

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA**

**CRESCIMENTO E DENSIDADE  
POPULACIONAL DO CARANGUEJO *Grapsus  
grapsus* (Linnaeus, 1758) NO ARQUIPÉLAGO  
DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO, BRASIL.**

**KATRYANA CAMILA MADEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-graduação em Oceanografia  
Biológica da Fundação Universidade  
Federal do Rio Grande, como requisito  
parcial à obtenção do título de MESTRE

Orientador: Dr. Fernando D'Incao

**RIO GRANDE**  
Junho de 2008

“Nas ondas,  
mar alto tem uma  
pedra no meio do  
Oceano”

Da Gama/Bernardo Vilhena

## **AGRADECIMENTOS**

---

Ao meu orientador Dr. Fernando D’Incao, por apoiar desde o início e sempre a vontade de realizar meu trabalho tão longe de casa (FURG), mesmo sabendo das inúmeras dificuldades que iríamos enfrentar. A Dr. Andrea S. Freire (UFSC) por me receber de braços abertos para compor a equipe do projeto “Padrões de conectividade nas populações marinhas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP)”, bem como ao coordenador geral Dr. Carlos Eduardo Leite Ferreira (Kadu/ UFF), obrigada a vocês e claro, ao CNPq pela bolsa DTI neste último ano de mestrado. Agradeço a todo o apoio da SECIRM/ Marinha do Brasil – Programa Arquipélago. Um agradecimento mais que especial a toda a tripulação do Transmar I e III, pelas idas e vindas do rochedo. Obrigada a toda a equipe do IBAMA de Fernando de Noronha por nos receber depois de inúmeros dias no mar. Obrigada ao Dr. Duane B. Fonseca, por toda a ajuda do início ao fim deste trabalho, pelos conselhos, correções, sugestões e principalmente pela amizade. Obrigada a toda a galera do laboratório sem exceções, em especial a Dr. Roberta Barutot e ao seu companheiro de longa data Dr. Rony Veira, pela amizade sincera em todos esses anos. Obrigada a minha família (que está aumentando) que mesmo longe sempre estiveram presente. Obrigada a todos que contribuíram direta ou indiretamente para chegar ao final de mais esta etapa na minha vida acadêmica, não vou citar nomes para não cometer nenhuma injustiça. Nada na vida seria possível se não existisse amigos para nos apoiar. Por último, obrigada a mim mesma, por ser chata, teimosa e persistente, por não desistir nunca, mesmo que o mundo esteja desabando... Ou melhor, que o Arquipélago venha a baixo!

## ÍNDICE

---

LISTA DE TABELAS .....	V
LISTA DE FIGURAS .....	VI
RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	8
INTRODUÇÃO .....	9
OBJETIVO GERAL .....	17
Objetivos específicos:.....	17
METODOLOGIA .....	18
Área de estudo .....	18
Metodologia de campo .....	22
Estimativa de densidade .....	23
Crescimento .....	27
Indivíduos mutilados.....	30
RESULTADOS.....	31
CONCLUSÕES FINAIS. ....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	39
APÊNDICE 1.....	49

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela I. Comprimento de cada transecto realizado na ilha Belmonte. ....	24
Tabela II. Parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy ( $LC_{\infty}$ , $k$ , e $t_0$ ) e longevidade máxima ( $t_{m\acute{a}x}$ ), estimados para as coortes de fêmeas e machos de <i>Grapsus grapsus</i> do ASPSP. ....	34
Tabela III. Estimativa de densidade diária e desvio padrão de <i>Grapsus grapsus</i> na ilha Belmonte. ....	36

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1. Localização Geográfica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	19
Figura 2: Detalhe da Dorsal- Meso Atlântica.....	20
Figura 3. Largura máxima de carapaça de <i>Grapsus grapsus</i> . ....	22
Figura 4. Área de coleta para <i>Grapsus grapsus</i> , em destaque, Piscinas de maré, Ninhal dos Atobás e Costão rochoso.....	23
Figura 5. Transectos utilizados para o censo de <i>Grapsus grapsus</i> no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. ....	25
Figura 6. LC histogramas de machos (esquerda) e fêmeas (direita). A soma das componentes normais, média e desvio padrão estão indicados nos histogramas. As linhas cheias indicam o retrocálculo das curvas e a linha pontilhada o retrocálculo a partir de 1,5 mm LC. ....	32
Figura 7. Curvas de crescimento estimada para machos (A) e fêmeas (B) separadamente de <i>Grapsus grapsus</i> no ASPSP. Pontilhado= limites de confiança (95%). Central= curva estimada pelo modelo de von Bertalanffy. ....	34
Figura 8. Histogramas por classe de tamanho de fêmeas ovígeras coletadas em 2007.....	35
Figura 9. Densidade média (indivíduos por metro quadrado) e desvio padrão por transecto de <i>Grapsus grapsus</i> na ilha Belmonte. A média foi calculada em relação aos valores diários de densidade.....	36
Figura 10. Número de pereópodos ausentes por classe de tamanho e por sexos. ....	37

## RESUMO

---

O crescimento ontogenético e a densidade populacional de *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Grapsidae) são apresentados pela primeira vez para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, menor e mais isolado conjunto de ilhas do mundo. Os caranguejos foram coletados, medidos (LC mm) e tiveram os sexos identificados na Ilha Belmonte, a maior ilhota da formação com aproximadamente 500m<sup>2</sup>. Foram coletados no total 3.847 caranguejos (2.046 machos e 1801 fêmeas). O modelo de von Bertalanffy foi utilizado para descrever a curva de crescimento para *Grapsus grapsus* ( $k= 0,60 \text{ anos}^{-1}$ ,  $LC_{\infty}= 59,6 \text{ mm}$ ;  $k= 0,51 \text{ anos}^{-1}$ ,  $LC_{\infty}= 68,3 \text{ mm}$ , para machos e fêmeas respectivamente). A longevidade máxima estimada para machos foi de 9 anos e para as fêmeas 7,6 anos. A densidade calculada pelo método Fourier resultando numa estimativa de 5.600 caranguejos para a Ilha Belmonte.

Palavras Chave. *Grapsus grapsus*, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Crescimento, Densidade populacional.

## ABSTRACT

---

The ontogenetic growth and density estimates of *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Grapsidae) are presented for the first time for the Saint Paul's Rocks, the smallest and the most remote island in the world. Crabs caught on the Belmonte Island, the largest islet of the formation with approximately 500m<sup>2</sup>, were measured (CW, in mm) and sexed. A total of 3847 individuals was collected (2046 males and 1801 females). The von Bertalanffy model was used to describe the growth curve for *Grapsus grapsus* ( $k= 0.60y^{-1}$ ,  $CW_{\infty}= 59.6$  mm;  $k= 0.51y^{-1}$ ,  $CW_{\infty}= 68.3$  mm, for males and females respectively). Maximum longevity was estimated in 9 years for males and 7.6 years for females. The density calculated by the Fournier method resulted in the estimative of 5600 crabs for the Belmonte Island.

Key words. *Grapsus grapsus*, Saint Paul's Rocks, Growth, Density estimates.

## INTRODUÇÃO

---

No Brasil, os crustáceos decápodes têm sido estudados desde meados do século XIX. Dentre os trabalhos pioneiros, pode-se citar Pocock (1890) sobre os crustáceos de Fernando de Noronha e Nobile (1899), sobre os crustáceos decápodes do Brasil. A partir do início do século XX, carcinólogos brasileiros começam a publicar tais como Moreira (1901; 1920), numa contribuição para o conhecimento da fauna carcinológica brasileira. Posteriormente, Coelho (1965, 1966, 1967, 1971a, 1971b), publicou sobre os crustáceos decápodes da região nordeste, com ênfase ao Estado de Pernambuco e ilhas adjacentes, enquanto Fausto-Filho (1966, 1967, 1968, 1974, 1975, 1978, 1979) contribuiu para o inventário dos crustáceos marinhos do nordeste brasileiro. Mais recentemente, Melo (1996) publicou sobre a taxonomia e os padrões distribucionais e ecológicos dos caranguejos e siris do litoral brasileiro; Prado (1999), sobre a taxonomia, distribuição e ecologia da família Grapsidae no litoral brasileiro e Ratti (2004), sobre a taxonomia e biogeografia da superfamília Grapsoidea. No que tange a crustáceos decápodes de ilhas, Gomes-Corrêa (1972) contribuiu para o conhecimento sobre os crustáceos decápodes do Arquipélago de Abrolhos; enquanto Smith *et al* (1974) e Holthuis *et al* (1980), fizeram um levantamento biológico dos decápodes e estomatópodes do Rochedo São Pedro e São Paulo e Teixeira (1996) estudou a biologia de *Johngartia lagostoma* (H. Milne Edwards, 1837) no Atol das Rocas.

Os crustáceos decápodes são invertebrados muito comuns que habitam o ambiente marinho. Valores elevados de diversidade são registrados geralmente nas regiões tropicais e subtropicais, quando comparadas às regiões temperadas e frias, onde ocorre uma diminuição significativa na riqueza de espécies (Fransozo & Negreiros-Fransozo, 1996; Boschi, 2000a).

A infraordem Brachyura (Martin & Davis, 2001), composta pelos caranguejos verdadeiros e siris, engloba um conjunto crustáceo decápodes com elevado nível de organização funcional, resultando em um grupo com grande diversidade taxonômica, diversidade de hábitos de vida e amplitude de distribuição (Stevcic, 1971)

Os caranguejos representam um grupo altamente significativo dentre os decápodes marinhos, com aproximadamente 5.000 espécies descritas em todo o mundo (Braga *et al.*, 2005), segundo Melo (1996) o litoral brasileiro é composto por 302 espécies de Brachyura. Existem, atualmente, 57 gêneros e mais de 400 espécies da super família Grapsoidae, que se distribuem nas regiões, temperadas quentes e temperadas frias de todos os oceanos (Schubart *et al.*, 2000; Martin & Davis, 2001). São encontrados nos mais diversos ambientes, que incluem habitat marinho, desde águas profundas até a zona intertidal; habitat de água salobra, como pântanos e manguezais e habitats de água doce, como rios, riachos e ambientes semiterrestres (Schubart, *et al*, 2000).

A biologia dos caranguejos grapsídeos de regiões estuarinas e costões rochosos tem sido estudada desde 1940 (Flores & Paula, 2002a), no entanto existem poucos trabalhos publicados sobre *Grapsus grapsus*. Estes se restringem apenas a observações sobre sua ocorrência e comportamento em Cuba (Rathbun, 1898b), Atol das Rocas (Coelho, 1965), Fernando de Noronha (Fausto-Filho, 1974; Eston *et al.*, 1986), Arquipélago São Pedro e São Paulo (Holthuis *et al.*, 1980; Gianuca & Vooren, 2007), litoral do Peru (Romero, 2003) e Ilha de Los Frailes na Venezuela (Tagliafico *et al.*, 2005). Guerao *et al.*, 2001 descreveu o primeiro estágio larval para a espécie. Um breve estudo sobre maturidade sexual, tamanho e coloração foi realizado por del Pino Veintimilla (1975), para a Ilha de Santa Cruz em Galápagos. Encontra-se *in press* um estudo sobre maturidade sexual, fecundidade, crescimento e ecologia larval de *Grapsus grapsus* para o Arquipélago de São Pedro e São de Freire e colaboradores.

Do ponto de vista evolutivo, as espécies da família Grapsidae ocupam habitat que vão desde os ambientes entre mareais até os bosques tropicais (Abele *et al.*, 1986). Esta capacidade está associada a um complexo comportamento social, caracterizados por uma variedade de sinais e demonstrações ritualizadas (Seiple & Salmon, 1982).

Segundo Bertini e colaboradores (2004), as ilhas são de suma importância para a manutenção de várias espécies de braquiúros, formando uma ponte de ligação, tanto para as espécies que chegam do mar aberto,

quanto para as que estão nas enseadas e migram para as regiões de maiores profundidades.

Os caranguejos grapsídeos em costões rochosos, aparentemente, afetam a comunidade sésil pela alimentação preferencial sobre uma assembléia de algas ou por seu comportamento oportunista em uma variedade de itens alimentares (Flores & Paula, 2002a). Esses caranguejos da zona entre marés também podem contribuir para o fluxo de energia do ambiente marinho para o terrestre, pois são predados por uma variedade de vertebrados, incluindo aves marinhas (Spivak & Sanches, 1992).

*Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) é uma espécie pouco estudada apesar de sua ampla distribuição geográfica. Apesar de ser uma espécie conspícua nas comunidades de origem rochosa, não se tem conhecimento de sua ecologia populacional e sua função nessas comunidades (Romero, 2003).

No oceano Atlântico *Grapsus grapsus* ocorre nas ilhas oceânicas de São Pedro e São Paulo, Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Trindade, Martin Vaz (Melo, 1996), Ilhas Canárias, Açores, Madeira e Ilhas Annobon (Guiné) e em muitas ilhas do Caribe (Freire, in press). No oceano Pacífico a espécie ocorre no continente (Gianuca & Vooren, 2007) e é considerada comum, ocorrendo em altas densidades no Cabo de San Lucas (Golfo da Califórnia, México), no Peru. *G. grapsus* ocorre também nas ilhas de Juan Fernandez (Chile) e Galápagos. Existe uma discussão entre os pesquisadores se a espécie que ocorre na Ilha da Ascensão e Santa Helena é *Grapsus*

*adscensionis* ou *G. grapsus*, pois enquanto existem semelhanças morfológicas (Manning & Chace, 1990; Freire, *in press*), o padrão de coloração dos indivíduos encontrados nestas ilhas é muito diferente (Ratti, 2004).

*Grapsus grapsus* é uma espécie semi-terrestre que tem a sua biologia ainda pouco compreendida (Romero, 2003). Indivíduos desta espécie habitam rochas sobre o mar, podem andar ativamente sobre arrecifes de corais e até na superfície inferior de rochas, que se alongam horizontalmente sobre o mar (Ratti, 2004). Também são comuns nos promontórios e ilhas rochosas dentro ou próximo ao mar, onde a contínua e violenta agitação das ondas contra as rochas os deixam sempre úmidos, recebendo continuamente a espuma do mar, que frequentemente, os carrega para a água, retornando imediatamente para a rocha (Ratti, 2004). Também é comum a ocorrência em tocas entre as rochas (Chace & Hobbs, 1969).

Holthuis *et al* (1980), observaram que no Arquipélago São Pedro e São Paulo (ASPSP), *Grapsus grapsus* é comum na área emersa e em tocas imediatamente abaixo da zona entre-mareal superior. Em Cuba, estes caranguejos, foram observados sobre ancoradouros (Rathbun, 1898b). No Atol das Rocas, foram observados subindo nas paredes do farol (Coelho, 1965), e predando filhotes de tartarugas marinhas. É uma espécie abundante em Fernando de Noronha, sendo encontrado em todas as praias e na zona entre-mareal do arquipélago (Fausto-Filho, 1974; Eston *et al.*, 1986), onde também foram observados predando tartarugas recém eclodidas do ovo (Bellini, 1996). Em Galápagos essa espécie é observada removendo ectoparasitas de iguanas

marinhas. No Chile, esses caranguejos são comumente predados por *Cinclodes nigrofumosus* (Passeriformes: Furnariidae) (Sabat *et al.*, 2003). Para o continente há apenas uma ocorrência do caranguejo *Grapsus grapsus*, feita por Fausto-Filho (1966), na Praia de Mucuripe, Fortaleza, Ceará. Todos os outros registros feitos até o momento são de ocorrência insular (Ratti, 2004).

No Brasil essa espécie é popularmente conhecida como aratu, já no Equador e no litoral do Peru é conhecido como “sayapas” (Romero, 2003). Internacionalmente a espécie chama-se “Sally light foot”, devido ao padrão variado de cores (marrom, verde, vermelho) e detalhes (pintas e linhas de cor branca a amarelo) na carapaça, olhos azuis ou verdes e ao seu hábito de caminhar rapidamente. O caranguejo é usado como isca por pescadores do Pacífico Oriental, mas de pouco interesse como alimento para os humanos (Freire, in press).

*Grapsus grapsus* é a espécie dominante da macrofauna bentônica das rochas emersas do ASPSP, o menor e mais isolado grupo de ilhas do mundo (Feitoza *et al.*, 2003). Apresentam comportamento locomotor extremamente rápido, o que permite a fuga de ataques de atobás e ondas muito fortes, quando rapidamente se escondem nas poças de maré e nas frestas existentes nas rochas, assim como nos momentos de maior insolação e elevadas temperaturas (Romero, 2003).

O ASPSP desperta especial interesse científico devido a sua posição geográfica, por abrigar em sua reduzida área emersa três espécies de aves

marinhas em fase de reprodução (*Sula leucogaster*, *Anous minutus* e *Anous stolidus*), por se localizar na rota de peixes migratórios de alto valor econômico, como é o caso da albacora lage (*Thunnus albacares*) (Both & Freitas, 2004) e ainda como área de alimentação, reprodução para várias espécies (peixes, aves marinhas, mamíferos marinhos e tartarugas marinhas), além de constituir uma importante área pesqueira da Zona Econômica Exclusiva no Nordeste do Brasil (Monteiro *et al.*, 1998; Hazin *et al.*, 2001; CIRM, 2002; Campos *et al.*, 2005). No ASPSP ocorre uma elevada interação entre os caranguejos *Grapsus grapsus* e as aves locais. Os caranguejos, predam ovos e ninhegos de *Sula leucogaster* (Darwin, 1891; Nelson, 1978).

Segundo o artigo 121 da Convenção das Nações Unidas sobre Direito do Mar (CNUDM), em seu parágrafo 3º, afirma que: “os rochedos por si próprios não prestam a habilitação humana ou a vida econômica, não devem ter uma zona econômica exclusiva (ZEE) nem plataforma continental”. Com a instalação de uma estação científica no ASPSP pela Marinha do Brasil em 1998 e o fortalecimento do Programa Arquipélago, foi possível estabelecer uma geração contínua de informações científica e o estabelecimento da ZEE no entorno do ASPSP (CIRM, 2002; Feitoza *et al.*, 2003; Campos *et al.*, 2005). Em decorrência do isolamento geográfico, o ASPSP apresenta elevado grau de endemismo, o que ressalta a sua importância na conservação da biodiversidade (CIRM, 2002; Campos *et al.*, 2005).

A população de *Grapsus grapsus* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, por estar submetida a tão elevado grau de isolamento, constitui um

modelo biológico de grande importância à melhor compreensão do processo evolutivo, requerendo estudos mais intensos nesta área. Ratti (2005) descreve padrões diferenciados de coloração e morfometria das populações de *G. grapsus*, quando comparados a mesma espécie da Ilha de Ascensão, o que reforça o alto nível de isolamento. Deste modo, o trabalho justifica-se pela necessidade do entendimento da dinâmica populacional de *G. grapsus* como um requisito básico para a sua conservação. No ASPSP foram observados *G. grapsus* se alimentando de restos de peixes descartados pelos pesquisadores, exúvias, predando ovos e ninhego de atobás, se alimentando por canibalismo (Freire, in press).

A proposta de estudo sobre o caranguejo das pedras, *G. grapsus*, visa determinar a composição de tamanho e a estrutura etária da população, assim como estimar o tamanho da população vivendo no ASPSP.

## OBJETIVO GERAL

---

Enriquecer o conhecimento sobre a dinâmica populacional e abundância do caranguejo *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

### Objetivos específicos:

Estimar a abundância de *Grapsus grapsus* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo;

Determinar a composição de tamanho de *G. grapsus*;

Estimar a curva de crescimento utilizando o modelo de von Bertalanffy.

## METODOLOGIA

---

### Área de estudo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) é o menor e mais isolado grupo de ilhas do mundo (Feitoza *et al.*, 2003). Abriga um grupo de ilhas rochosas localizadas na Cordilheira Meso-Atlântica ao norte da linha do Equador (00°55'01"N e 29°20'44"W), distando 1.100 Km da costa brasileira e 1.890 Km do Senegal, na costa africana (Lubbock & Edwards, 1981; Feitoza *et al.*, 2003; Campos *et al.*, 2005) (Fig.1).

É formado por quatro pequenas ilhas rochosas principais, a saber: Belmonte, São Pedro, São Paulo e Barão de Teffé, com área total emersa de 1,7 Km<sup>2</sup>. As ilhotas estão separadas por estreitos canais, formando entre si uma enseada em forma de ferradura com profundidade entre 4 e 25 metros (Alvarez, 1998; Campos *et al.*, 2005).

O arquipélago é um pico emerso de um afloramento do manto sub-oceânico resultante da falha transformante da Dorsal Meso-Atlântica (Fig.2), que se eleva de uma profundidade de quatro mil metros até poucos metros acima da superfície (CIRM, 2002; Both & Freitas, 2004; Campos *et al.*, 2005). Por estar situado bem em cima de uma falha transformante da cordilheira Meso-Atlântica, é um dos pontos do território brasileiro com maior atividade sísmica (CIRM, 2002).

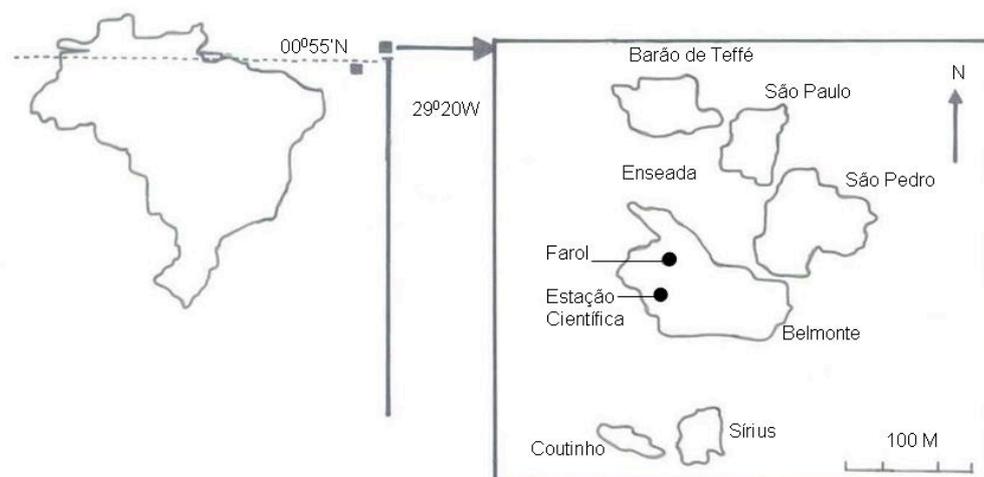


Figura 1. Localização Geográfica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

O local dispõe de uma estação científica, com 49m<sup>2</sup>, construída na ilha Belmonte, a maior ilhota da formação, com aproximadamente 500m<sup>2</sup> e 17m de altitude (Alvarez & Melo, 1999). A estação científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ECASPSP) é mantida pela Marinha do Brasil, desde 1998, início das operações de pesquisa no arquipélago (Feitoza *et al.*, 2003; Campos *et al.*, 2005).

O ASPSP encontra-se inserido no sistema equatorial de correntes (CIRM, 2002; Campos *et al.*, 2005), sofre influência direta da Corrente Sul Equatorial que flui superficialmente no sentido Leste–Oeste (E-W), facilitando a dispersão para o leste e da Corrente Equatorial Submersa, situada entre 60 e

100m de profundidade, que flui no sentido Oeste-Leste (W-E), direcionando o fluxo para o Atlântico central (Feitoza, *et al.*, 2003; Campos *et al.*, 2005).

A maré local é semi-diurna, com amplitude de 2,5m. A temperatura superficial da água do mar varia entre 26°C e 27,5°C (Innocentini *et al.*, 2000). As temperaturas do ar são elevadas durante todo o ano (Both, 2001), com variações entre 25°C e 34°C (Innocentini *et al.*, 2000).

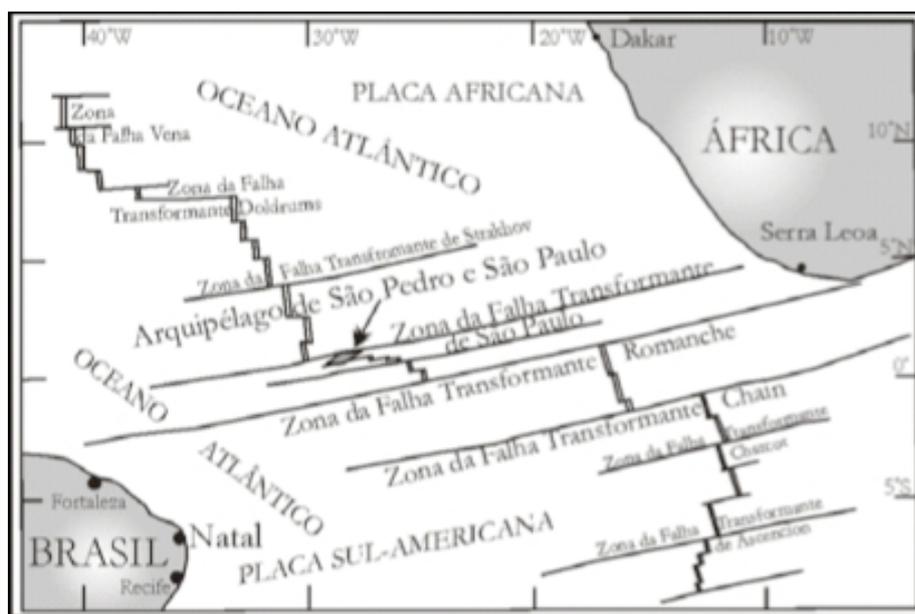


Figura 2: Detalhe da Dorsal- Meso Atlântica.

Do ponto de vista meteorológico, o ASPSP encontra-se sob influência direta da Zona de Convergência Intertropical (ZCI) (Innocentini *et al.*, 2000; Campos *et al.*, 2005). Esta zona apresenta uma migração geográfica sazonal, ocupando uma posição aproximadamente equatorial em fevereiro a março, e posição 14° N em agosto a setembro (Hastenrath & Lamb, 1977). A dinâmica da ZCI influencia o regime de chuvas na costa nordestina, e faz do ASPSP

uma das áreas de maior índice pluviométrico em todo o oceano Atlântico e, conseqüentemente, de menor salinidade superficial (Campos *et al.*, 2005).

Innocentini e colaboradores (2000) afirmam que existem no ASPSP duas estações climáticas bem definidas. A estação de seca inicia em abril, com auge nos meses de agosto e setembro. Já a estação chuvosa, está concentrada nos meses de fevereiro e março. Esta sazonalidade, de acordo com estes autores, é definida pela migração e pela intensidade da Zona de Convergência Intertropical. A estação chuvosa coincide com o posicionamento próximo ao equador da Zona de Convergência, nos meses de fevereiro e março, quando ocorre no seu interior enfraquecimento dos ventos alísios de sudeste e nordeste, que permanecem com velocidades entre 3 e 4m/s. O início da estação seca, em abril/maio, correspondendo ao início da migração para o norte da Zona de Convergência, está associado á intensificação dos ventos alísios de sudeste que atingem maiores velocidades em agosto e setembro (de 5 a 7m/s).

### Metodologia de campo

Foram realizadas duas expedições ao ASPSP. A primeira foi no período de abril, e a segunda no período de agosto de 2007. Nas duas expedições, o período de permanência no arquipélago foi de 15 dias.

Os caranguejos foram coletados manualmente, com o auxílio de uma redinha e um puçá, e colocados em baldes em número variável, para posterior biometria. As medidas de largura da carapaça (maior distância na região dorsal da carapaça) (Fig. 3) para ambos os sexos, foram obtidas *in situ* pela utilização de um paquímetro com exatidão de 0,01mm.



Figura 3. Largura máxima de carapaça de *Grapsus grapsus*.

As coletas foram centradas na Ilha Belmonte, nas áreas de nidificação dos atobás, piscinas de maré e costões rochosos, onde o *Grapsus grapsus*, é

encontrado em maior abundância (Fig. 4). Os animais foram coletados ao acaso, para capturar o maior número de classes de tamanho.

Foram feitas observações quanto ao número de apêndices faltando e se as fêmeas estavam ovígeras. Todos os dados foram devidamente anotados em planilhas de papel e posteriormente repassados para planilhas eletrônicas.

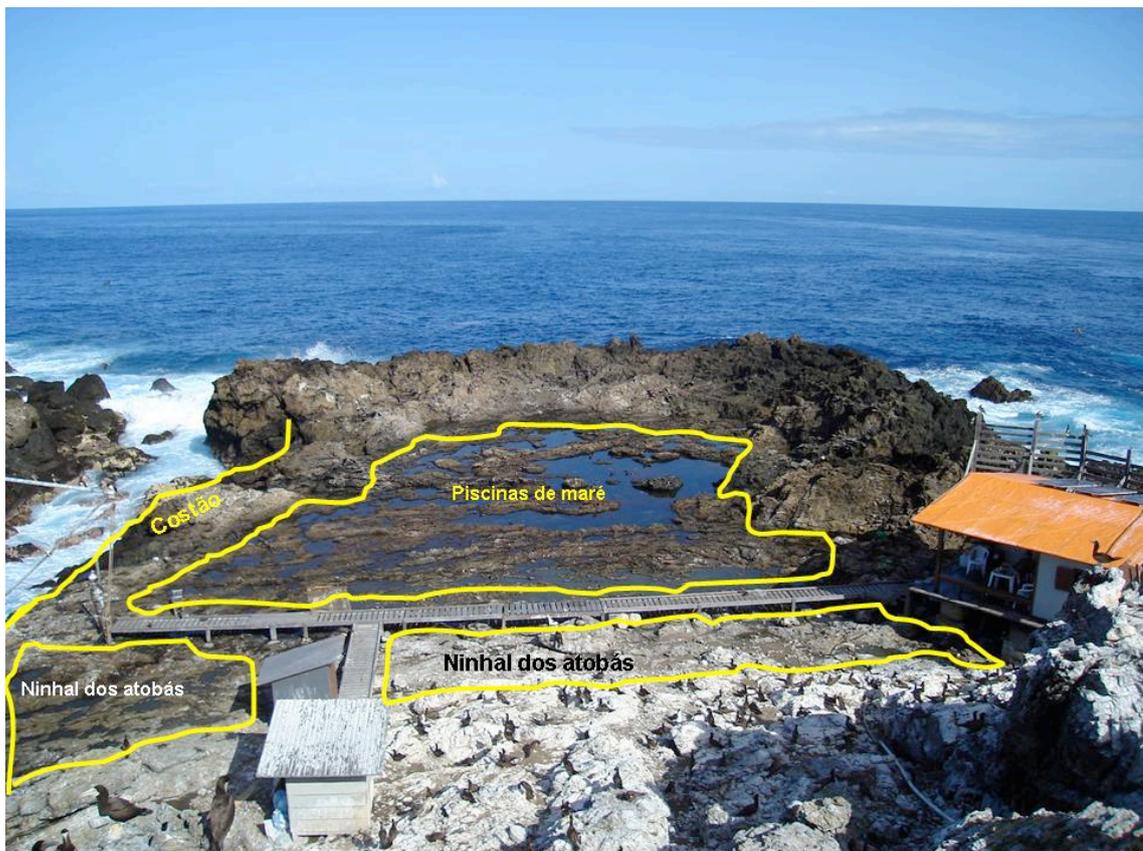


Figura 4. Área de coleta para *Grapsus grapsus*, em destaque, Piscinas de maré, Ninhal dos Atobás e Costão rochoso.

### Estimativa de densidade

Na expedição de abril/2007, foram realizados durante cinco dias, no período da manhã, transectos na Ilha Belmonte para contagem de *Grapsus*

*grapsus*. Para facilitar a contagem foi utilizado um contador manual e uma trena para estimar a distância percorrida.

Os transectos foram traçados a partir de oito pontos pré-determinados, tomando-se como referência a passarela principal que liga a estação científica ao píer conforme a figura 5. A extensão de cada transecto foi fixa, no entanto, não foi utilizada uma distância única para todos os transectos (Tab. I). A extensão de cada transecto foi limitada pela existência de obstáculos que inviabilizassem a caminhada ao longo do caminho. Conforme a trena era esticada, realizava-se a contagem dos indivíduos sempre pelo lado direito do observador. A área de observação era de, aproximadamente, um metro para facilitar o cálculo de abundância pela área percorrida.

Tabela I. Comprimento de cada transecto realizado na ilha Belmonte.

Transecto	Comprimento (m)
1	5
2	7
3	16
4	5
5	25
6	16
7	9
8	13



Figura 5. Transectos utilizados para o censo de *Grapsus grapsus* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

As densidades para cada transecto foram estimadas pelo método de Fourier descrito em Krebs, 1999.

$$\hat{D} = \frac{n}{2La} \quad (\text{equação 1.0})$$

Onde:

$D$  = estimativa de densidade populacional;

$n$  = número de indivíduos avistados;

$l$  = comprimento do transecto;

$a$  = área amostrada.

Após o cálculo das densidades, optou-se por utilizar uma densidade ponderada (Krebs, 1999), levando em consideração os diferentes comprimentos dos transectos pela equação a 1.1.

Na estimativa de densidade total, não foram levados em consideração indivíduos menores que 15 mm que vivem entocados, apenas os caranguejos que vivem perambulando pela ilha.

$$\hat{D}_i = \frac{\sum l_i D_i}{\sum l_i} \quad (\text{equação 1.1})$$

A variância foi estimada por:

$$\text{var}(\hat{D}) = \frac{\sum [l_i \cdot (\hat{D}_i - \hat{D})^2]}{L(R-1)} \quad (\text{equação 1.2})$$

Onde:

$$L = \sum l_i$$

$\hat{D}$  = densidade estimada na equação (1.0)

R = número de réplicas por transectos.

O erro padrão foi estimado por:

$$S.E.(\hat{D}) = \sqrt{\text{var}(\hat{D})} \quad (\text{equação 1.3})$$

Os intervalos de confiança foram calculados com 95%.

$$\hat{D} \pm t_{0,025} [S.E.(\hat{D})] \quad (\text{equação 1.4})$$

Onde  $t_{0,025}$  é igual a (R-1) graus de liberdade.

## Crescimento

Para a análise de crescimento foram utilizados dados de largura de carapaça (LC) de expedições realizadas nos anos de 2003 (fevereiro, abril, julho, e novembro), 2004 (março, agosto e novembro), 2005 (janeiro, maio, julho e dezembro) e 2007 (março e agosto). Devido ao pequeno número de indivíduos coletados nas expedições mensais de 2003 e 2004, optou-se por agregar os dados, por ano, de todas as expedições. Tal procedimento também foi feito para os anos 2005 e 2007.

Histogramas por classe de tamanho de largura de carapaça (LC), com um intervalo de 2,5 mm, foram construídos para machos e fêmeas. Uma análise preliminar dos dados indicou uma dificuldade em se estabelecer uma análise de progressão modal para estas amostras. Esta dificuldade relacionou-se à inexistência de coletas mensais durante um ano, assim como, particularmente para os anos de 2003 e 2004, devido ao pequeno número de caranguejos medidos. Optou-se, deste modo, em fazer a decomposição de curvas normais somente com os dados do ano de coleta de 2007, pois, esse foi o ano que se obteve maior número de indivíduos amostrados.

A determinação dos grupos etários foi calculada através do *Software Peakfit 4.0*® (SPSS), que ajusta curvas normais as frequências observadas. Previamente aos ajustes, os dados foram ligeiramente suavizados (Fonseca & D’Incao, 2003) com o objetivo de remover ruído dos dados. Ajuste de funções normais (Gauss) aos dados foi feito por minimização dos quadrados dos resíduos, permitindo variação dos desvios-padrões.

A qualidade do ajuste das distribuições normais aos dados observados foi aferida através da significância dos parâmetros média e desvio-padrão das curvas normais ajustadas. Curvas normais com estimativas estatisticamente iguais a zero ( $p < 0,05$ ) não foram aceitas.

Após o ajuste das curvas normais aos histogramas, os valores estimados de largura média da carapaça foram usados para a estimativa da curva de crescimento. Assumiu-se que os grupos etários estimados para este histograma estavam separados por 0,5 anos de diferença. Deste modo, ao primeiro grupo etário foi atribuída a idade de 0,5 anos, para o segundo um ano e assim sucessivamente.

Curvas de crescimento foram estimadas para machos e fêmeas separadamente. Para o ajuste da curva de crescimento, foi utilizado o modelo de crescimento de von Bertalanffy (1938).

$$LC_t = LC_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad \text{(equação 1.5)}$$

Onde:

$LC_t$  = Largura da carapaça na idade  $t$ ;

$LC_{\infty}$  = Largura assintótica da carapaça;

$k$  = constante de crescimento;

$t$  = idade

$t_0$  = parâmetro de ajuste, representando a idade do indivíduo quando seu tamanho é igual a zero.

Os parâmetros de crescimento foram estimados por minimização dos quadrados dos resíduos. As estimativas foram obtidas através de uma estimativa restrita, em duas etapas. Na primeira, fixou-se a largura assintótica ( $LC_{\infty}$ ) como o valor do maior macho (63,9mm) e da maior fêmea (59,6mm) coletados em 2007. Nesta etapa, foi permitida a variação de  $k$  e  $t_0$ . Posteriormente, usando como valor semente a estimativa de  $k$  obtida na etapa anterior, o modelo foi somente ajustado aplicando uma restrição ao valor de  $t_0$ , o qual foi forçado para que a curva passasse no ponto próximo de 1,5mm, valor assumido como o tamanho do primeiro estágio juvenil (crab I), baseado em dados de crescimento de *Ucides cordatus* (Pinheiro *et al.* 2005).

Além dos parâmetros do modelo de crescimento, também foram estimados os intervalos de confiança de cada parâmetro. Não foram aceitos ajustes do modelo de crescimento que resultaram em estimativas de um (ou mais) parâmetros estatisticamente iguais a zero ( $p > 0,05$ ).

Para cada ajuste do modelo de crescimento foi estimada a longevidade máxima ( $t_{\max}$ ) através da equação invertida de Bertalanffy, com uma adaptação proposta por D’Incao & Fonseca (2000), considerando  $t_0 = 0$  e  $LC_t/LC_{\infty} = 0,99$ , ou seja, a longevidade máxima foi estimada assumindo o valor de largura da carapaça igual a 99% do comprimento assintótico.

$$t_{\max} = \left[ 0 - \left( \frac{1}{k} \right) \cdot \ln \left( 1 - \frac{LC_t}{LC_{\infty}} \right) \right] \quad (\text{equação 1.6})$$

Após o ajuste das curvas para machos e fêmeas para o ano de 2007 a curva foi retrocalculada para os anos anteriores (2005, 2004 e 2003) para verificar a coerência da curva estimada em relação a composição de tamanhos obtida para estes anos amostrais.

Os parâmetros das curvas de crescimento estimadas para machos e fêmeas foram comparados usando-se os intervalos de confiança (95%) obtidos para cada parâmetro. Na prática, devido ao fato do tamanho assintótico ter sido fixado durante a estimativa, a comparação se restringiu ao valor de  $k$ .

#### Indivíduos mutilados

Foram utilizados dados das expedições de 2007 para o estudo de mutilação. O número de pereópodos em cada caranguejo amostrado foi anotado. Foi aplicado o teste de qui-quadrado para verificar se existe diferença significativa entre machos e fêmeas quanto ao número de pereópodos amputados.

## RESULTADOS

---

### Observações gerais.

Observações em campo indicam que os caranguejos vivem em grupo de número variável de indivíduos de largura de carapaça semelhante. Caranguejos menores que 15 mm vivem entocados em fendas formadas nas rochas, dificultando as coletas. Apresentam uma coloração esverdeada e nunca se misturam com indivíduos maiores. Por outro lado, indivíduos maiores são encontrados por toda a extensão da ilha Belmonte, são bem vermelhos, geralmente machos maiores que 60 mm e fêmeas maiores que 50 mm.

### Crescimento.

A soma de todas as expedições (2003, 2004, 2005 e 2007) resultou em 3847 indivíduos coletados (2046 machos e 1801 fêmeas). Razão sexual ( $\chi^2$ ,  $p=0,99$ ) não apresentou desvio significativo de 1:1. Os machos apresentaram largura de carapaça (LC) variando de 6,8 a 69,45 mm, e as fêmeas 9,7 a 69,0mm.

Histogramas por classe de tamanho indicaram a presença de diferentes grupos de idade, particularmente nos anos de 2005 e 2007, que representam os anos com maior amostragem (Fig. 6). Os dados foram agrupados por ano, devido ao pequeno número de expedições. Uma análise prévia indicou um baixo número de caranguejos coletados para 2003 e 2004 (N= 284 e 552, para 2003 e 2004 respectivamente), dificultando a análise de progressão modal.

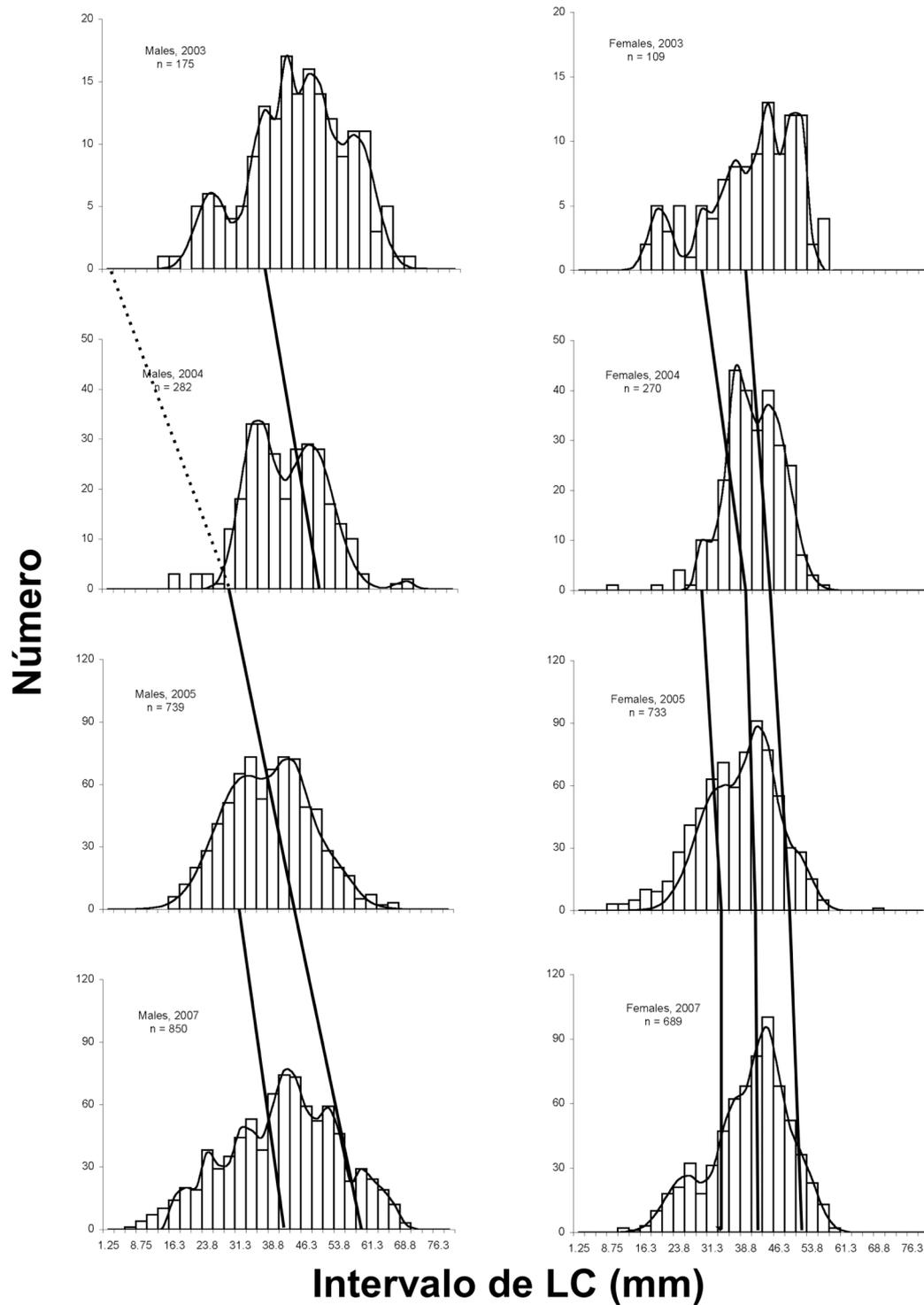


Figura 6. LC histogramas de machos (esquerda) e fêmeas (direita). A soma das componentes normais, média e desvio padrão estão indicados nos histogramas. As linhas cheias indicam o retrocálculo das curvas e a linha pontilhada o retrocálculo a partir de 1,5 mm LC.

Os histogramas indicam nove intervalos de largura entre 30 e 50 mm de carapaça. Caranguejos menores que 15 mm não estão presentes nos histogramas. A decomposição modal nos histogramas (Fig. 6) indicou sete grupos de idade (machos 2007). A média e o desvio padrão dos grupos etários normais são bastante consistentes entre os anos (Fig. 6).

As curvas de crescimento resultaram em um valor de  $k$  ligeiramente mais alto para as fêmeas do que para os machos (Fig. 7; Tab. II), mas os intervalos de confiança não sugerem diferença significativa. No que tange ao tamanho assintótico, o dimorfismo sexual da espécie (ou seja, machos maiores que as fêmeas) foi refletido na pequena sobreposição dos intervalos de confiança, fornecendo suporte para a existência de um tamanho assintótico estatisticamente maior para os machos (Fig.6).

O retrocálculo das curvas (Fig. 7) baseado nos dados de 2007 sugerem um bom ajuste das curvas retrocalculadas aos grupos modais estimados para os anos anteriores a 2007, tanto para machos quanto para fêmeas. A longevidade máxima para a espécie foi estimada em 9 e 7,6 anos para machos e fêmeas respectivamente.

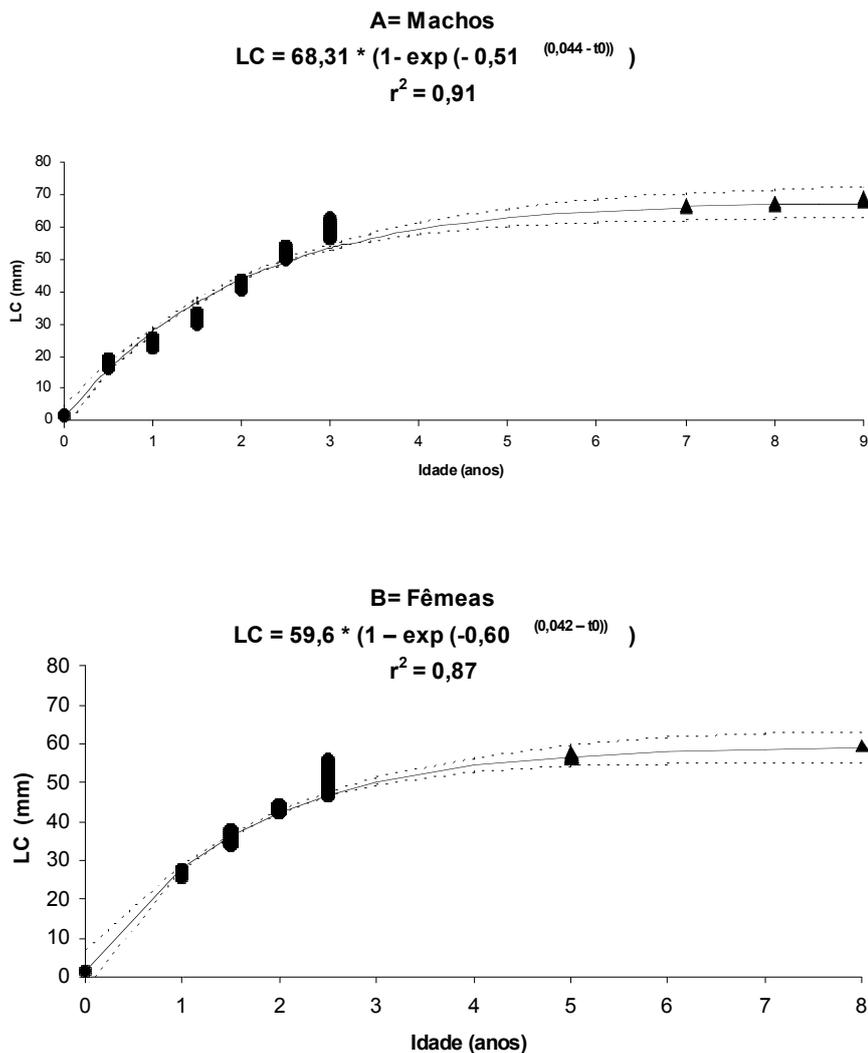


Figura 7. Curvas de crescimento estimada para machos (A) e fêmeas (B) separadamente de *Grapsus grapsus* no ASPSP. Pontilhado= limites de confiança (95%). Central= curva estimada pelo modelo de von Bertalanffy.

Tabela II. Parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy ( $LC_{\infty}$ ,  $k$ , e  $t_0$ ) e longevidade máxima ( $t_{m\acute{a}x}$ ), estimados para as coortes de fêmeas e machos de *Grapsus grapsus* do ASPSP.

	$LC_{\infty}$ (mm)	$k$ (ano <sup>-1</sup> )	$t_0$ (ano)	$t_{m\acute{a}x}$ (ano)
<b>Machos</b>	68,3 (62,82 – 73,80)	0,51 (0,41 – 0,61)	-0,045 (-0,143 +0,055)	9
<b>Fêmeas</b>	59,6 (55,15 – 64,04)	0,60 (0,47 – 0,73)	-0,042 (-0,182 +0,098)	7,6

### Fêmeas Ovígeras.

Foram encontradas fêmeas ovígeras em todas as expedições realizadas em 2005 e 2007. Em 2007, aproximadamente 21% das fêmeas estavam ovígeras. A menor fêmea coletada teve 31,7 e a maior 57,1 mm. O tamanho médio ficou em 43,2 mm (Fig. 8).

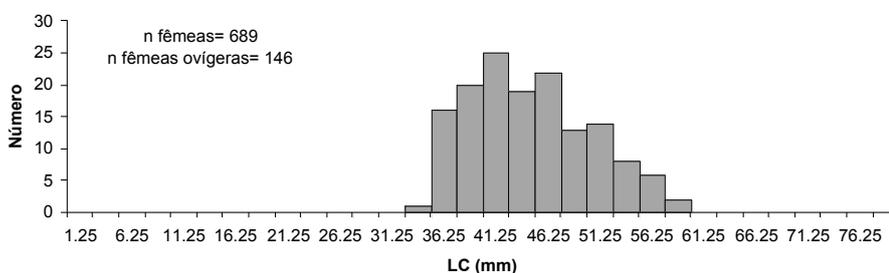


Figura 8. Histogramas por classe de tamanho de fêmeas ovígeras coletadas em 2007.

### Densidade populacional.

O transecto 2 apresentou a maior densidade de caranguejos por metro quadrado, enquanto que o 6 resultou no valor mais baixo (Fig. 9). Análise de variância apresentou diferença significativa ( $F_{\text{calc.}} = 9.60 > F_{(0.05) 7,32} = 2.31$ ,  $p < 0.001$ ). Pelo teste de Tukey, foi possível agrupar os transectos estatisticamente iguais, como segue: transecto 6; transecto 8, 7 e 5; transecto 4 e 2 e transecto 3 e 1. Na tabela III é possível observar a densidade ponderada calculada por dia. A média geral estimada foi 11,8 ind./m<sup>2</sup>.

Tabela III. Estimativa de densidade diária e desvio padrão de *Grapsus grapsus* na ilha Belmonte.

	Densidades ponderadas/ Desvio Padrão
Dia 1	9.13 ± 8.10
Dia 2	11.83 ± 4.95
Dia 3	12.43 ± 6.46
Dia 4	10.97 ± 2.84
Dia 5	11.54 ± 4.70

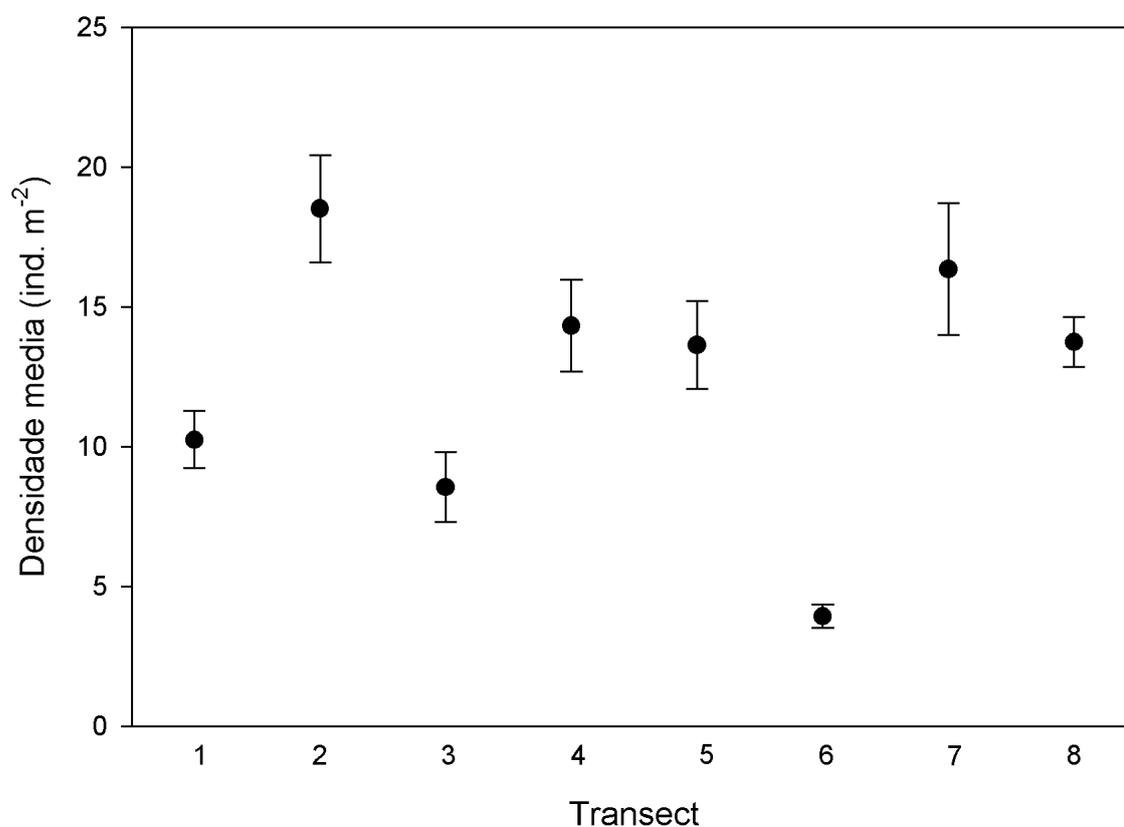


Figura 9. Densidade média (indivíduos por metro quadrado) e desvio padrão por transecto de *Grapsus grapsus* na ilha Belmonte. A média foi calculada em relação aos valores diários de densidade.

Através do desenho amostral utilizado para a realização dos transectos para a contagem dos caranguejos, foi possível estimar a área total amostrada em 317m<sup>2</sup>, onde encontramos aproximadamente 3.533 caranguejos. Quando levamos em consideração que a ilha Belmonte tem aproximadamente 500m<sup>2</sup>,

estimamos um total de 5.600 caranguejos perambulando pela maior ilha da formação do ASPSP.

### Caranguejos mutilados.

Indivíduos com apenas um apêndice faltando foram os mais abundantes e apresentaram em média 44,4 e 42,2 mm de carapaça para machos e fêmeas respectivamente (Fig. 10). Machos de maior comprimento de carapaça apresentaram a ausência de 3 ou mais pereópodos, mas não houve diferença significativa entre os sexos quanto ao número de apêndices perdidos ( $\chi^2$  test,  $p > 0.05$ ).

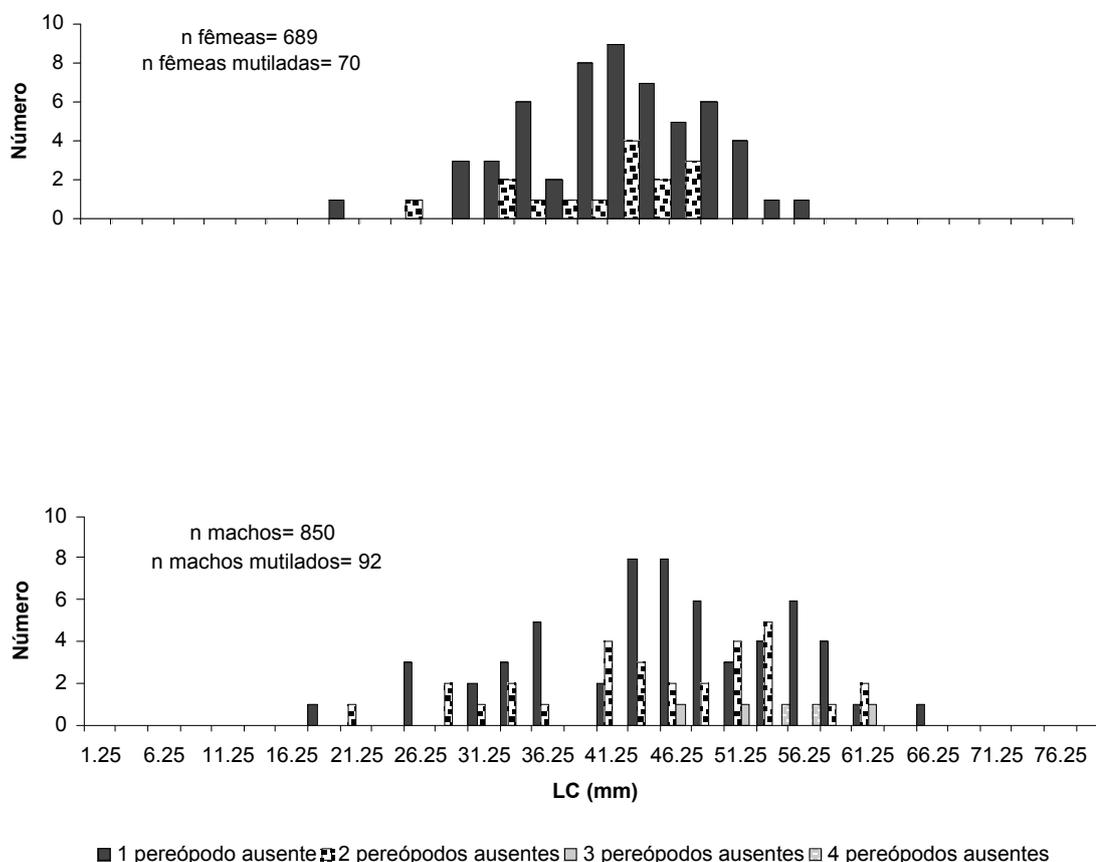


Figura 10. Número de pereópodos ausentes por classe de tamanho e por sexos.

## CONCLUSÕES FINAIS.

---

- O modelo de von Bertalanffy se mostrou adequado para a estimativa de crescimento de *Grapsus grapsus*.
- Os resultados indicam que a espécie é bastante longeva. A longevidade máxima estimada foi de 9 e 7,6 anos para machos e fêmeas respectivamente.
- A inexistência de um predador natural em terra favorece a grande ocupação de *G. grapsus* no ASPSP, chegando a pelo menos 5.600 caranguejos na ilha Belmonte.
- No ASPSP os caranguejos vivem em grupo com número variável e largura de carapaça semelhante. Indivíduos maiores facilmente se agrupam e inibem a presença de indivíduos menores.
- Foi numerosa a observação de caranguejos mutilados durante as expedições.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Abele LG, Campanella PJ, Salmom M (1986) Natural history and social organization of the semiterrestrial grassid crab *Pachygrapsus transverses* (Gibbes). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 104: 153-170.

Alvarez CE (1998) Avaliação Ambiental da Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Vitória: CIRM/UFES.

Alvarez CE, Melo JE (1999) A estação científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. V ENCAC – Fortaleza.

Belini C (1996) Reproduction and feeding of marine turtles in Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. Mar. Turtle Newsl. 74: 12-13.

Bertalanffy L. von (1938) A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws). Hum. Biol. 10(2): 181-213.

Bertini G, Fransozo A, Melo GAS (2004) Biodiversity of brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda) from non-consolidated sublitoral bottom on the northern coast of São Paulo State, Brazil. Biol. Conserv. 13: 2185-2207.

Boschi EE (2000a) Biodiversity of marine decapod brachyurans of the Americas. J. Crust. Biol. 2: 337-342.

Both R. (2001) Análise da sazonalidade da avifauna marinha do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 98p.

Both R, Freitas TOR (2004) Aves marinhas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. In: Branco JO (Org.). Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação. UNIVALI, Itajaí, SC. Cap. 9: 193-212.

Braga AA, Fransozo A, Bertini G, Fumis PB (2005) Composição e abundância dos caranguejos (Decapoda, Brachyura) nas regiões de Ubatuba e Caraguatatuba, litoral norte paulista, Brasil. Biota Neotropical, 5(2): 1-34. Publicado na internet no endereço <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2>.

Campos TFC, Virgens Neto J, Srivastava NK, Petta RA, Hartmann LA, Moraes, JFS, Mendes L, Silveira SRM (2005). Arquipélago de São Pedro e São Paulo – Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico. In: Winge, M, Schobbenhaus C, Berbert-Born M, Queiroz ET, Campos DA, Souza CRG, Fernandes ACS (ed.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado na Internet em 24/12/2005 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio002/sitio002.pdf>

Coelho PA (1965) Crustáceos decápodos do Atol das Rocas. Cienc. Cult. 17(2): 309-310.

Coelho PA (1966) Distribuição dos crustáceos decápodos na área da Barra das Jangadas. Trab. Oceanog. Univ. Fed. Pernambuco 56: 159-173.

Coelho PA (1967) Os crustáceos decápodes de alguns manguezais pernambucanos. Trab. Univ. Fed. Pernambuco 7/8: 71-90.

Coelho PA (1971a) A distribuição dos crustáceos decápodos reptantes do norte do Brasil. Trab. Univ. Fed. Pernambuco 9/11: 223-238.

Coelho PA (1971b) Os crustáceos decápodos reptantes do estuário do rio Paraíba do norte. Arq. Mus. Nac., Rio de Janeiro 54: 283.

CIRM (2002) Manual do Pesquisador do Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Brasília: SECIRM. 28p.

Chace JRFA, Hobbs JRHH (1969) The freshwater and terrestrial decapod crustaceans of the West Indies with special reference to Dominica, Bredin-Archbold-Smithsonian Biological Survey of Dominica. Bull. U. S. Nat. Mus. 292: 1-258.

Darwin C (1891) Countries visited during the voyage of H.M.S. "Beagle" round the world. London: Ward lock.

del Pino Veintimilla EM (1975) Observaciones sobre la madurez sexual, tamaño y color de la sayapa *Grapsus grapsus* L. (Brachyura, Grapsidae) de la Isla Santa Cruz, Galapagos. Rev. Univ. Católica III (8): 141-148.

D'Incao F, Fonseca DB (2000). Performance of the von Bertalanffy growth curve in penaeid shrimps: a critical approach. In: International crustacean

congress, IV. Amsterdam, Netherlands. Proceeding of the Furth international crustacean congress, 733-737.

Eston A, Migotto AE, Oliveira Filho EC, Rodrigues AS, Freitas JC (1986). Vertical distribution of benthic marine organisms on the rocky coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). Bolm. Inst. Oceanogr. São Paulo 34: 37-53.

Fausto-Filho J (1966). Primeira contribuição ao inventário dos crustáceos decápodos marinhos do nordeste brasileiro. Arq. Est. Biol. Mar. Univ.. Fed. Ceará 6(1): 31-37.

Fausto-Filho J (1967). Segunda contribuição ao inventário dos crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. Arq. Est. Biol. Mar. Univ.. Fed. Ceará 7(1): 11-14.

Fausto-Filho J (1968). Terceira contribuição ao inventário dos crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. Arq. Est. Biol. Mar. Univ.. Fed. Ceará 8(1): 43-45.

Fausto-Filho J (1974). Stomatopod and decapod crustaceans of the Archipelago of Fernando de Noronha, Northeast Brazil. Arq. Cienc. Mar 14(1): 1-35.

Fausto-Filho J (1975). Quinta contribuição ao inventário dos crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. Arq. Cienc. Mar 15(2): 79-84.

Fausto-Filho J (1978). Crustáceos estomatópodos e decápodos dos substratos de lama do nordeste brasileiro. *Arq. Cienc. Mar* 18(1/2): 63-71.

Fausto-Filho J (1979). Crustáceos estomatópodos e decápodos dos substratos de areia do nordeste brasileiro. *Arq. Cienc. Mar* 19 (1/2): 45-56.

Feitoza BM, Rocha LA, Luiz-Júnior OJ, Floeter SR, Gasparini JL. (2003). Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography. *Aqua J. Ichthyol. Aquat. Biol.* 7(2): 61-82.

Fonseca DB, D'Incao F (2003). Growth and reproductive parameters of *Kalliapseudes schubartii* in the estuarine region of the Lagoa dos Patos (southern Brazil). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 83: 931-935.

Flores AV, Paula J (2002a). Population dynamics of the shore crab *Pachygrapsus marmoratus* (Brachyura: Grapsidae) in the central Portuguese coast. *J. Mar. Biol.* 82: 229-241.

Fransozo A, Negreiros-Fransozo ML (1996). Brazilian coastal Crustacea Decapoda. In: Bicudo, CE. and MENEZES MNA (eds.). Biodiversity in Brazil: A First Approach. Proceedings of the Workshop Methods for the assessment of biodiversity in plants and animals, Campos do Jordão, São Paulo, Brazil, 26–30 May 1996, CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, São Paulo, Brazil, p. 275–287.

Freire AS, Pinheiro MAA, Teshima MM, Madeira KC, Koettker AG, SILVA H, D'Incao F (In press). Biologia de *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758)

(Brachyura) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Maturidade sexual, Fecundidade, Crescimento e Ecologia larval. In: Mohr, LV, Castro JWA, Costa PM, Válka R (Orgs). Ilhas Oceânicas Brasileiras: Da pesquisa ao Manejo. Vol. II. Brasília: Ministério de Meio Ambiente. Cap. 20.

Gianuca D, Vooren CM (2007) Abundance and behavior of the sally lightfoot crab (*Grapsus grapsus*) in the colony of the brown booby (*Sula leucogaster*) in the São Pedro and São Paulo Archipelago. Invest. Mar., Valparaíso, 35(2): 121-125.

Gomes-Correa MM (1972). Contribuição ao conhecimento da fauna do Arquipélago de Abrolhos, Bahia, Brasil. 2. Lista preliminar dos crustáceos decápodos. Bol. Mus. Hist. Nat. Univ. Fed. Minas Gerais. 15: 1-19.

Guerao G, Schubart CD, Cuesta JA (2001). The first zoeal stages of *Grapsus grapsus* (Linnaeus) and *Geograpsus lividus* (H. Milne Edwards) (Decapoda, Brachyura, Grapsidae) from the western Atlantic. Nauplius 9(2): 111-121.

Hazin FHV, Souza TL, Pinheiro PB, Hamilton S (2001). Biologia Reprodutiva da Cavala Empinge (*Acanthocybium solandri*), capturada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. I Workshop Científico Ambiental do Programa Arquipélago, Natal – RN (Resumo).

Hastenrath S, Lamb P (1977). Climatic Atlas of the tropical Atlantic and eastern Pacific Ocean. Madison: Wisconsin Press. 15p.

Holthuis LB, Edwards AJ, Lubbock HR (1980). The Decapod and Stomatopod Crustacea of St. Paul's Rocks. Zool. Meded. 56(3): 27-51.

Innocentini V, Prado CS, Pereira F, Brandão N (2000) Marulhos no Litoral Norte do Brasil Gerados por Furacão: Caso de 24 de Outubro de 1999. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16-20 de outubro, RJ.

Krebs C (1999) Ecological Methodology. 2ed. Benjamin/Cummings, 620p.

Lubbock R, Edwards A. (1981) The fishes of Saint Paul's Rocks. J. Fish Biol. 17: 283-303.

Manning R.B, Chace JR F.A (1990) Decapod and stomatopod Crustacea from Ascension Island, South Atlantic Ocean. Smithson. Contrib. Zool., Washington, EUA. p503: 1-91

Martin JW, Davis GE (2001) Na update classification of the recent crustácea. Sci. Ser. 39: 1-124.

Melo GAS (1996) Manual de identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do litoral Brasileiro. São Paulo, Plêiade/ FAPESP. 604p.

Monteiro A, Vaske-Júnior T, Lessa R, Del-Eir AC (1998) Exocoetidae (Beloniformes) off north-east Brazil. Cybium 22(4): 395-403.

Moreira C (1901) Contribuições para o conhecimento da fauna brasileira. Crustáceos do Brasil. Arq. Mus Nac. Rio de Janeiro 11: 1-51.

Moreira C (1920) Faune carcinologique de l'île Trindade. Bull. Soc. Zool. France, 45: 125-132.

Nelson BJ (1978) The Sulidae – Gannets and Boobies. London: Oxford University Press. 1012p.

Nobili G (1899) Intorno ad alcuni crostacei decapodi del Brasile. Bull. Mus. Zool. Anat. Comp R. Univers. Torino 14(355): 1-6.

PEAKFIT, PC compatible, version 4, SPSS Inc., 1995.

Pinheiro MAA, Fiscarelli AG, Hattori GY (2005) Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). J. Crust. Biol. 25(2): 293-301.

Pocock RI. (1890). Crustacea of Fernando de Noronha. J. Linn. Soc. London., Zool. 20: 506-529.

Prado A (1999) Taxonomia, distribuição e ecologia da família Grapsidae (Crustácea, Decapoda, Brachyura) no litoral brasileiro. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil, 316p.

Ratti AP (2004) Taxonomia e Biogeografia da Superfamília Grapsoidea MacLeay (excl. Gecarcinidae) (Crustacea: Decapoda: Brachyura) do Atlântico Ocidental. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia, São Paulo, Brasil, 376p.

Rathbun MJ (1898b) Synopsis of the American Sesarmae, with description of a new species. Proc. Biol. Soc. Wash. 11: 89-92.

Romero L (2003) Comportamiento reproductivo y mutilaciones en el cangrejo de las rocas *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Decapoda). Rev. Peru. Biol. 10(2): 195-202.

Sabat P, Fariña JM, Soto-Gamboa M (2003) Terrestrial birds living on marine environments: does dietary composition of *Cinclodes nigrofumosus* (Passeriformes: Furnariidae) predict their osmotic load?. Rev. Chil. Hist. Nat. 76: 335-343.

Seiple W, Salmon M (1982) Comparative social behavior of two grapsid crabs, *Sesarma reticulatum* and *S. cinereum*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 62: 1-24.

Smith HG, Hardy P, Leith IM, Spaul V, Twelves EL (1974) A biological survey of St. Paul's Rocks in the equatorial Atlantic Ocean. Biol. J. Linn. Soc. London 6: 89-96.

Schubart CD, Cuesta JA, Diesel R, Felder DL (2000) Molecular Phylogeny, Taxonomy and Evolution of Nonmarine Lineages within the American Grapsoid Crabs (Crustacea: Brachyura). Mol. Phylog. Evol. 15(2): 179-190.

Spivak ED, Sanches N (1992) Prey selection by *Larus behcheri atlanticus* in Mar Chiquita Lagoon, Buenos Aires, Argentina: a possible explanation for its discontinuous distribution. Rev. Chil. Hist. Nat. 65: 209-220.

Stevic Z (1971) The main features of brachyuran evolution. Syst. Zool. 20: 331-340.

Tagliafico A, Gassman J, Fajardo C, Marcano Z, Lira C, Bolaños J (2005) Decapod crustaceans inventory of La Pecha Island, archipelago Los Frailes, Venezuela. Nauplius 13(1): 89-94.

Teixeira AL (1996) Aspectos biológicos do caranguejo terrestre *Gecarcinus lagostoma* (H. Milne Edwards, 1837) no Atol das Rocas – Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, 155p.

## APÊNDICE 1

Individual growth and density of *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) in the Saint Paul's Rocks, Brazil.

Artigo formatado para submissão segundo as regras da revista internacional *Journal of Marine Ecology Progress Series*.

Individual growth and density of *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) in the Saint Paul's Rocks, Brazil.

Katryana Camila Madeira<sup>1</sup>, Duane Barros Fonseca<sup>2</sup>, Andrea Santarosa Freire<sup>3</sup>  
& Fernando D'Incao<sup>4</sup>.

Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica (FURG); Bolsista DTI (CNPq # xxxxx); e-mail: [katry\\_oceano@yahoo.com.br](mailto:katry_oceano@yahoo.com.br); Fone - fax: 0(55)5332366538.

2,4. Departamento de Oceanografia; Fundação Universidade do Rio Grande (FURG); Av. Itália, km 7, CEP: 96201-900, Rio Grande, RS.

3. Departamento de Ecologia e Zoologia; Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Campus Universitário, Trindade, CEP: 88010-970, Florianópolis, SC.

## ABSTRACT

The ontogenetic growth and density estimates of *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Grapsidae) are presented for the first time for the Saint Paul's Rocks, the smallest and the most remote island in the world. Crabs caught on the Belmonte Island, the largest islet of the formation with approximately 500m<sup>2</sup>, were measured (CW, in mm) and sexed. A total of 3847 individuals was collected (2046 males and 1801 females). The von Bertalanffy model was used to describe the growth curve for *Grapsus grapsus* ( $k = 0.60y^{-1}$ ,  $CW_{\infty} = 59.6$  mm;  $k = 0.51y^{-1}$ ,  $CW_{\infty} = 68.3$  mm, for males and females respectively). Maximum longevity was estimated in 9 years for males and 7.6 years for females. The density calculated by the Fournier method resulted in the estimative of 5600 crabs for the Belmonte Island.

**Key words.** *Grapsus grapsus*, Saint Paul's Rocks, Growth, Density estimates.

## INTRODUCTION

*Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Grapsidae) is a crab with a circuntropical pattern of distribution (Ratti, 2004) found in the Atlantic and Pacific Oceans. This is a semi-terrestrial species which typically inhabits oceanic island in the Atlantic. In Brazil, *G. grapsus* is found in Fernando de Noronha Island, Rocas Atol, Trindade and in the Saint Paul's Rocks (Melo, 1996).

The Saint Peter and Saint Paul Archipelago (for short, ASPSP) are the smallest and the most remote island in the world (Feitoza *et al.*, 2003). *Grapsus grapsus* is the dominant macrofaunal species in the emersed rocks of archipelago, but it is also found in crevices in the infra-littoral (Holthuis *et al.*,

1980). Other conspicuous inhabitants of the archipelago are seabirds such as the Brown Booby (*Sula leucogaster*), Brown Noddy (*Anous stolidus*) and Black Noddy (*Anous minutus*). *Grapsus grapsus* has a rapid locomotion pattern, which enable the crabs to escape from seabirds attacks and waves, by hiding in crevices (Madeira, personal observation). These crabs are also found hidden (in crevices and underrocks) during the periods of the day with of the highest insolation temperatures (Romero, 2003).

The population dynamics of *G. grapsus*, to the best of our knowledge, is unknown. Studies performed so far report basically the occurrence of this species in a particular location, e.g., Atlantic Ocean (Rathbun, 1898; Coelho, 1965; Fausto-Filho, 1974; Holthuis *et al.*,1980). However, investigations regarding the biology of this species are lacking, except for a reproductive behavior study on the coast of Peru (Romero, 2003), and a brief account regarding sexual maturity in the Galápagos (del Pino Veintimilla, 1975).

The present investigation provides the first information regarding size composition and growth curve of *G. grapsus* inhabiting the ASPSP. Moreover, the density and the population size was estimated, and mutilation pattern found was described.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

The Saint Paul's Rocks (Fig. 1) is located between South America and Africa, slightly north from the Equator (00°55'01"N; 29°20'76"W), distant 1.100 Km from the Brazilian Coast and 1.890 Km from the Senegalese Coast

(Lubbock & Edwards, 1981; Feitoza *et al.*, 2003; Leite *et al.*, 2007). It is formed by four small rocky islands (Belmonte, São Pedro, São Paulo e Barão de Teffé), summing a total emerged area of 1.7 Km<sup>2</sup>. These four island are disposed in an U-shaped way forming an inlet 4 to 25 m deep. There is a scientific station, maintained by the Brazilian Navy, on the Belmonte Island, which is the largest island of the archipelago (circa 500 m<sup>2</sup>).

Sampling was performed in four different years, as follows: 2003, in February, April, July and November; 2004, in march, august and november; 2005, in january, may, july and december; and in 2007, in march and august. In all expeditions, sampling was performed on the Belmonte Island. One of the authors (KCM) was in charge of the sampling carried out in 2007. Therefore, when otherwise stated, the analysis of the present investigation has been based on the 2007 sampling.

Each expedition of the year 2007 lasted 15 days. Sampling was carried, in three sampling areas, as follows: (i) the nesting sites of seabirds, (ii) tide pools and (iii) rocky slopes (Fig. 2).

Crabs were manually and randomly caught, during 10 minutes, in each of the sampling areas. Sampled crabs were put in a bucket for further biometry. Approximately 50 crabs were sampled in each period of 10 minutes. Sampling was performed once a day, early in the morning, during the 15 days of the expedition. Biometry consisted of the measure of carapace length (CW, in mm) to the nearest 0.01 mm. Sex and the number of ovigerous females were recorded. Moreover, the number of missing pereopods was recorded for each crab caught.

## Individual growth

Size histograms were constructed for males and females, with 2.5 mm class intervals. Modal resolution used to estimate the growth curve was based only on 2007 data, as the highest sample size was obtained this year. Modal resolution of the remaining years was also carried out, but it was not utilized for growth curve estimation. In order to estimate the modal composition, an automated peak-fitting software was used (PeakFit v.4.06 SPSS Inc. for Windows Copyright 1991-1999, AISN Software Inc). As is common practice, the frequency distribution was first smoothed. A light Fast Fourier Transformation (FFT) (circa 6.0%) was used. This filter level was chosen so as to avoid over-smoothing and information loss while at the same time removing what appeared to be noise spikes in the distribution (Fonseca & D'Incao, 2003). Gaussian peaks were then fitted to the smoothed distribution by an automated least squares fitting procedure. This routine first fitted peaks to local maxima. No baseline was subtracted prior to fitting and peak widths (i.e., standard deviations) were allowed to vary during the fitting. Significance of the normal fittings was assessed (t-test), and a fitting was accepted only when all parameters of the normal function (mean, standard deviation and amplitude) were significantly different from zero ( $p < 0.05$ ).

Estimated values of mean CW were utilized to estimate the growth curve. It was assumed that the time difference between estimated normal groups was 0.5 years. This rationale implies the existence of two main recruitment periods in a year. Therefore, the first normal component had an attributed age of 0.5 years, the second 1.0 year, and successively.

Growth curves were estimated for males and females separately. The von Bertalanffy growth model (1938) ( $LC_t = LC_\infty \cdot [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ , where  $LC_t$  is length at the time  $t$ ,  $LC_\infty$  is asymptotic length,  $k$  the coefficient of growth and  $t_0$  the theoretical age at length zero) was adopted. Estimation was performed in a two-step procedure. Firstly, asymptotic size was fixed, based on the size of the largest male (68.3 mm) and female (59.6 mm) caught in 2007, and  $k$  and  $t_0$  parameters were let to vary. Further, the  $k$  so obtained and a  $t_0$  fixed to force the curve to have a realistic origin of CW (i.e., 1.5 mm, which is the size of the crab I of a species of similar size - *Ucides cordatus* - Pinheiro *et al.*, 2005) were then used to re-estimate  $k$ . Least squares curve fitting was utilised for both fittings. Significance of the fitting was assessed by a F-test. Longevity was calculated by the inverted von Bertalanffy equation using 99% of the asymptotic size as the size value (D’Incao & Fonseca, 2000).

After the estimation of the growth curves for males and females, these curves were retrocalculated for the previous years to evaluate the match of the estimated curve and the normal groups resolved. Parameters of the estimated growth curves were compared using the confidence intervals (95%) of the estimates.

#### Density estimates

For five days, in the 2007 expedition, eight transects were established on the Belmonte Island (Fig. 3) to estimate the density of *Grapsus grapsus*. Counting was performed only in the morning. Length among transects was different because it depended on the presence of obstacles. However, once determined the length of the transect in the first day of sampling, it was kept

constant. Counting was carried out by walking along the length of the transect and recording the number of crabs up to a lateral distance of 1 m. Therefore, for each transect a fixed strip was counted each day. The density in each transect was estimated (Fournier method) by:  $\hat{D} = n/2La$  (equation 1), where  $\hat{D}$  is estimated population density,  $n$  is number of animal seen on the transect,  $L$  is, length of transect and  $a$ , half the effective strip width. Subsequently, the weighted density was estimated for the whole sampling area, that is, considering the different lengths of the transects by:  $\hat{D} = \sum_{i=1}^R l_i D_i / \sum_{i=1}^R l_i$ . Variance  $(\text{var } (\hat{D}) = \sum_{i=1}^R [l_i (\hat{D}_i - \hat{D})^2] / L(R-1)$ , where,  $L = \sum l_i$ ;  $\hat{D}$ , overall density estimate from equation 1 and  $R$ , number of replicate line transect) standard error  $(S.E.(\hat{D}) = \sqrt{\text{var}(\hat{D})})$  and confidence intervals  $(\hat{D} \pm t_{.025} [S.E.(\hat{D})])$ , where  $t_{.025}$  has  $(R-1)$  of the weighted density were estimated. Aritmetic densities were compared by analysis of variance.

#### Mutilated crabs

The number of missing pereopods was recorded in the crabs sampled in 2007. Comparison of the number of missing pereopods by sex was performed by a chi-square test.

## RESULTS

### General findings

Observation indicates that individuals of *Grapsus grapsus* gather in groups composed by crabs of similar size. Crabs smaller than 15 mm CW is rarely found wandering on the rocks, while larger crabs are conspicuously found over the whole Belmonte Island. The smallest crabs are observed in crevices, never mixed with the larger ones. This behavior of the smallest crabs made their sampling difficult. The smallest crabs are greenish, while the largest are red, particularly males larger than 60 mm and females larger than 50 mm CW.

### Growth

A total of 3847 individuals was collected (2046 males and 1801 females), and no significant difference was observed in the sex ratio ( $\chi^2$  test,  $p = 0.99$ ). Males had CW varying from 6.8 to 68.3 mm, while females had CW varying from 9.7 to 59.6 mm.

Size histograms indicated the presence of discernible age groups, particularly in samples from years 2005 and 2007, which were the years with the highest sample sizes (Fig. 4). Due to the few number of expeditions each year, it was decided to pool samples from different expeditions on the same year. In the years 2003 and 2004, previous analysis indicated that the low number of crabs measured ( $n = 284$  and  $552$ , for 2003 and 2004 respectively) made a modal progression analysis, for each sex, unreliable. In all size

histograms the bulk of the data (typically over 50%) was found in nine size intervals, from 30 mm to 50 mm CW. Crabs smaller than 15 mm CW were uncommon in the size histograms, and data seemed truncated towards the largest size intervals. Modal resolution of size histograms (Fig. 4) indicated up to seven age groups (males 2007). Mean values  $\pm$  standard deviations of normal groups were quite consistent between years (Fig. 4).

Growth curves resulted in a slightly higher  $k$  for females than for males (Fig. 5, Table I), but the inspection of the confidence intervals suggest that difference found is not statistically significant. On the other hand, confidence intervals of the asymptotic size do not overlap, indicating a significant difference. This is not surprising, given the clear size dimorphism of the species, as the largest recorded size were always males (Fig. 4).

When growth curves were retrocalculated (Fig. 4), an encouraging match was observed, which suggests that the growth curves estimated based on the 2007 data describe reasonable the growth trajectory of *G. grapsus*. The estimative of maximum longevity resulted in 9 and 7.6 years for males and females, respectively.

### Brooding females

Sampling in 2005 and 2007 indicated brooding females in all expeditions. In 2007, circa 21% of the females caught had eggs. Size amplitude of brooding females caught in 2007 was between 31.7 and 57.1 mm CW. Based on this data, the average of brooding female was 43.2 mm (Fig. 6)

## Density

The highest density was estimated for the transect 2, while the lowest was estimated for transect 6 (Fig. 7). Analysis of variance confirmed the significance of the differences found ( $F_{\text{calc.}} = 9.60 > F_{(0.05) 7,32} = 2.31$ ,  $p < 0.001$ ). Pair-wise Tukey-test indicated that transects can be grouped, as follows: transect 2 and 4; transect 5, 7 and 8; transect 1 and 3; and transect 6.

Weighted density for each day (Table II) resulted in estimates from 9.13 to 12.43 crabs  $\text{m}^{-2}$ . The overall weighted density, that is, average of the five days was 11.18 crabs  $\text{m}^{-2}$ . Considering that an approximate area of 317  $\text{m}^2$  was sampled, 3533 crabs could be estimated inhabiting the sampled area. Extrapolating the overall weighted density for the whole area of Belmonte Island (circa 500  $\text{m}^2$ ), the presence of 5600 crabs could be estimated for this island.

## Mutilated crabs

The highest number of mutilated crabs had one missing pereopod. On average, males and females with one missing pereopod has 44.4 and 42.2 mm CW, respectively (Fig. 8). Crabs with three or more missing pereopods were often large males, but no difference was found between sexes in the number of missing pereopods ( $\chi^2$  test,  $p > 0.05$ ).

## DISCUSSION

### Growth and longevity

Regarding the maximum sizes (59.6 and 68.3mm, for females and males, respectively), larger *Grapsus grapsus* have been reported elsewhere. For instance, on the east coast of Mexico (Clarion Island, Eastern Pacific Ocean) males up to 87 mm CW were found (Rathbun, 1918), while larger females (79.2 mm) were found in the Clipperton Island (Eastern Pacific Ocean) (Garth, 1965). On the coast of Peru, 79.8 and 74.6 mm CW were reported for males and females, respectively (Romero, 2003). Such differences in maximum sizes can be related to distinct growth rates, as the largest animals would have the lowest growth rates (Beverton & Holt, 1959).

However, no information has been published regarding individual growth of *Grapsus grapsus*. During the estimation of the growth curves, it has been decided to fix the asymptotic length; otherwise the estimates consistently converged to much smaller asymptotic sizes. This constrained fit, and the procedure to force the growth curve through a realistic origin ( $CW_0$ ), allowed the estimation of a growth curve that seems consistent with the biological information available.

When retrocalculated, the growth curves matched finely the normal groups estimated for the previous years. This matching was possible because of the striking similarity (mean  $\pm$  standard deviation) of the normal groups resolved for the whole period of study, even in years when the sample size was quite small.

Moreover, the lowest limit of the confidence intervals found for  $t_0$  could be interpreted as the duration of the larval stage. While the time of larval development of *G. grapsus* is unknown, figures of the confidence intervals found for  $t_0$  (0.143 and 0.182 years or 51 and 65 days) could be used as an educated guess of the duration of the larval development. For *Ucides cordatus* it has been reported a period of 58 days (Rodrigues & Hebling, 1989), a figure quite similar to the confidence limits of  $t_0$  reported in the present investigation. It is understood that such similarity is an indicative of the reliability of the growth curve estimated. Considering the remoteness of the ASPSP, it has been suggested that this population is kept by larvae hatched there, as it is unlikely larvae hatched elsewhere to settle in the ASPSP (Freire, in press).

Growth constant estimated (0.51 year<sup>-1</sup> and 0.60 year<sup>-1</sup> for males and females, respectively) resulted in the estimative of high maximum longevities (7.6 and 9 years for females and males, respectively), which are consistent with longevities estimates for some large Grapsoidea. For instance, *Ucides cordatus*, a crab found in mangroves with maximum sizes of 78.1 and 83.4 mm (females and males, respectively), had an estimated maximum longevity of 8.3 (females) and 9.2 years (males) (Pinheiro *et al.*, 2005). *Cancer pagurus*, found in intertidal rocky shores of temperate regions, can reach around 240 mm CW, with maximum longevity up to 11.5 years (females) (Sheehy & Prior, 2008). *Ocypode quadrata*, a crab found in the supra-littoral of sandy beaches, reaches a smaller maximum size (39 mm CW) and it had an estimated longevity of 3 years (Alberto & Fontoura, 1999). It is well-known in the literature the inverse relationship between growth constant and life span (Beverton & Holt, 1959), and the results of the present investigation support this patterns.

Ageing is a process defined as a 'series of cumulative, progressive, intrinsic, and deleterious functional and structural changes' that culminate in death of an organism (Arking 1998). However, most of the mortality observed in populations in the wild is due to extrinsic reasons rather than due to ageing (Kirkwood & Austad, 2000). According to the evolutionary theories of ageing, the trade-off between energy investments in reproduction and maintenance/repair explains ageing (Kirkwood, 1977), and the rate of ageing of an organism is linked to the level of extrinsic mortality that an organism is exposed (Kirkwood & Austad, 2000). Therefore, individuals from a population under severe extrinsic mortality would age faster than individuals from a population under weak extrinsic mortality. For example, the observation that the queens of advanced eusocial insects such as ants, bees and termites, which live in heavily guarded nests and experience low extrinsic mortality rates, live 100 times longer than solitary species, has been interpreted as strong evidence in favour of evolutionary theory (reduced natural selection pressure for early reproduction at the expense of somatic maintenance) (Keller & Genoud, 1997). *Grapsus grapsus* in the ASPSP is under weak extrinsic mortality due to predation. This crab does not have natural enemies. Potential predators would be seabirds. However, birds present on the island prey on flying fishes (Both, 2001), and attacks on *G. grapsus* seems to be related the defense of the nesting sites. Therefore, it is plausible to assume that this weak extrinsic mortality would lead to the selection of a slow rate of ageing in *G. grapsus*, and consequently, to a long life span.

However, it should be conceded that the estimated, and that only a small percentage of the individual would reach this age. For instance, considering

males caught in 2007, only 0.70% of the crabs had an estimated age over 7 years old, while for females 0.90% of the crabs had an estimate age over 5 years. Nevertheless, these estimative of maximum longevity an consistent with the occurrence of large, and rare, individuals of *G. grapsus* on the ASPSP.

The difference found in the growth curves of males and females is related to the distinct asymptotic sizes, as males are larger than females. This sexual dimorphism in size found in ASPSP is consistent with reports for populations of *G. grapsus* found elsewhere (Rathbun, 1918; Garth, 1965; Romero, 2003; Tagliafico, 2005). Larger males have an advantage during the reproduction, as they develop larger chelipeds which can be used in intra-specific interactions with other males during the reproductive season (Pinheiro & Fransozo, 1998). Growth curves of males and females are very similar up to 1 year old (predicted CW is 26.33 and 26.05 mm, for males and females, respectively), but differences can be noted from 1.5 years old (predicted CW is 35.78 and 34.75 mm, for males and females, respectively). It is worth noting that the estimated morphological size at maturity of females is 33.8 mm (Freire, in press), size near to the point where both growth curves start separating. This finding is consistent with the rationale that growth in Brachyura is similar up to the sexual maturity, because after it females have to invest energy in both growth and reproduction, resulting in slower growth rates (Hartnoll, 1982; 1985).

## Reproduction

Brooding females were found in all expeditions. As the ASPSP is located in the tropical region, continuous reproduction is expected (Sastry, 1983).

Moreover, larvae of *Grapsus grapsus* were also found year-round in zooplankton samplings (Freire, in press). The smallest brooding female caught (31 mm) had a size similar to the smallest brooding female reported in the literature (32 mm) (Manning & Holthuis, 1981). The reported size of the physiological maturity of females (33.4 mm) (Freire, in press) indicates that the smallest brooding females were indeed caught. The broad size range of the brooding females does not suggest the occurrence of a terminal molt of females, and it indicates that females can hatch eggs many times during the life span.

#### Behaviour

*Grapsus grapsus* form groups composed by individuals with similar size. This observation is also true for another population of *G. grapsus* (Romero, 2003). These groups can have dozens of individuals, and they are found in sheltered places, in an attempt to avoid wave sweeping. During low tide, crabs leave these protected places for feeding. Male crabs larger than 60 mm CW tends to form smaller groups (typically around five crabs), and they have a bright red coloration. Bright red females are those with CW larger than 50 mm. Conversely, the smallest individuals sampled were always green. Such color pattern of the smallest crabs has been described for Galápagos and Fernando de Noronha Island (Fausto-Filho, 1974; del Pino Veintimilla, 1975). As differences in color are so striking, the smallest crabs can easily be misidentified as *Pachygrapsus crassipes* (Garth, 1946). Crabs with green coloration have been understood as juveniles (Fausto-Filho, 1974), but a formal

mathematic relationship between color and size has never been established (Freire, in press). However, this color pattern does not seem to be fixed, as individuals from Ascension Island do not follow it (Ratti, 2005).

### Mutilated crabs

Approximately 10% of the analyzed crabs had at least a missing pereopod. Hostile interaction with seabirds can explain the occurrence of mutilated crabs. For instance, crabs often feed on regurgitates of seabirds and crabs also can prey on eggs and chicks of *Sula leucogaster* (Darwin, 1891; Nelson, 1978; Both, 2001). The presence of many crabs mutilated and with beak marks on the carapace is indicative of these hostile interactions. Another source of mutilations are the hostile intra-specific interactions. *Grapsus grapsus* gather in groups formed by individuals with similar size. As a small crab approaches a group of larger ones, this crab is promptly chased. Also, hostile interactions are observed among males, particularly during reproductive display behavior. However, no significant difference was found in the number of missing pereopods between sexes, which indicates that hostile interactions among females are common. Moreover, data indicate that the number of mutilations is not more frequent either in the smallest or largest crabs. Actually, the size class with the highest number of mutilations (around 40 mm CW) corresponds to the most abundant size class, as it can be seen in the size histograms.

## Density

Based on the transect data, the population size on the Belmonte Island was estimated in 5600 individuals. Clearly, the density of *Grapsus grapsus* is unevenly distributed on the island, as sites near to nesting sites of seabirds had significantly fewer crabs. Transects located away from nesting sites had densities ranging from 13 to 18 crabs m<sup>-2</sup>. Regarding density and population sizes estimates, it is important to note that these figures consider only individuals larger than 15 mm. Therefore, the true population size on the Belmonte Island is certainly much higher than 5600 crabs. Moreover, *G. grapsus* is also present in the remaining islands of the archipelago, but sampling is not allowed in these islands. Therefore, it is quite conceivable to think that 5600 crabs would be a small fraction of the population size over the whole archipelago.

In short, the present investigation demonstrated that the population of *Grapsus grapsus* on the ASPSP has individuals with small growth rates and long life span. High longevity is probably related to the weak extrinsic mortality experienced by these crabs, which has favored the selection of a slow rate of ageing. Brooding females are found year-round, and these crabs show an interesting behavior of forming groups of animals with similar size. Mutilated crabs are common, and are a result of hostile intra and inter-specific interactions (seabirds). Population density is unevenly distributed over the island, with the lowest densities observed on the nesting sites of seabirds.

**Acknowledgements.** The study was supported by SECIRM/ Marinha do Brasil – Programa Arquipélago, and National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, # 55.8470/2005-0).

## REFERENCES

Alberto RMF, Fontoura, NF (1999) Distribuição e estrutura etária de *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) (Crustácea, Decapoda, Ocypodidae) em praia arenosa do litoral sul do Brasil. Rev. Brasil. Biol. 59(1): 95-108.

Arking R (1998) Biology of Aging: Observations and Principles. Sunderland: Sinauer Associates.

Bertalanffy L. von (1938) A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws). Human Biol. 10(2): 181-213.

Beverton RJH, Holt, SJ (1959) A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature and their relations to growth and others physiological characteristics. In: Olstenholme, GEW, O'Connor M. (eds). The lifespan of animals. London, CIBA Foundation colloquium on ageing (5). 142-177.

Both R (2001) Análise da sazonalidade da avifauna marinha do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 98p.

Coelho PA (1965) Crustáceos decapodos do Atol das Rocas. Cienc. Cult. 17(2): 309-310.

Darwin C (1891) Countries visited during the voyage of H. M. S. "Beagle" round the world. London: Ward lock.

del Pino Veintimilla EM (1975) Observaciones sobre la madurez sexual, tamaño y color de la sayapa *Grapsus grapsus* L. (Brachyura, Grapsidae) de la Isla Santa Cruz, Galapagos. *Rev. Univ. Católica* III (8): 141-148.

D’Incao, F, Fonseca DB (2000) Performance of the von Bertalanffy growth curve in penaeid shrimps: a critical approach. In: International crustacean congress, IV. Amsterdam, Netherlands. Proceeding of the fourth international crustacean congress, 733-737.

Fausto-Filho J (1974) Stomatopod and decapod crustaceans of the Archipelago of Fernando de Noronha, Northeast Brazil. *Arq..Cienc.Mar.* 14(1): 1-35.

Feitoza, BM, Rocha LA, Luiz-Júnior OJ, Floeter SR, Gasparini JL (2003). Reef fishes of St. Paul’s Rocks: new records and notes on biology and zoogeography. *Aqua J. Ichthyol. Aquat. Biol.* 7(2): 61-82.

Fonseca, DB, D’Incao F (2003) Growth and reproductive parameters of *Kalliapseudes schubartii* in the estuarine region of the Lagoa dos Patos (southern Brazil). *J.Mar.Biol. Assoc. U. K.* 83, 931-935.

Freire AS, Pinheiro MAA, Teshima MM, Madeira KC, Koettker AG, SILVA H, D’Incao F (In press). Biología de *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Brachyura) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Maturidade sexual, Fecundidade, Crescimento e Ecología larval. In: Mohr, LV, Castro JWA, Costa PM, Válka R (Orgs). *Ilhas Oceânicas Brasileiras: Da pesquisa ao Manejo*. Vol. II. Brasília: Ministério de Meio Ambiente. Cap. 20.

Garth JS (1946) Litoral Brachyuran fauna of the Galápagos Archipelago. *Allan Hancock Pacific Expedition* 5(10): 341-601.

Garth JS (1965) The brachyuran decapod crustaceans Clipperton Island. *Proc. Cal. Acad. Sci.* 33(1): 1-45.

Hartnoll RG (1982) Growth. In: Bliss, DE (ed.). The Biology of Crustacea. Embryology, Morphology and Genetics. New York: Academic Press 2: 111-185.

Hartnoll RG (1985) Growth, sexual maturity and reproductive output. In: Wenner, AM (ed). Crustacean issues: factors in adult growth. Rotterdam, Balkema 3: 101-128.

Holthuis LB, Edwards AJ, Lubbock HR (1980) The Decapod and Stomatopod Crustacea of St. Paul's Rocks. Zool. Meded. 56(3): 27-51.

Keller L, Genoud M (1997) Extraordinary lifespans in ants: a test of evolutionary theories ageing. Nature 389: 958-960.

Kirkwood TBL (1977) Evolution of ageing. Nature, 270: 301-304.

Kirkwood TBL, Austad SN (2000) Why do we age? Nature, 408: 233-238.

Leite TS, Haimovici M, Molina W, Warnke K (2007) Morphological and Genetic description of *Octopus insulares*, a new cryptic species in the *Octopus vulgaris complex* (Cephalopoda: Octopodidae) from the tropical southwestern atlantic. J. Molluscan Stud.74: 63-74.

Lubbock, R, Edwards A (1981) The fishes of Saint Paul's Rocks. J. Fish Biol.17: 283-303.

Manning RB, Holthuis LB (1981) West African Brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda). Smithso. Contrib. Zool. 306: 1-379.

Melo GAS (1996) Manual de identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do litoral Brasileiro. São Paulo, Plêiade/ FAPESP. 604p.

Nelson BJ (1978) The Sulidae – Gannets and Boobies. London: Oxford University Press. 1012p.

Pinheiro MAA, Franzoso A (1998) Sexual maturity of the speckled swimming crab *Arenaeus cribbarius* (Lamarck, 1818) (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in the Ubatuba Littoral, São Paulo State, Brazil. *Crustaceana*, 71(4): 434-452.

Pinheiro MAA, Fiscarelli, AG, Hattoril GY (2005) Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). *J.Crust. Biol.* 25(2): 293-301.

PEAKFIT, PC compatible, version 4, SPSS Inc. 1995

Ratti AP (2004) Taxonomia e Biogeografia da Superfamília Grapsoidea MacLeay (excl. Gecarcinidae) (Crustacea: Decapoda: Brachyura) do Atlântico Ocidental. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Brasil, 376p.

Rathbun MJ (1898b) Synopsis of the American Sesarmae, with description of a new species. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 11: 89-92.

Rathbun MJ (1918) Synopsis of the American Sesarmae, with description of a new species. *Proc. Biol. Soc. Wash* 11: 89-92.

Rodrigues MD, Hebling NJ (1989) *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda). Complete larval development under laboratory conditions and its systematic position. *Rev. Brasil. Zool.* 6: 147-166.

Romero L (2003) Comportamiento reproductivo y mutilaciones en el cangrejo de las rocas *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Decapoda). *Rev. peru. biol.* 10(2): 195-202.

Sastry AN (1983) Ecological aspects of reproduction. In: Vernberg JJ, Vernberg WB. (ed.). *The biology of Crustacea*, New York: Academic Press, 8: 179- 270.

Sheehy MRJ, Prior AE (2008) Progress on an old question for stock assessment of the edible crab *Cancer pagurus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 353: 191-202.

Tagliafico A, Gassman J, Fajardo C, Marcano Z, Lira C, Bolaños J (2005) Decapod crustaceans inventory of La Pecha Island, archipiélago Los Frailes, Venezuela. *Nauplius* 13(1): 89-94.

Table I: Parameters of the von Bertalanffy growth model and maximum longevity ( $LC_{\infty}$ ,  $k$  and  $t_0$ ) estimated for females and males of *Grapsus grapsus* of the ASPSP.  $CW_{\infty}$ , asymptotic carapace width;  $k$ , growth constant and  $t_0$ , theoretical age in which  $CW=0$ .

	$CW_{\infty}$ (mm)	$k$ (year <sup>-1</sup> )	$t_0$ (year)	$t_{max}$ (year)
Males	68.3 (62.82 – 73.80)	0.51 (0.41 – 0.61)	-0.045 (-0.143 +0.055)	9
Females	59.6 (55.15 – 64.04)	0.60 (0.47 – 0.73)	-0.042 (-0.182 +0.098)	7.6

Table II. Estimates of the daily weighted density  $\pm$  standard derivation of *Grapsus grapsus* on the Belmonte Island.

	Weighted density/Standard derivation
Day 1	9.13 $\pm$ 8.10
Day 2	11.83 $\pm$ 4.95
Day 3	12.43 $\pm$ 6.46
Day 4	10.97 $\pm$ 2.84
Day 5	11.54 $\pm$ 4.70

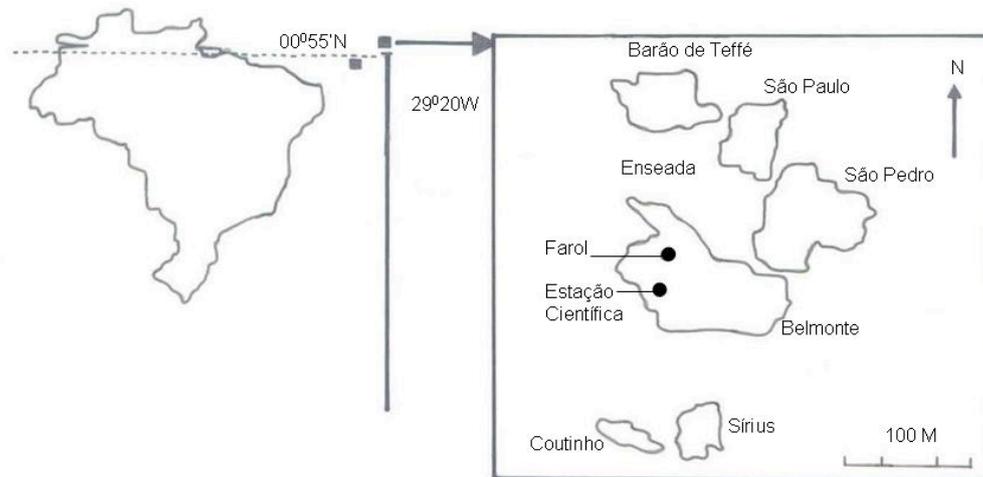


Figure 1. Map of the area of study.

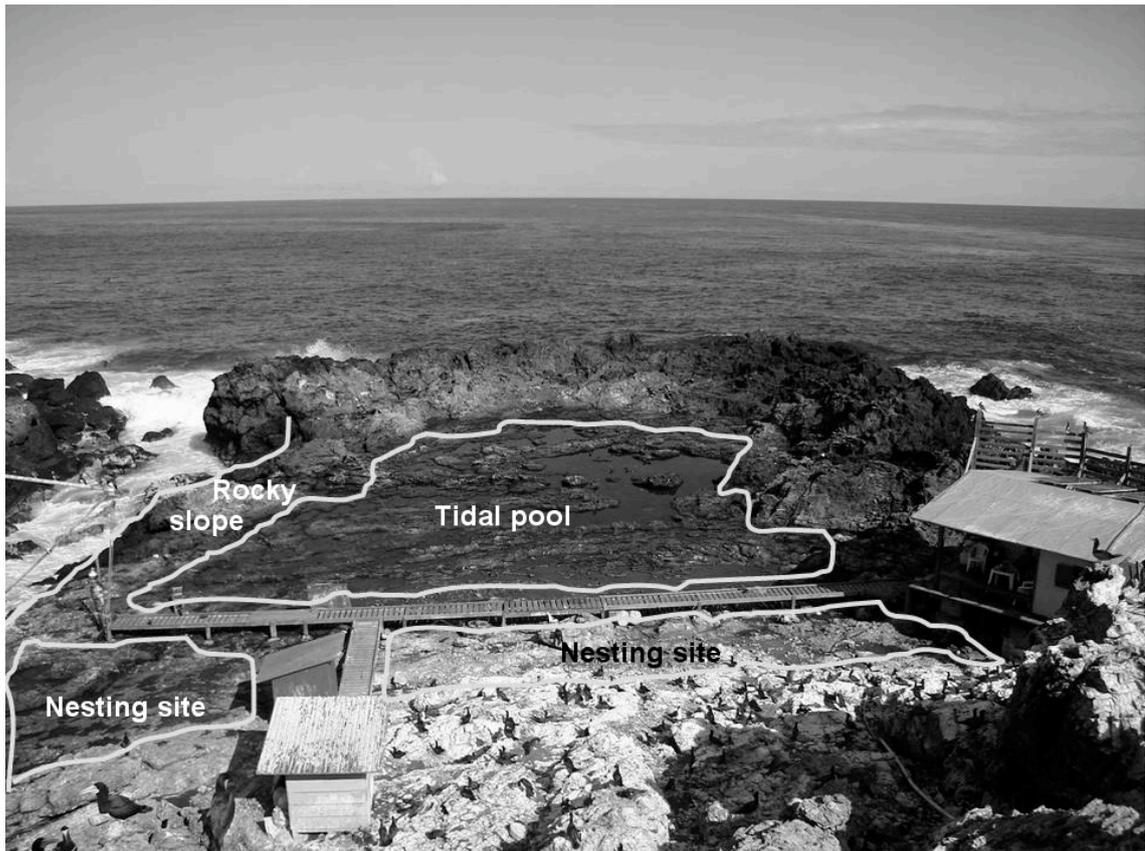


Figure 2. Sampling areas on the Saint Paul's Rocks .



Figure 3. Transects established on the Belmonte Island to estimate the density of *Grapsus grapsus*.

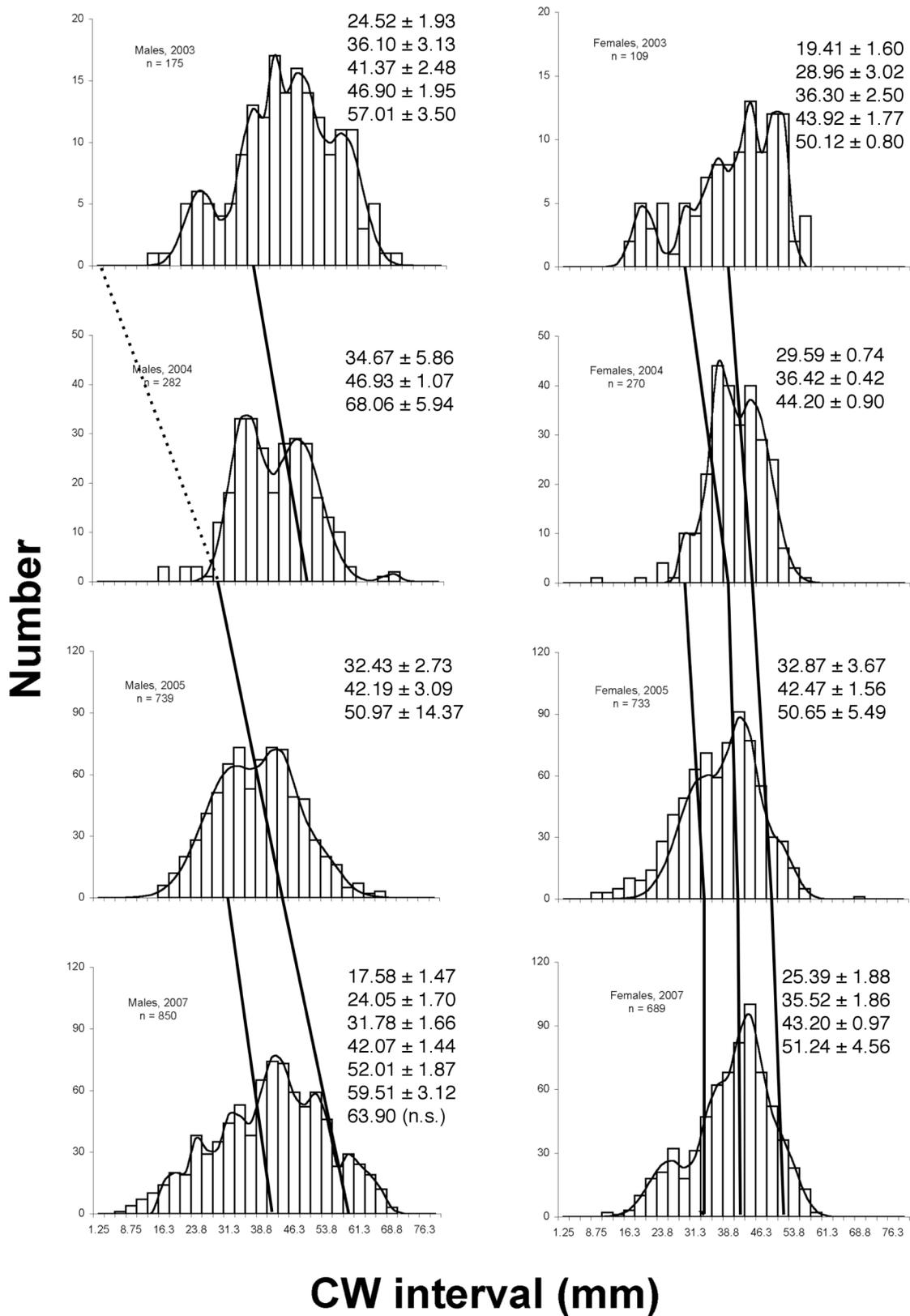


Figure 4. CW histograms of males (left) and females (right). Sum of the normal components is overlaid on the histograms. Mean  $\pm$  standard deviation of normal components are shown. Retrocalculated growth curves are shown (full lines); dotted line indicates retrocalculated growth starting on 1.5mm CW.

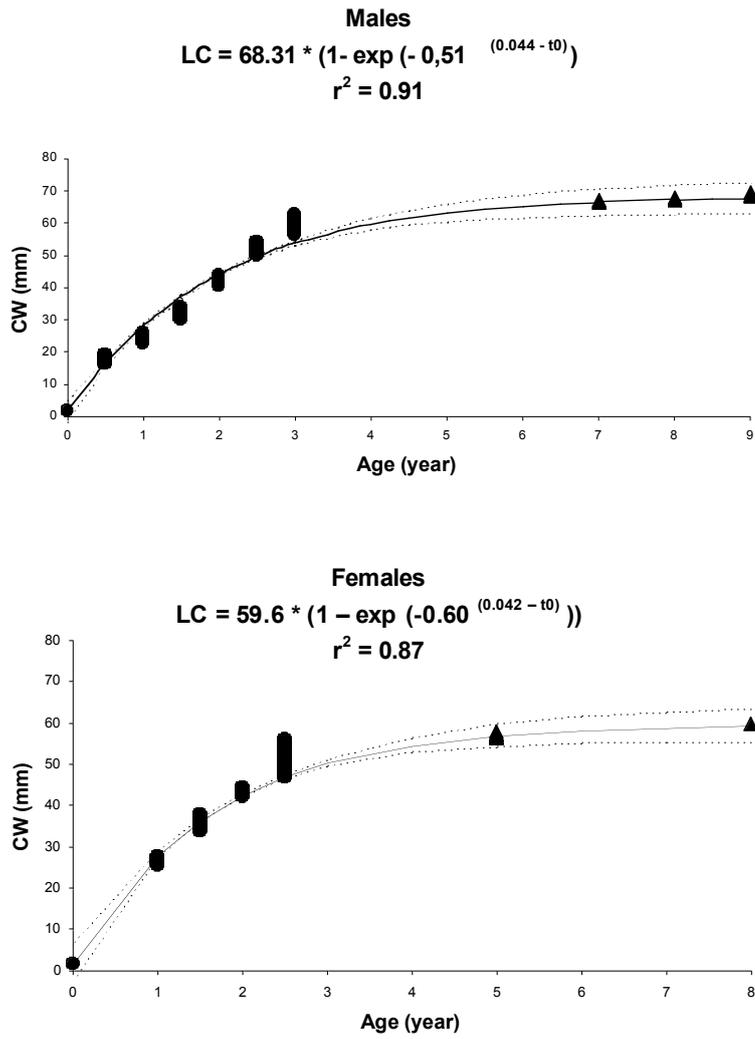


Figure 5. Growth curve estimated using the von Bertalanffy model for males and females. 95% confidence limits (---) are shown.

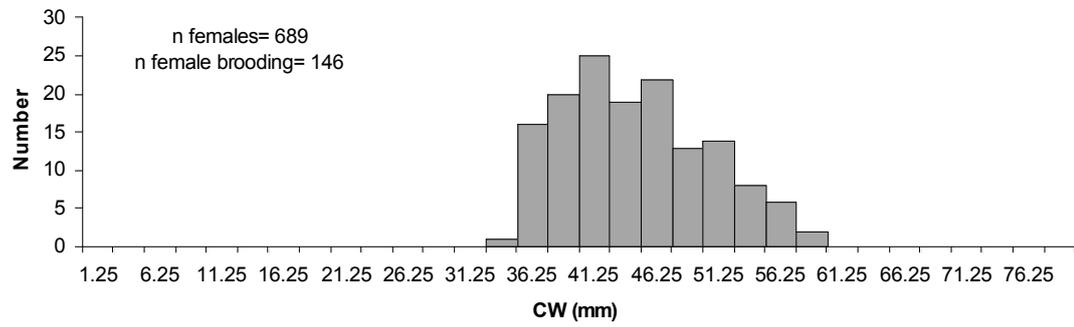


Figure 6. CW histogram of brooding females caught in 2007.

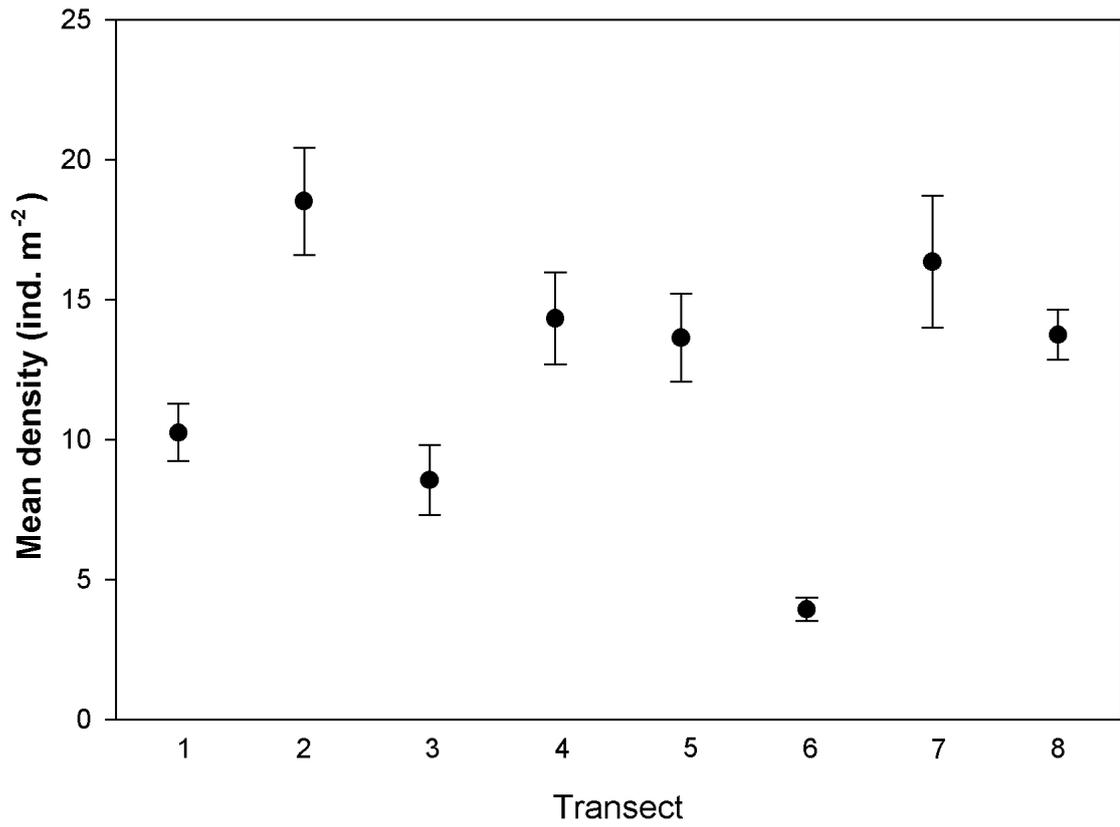


Figure 7. Average arithmetic density  $\pm$  standard error, by transect, of *Grapsus grapsus* on the Belmonte Island. Average was calculated based on the daily values of density.

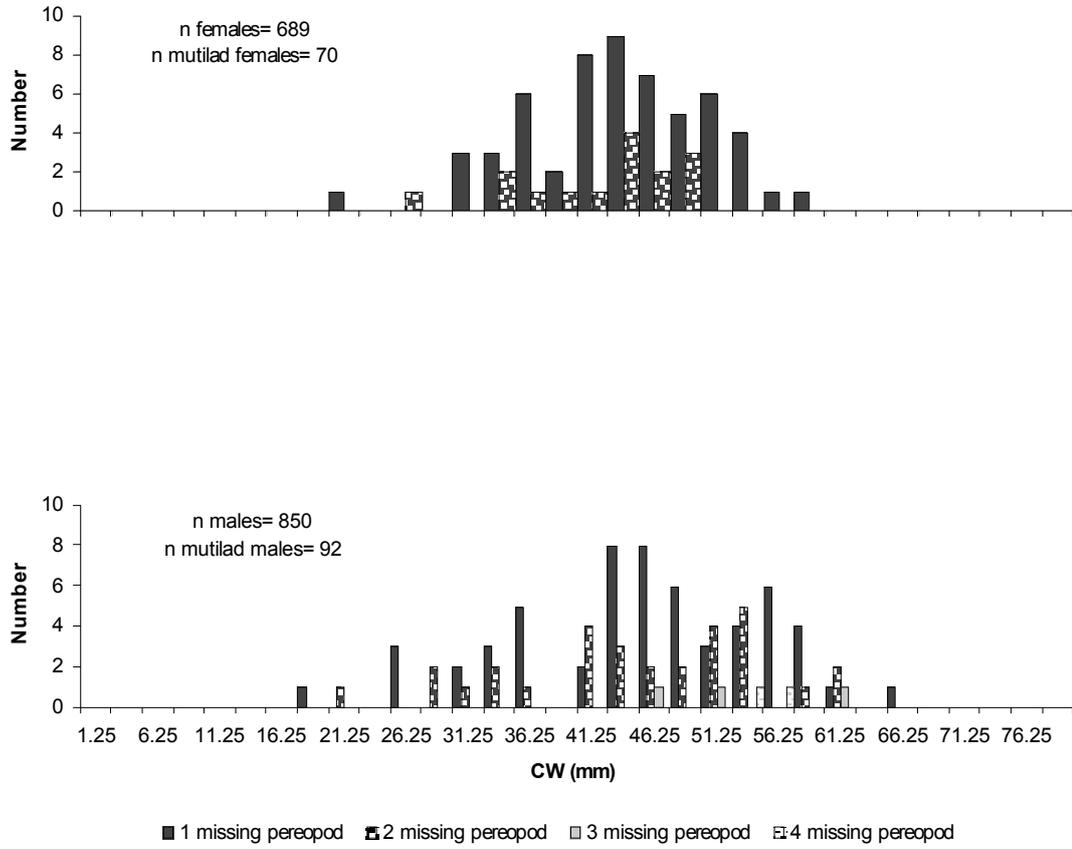


Figure 8. Number of missing pereopods by size class and by sex.