: 1–8.

CASTRO, ACL. 1986. Aspectos bio-ecológicos do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do Rio dos Cachorros e Estreito do Coqueiro, São Luís, Maranhão. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia 7: 7-26.

CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL DO NORDESTE. 1999. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Tamandaré. CEPENE, 157p.

CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL DO NORDESTE. 2000. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Tamandaré. CEPENE, 140p.

CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL DO NORDESTE. 2001. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Tamandaré. CEPENE, 140p.

CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL DO NORDESTE. 2002. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Tamandaré. CEPENE, 183p.

CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL DO NORDESTE. 2003. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Tamandaré. CEPENE, 183p.

CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL DO NORDESTE. 2004. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Tamandaré. CEPENE, 128p.

CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL DO NORDESTE. 2005. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Tamandaré. CEPENE, 328p.

CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL DO NORDESTE. 2006. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Tamandaré. CEPENE, 384p.

CHU, KH. 1999. Morphometric analysis and reproductive biology of the crab *Charybdis affinis* (decapoda, brachyura, portunidae) from the zhujiang estuary, china. Crustaceana 72 (7): 647-658.

COELHO JÚNIOR, C. 2000. Impactos da Carcinicultura Sobre os Estuários e o Ecossistema Manguezal. In: Seminário internacional, perspectivas e implicações da carcinicultura estuarina de estado de Pernambuco, 1, Recife. Anais. Editora Bagaço, p.58-73.

COELHO JÚNIOR, C; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2000. Considerações teóricas e práticas sobre o impacto da carcinicultura nos ecossistemas costeiros brasileiros, com ênfase no ecossistema de manguezal. In: Conferência Internacional Mangrove: Sustentabilidade de estuários e manguezais: Desafios e perspectivas. Recife. Livro de resumos em CD.

COLPO, KD; NEGREIROS-FRANSOZO, ML. 2003. Reproductive output of *Uca vocator* (Herbst, 1804) (Brachyura, Ocypodidae) from three subtropical mangroves in Brazil. Crustaceana 76: 1-11.

CPRM. 2005. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Extremoz, estado do Rio Grande do Norte / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz

Carlos de Souza Junior, Saulo de Tarso Monteiro Pires, Dunaldson Eliezer Guedes
Alcoforado da Rocha, Valdecílio Galvão Duarte de Carvalho. Recife:
CPRM/PRODEEM, 10 p. + anexos.

CUESTA, JA; ANGER, K. 2000. Morphology and salinity tolerance of the larval stages
of *Cardisoma armatum* (Brachyura: Grapsoidea: Gecarcinidae) reared in the
laboratory. Journal of Crustacean Biology 25(4): 640-654.

CUNHA, EMS. 2004. Evolución actual del litoral de Natal – RN (Brasil) y sus
aplicaciones a la gestión integrada. Barcelona. Tese de Doutorado – Universitat de
Barcelona, Espanha. 393p.

D'INCAO, F; RUFFINO, ML; DA SILVA, KG; BRAGA, AC; MARQUES, LHC.
1993. Crescimento de *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851, em um marisma do
estuário da Lagoa dos Patos, RS (Decapoda: Grapsidae). Revista Brasileira de
Biologia 53 (4): 637-643.

DALABONA, G.; LOYOLA-E-SILVA, J.; PINHEIRO, MAA. 2005. Size at
morphological maturity of *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura,
Ocypodidae) in the Laranjeiras Bay, Southern Brazil. Brazil. Archives of Biology
and Technology 48 (1): 139-145.

DALABONA, G.; LOYOLA-SILVA, J. 2005. Período reprodutivo de *Ucides
cordatus* (Linnaeus) (Brachyura, Ocypodidae) na Baía das Laranjeiras, sul do
Brasil. Acta Biológica Paranaense 34: 115-126.

DÁVILA, D; CRUZ, R; SANZ, A; PERERA, E; SAAVEDRA, G. 2009. Histología
gonadal de la langosta *Panulirus argus*. Revista de Investigaciones Marinas 30 (3):
215-225.

- DIAZ, H; CONDE, JE. 1989. Populations dynamics and life history of the mangrove crab *Aratus pisonii* (Brachyura: Grapsidae) in a marine environment. Bulletin of the Marine Science 45 (1): 148-163.
- DIELE, K. 2000. Life history and population structure of the exploited mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary, North Brazil.—Doctoral Thesis, Universidade de Bremen, Bremen, Alemanha. 116 pp.
- DIELE, K; ARAÚJO, AR; GLASER, M; SALZMANN, U. 2010. Artisanal fishery of the mangrove crab *Ucides cordatus* and first steps towards a successful co-management in Brazil. In: Saint-Paul, U., Schneider, H. (Eds.), Mangrove Dynamics and Management in North Brazil. Ecological Studies, vol. 211. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 287–297.
- DIELE, K; KOCH, V. 2010. Growth and mortality of the exploited mangrove crab *U. cordatus* (Ucididae) in N-Brazil. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 395: 171-180.
- DIELE, K; KOCH, V; SAINT-PAUL, U. 2005. Population structure, catch composition and CPUE of the artisanally harvested mangrove crab *Ucides cordatus* (Ocypodidae) in the Caeté estuary, North Brazil: Indications for overfishing? Aquatic Living and Resource 18: 169-178.
- DIELE, K; SIMITH, DJB. 2007. Effects of substrata and conspecific odour on the metamorphosis of mangrove crab megalopae, *Ucides cordatus* (Ocypodidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 348, 174–182.

- DONALDSON, WE; DONALDSON, WK. 1992. A review of the history and justification for size limits in Alaskan king, tanner, and snow crab fisheries. Fisheries Research Bulletin 92 (2), 22p.
- DUARTE, MS; MAIA-LIMA, FA; MOLINA, WF. 2008. Interpopulational morphological analyses and fluctuating asymmetry in the brackish crab *Cardisoma guanhumi* Latreille (Decapoda, Gecarcinidae), on the Brazilian Northeast coastline. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 3 (3): 294-303.
- ERKAN, M; TUNALI, Y; BALKIS, H; OLIVEIRA, 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.
- FARIAS, ID. 2009. Biologia populacional do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustaceae, Decapoda, Brachyura) no estuário do rio Maracaípe, Ipojuca, PE. Master's Thesis. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, Brasil. 44p.
- FAUSTO-FILHO, J. 1968. Crustáceos decápodes de valor comercial ou utilizados como alimento no nordeste brasileiro. —Boletim da Sociedade Cearense de Agronomia 9: 27–28.
- FELICIANO, C. 1962. Notes on the biology and economic eille of Puerto Rico. Departament of Agriculture of Puerto Rico (Special contribution, Institute of Marine and Biolgy), University of Puerto Rico, Mayaguez.
- FIRMO, AMS; TOGNELLA, MMP; SILVA, SR; BARBOZA, RRRD; ALVES, RRN. 2012. Capture and commercialization of clue land crabs (guaiaumum) *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825) along the coast of Bahia State, Brazil: an

ethnoecological approach. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 8 (12): 2-12.

FISHER, RA. 1930. The genetical theory of natural selection. Oxford, Claredon, 272p.

FISCHER, W; SERVICE, MR; RESOURCES, F.1978. Fao species identifications sheets for fishery purposes. Roma: FAO, United Nations, p. 94-124.

FISCHER, W; THATJE, S; BREY, T. 2009a. Early egg traits in *Cancer setosus* (Decapoda, Brachyura): effects of temperature and female size. Marine Ecology Progress Series 377: 193-202.

FISCHER, W; THATJE, S; GRAEVE, M; PASCHKE, K; KATTNER, G. 2009b. Bioenergetics of early life-history stages of the brachyuran crab *Cancer setosus* in response to changes in temperature. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 374: 160-166.

FONTELES-FILHO, AA. 2011. Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros. Fortaleza: Expressão gráfica, 464p.

FORSEE, RA; ALBRECHT, M. 2012. Population estimation and site fidelity of the land crab *Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Brachyura: Gecarcinidae) on Vieques Island, Puerto Rico. Journal of Crustacean Biology 32(3): 435-442.

FUNDAÇÃO BIO-RIO *et al.* 2002. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha. Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília.

FURIA, RR; SANTOS, MCF; BOTELHO, EOB; SILVA, CGM; 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-científico do CEPENE 16 (1): 75-84.

GARCIA, T; SILVA, J. 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.

GAYANILO, FCJR; PAULY, D. 1997. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) Reference manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries) 8:1-262.

GAYANILO, FCJR; SPARRE, P; PAULY, D. 1996. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) 6: 1-186.

GIESE, AC. 1959. Comparative physiology: Annual reproductive cycles of marine invertebrates. Annual Review of Physiology 21: 547-576.

GIFFORD, CA. 1962. Some observations on the general biology of the land crab, *Cardisoma guanhumi* (Latreille), in South Florida. The Biological Bulletin 123: 207–223.

GIL, LS. 2008. Aspectos biológicos do caranguejo *Cardisoma guanhumi* – (LATREILLE, 1825) (Decapoda, Brachyura, Gecarcinidae) no núcleo de Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, litoral do Estado de São Paulo, Brasil. Master's Thesis. Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, São Paulo, Brasil, 45p.

GIMÉNEZ E AND ACEVEDO M. 1991. Relaciones morfométricas y talla de primeira maduración del cangrejo de tierra *Cardisoma guanhumi* Latreille en la cienaga de zapata. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras 7 (3): 18-37.

- GLEENSON, RA. 1991. Intrinsic factors mediating pheromone communication in the blue crab, *Callinectes sapidus*. In: BAUERAND, RT; MARTIN, JW (ed.). Crustacean Sexual Biology. New York: Columbia University Press, p.17-32.
- GONDIM, CJE; ARAÚJO, FB. 1996. Redução dos tamanhos dos caranguejos *Ucides cordatus* capturados nos manguezais de Maracanã, Zona do Salgado Paraense. 3º Congresso de Ecologia do Brasil. Universidade de Brasília, Brasília. 260p.
- GOVENDER, Y; RODRÍGUEZ-FOURQUET, C. 2008. Techniques for rapid assessment of population density and body size of the land crab *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825) in Puerto Rico. Tropical Estuaries 1: 9-15.
- GOVENDER, Y; SABAT, AM; CUEVAS, E. 2008 Effects of land-use/landcover changes on land crab, *Cardisoma guanhumi*, abundance in Puerto Rico. Journal of Tropical Ecology 24:417–423.
- GRANT, A; TYLER, PA. 1983. Statistical analyses in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonad indices and maturity indices. International Journal of Invertebrate Reproduction 6: 259-269.
- GREGATI, RA; NEGREIROS-FRANSOZO, ML. 2007. Relative growth and morphological sexual maturity of *Chasmagnathus granulatus* (Crustacea, Varunidae) from a mangrove area in southeastern Brazilian coast. Iheringia 97 (3): 268-272.
- HAMMER, O; HARPER, DAT; RYAN, PD. 2006. PAST – Palaeontological Statistics 1.66. <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
- HARTNOLL, RG. 1974. Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda, Brachyura). Crustaceana 27: 31–136.

- HARTNOLL, RG. 1978. The determination of relative growth in Crustacea. *Crustaceana* 34: 281–293.
- HARTNOLL, RG. 1982. Growth. In Bliss D.E. (ed.) *The biology of Crustacea: embryology, morphology and genetics*. Volume 3. New York: Academic Press, pp. 111–196.
- HARTNOLL, RG. 1985. Growth, sexual maturity and reproductive output. In Wenner A.M. (ed.) *Factors in adult growth*. Rotterdam: A.A. Balkema, pp. 15–17.
- HARTNOLL, RG. 1988. Evolution, systematics and geographical distribution pp. 6-54. In, W. W. Burggren and B. R. McMahon (eds.), *Biology of Land Crabs*. Cambridge University Press.
- HARTNOLL, RG. 1988. Growth and moulting, pp. 186-210. In, W. W. BURGGREN; B. R. McMAHON, eds, *Biology of Land Crabs*. Cambridge University Press.
- HARTNOLL, RG. 2006. Reproductive investment in Brachyura. *Hydrobiologia* 557: 31–40.
- HARTNOLL, RG. 2009. Sexual maturity and reproductive strategy of the rock crab *Grapsus adscensionis* (Osbeck, 1765) (Brachyura, Grapsidae) on Ascension Island. *Crustaceana: International Journal of Crustacean Research* 82: 275–291.
- HARTNOLL, RG; BAINE, MSP; BRITTON, A; GRANDAS, Y; JAMES, J; VELASCO, A; RICHMOND, MG. 2007. Reproduction of the black land crab, *Gecarcinus ruricola*, in the San Andres Archipelago, Western Caribbean. *Journal of Crustacean Biology* 27(3): 425–436.
- HELSER, TE; ALMEIDA, FP. 1997. Density dependent growth and sexual maturity of silver hake in the north-west Atlantic. *Journal of Fish Biology* 51: 607–623.

- HENNING, HG. 1975. Ökologische, ethologische und sinnesphysiologische untersuchungen an der landkrabbe *Cardisoma guanhumi* Latreille (Decapoda, Brachyura). *Forma et Functio* 8:253-304.
- HERREID, CF. 1967. Skeletal measurements and growth of the land crab *Cardisoma guanhumi* Latreille. *Crustaceana* 13: 39-44.
- HERREID, CF; GIFFORD, CA. 1963. The Burrow Habitat of the Land Crab, *Cardisoma guanhumi* (Latreille). *Ecology* 44: 773-775.
- HILL, K. 2005. *Cardisoma guanhumi*. Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, 2001. Disponível em: http://www.sms.si.edu/IRLSpec/Cardis_guanhu.htm.
- HINES, AH. 1982. Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. *Marine Biology* 69:309-320.
- HINES, AH. 1989. Geographic variation in size at maturity in brachyuran crabs. *Bulletin of Marine Science* 42 (2): 356-368.
- HJELSET, AM; SUNDET, JH; NILSSEN, EM. 2009. Size at Sexual Maturity in the Female Red King Crab (*Paralithodes camtschaticus*) in a Newly Settled Population in the Barents Sea, Norway. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 41: 173–182
- HUTCHINGS, JA. 2002. Life histories of fish. In P.J.B. Hart and J.D. Reynolds (ed.). *Handbook of fish biology and fisheries*. Vol. 1. Fish biology. Oxford: Blackwel, pp. 149–174.
- HUTCHINGS, JA. 2005. Life history consequences of overexploitation to population recovery in Northwest Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62: 824–832.

- HUXLEY, JS. 1950. Relative growth and form transformation. Proceedings of the Zoological Society of London B 137: 465–469.
- IBAMA. 2003. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Portaria nº53 de 30 de setembro de 2003.
- IBAMA. 2006. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Instrução Normativa nº90 de 02 de fevereiro de 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). 2008. Monitoramento da atividade pesqueira no litoral Nordeste – Projeto Estatpesca. Tamandaré. SEAP, 384p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). 2003. Portaria n. 34, 24 de julho de 2003. 2p.
- JANKOWSKY, M; PIRES, JSR; NORDI, N. 2006. Contribuição ao manejo participativo do caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (L., 1763), em Cananéia – SP. Boletim do Instituto de Pesca 32 (2): 221-228.
- JENNINGS, SJD; REYNOLDS, D; MILLS, SC. 1998, Life history correlates of responses to fisheries exploitation. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences 265: 333-339.
- JENNINGS, SJD; REYNOLDS, JD; POLUNIN, NVC. 1999. Predicting the vulnerability of tropical reef fishes to exploitation with phylogenies and life histories. Conservation Biology 13: 1466-1475.
- JOHNSON, PT. 1980. Histology of the blue crab *Callinectes sapidus*: A model for Decapoda. Praeger Publishers, New York, 440p.

- JOHNSON, PTJ. 2003. Biased sex ratios in fiddler crabs (Brachyura, Ocypodidae): A review and evaluation of the influences of sampling method, size class, and sex specific mortality. *Crustaceana* 76 (5): 559-580.
- KEUNECKE, KA; D'INCAO, F; MOREIRA, FN; SILVA JR, DR; VERANI, JR. 2008. Idade e crescimento de *Callinectes danae* e *C. ornatus* (Crustacea, Decapoda) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia* 98 (2): 231-235.
- KNUCKEY, IA. 1996. Maturity in male mud crabs, *Scylla serrata*, and the use of mating scars as a functional indicator. *Journal of Crustacean Biology* 16: 487-495.
- KROL, RM; HAWKINS, WE; OVERSTREET, RM. 1992. Microscopic anatomy of Invertebrates vol. 1: Decapod Crustacea Wiley-Liss, p. 295-343.
- KULKARNI, GK; GLADE, L; FINGERMAN, M. 1991. Oogenesis and effects of neuroendocrine tissues on in vitro synthesis of proteins by the ovary of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard). *Journal of Crustacean Biology* 11: 513-522.
- KURIS, AM; RA'ANAN, Z; SAGI, A; COHEN, D. 1987. Morphotypic differentiation of male Malaysian giant prawns, *Macrobrachium rosenbergii* *Journal of Crustacean Biology* 7: (2), 219-237.
- LAW, R. 2000. Fishing, selection, and phenotypic evolution. *ICES Journal of Marine Science* 57: 659-668.
- LIMA, GV; OSHIRO, LMY. 2006. Maturidade sexual do caranguejo *Armases rubripes* (Rathbun) (Crustacea, Brachyura, Sesamidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23 (4): 1078 – 1086.

- LITULO, C. 2005. Population biology of the fiddler crab *Uca annulipes* (Brachyura: Ocypodidae) in a tropical East African mangrove (Mozambique). Estuarine, Coastal and Shelf Science 62: 283-290.
- LÓPEZ, LSG; STELLA, VS; RODRÍGUEZ, EM. 1997. Size at onset of sexual maturity in *Chasmagnathus granulata* (Decapoda, Brachyura). Nauplius 5 (2):65-75.
- LORENZEN, K.; ENBERG, K. 2002. Density-dependent growth as a key mechanism in the regulation of fish populations: evidence from among-population comparisons. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences 269: 49–54.
- LUPPI, TA; BAS, BC; SPIVAK, ED; ANGER, K. 1997. Fecundity of two grapsid crab species in the Laguna Mar Chiquita, Argentina. Archives of Fishery Marine Research 45 (2):149-166.
- LUPPI, TA; SPIVAK, ED; BAS, CC; 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.
- LUTZ, PL; AUSTIN, CB. 1983. Land crabs: a new resource potential. Gulf and Caribbean Fisheries Institute Proceedings 35: 6–16.
- MAUCHLINE, J. 1977. Growth of shrimps, crabs and lobster - an assessment. Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer 37: 162-169.
- McCULLAGH, P; NELDER, JA. 1989. Generalized Linear Models, 2nd. ed. Chapman and Hall, London.

- MEDEIROS, MFT; OSHIRO, LMY. 1990. Aspectos reprodutivos de *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na Baía de Sepetiba, RJ. Publicação da Academia de Ciências do Estado de São Paulo 70: 150–159.
- MELO, GAS. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral Brasileiro. São Paulo: Plêiade/FAPESP, 603p.
- MMA. 2004. Lista Nacional das espécies de invertebrados aquáticos e peixes sobreexplotadas ou ameaçadas de sobreexploração. Instrução normativa Nº 5 de 21 de Maio de 2004.
- MOTA ALVES, MI. 1975. Sobre a reprodução do Caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus), em mangues do estado do Ceará (Brasil). Arquivos de Ciências do Mar Fortaleza 15 (2): 85-89.
- MOTA, MI, TOMÉ, GS. 1965. On the histological structure of the gonads of *Panulirus argus* (Latr.) Arquivos da Estação de Biologia Marinha da Universidade do Ceará 5: 15-26.
- MÜLLER, YM; NAZARI, EM; AMMAR, D; FERREIRA, EC; BELTRAME, IT; PACHECO, C. 1999. Biologia dos Palaemonidae (Crustacea, Decapoda) da bacia hidrográfica de Ratonas, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 16(3): 629-636.
- NAGAO, J; MUNEHARA, H. 2003. Annual cycle of testicular maturation in the helmet crab *Telmessus cheiragonus*. Fisheries Science 69: 1200–1208.
- NETO, JD. 2011. Proposta de Plano Nacional de Gestão para o uso sustentável do Caranguejo-Uçá do Guaíamum e do Siri-Azul. Brasília: Ibama, 156p.
- NICOLAU, CF; NASCIMENTO, AA; MACHADO-SANTOS, C; SALES, AS; OSHIRO, LMY. 2012. Gonads of males and females of the mangrove tree crab

- Aratus pisonii* (Grapsidae: Brachyura: Decapoda): a histological and histochemical view. *Acta Zoologica* (Stockholm) 93: 222–230.
- NORDHAUS, I. 2004, Feeding Ecology of the semi-terrestrial crab *Ucides cordatus cordatus* (Decapoda: Brachyura) in a mangrove forest in northern Brazil. ZMT Contrib. 18, Bremen.
- NORDHAUS, I; DIELE, K; WOLFF, M. 2009. Activity patterns, feeding and burrowing behaviour of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Ocypodidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 374: 104–112.
- NORDI, N. 1992. Os catadores de caraguejo-uça (*Ucides cordatus*) da região de Várzea Nova (PB): Uma abordagem ecológica e social. Tese de Doutorado, UFSCar.
- NORO, CK; SILVA-CASTIGLIONI, D; LÓPEZ-GRECO, L; BUCKUP, L; BOND-BUCKUP, G. 2007. Morphology of the vasa deferentia of *Parastacus defossus* and *P. varicosus* and comparison within the Parastacidae. *Nauplius* 15: 43-48.
- OLIVEIRA, LPH. 1946. Estudos ecológicos dos crustáceos comestíveis uça e guaiamu *Cardisoma guanhumi* Latreille e *Ucides cordatus* (L.) Gecarcinidae, Brachyura. *Memórias do Instituto Osvaldo Cruz* 44 (2): 295-322.
- OSHIRO, LMY; SILVA, R; SILVEIRA, CM. 1999. Rendimento de carne nos caranguejos guaiá, *Menippe nodifrons* Stimpson, 1859 e guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825 (Crustacea, Decapoda, Brachyura) da Baía de Sepetiba/RJ. *Acta Biologica Leopoldinensia* 21 (I): 83-88.
- PALOMARES, MLD; PAULY, D. 2009. The growth of jellyfishes. *Hidrobiologia* 616 (1): 11-21.
- PAULY, D. 1986. On improving operation and use of the ELEFAN programs. Pt. II. Improving the estimation of Linf. *Fishbyte* 4 (1): 18-20.

- PAULY, D; DAVID, N. 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforschung* 28(4): 205-211.
- PINHEIRO, AP; LINS-OLIVEIRA, JE. 2006. Reproductive biology of *Panulirus echinatus* (Crustacea: Palinuridae) from São Pedro and São Paulo Archipelago, Brazil. *Nauplius* 14: 89-97.
- PINHEIRO, MAA; FRANSOZO, A. 1998. Sexual maturity of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Decapoda, Brachyura, Portunidae), in the Ubatuba littoral, São Paulo State, Brazil. *Crustaceana* 71: 434–452.
- PINHEIRO, MAA; FISCARELLI, AG. 2001. Manual de apoio à fiscalização do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). Itajaí, Santa Catarina: Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul - CEPSUL.
- PINHEIRO, MAA; FISCARELLI, AG; HATTORI, GY. 2005. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). *Journal of Crustacean Biology* 25 (2): 293-301.
- PINHEIRO, MAA; FRANSOZO, A. 1993. Relative growth of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Brachyura, Portunidae), near Ubatuba, state of São Paulo, Brazil. *Crustaceana* 71: 434-452.
- PINHEIRO, MAA; HATTORI, GY. 2006. Relative growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (CRUSTACEA, BRACHYURA, OCYPODIDAE) at Iguape (SP), Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (5): 813-823.
- POLLOCK, DE. 1995. Changes in maturation ages and sizes in crustacean and fish populations. *South African Journal of Marine Science* 15: 99–103.

- REID, DG; ABELLO, P; KAISER, MJ; WARMAN; CG. 1997. Carapace Colour, Inter-moult Duration and the Behavioural and Physiological Ecology of the Shore Crab *Carcinus maenas*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 44: 203–211.
- REUSCHEL, S; SCHUBART, CD. 2007. Contrasting genetic diversity with phenotypic diversity in coloration and size in *Xantho poressa* (Brachyura: Xanthidae), with new results on its ecology. Marine Ecology 28: 296–305.
- RIJNSDORP, AD. 1993. Fisheries as a large-scale experiment on life-history evolution: disentangling phenotypic and genetic effects in changes in maturation and reproduction of North Sea plaice, *Pleuronectes platessa* L. Oecologia, 96: 391-401.
- RIVERA, JJ. 2005. El cangrejo terrestre *C. guanhumi* - Un recurso pesquero?. Ecofronteras 25: 15-17.
- RODRIGUES, M. D.; HEBLING, N. J. 1989. *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda) Complete larval development under laboratory conditions and its systematic position. Revista Brasileira de Zoologia 6 (1): 147-166.
- RODRÍGUEZ-FOURQUET, C; SABAT, AM. 2009. Effect of harvesting, vegetation structure and composition on the abundance and demography of the land crab *Cardisoma guanhumi* in Puerto Rico. Wetlands Ecology and Management 7: 627-640.
- RUPPERT, EE; BARNES, DR. 1996. Zoologia dos Invertebrados. São Paulo, Rocca, 6^a ed., 1029p.

- SABORIDO-REY, F; JUNQUERA, S. 1998. Histological assessment of variation in sexual maturity of cod (*Gadus morhua* L.) at the Flemish Cap (north-west Atlantic). ICES Journal of Marine Science 55: 515–521
- SAINT-PAUL, U. 2006. Interrelations among Mangroves, the Local Economy and Social Sustainability: a Review from a Case Study in North Brazil, in.: *Environment and Livelihoods in Tropical Coastal Zones*, eds HOANH, C.T.; TUONG, T.P.; GOWING, J.W.; HARDY, B., p. 154-162.
- SAMPEDRO, MP; GONZÁLEZ-GUIRRIÁN, E; FREIRE, J; MUIÑO, R. 1999. Morphometry and sexual maturity in the spider crab *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in Galicia, Spain. Journal of Crustacean Biology 19 (3): 578-592.
- SANTANA, GX. 2002. Caracterização morfológica do sistema reprodutor feminino do Caranguejo-uçá *Ucides cordatus* Linnaeus, 1763 (Crustacea: Decapoda: Brachyura). Monografia de Graduação, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 60 p.
- SANTANA, GX; LEITE, MML; SILVA, JFR. 2010. Componentes somáticos e germinativos ovarianos do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* Linnaeus, 1763 (Decapoda: Ocypodidae). Arquivos de Ciências do Mar 43 (1): 52 – 57.
- SANTIAGO, A. 1996. Gestão Comunitária de Recursos Renováveis em Ecossistemas Litorâneos: Avaliação da Experiência Brasileira, Urbanização e Meio Ambiente na Ilha de Santa Catarina. In: Reunião especial da SBPC: ecossistemas costeiros, do conhecimento à gestão, 3, Florianópolis. Anais, p.140-142.
- SANTOS, CM; LIMA, GV; NASCIMENTO, AA; SALES, A; OSHIRO, LMY. 2009. Histological and histochemical analysis of the gonadal development of males and

- females of *Armases rubripes* (Rathbun 1897) (Crustacea, Brachyura, Sesarmidae).
Brazilian Journal of Biology 69: 161-169.
- SANTOS, S; NEGREIROS-FRANSOZO, ML. 1996. Maturidade fisiológica em *Portunus spinimanus* Latreille, 1819 (Crustacea, Brachyura, Portunidae) na região de Ubatuba, SP. Papéis Avulsos de Zoologia 39(20): 365-377.
- SASTRY, AN. 1983. Ecological aspects of reproduction. In: VERNBERG, F. J. & VERNBERG, W. B. eds. The biology of Crustacea: environmental adaptations. v. 8, New York, Academic. p.179-269.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1989. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. Publicação especial do Instituto Oceanografia de São Paulo 7: 1-16.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1995. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: USP, Instituto Oceanográfico, 64p.
- SEIFFERT, NF; LANZER, EA; LOCH, C. A. 1996. Micro Abordagem na Gestão Econômica Ambiental de Ecossistemas. In: Reunião especial da SBPC: ecossistemas Costeiros, do conhecimento à gestão, 3, Florianópolis. Anais, n.º 003, p.440.
- SHINOZAKI-MENDES, RA. 2008. Biologia reprodutiva do guaimum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Decapoda: Gecarcinidae) na Região de Aracati, CE. Master's Thesis. Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, 90p.
- SHINOZAKI-MENDES, RA; SANTANDER-NETO, J; SILVA, JRF; HAZIN, FHV. 2008a. Sazonalidade da Proporção Sexual do Guaiamum, *Cardisoma guanhumi*

- LATREILLE, 1828 (Decapoda: Gecarcinidae) no Estuário do Rio Jaguaribe, Ceará, Revista Brasileira de Engenharia de Pesca 3: 27-30.
- SHINOZAKI-MENDES, RA; SANTANDER-NETO, J; HAZIN, FHV; SILVA, JRF. 2008b. Alometria do guaiamum, *Cardisoma guanhumi* LATREILLE, 1828 (Decapoda, Gecarcinidae) no estuário do rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia de Pesca 3: 24-27.
- SHINOZAKI-MENDES, RA; SILVA, JRF; SOUZA, LP; HAZIN, FHV. 2011a. Histochemical study of the ovarian development of the blue land crab *Cardisoma guanhumi* (Crustacea: Gecarcinidae). Invertebrate Reproduction and Development 00: 1-9.
- SHINOZAKI-MENDES, RA; SILVA JRF; HAZIN, FHV. 2011b. Development of male reproductive system of the blue land crab *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Decapoda: Gecarcinidae). Acta Zoologica-Stockholm 00:1–10.
- SHINOZAKI-MENDES, RA.; SILVA, JRF.; SANTANDER-NETO, J; HAZIN, FHV. 2012. Reproductive biology of the land crab *Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Gecarcinidae) in north-eastern Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 1-8.
- SILBINGER, NMP. 2008. Carapace color change in *Uca pugilator* as a response to temperature. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 355: 41–46.
- SILVA, JRF. 1999. Estudo morfológico em ovários de lagostas do gênero *Panulirus* White, 1847, (Decapoda, Palinuridae). Ph. D. thesis, Univ. São Paulo.
- SILVA, LS; MARTINELLI-LEMO, JM; FERREIRA, MAP; ROCHA, RM. 2012. Gonadal development in the freshwater crab *Sylviocarcinus pictus* (H. Milne

- Edwards, 1853) (Brachyura: Trichodactylidae) from the Guamá River, state of Pará, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 84 (3): 789-798.
- SILVA, R. 2006. Aspectos etnobiológicos, biológicos e viabilidade para o cultivo de larvas e juvenis em laboratório de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828. Master's Thesis. Instituto de Biologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil. 121p.
- SILVA, R; OSHIRO, LMY. 2002. Aspectos da reprodução do caranguejo guaiaumum *Cardisoma guanhumi* (Latreille) (Crustacea, Decapoda, Gecarcinidae) da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19 (1): 71 – 78.
- SILVA, U. A. 2007. Recuperação populacional do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763), através da liberação de formas imaturas em áreas antrópicamente pressionadas. Curitiba, Tese (Doutorado em Zoologia), Universidade Federal do Paraná. 127p.
- SILVA, U. A. T.; OSTRENSKY, A.; VENTURA, R.; SANTOS, A. F.; BOEGER, W. A. 2006. Caranguejo uçá: A produção em laboratório. *Panorama da aquicultura* 94: 15-21.
- SILVA, U. A. S.; MENEZES, F.; SOUZA, R. V.; NETO, A. C.; BOEGER, W. A.; OSTRENSKY, A. 2009. A produção de larvas de caranguejo-uçá em sistema de cultivo mesocosmo. *Panorama da aquicultura* 113: 24-28.
- SIMONS, MJ; JONES, MB. 1981. Population and reproductive biology of the mud crab *Macrophthalmus hirtipes* (Jacquinot, 1853) (Ocypodidae), from marine and estuarine habitats. *Journal of Natural History* 15: 981-994.
- SOMERTON, DA. 1981. Regional variation in the size and maturity of two species of tanner crab (*Chionoecetes bairdi* and *C. opilio*) in the eastern Bering Sea, and its

- use in defining management subareas. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 38: 163-174.
- SOMERTON, DA; MACINTOSH, RA. 1983. The size at sexual maturity of the blue king crab, *Paralithodes platipus*, in Alaska. Fisheries Bulletin 81: 621-628.
- SOUZA, LP; SILVA, JRF. 2009. Morphology of the female reproductive system of the red-clawed mangrove tree crab (*Goniopsis cruentata* Latreille, 1803). Science Marine 73: 527-539.
- SOUZA, LP; SILVA, JRF; ARAÚJO, AM; CAMARGO-MATHIAS, MI. 2012. Morphology of the female genital ducts of the blue land crab *Cardisoma guanhumi* (Crustacea: Brachyura: Gecarcinidae). Acta Zoologica (Stockholm) xx: 1–8.
- SPARRE, P; VENEMA, SC. 1995. Introducción a la evolución de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Doc. Tecn. Pesca, Rome, 306/1, Rev. 1. 440pp.
- STEWART, MJ; STEWART, P; SOONKLANG, N; LINTHONG, V; HANNA, PJ; DUAN, W; 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.
- SUBIRÁ, RJ; SOUZA, ECF; GUIDORIZZI, CE; ALMEIDA, MP; ALMEIDA, JB; MARTINS, DS. 2012. Avaliação científica do risco de extinção da fauna brasileira – Resultados alcançados em 2012. Biodiversidade Brasileira 2 (2): 17-24.
- TAISSOUN, E. 1974. El cangrejo de tierra *Cardisoma guanhumi* (Latreille) en Venezuela. Boletín do Centro de Investigaciones Biológicas 10: 9-41.
- TAKAHASHI, MA. 2008. Conhecimentos locais e a cadeia produtiva do goiamum (*Cardisoma guanhumi*, Latreille, 1825) no litoral paraibano. Master's Thesis.

- Mauricio Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba.
- TODD, PA; BRIERS, RA; LADLE, RJ; MIDDLETON, F. 2005. Phenotype-environment matching in the shore crab (*Carcinus maenas*). *Marine Biology* 148: 1357–1367.
- VANNUCCI M. 1999. Os manguezais e nós. São Paulo: Edusp, 233p.
- VASCONCELOS, JLA. 2008. Biologia do caranguejo-uçá e perfis sócio-econômico e etnobiológico dos coletores em duas áreas de manguezais em Ilhéus-BA. Master's Thesis. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Estadual de Santa Cruz. Bahia, Brasil. 103p.
- VASQUEZ, FJ; TROPEA, C; GRECO, LSL. 2008. Development of the female reproductive system in the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae). *Invertebrate Biology* 127(4): 433–443.
- VAZZOLER, AEAM. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e pratica. Nupelia: Maringa-PR, 169p
- WARNER, GF. 1967. The life history of the mangrove tree crab *Aratus pisonii*. *Journal of Zoology* 153: 321-335.
- WATTERS, G; HOBDAI, AJ. 1998. A new method for estimating the morphometric size at maturity of crabs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 704–714.
- WEDES, S. 2004. *Cardisoma guanhumi*. Animal Diversity Web. University of Michigan Museum of Zoology. Disponível em: http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Cardisoma_guanhumi.html.

- WENNER, AM. 1972. Sex ratio as a function of size in Marine Crustacea. The American Naturalist 106 (4): 321-350.
- WETHERALL, JA. 1986. A new method for estimating growth and mortality parameters from length-frequency data. Fishbyte 4 (1): 12-14.
- WETHERALL, JA; POLOVINA, JJ; RALSTON, S.1987. Estimating growth and mortality in steady-state fish stocks from length frequency data. In: PAULY, D; MORGAN, GR (eds.). Length-based methods in fisheries research ICLARM Conference Proceedings 13, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines and Kuwait Institute for Scientific Research, Safat, Kuwait, p. 53-74.
- WILSON, M; PIANKA, ER. 1963. Sexual selection, sex-ratio and mating system. The American Naturalist 97: 405-407.
- WOLCOTT, DL; WOLCOTT, TG. 1987. Nitrogen limitation in the herbivorous land crab *Cardisoma guanhumi*. Physiological Zoology 60 (2): 262-268.
- WOLCOTT, T G. 1988. Ecology. In: BURGGREN WW AND MCMAHON BR. (ed.). Biology of the land crabs. New York: Cambridge Press, p: 55- 96.
- WUNDERLICH, AC; PINHEIRO, MAA; RODRIGUES, AMT. 2008. Biologia do Caranguejo-Uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus) (Crustacea, Decapoda, Brachyura), na Baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 25(2): 188-198.
- ZAR, JH. 1999. Biostatistical analysis. New Jersey: Prentice Hall, 663p.

ZHENG, J. 2008. Temporal Changes in Size at Maturity and Their Implications for Fisheries Management for Eastern Bering Sea Tanner Crab. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 41: 137–149.