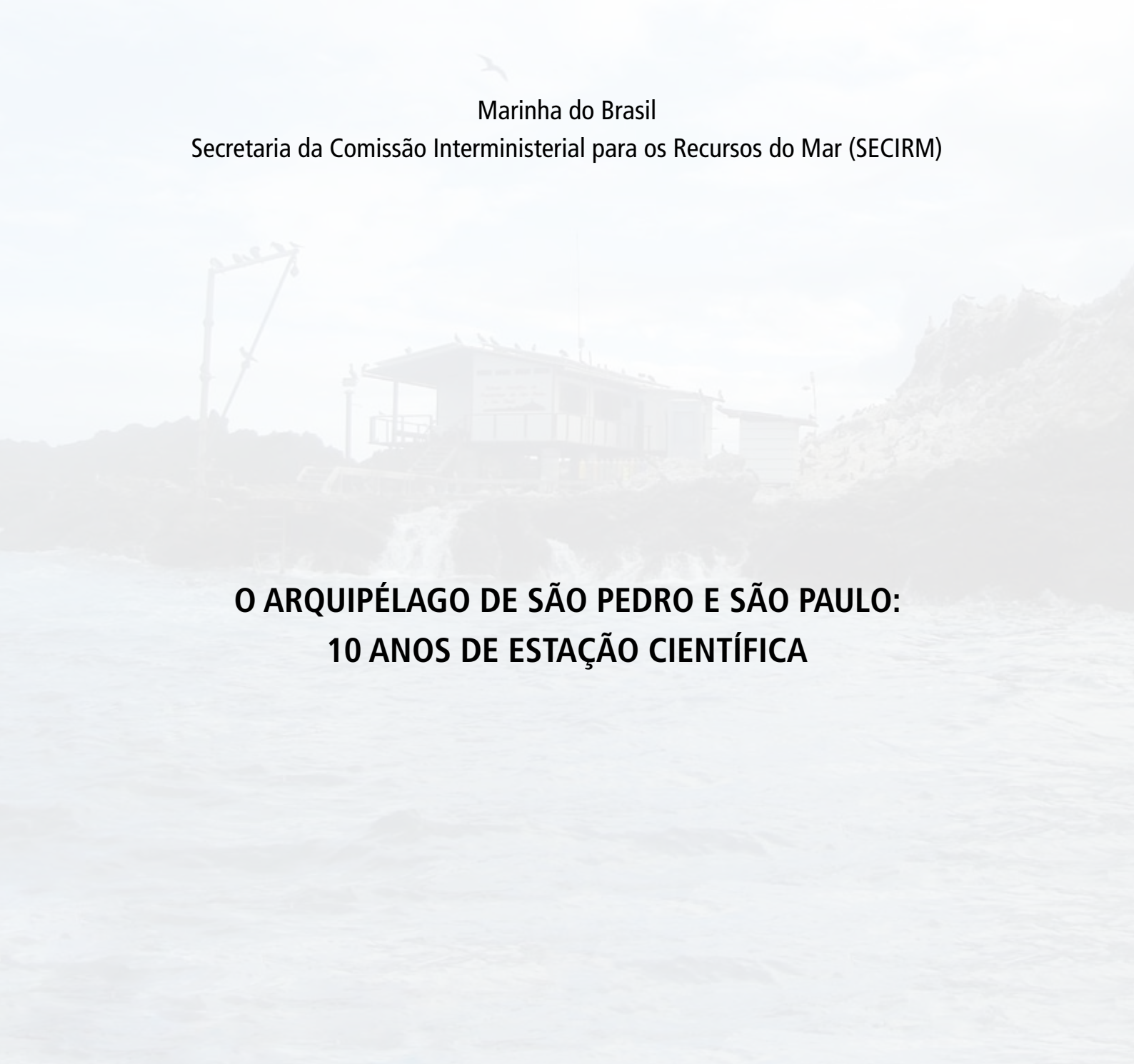




O Arquipélago de São Pedro e São Paulo:
10 anos de Estação Científica





Marinha do Brasil

Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM)

O ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO: 10 ANOS DE ESTAÇÃO CIENTÍFICA



2009

REALIZAÇÃO

Comando da Marinha

Almirante-de-Esquadra Júlio Soares de Moura Neto

Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM)

Contra-Almirante Francisco Carlos Ortiz de Holanda Chaves

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Marco Antônio Zago

Subsecretaria para o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM)

Capitão-de-Mar-e-Guerra Carlos Frederico Simões Serafim

Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PROARQUIPELAGO)

Capitão-Tenente (T) Marco Antonio Carvalho de Souza

PROJETO EDITORIAL

Editor Chefe:

Fábio Hissa Vieira Hazin

Organizadores:

Danielle de Lima Viana

Fábio Hissa Vieira Hazin

Capitão-Tenente (T) Marco Antonio Carvalho de Souza

Revisão Técnica:

Danielle de Lima Viana

Fábio Hissa Vieira Hazin

Fernando Coreixas de Moraes

Jacyra Soares

Jorge Eduardo Lins de Oliveira

José Carlos de Freitas

Silvio José Macedo

Thomas Ferreira da Costa Campos

Revisão Ortográfica:

Joira Furquim

Luciana Melo

Projeto gráfico e Editoração:

Erika Yoda

Acompanhamento Gráfico:

Capitão-Tenente (T) Ana Cristina Requeijo

P963 O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica/ Orgs. Danielle de Lima Viana... [et al.]. -- Brasília, DF: SECIRM, 2009.

348 p. : il.color.

ISBN: 978-85.62033-00-1

1. Geologia. 2. Oceanografia. 3. Hidrologia. 4. Biologia Marinha.
I. SECIRM. II. Viana, Danielle de Lima.

Sumário

AGRADECIMENTOS	5
APRESENTAÇÃO	9
INTRODUÇÃO	13
A primeira e a segunda estação científica	25
O ar	37
As rochas	45
Gravimetria absoluta e geomagnetismo	47
Posição ímpar do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na diversidade geológica da Terra	55
Rocha ultramáfica do manto abissal	65
As rochas sedimentares e a formação neogênica de São Pedro e São Paulo	75
Registros fossilíferos do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atlântico Equatorial	83
Padrão petro-estrutural das rochas e o seu significado no contexto tectônico do Atlântico Equatorial	93
A água	99
Hidrologia	101
Modelagem matemática da circulação oceânica na região equatorial	107
A vida	115
Estrutura da comunidade fitoplanctônica	117
Zooplâncton	129

Biodiversidade e dinâmica espaço-temporal do zooplâncton	139
Distribuição espacial de invertebrados bentônicos infralitorais	149
As esponjas: passado, presente e futuro	159
Anêmonas-do-mar no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e do Sudeste brasileiro: potencial biotecnológico e farmacêutico	167
Malacofauna	175
Lulas e polvos	187
A vida do caranguejo <i>Grapsus grapsus</i>	195
As lagostas	205
Os peixes-macaco	213
A ictiofauna com ênfase aos peixes-voadores (Exocoetidae)	219
Ecologia dos grandes peixes pelágicos	227
Comportamento da Albacora-laje <i>Thunnus Albacares</i> (Bonnaterre, 1788)	235
Peixes recifais: síntese do atual conhecimento	245
Aspectos carioevolutivos de peixes	253
Monitoramento da avifauna	261
A fosfatização pela ação de aves: de Darwin às pesquisas atuais	271
Os mamíferos marinhos	279
Os cetáceos com ênfase no golfinho-nariz-de-garrafa, <i>tursiops truncatus</i> (montagu, 1821)	287
Mercúrio e cádmio em albacora-laje – <i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788)	295
O passado, o presente e o futuro	301
10 Anos da Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo: o que já foi aprendido e o que falta por aprender	303
REFERÊNCIAS	315

Andrea Santarosa Freire¹; Marcelo Antonio Amaro Pinheiro²;
Mariana Mitsue Teshima¹; Katryana Camila Madeira³; Andrea Green Koettker⁴;
Heloísa da Silva¹ e Duane Barros Fonseca³

ABSTRACT

The rocky shore crab *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) is abundant in the Brazilian oceanic islands. In the Saint Peter and Saint Paul's rocks, females spawn throughout the whole year, during the night, and young larvae concentrate near the islets. Recruitment is still unknown; but breeding starts after 14 months for females and 31 months for males. Females carry 23,000 eggs, which are very small and easily lost by the action of rough waves. Crab population seems to be maintained by self recruitment, due to the high isolation of the island in the Atlantic Ocean.

KEYWORDS

Reproduction, Sally light foot crab, *Grapsus grapsus*.

¹ Departamento de Ecologia e Zoologia, CCB, UFSC, Florianópolis – SC.

² Grupo CRUSTA, UNESP/CLP São Vicente – SP.

³ Departamento de Oceanografia, FURG, Rio Grande – RS

⁴ Instituto Oceanográfico, USP, São Paulo – SP.

A vida do caranguejo *Grapsus grapsus*

INTRODUÇÃO

O caranguejo *Grapsus grapsus* é bem conhecido por todos os pesquisadores, pescadores e pessoas que desembarcam no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Alguns machos adultos são vermelhos e se destacam pelo contraste com as rochas escuras, chamando a atenção por sua beleza e pelo comportamento muito rápido e agressivo (Figs. 1 e 2).

Maurício Tavares



Figura 1. Machos adultos *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) com diferentes padrões de cor no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Figure 1. Adult males of *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) with different colors in Saint Peter and Saint Paul's rocks.

Juntamente com indivíduos menores e esverdeados, esses caranguejos ocupam toda a superfície emersa das ilhas. Eles são observados em abundância, agarrados aos costões verticais, dentro de frestas, sob rochas, nos ninhais dos atobás e viuvinhas, nas piscinas de marés e eventualmente dentro da estação científica. Foi estimada a presença de 5.600 caranguejos circulando pela ilha Belmonte.

Luis C. P. Macedo-Soares



Figura 2. Comportamento de canibalismo observado em *G. grapsus* em uma parede vertical do costão rochoso favorável à sua camuflagem.

Figure 2. Cannibalism behavior observed in *G. grapsus* in the rocky shore favoring its camouflage.

Esse caranguejo é conhecido como aratu, nome igualmente atribuído a uma espécie que ocorre nos manguezais brasileiros (*Goniopsis cruentata*), que também tem uma carapaça vermelha contrastante com os tons de verde e marrom da floresta e sedimento do manguezal. Ambas as espécies pertencem à família dos Grapsídeos, caranguejos com a carapaça quadrangular, citados na literatura desde a viagem de Colombo ao “Novo Mundo”. As espécies marinhas dessa família ocupam tipicamente o limite do mar com a terra e se adaptaram a passar longo tempo fora da água. Ao contrário das outras espécies da família, o *G. grapsus* é muito pouco conhecido, sendo o

trabalho detalhado de pesquisa no ASPSP, conduzido entre 2003 e 2007, o primeiro a ser realizado com a espécie no oceano Atlântico.

No oceano Atlântico, *G. grapsus* ocorre em todas as ilhas oceânicas brasileiras (São Pedro e São Paulo, Fernando de Noronha, Atol das Rocas, Trindade, Martin Vaz), nas ilhas Canárias, Açores, Madeira e ilhas Annobon (Guiné) e em muitas ilhas do Caribe. No continente, existem registros esparsos, a partir da Flórida (EUA) até um único registro no Ceará. Há ainda uma discussão entre os pesquisadores se a espécie que ocorre nas ilhas da Ascensão e Santa Helena é *Grapsus adscensionis* ou *G. grapsus*, pois a morfologia do corpo é muito parecida (MANNING e CHACE, 1990), mas o padrão de coloração é muito diferente. Na costa oriental das Américas, banhada pelo oceano Pacífico, a espécie é considerada comum, ocorrendo em massa no Cabo de San Lucas (Golfo da Califórnia, México) e no Peru. *G. grapsus* ocorre também nas ilhas de Juan Fernandez (Chile) e é amplamente fotografado nas ilhas de Galápagos, associado às iguanas marinhas ou sobre as rochas. No Equador, o caranguejo é conhecido como *sayapas*, e internacionalmente chama-se "*Sally light foot*". Esse nome foi atribuído à espécie 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 com a pontinha das patas. O caranguejo é usado como isca por pescadores do Pacífico Oriental, mas é de pouco interesse como alimento para os humanos.

CICLO DE VIDA DO CARANGUEJO *GRAPSUS GRAPSUS*

O ciclo de vida dos caranguejos envolve a ocorrência de larvas planctônicas, o assentamento de pós-larvas e o crescimento por uma série de estágios imaturos e maduros. A transição entre os estágios imaturos (juvenis) e maduros (adultos) é acompanhada de mudanças na taxa de crescimento de algumas dimensões do corpo. A quela dos machos cresce rapidamente para permitir a apreensão da fêmea e lutas com outros machos, e o abdômen das fêmeas se alarga para receber a massa de ovos. Com as alterações de tamanho dessas estruturas, a forma do corpo de cada sexo torna-se apta à reprodução (maturidade morfológica). No entanto, para que os caranguejos possam se reproduzir (maturidade sexual funcional) é necessário também que suas gônadas estejam maduras (maturidade fisiológica) e que eles possam executar comportamentos específicos. A maturidade morfológica e fisiológica nem sempre é sincronizada, podendo ser atingida em diferentes mudas.

As gônadas mudam de cor e tamanho em função do desenvolvimento dos óvulos e espermatozoides e a maturidade fisiológica equivale ao tamanho a partir do qual metade da população está com as gônadas maduras. Após medidas e observações das gônadas realizadas em 591 caranguejos, descobrimos que a maturidade fisiológica dos machos e fêmeas ocorre respectivamente com 39 mm e 33 mm da largura de carapaça (LC). Já a maturidade morfológica foi estabelecida em 51 mm para machos e 34 mm para fêmeas, após a biometria de várias estruturas de 685 animais. Ao comparar esses dados, nota-se que as fêmeas atingem maturidade sexual funcional (34mm) anterior aos machos (51 mm), como ocorre com a maioria dos caranguejos já estudados (FREIRE *et al.*, *in press*). O grande intervalo entre a maturação de cada sexo permite aos machos copularem com fêmeas pequenas, como foi observado em campo (Fig. 3).



Figura 3. Cópula do *G. grapsus* mostrando a posição do macho abaixo da fêmea e a apreensão da fêmea com suas quelas.
Figure 3. Mating of *G. grapsus* showing the male under the female and the position of its chelipeds.

Ao atingir a maturidade funcional, os machos e as fêmeas estão prontos para a cópula. Os caranguejos grapsídeos têm um complexo comportamento social, caracterizado por uma variedade de sinais e demonstrações ritualizadas. Foram observados vários machos de *G. grapsus* aproximando-se de fêmeas enquanto sinalizavam com suas quelas. Durante a pré-cópula, o macho segurava a fêmea e a arrastava para um local longe de outros machos. Posteriormente o macho se posicionava abaixo da fêmea e a duração da cópula era de aproximadamente dois minutos.

Após a cópula e fecundação, os ovos prendem-se às patas abdominais da fêmea e são incubados na maioria das espécies por aproximadamente 30 dias. O número de ovos incubados no abdômen das fêmeas é conhecido como “fecundidade”. A fecundidade é importante para determinação da sustentabilidade de uma espécie. A fecundidade de *G. grapsus* foi estimada pela contagem e pesagem da massa de ovos de 80 fêmeas. Havia em média 23.000 ovos sob proteção, no abdômen das fêmeas. Essas fêmeas foram vistas muitas vezes ventilando o abdômen na beira dos costões, na ocasião que os ovos estavam bem escuros, ou seja, prestes a eclodir (Fig. 4). A temperatura, a idade do animal, os recursos alimentares e o batimento das ondas podem interferir na fecundidade de caranguejos. As

fêmeas de *G. grapsus* estão sujeitas às ondas de grande magnitude, o que certamente causa a perda de ovos, sendo a fecundidade do caranguejo baixa quando comparada às outras espécies da região entre marés. Os ovos de *G. grapsus* são muito pequenos, tendo no máximo meio milímetro, indicando também uma estratégia de alta produção inicial de ovos para compensar as perdas futuras.

Katryana C. Madeira



Figura 4. Fêmea de *Grapsus grapsus* no costão para a ventilação da massa de ovos.

Figure 4. Female of *G. grapsus* on the rocky shore during the aeration of the egg mass.

Houve maior ocorrência de fêmeas ovígeras nos meses de verão e primavera, tendo em média 42 mm de LC; quanto maior o tamanho da fêmea, maior a quantidade de ovos. No entanto, acima de 45 mm de LC, a variabilidade da fecundidade foi muito alta, devido à grande perda de ovos.

Durante a desova, as fêmeas auxiliam a liberação e eclosão dos ovos com movimentos rítmicos do abdômen e manipulação da massa ovígera com as quelas. Do ovo eclode uma larva planctônica carnívora conhecida como zoé (Fig. 5). Ainda não se sabe o número de estágios e o tempo de duração do período larval de *G. grapsus*, mas a maior parte das espécies de grapsídeos possui de quatro a seis estágios larvais planctônicos, com duração aproximada de 35 dias. Não foram observadas desovas durante o dia e a desova noturna deve ser muito rápida, pois facilmente a fêmea se desloca para os costões e pode ter o abdômen lavado pelos borrifos de ondas.



Figura 5. Larva zoé ou zoea (estágio de eclosão) do *Grapsus grapsus*.

Figure 5. Larva Zoea (first larval stage) of *Grapsus grapsus*.

Os arrastos de plâncton mostraram que as larvas ocorrem nas quatro estações do ano, com maior abundância nos meses quentes, com uma média de 745 larvas 100 m⁻³. Esse fato, somado à ocorrência das fêmeas ovígeras, indica que essa espécie se reproduz continuamente, com picos reprodutivos nos meses quentes. A grande maioria das larvas ocorreu à noite, na enseada entre as ilhas. Essas larvas estavam no primeiro estágio de desenvolvimento, mostrando que a desova deve ocorrer principalmente à noite (KOETTKER, 2008).

Após o período de vida planctônica, as larvas passam à fase de megalopa, por uma metamorfose, quando procuram um habitat apropriado para iniciar a vida bentônica e se desenvolverem como juvenis e adultos.

O crescimento dos caranguejos exige a realização de ecdises ou mudas, ocasião em que o animal secreta uma nova carapaça e se desfaz da carapaça antiga. Foi observada uma muda durante um trabalho de biometria das carapaças, com duração de aproximadamente 55 minutos (Fig. 6) e foram encontradas também muitas carapaças antigas sob as rochas. Esses fatos indicam que a muda ocorre no ar e não na água. Não existem predadores para os adultos de *G. grapsus* no ASPSP e a limitação do crescimento deve estar associada à realização da muda no ar. *G. grapsus* é o maior caranguejo semiterrestre de substrato rochoso; os caranguejos semiterrestres estuarinos podem se esconder no sedimento com água para realizar as mudas e alcançam tamanhos bem maiores.

Os machos apresentaram tamanho (LC) que varia de 13 a 70mm, sendo em média maiores que as fêmeas, cuja variação foi de 9 a 57mm. Resultados preliminares indicaram que os machos alcançam



Figura 6. *Grapsus grapsus* durante a ecdise (muda) na estação científica do ASPSP.
Figure 6. *Grapsus grapsus* molting in the laboratory at St. Peter and St. Paul's rocks.

9 anos de idade, enquanto as fêmeas, em torno de 7 anos (MADEIRA, 2008). A maturidade sexual funcional seria atingida com 1,2 anos nas fêmeas e 2,7 anos nos machos; as fêmeas ovígeras teriam em média 2 anos de idade. Isso indica que os caranguejos podem se reproduzir várias vezes ao longo de sua vida.

G. grapsus são ativos durante o dia e a noite; mas nos momentos de maior insolação mantêm-se submersos nas piscinas de maré ou escondidos entre as frestas de rochas. Em relação à alimentação, foram observados *G. grapsus* se alimentando de restos de peixes descartados pelos pesquisadores, exúvias encontradas sobre as pedras, predando ovos e filhotes de aves e se alimentando por canibalismo de caranguejos inteiros ou de suas patas (Figs. 2, 7 e 8). Canibalismo, agressões entre machos, cópulas seguidas de agressões foram relatadas entre os *G. grapsus* na costa do Peru (ROMERO, 2003). Foram observados alguns ataques a *Plagusia depressa*, mas não a *Pachygrapsus corrugatus*, que também ocorrem nos costões rochosos. Existem também muitos caranguejos que são mortos ou mutilados (Fig. 9) pelas aves ou outros caranguejos, sendo comum a presença de cicatrizes profundas oriundas de bicadas sobre a carapaça. Não existem evidências que os caranguejos causam impacto à reprodução dos atobás, uma vez que predam o segundo ovo do casal, que naturalmente seria descartado (GIANUCA e VOOREN, 2005).

Luís C. P. Macedo-Soares



Figura 7. *Grapsus grapsus* alimentando-se de filhote de atobá (*Sula leucogaster*).

Figure 7. *Grapsus grapsus* eating a new born booby (*Sula leucogaster*).



Figura 8. Alimentação oportunista de *Grapsus grapsus* sobre restos de peixe.
Figure 8. Opportunist feeding behavior of *Grapsus grapsus* over fish carcass.

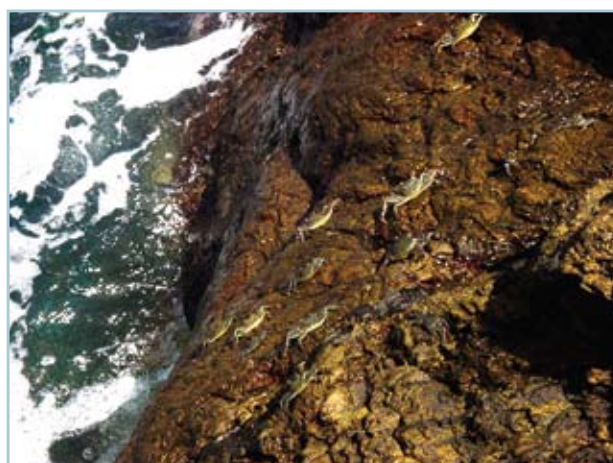


Figura 9. *G. grapsus* de carapaça esverdeada mutilado locomovendo-se sobre o costão.
Figure 9. A green and young *Grapsus grapsus* without legs moving on the rocky shore.

A carapaça apresenta uma grande variedade de coloração, tendo tons de vermelho, vermelho-esverdeado e verde (Fig. 10). Os caranguejos vermelhos tendem a ter o formato da carapaça ligeiramente mais arredondado, agrupam-se facilmente e inibem a presença de caranguejos menores ou verdes. Os caranguejos vermelhos são machos com LC superior a 43 mm, atingindo o máximo de 70 mm. As poucas fêmeas que apresentam carapaça vermelha atingem no máximo 55 mm de LC e tem um padrão de cor ligeiramente diferente (sem estrias amarelas). Caranguejos verdes podem ser juvenis ou adultos, não sendo encontrada ainda uma relação entre a cor da carapaça e a maturidade ou estágio do ciclo de muda da espécie.

Nas outras ilhas, o comportamento da espécie apresenta particularidades, seja pela presença de praias, seja por maiores recursos alimentares, seja por predadores e/ou presença humana. No Atol das Rocas, *G. grapsus* preda filhotes de tartarugas; em Fernando do Noronha, é muito difícil encontrar os grandes caranguejos vermelhos; em Galápagos, *G. grapsus* é conhecido por remover ectoparasitas de iguanas marinhas. Em geral, em ilhas habitadas, o animal é muito arredoio, sendo dificilmente capturado, enquanto na ilha Belmonte, a captura era muito fácil.

Grapsus grapsus tem uma ampla distribuição tropical nos oceanos Atlântico e Pacífico Oriental, devido à dispersão de suas larvas planctônicas ao longo de milhares de anos. Por outro lado, o isolamento geográfico do ASPSP sugere que a população de *G. grapsus* seja atualmente mantida por auto-recrutamento. A continuação dos estudos de ecologia larval, incluindo o recrutamento das pós-larvas e o acompanhamento da população de adultos, poderá esclarecer o grau de conectividade dos caranguejos do ASPSP com as populações das outras ilhas do Atlântico. Estudos de biologia molecular, morfologia, biometria, comportamento e padrões de cor da carapaça em outras ilhas irão esclarecer o status da espécie no Pacífico Oriental e Atlântico.



Andreas S. Freire

Figura 10. Grupo de *G. grapsus* de coloração esverdeada camuflados no costão.

Figure 10. Usual group of green *G. grapsus* cryptic hidden with the rocky shore color pattern.