UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS - ÁREA: BIOLOGIA COMPARADA

Ecologia do caranguejo *Austinixa aidae* (RIGHI, 1967) (Crustacea: Brachyura: Pinnotheridae) de uma praia arenosa do litoral Norte do Estado de São Paulo

Douglas Fernando Peiró

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Área: Biologia Comparada.

RIBEIRÃO PRETO - SP

2008

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS - ÁREA: BIOLOGIA COMPARADA

Ecologia do caranguejo *Austinixa aidae* (RIGHI, 1967) (Crustacea: Brachyura: Pinnotheridae) de uma praia arenosa do litoral Norte do Estado de São Paulo

Douglas Fernando Peiró

Orientador: Prof. Dr. Fernando L.M. Mantelatto

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Área: Biologia Comparada.

RIBEIRÃO PRETO - SP

2008

Peiró, Douglas Fernando

Ecologia do caranguejo *Austinixa aidae* (RIGHI, 1967) (Crustacea: Brachyura: Pinnotheridae) de uma praia arenosa do litoral Norte do Estado de São Paulo

82 págs.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
Programa de Pós-Graduação em Ciências - Área: Biologia Comparada.

Orientador: Mantelatto, Fernando L.M.

1. Biologia marinha 2. Oceanografia biológica 3. Biologia populacional 4. Biologia reprodutiva 5. Crescimento Relativo 6. Fecundidade

Dedicatória

Para meu pai **Douglas Peiró**

e à minha filha **Maristela G. Peiró**

Agradecimentos

Agradeço ao meu tutor científico **Prof. Dr. Fernando L.M. Mantelatto** pela orientação criteriosa, por todo conhecimento científico transmitido, pelo incentivo e confiança a assuntos relacionados à minha vida acadêmica.

Ao **Dr. Emerson Contreira Mossolin** pelo auxilio e discussões a respeito da Biologia populacional e reprodutiva de crustáceos Decapoda, além da leitura e sugestões feitas à dissertação.

Ao **Prof. Dr. Paulo Ricardo Pezzuto** pela leitura e sugestões feitas aos relatórios.

A **Ms. Ivana Miranda da Silva** pela leitura e sugestões feitas aos relatórios.

A toda equipe do **Laboratório de Bioecologia e Sistemática de Crustáceos** (**LBSC**) da FFCLRP da Universidade de São Paulo (Ribeirão Preto). Em especial para aqueles que participaram das coletas na Praia do Perequê-Açu (Ubatuba/SP): **Álvaro da S. Costa**, **Caio A. Pavanelli**, **Danillo L.A. Espósito**, **Emerson C. Mossolin**, **Fernanda G. Vergamini**, **Fernando L. Mantelatto**, **Ivana M. da Silva**, **Leonardo A. Pileggi**, **Lígia M. Amadio**, **Mariana T. Rodrigues** e **Marina Z. Fantucci**. Além de outros que participaram em laboratório: **Fabíola C.R. de Faria**, **Fernanda L. Vasconcelos**, **Jully M. Iguchi**, **Lucas S. Torati**, **Renata B. Garcia** e **Tatiana Magalhães**.

Ao **Prof. Dr. Gustavo A. Schimidt de Melo** pela confirmação da identificação de *Callichirus major* (Say, 1818).

Ao **Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada**, seus Coordenadores, membros do conselho, funcionários e alunos. Aos professores e funcionários do **Departamento de Biologia** da FFCLRP-USP.

A **CAPES** pela bolsa de mestrado concedida durante o período. Ao **Convênio CAPES/PROAP** pelo suporte financeiro para as coletas e congressos. À **Pró-reitoria de Pós-graduação** pelo suporte financeiro para congresso. Ao **CNPq** pela bolsa de Apoio Técnico a Pesquisa AT-1A.

Ao **Centro de Biologia Marinha** (**CEBIMAR**) da Universidade de São Paulo, São Sebastião/SP, sua direção e funcionários, pelo suporte logístico durante os períodos de coletas.

Ao **IBAMA** pela concessão da autorização de coleta Nº 122 - DIFAP/IBAMA, de 27 de setembro de 2005.

A toda minha **família** pelo suporte em minha vida pessoal, em especial para minha filha **Maristela G. Peiró**, por "compreender" minha ausência em seu dia a dia, ao meu pai **Douglas Peiró**, ao meu irmão **Denis A. Peiró** e a **Raquel C. Frozoni**.

E principalmente a **Deus**.

Sumário

Resumo 8

Abstract 9

Capítulo I: Estrutura populacional do caranguejo *Austinixa aidae* (Brachyura: Pinnotheridae) simbionte de *Callichirus major* (Thalassinidea: Callianassidae) da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP 10

Resumo 11

Introdução 12

Estrutura populacional 14

Objetivos 16

Material e Métodos 17

Área de Estudo 17

Coleta e Processamento 19

Análise dos Dados 21

Resultados 22

Fatores Ambientais 22

Morfometria 23

Estrutura Populacional 24

Período Reprodutivo e Recrutamento 29

Discussão 32

Referências Bibliográficas 37

Capítulo II: Crescimento relativo e características corporais relacionadas à vida simbiótica do caranguejo *Austinixa aidae* (Brachyura: Pinnotheridae) da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP 42

Resumo 43

Introdução 44

Objetivos 47

Material e Métodos 48

Área de Estudo 48

Coleta e Análise dos Dados 48

Resultados 51

Características Corporais 51

Crescimento Relativo 51

Maturidade e Dimorfismo Sexual 53

Discussão 56

Referências Bibliográficas 60

Capítulo III: Estratégias reprodutivas do caranguejo *Austinixa aidae* (Brachyura: Pinnotheridae) da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP 63

Resumo 64

Introdução 65

Objetivos 67

Material e Métodos 68

Resultados 71

Abundância e Fêmeas Ovígeras 71

Fecundidade 74

Discussão 77

Referências Bibliográficas 81

Resumo Geral

O objetivo deste trabalho foi caracterizar aspectos biológicos e ecológicos de *Austinixa aidae*, um caranguejo simbionte em galerias construídas pelo Thalassinidea *Callichirus major*, na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba, litoral Norte do Estado de São Paulo. As coletas foram realizadas por meio de bombas de sucção manual na região intermareal da praia arenosa, de Maio/2005 a Setembro/2006. Nesta dissertação foram apresentados, em três capítulos distintos, a Estrutura Populacional, o Crescimento Relativo e as Estratégias Reprodutivas deste caranguejo. No Capítulo I, sua população foi estudada com ênfase em aspectos estruturais como abundância sazonal, freqüência de indivíduos em classes de tamanho, razão sexual, densidade e incidência nas galerias de seus hospedeiros, os períodos reprodutivo e de recrutamento. Além disso, foram avaliadas as correlações entre sua densidade e seu tamanho com o tamanho de seus respectivos hospedeiros. Foi constatado que as espécies do gênero *Austinixa* possuem aspectos ecológicos e biológicos semelhantes, mesmo em casos de localidades muito distantes geograficamente, corroborando o que foi postulado por outros autores quanto à similaridade destes parâmetros entre os membros do grupo. No Capítulo II, devido ao forte dimorfismo sexual e uma série de adaptações morfológicas atribuídas ao estilo de vida simbionte destes caranguejos, foram estudadas as características corporais, o crescimento relativo, a maturidade e o dimorfismo sexual destes indivíduos. Os adultos de *A. aidae* possuem a largura da carapaça em média 2,4 vezes o seu comprimento, essas características foram sugeridas como sendo adaptações ao estilo de vida simbionte. O crescimento relativo evidenciou que alterações morfológicas processadas ao longo da ontogenia dos animais estão relacionadas à maturidade sexual da espécie. No Capítulo III, o objetivo foi conhecer a estratégia reprodutiva relacionada à fecundidade, determinando-se o número de ovos produzidos pelas fêmeas ovígeras de distintos tamanhos e em diferentes períodos, além do desenvolvimento dos ovos, seu diâmetro e volume. *A. aidae* apresentou uma estratégia reprodutiva com padrões característicos de outros crustáceos Decapoda, com evidências de eficiência reprodutiva no local onde esta população está instalada. Considerando a ausência de estudos populacionais e reprodutivos para esta espécie, esta dissertação visou suprir esta demanda na literatura científica.

General Abstract

The biological and ecological aspects of *Austinixa aidae*, a symbiotic crab inhabiting burrows of the Thalassinidea ghost shrimp *Callichirus major*, from Perequê-Açu beach, Ubatuba, North shore of State of São Paulo, Brazil, were studied. The samples were conducted bimonthly with manual suction pumps in the intertidal region of the sand beach, from May/2005 to September/2006. This project was subdivided into three chapters: Population Structure, Relative growth and Reproductive Strategies. In Chapter I, the population of *A. aidae* was determined in terms of seasonal abundance, size frequency distribution, sex ratio, density and incidence in the burrows of the thalassinids, reproductive and recruitment periods. In addition, were evaluated the correlations between its density and size with size of their respective hosts. Was found that *Austinixa* species posses similar biological and ecological aspects, even in distant localities. In Chapter II, due to sexual dimorphism and the morphological adaptations assigned to symbiotic life style, body features, relative growth, maturity and sexual dimorphism were studied. Adults of *A. aidae* have the carapace width on average 2.4 times the carapace length. Relative growth revealed that morphological changes are related to sexual maturity of this species. In Chapter III, the goal was to know the reproductive strategy related to production of eggs, to determine the fecundity of ovigerous females of different sizes and different periods, conditions of the development of eggs, and their parameters (diameter and volume). *A. aidae* presented patterns of reproductive strategy similar to other Decapoda crustaceans, with evidence of reproductive efficiency where this population is established. Due to a lack of population and reproductive studies for this species, this study aimed to supply this demand in the scientific literature.

Capítulo I

Estrutura populacional do caranguejo *Austinixa aidae* (Brachyura: Pinnotheridae) simbionte de *Callichirus major* (Thalassinidea: Callianassidae) da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP

Resumo

A população do caranguejo simbionte *Austinixa aidae* foi estudada com ênfase em aspectos estruturais como a abundância sazonal, freqüência de indivíduos em classes de tamanho, razão sexual, densidade e incidência nas galerias de seus hospedeiros, períodos reprodutivo e de recrutamento. Os espécimes foram coletados (Maio/2005 a Setembro/2006) nas galerias construídas pelo Thalassinidea *Callichirus major* na região intermareal da Praia do Perequê-Açu (Ubatuba/SP), com bombas manuais de sucção. Foram coletados 588 indivíduos obtidos em 442 galerias de *C. major*, dentre os quais 247 eram machos, 265 fêmeas, sendo 55 destas ovígeras, e 76 juvenis. Esta população exibiu uma distribuição bimodal em classes de tamanho para o total de indivíduos. A proporção sexual desta população foi de 0,94 machos para 1 fêmea, não desviando significativamente da razão 1:1. *A. aidae* possui elevada densidade (1,72 ± 1,34 ind.• ab.$^{-1}$) e incidência (75,6%) médias nas galerias de *C. major*, quando comparada a outras espécies do grupo, sendo que estas características populacionais são influenciadas pelo hospedeiro e seu tamanho. As fêmeas ovígeras foram encontradas durante todo o ano, porém com aumento de incidência duas vezes ao ano (Maio e Novembro/2005 e entre Março e Maio/2006), indicando uma reprodução sazonal contínua. Os recrutas estiveram presentes apenas nos bimestres subseqüentes aos picos das fêmeas ovígeras, sendo que o recrutamento teve início em Maio e atingiu maior representatividade em Julho nos dois anos consecutivos. Neste estudo foi constatada uma correlação positiva significativa entre a densidade de *A. aidae* e o tamanho dos hospedeiros. Comparando-se este estudo com os demais realizados com espécies do gênero *Austinixa*, foi verificado que elas possuem aspectos ecológicos e biológicos geralmente semelhantes, mesmo em casos de localidades muito distantes geograficamente, corroborando o que foi postulado por outros autores quanto à similaridade destes parâmetros entre os membros deste grupo.

Introdução

Os caranguejos pertencentes à família Pinnotheridae (Infra-ordem Brachyura) são tipicamente de pequeno porte e simbiontes de uma grande variedade de invertebrados bentônicos (Rodrigues, 1966; Williams, 1984). São animais de hábitos crípticos e encontrados associados a moluscos bivalves (cavidade do manto), sobre equinodermos e ascídias, dentro de tubos de poliquetos ou em galerias construídas por outros crustáceos (Manning & Morton, 1987; Campos, 1990; Alves & Pezzuto, 1998a; Harrison & Hanley, 2005). Além disso, são amplamente distribuídos em hábitats marinhos costeiros e encontrados em quase todos os oceanos do mundo (Schmitt *et al*., 1973; Martins & D'Incao, 1996).

O gênero *Austinixa* HEARD & MANNING, 1997, foi reconhecido para albergar as sete espécies que compunham o complexo *Pinnixa cristata* RATHBUN, 1900 (*P. aidae* RIGH, 1967; *P. behreae* MANNING & FELDER, 1989; *P. chacei* WASS, 1955; *P. cristata*; *P. felipensis* GLASSEL, 1935; *P. gorei* MANNING & FELDER, 1989; *P. patagonensis* RATHBUN, 1918), além de *A. hardyi* descrita no mesmo artigo (Heard & Manning, 1997). Ao gênero foram acrescidas outras duas espécies posteriormente descritas, *Pinnixa* (= *Austinixa*) *leptodactyla* COELHO, 1997 e *A. bragantina* COELHO, 2005. *Austinixa* se distingue de *Pinnixa* WHITE, 1846 *sensu stricto* por possuir uma dobra transversal cruzando completamente a região cardíaca da carapaça, pela morfologia do quelípodo, pela forma do terceiro par de pernas locomotoras e pela morfologia do gonopódio (Heard & Manning, 1997).

O formato corporal dos membros de *Austinixa* é, presumivelmente, uma adaptação ao estilo de vida simbionte, que facilitaria a locomoção lateral típica ao confinamento em tubos e galerias estreitas de seus hospedeiros. Possuem a carapaça muito mais larga do que comprida (mais que duas vezes o seu comprimento) e o terceiro par de pernas locomotoras mais desenvolvido (mais robusto que os outros apêndices locomotores) (Heard & Manning, 1997). Estas características que compartilham com *Pinnixa* os distinguem de todos os outros Brachyura (Zmarzly, 1992; McDermott, 2006).

As espécies de *Austinixa* são encontradas em praias arenosas e possuem características ecológicas peculiares, como a vida em simbiose a crustáceos Thalassinidea do complexo *Callichirus major* (SAY, 1818) ou de poucas espécies de Callianassidae ecologicamente equivalentes (Heard & Manning, 1997; Harrison, 2004). Entretanto, outros hospedeiros já foram registrados (Manning & Felder, 1989; Coelho, 1997). Estes animais habitam a parte superior da galeria de seus simbiontes (Manning & Felder, 1989), alojando-se mais próximos à abertura destas estruturas.

Estudos que investigaram a ecologia de praias arenosas indicaram que os caranguejos Pinnotheridae do gênero *Austinixa* (= *Pinnixa*) são freqüentemente os macroinvertebrados

dominantes da infauna de praias arenosas das Américas (Manning & Felder, 1989; Souza & Gianuca, 1995).

Austinixa aidae é uma espécie litorânea que possui distribuição geográfica atlântica ocidental, que se estende do Amapá ao Rio Grande do Sul (Brasil) (Melo, 1996; Coelho, 1997). Recentemente seu limite Norte de distribuição foi expandido até Tobago (Mar do Caribe), devido a sua sinonimização a *A. hardyi* por Harrison & Hanley (2005), que não encontraram diferenças morfológicas nem moleculares significativas para suportar a existência de duas espécies. Na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, esta espécie habita as galerias construídas na região intermareal por *C. major*.

Callichirus major possui hábitos reclusos, solitário e habita galerias profundas que constrói em praias arenosas dissipativas, geralmente nas zonas intermareal ou submareal rasa (Rodrigues & Shimizu, 1997). Sua distribuição vai da Carolina do Norte (EUA), passando pelo Golfo do México até o Sul do Brasil (Manning & Felder, 1989; Dworschak, 2000). Suas galerias influenciam de forma significativa a estrutura da comunidade de praias arenosas, fornecendo condições favoráveis ao estabelecimento de espécies comensais como caranguejos do gênero *Austinixa*, bivalves e copépodes (Rodrigues & Shimizu, 1997).

Algumas espécies da família Callianassidae (conhecidos popularmente como corruptos) são utilizadas como iscas para pesca ao longo de todo o litoral brasileiro, com maior intensidade a partir dos anos 80 (Souza & Borzone, 2003), devido à facilidade na compra de bombas de sucção para sua extração e a facilidade de captura destes animais. A captura descontrolada para tal finalidade pode causar alterações em sua estrutura populacional como também na de outras espécies existentes no sedimento, incluindo as simbiontes (Wynberg & Branch, 1991).

No ambiente bentônico marinho, além das relações entre indivíduos da mesma espécie, as relações entre indivíduos de espécies distintas são de elevada complexidade. As relações interespecíficas são classificadas quanto ao benefício que as espécies obtêm de suas associadas, como as relações antagônicas, onde um dos organismos associados obtém benefícios enquanto ao outro a relação pode ser neutra (inquilinismo, comensalismo) ou prejudicial (parasitismo, predação). Além dessas, existem as relações mutualísticas (*simbiosis*), em que existe um benefício relativamente importante para ambas as espécies associadas. Pode ser muito difícil e arbitrário estabelecer uma classificação exata para determinada associação, já que entre uma categoria e outra não existem limites bem estabelecidos, isso por que o conhecimento sobre os benefícios e prejuízos efetivos que uma espécie recebe são notavelmente incompletos (Cognetti *et al.*, 2001).

Estrutura populacional

Os dados populacionais de uma espécie permitem inferir sobre o seu perfil, trazendo informações que podem ser empregadas em trabalhos relacionados à natalidade, mortalidade, crescimento, migração, entre outros (Hutchinson, 1981). Além disso, fornecem base para o acompanhamento da flutuação populacional e também podem subsidiar projetos de preservação e manejo de estoques populacionais, principalmente em populações afetadas pela ação antrópica, como vem ocorrendo em Ubatuba/SP em função do turismo (Mantelatto *et al.*, 1995).

Entre os Brachyura a caracterização populacional vem sendo bastante estudada, mais especificamente tratando da distribuição dos indivíduos em classes de tamanho, da proporção macho/fêmea (razão sexual), da identificação dos períodos reprodutivo e do recrutamento dos jovens, assim como a variação sazonal destes parâmetros e suas relações com os fatores ambientais (Negreiros-Fransozo *et al.*, 1994; Mantelatto *et al.*, 1995; Alves & Pezzuto, 1998a; Fransozo & Mantelatto, 1998; Pezzuto, 1998; Garcia & Mantelatto, 2001).

A proporção sexual de uma população é estimada pela comparação entre o número de machos e de fêmeas de uma dada amostra (Martinelli *et al.*, 2002). De acordo com a teoria de Fisher (1930), a seleção natural favorece uma proporção macho/fêmea de 1:1 nos descendentes de espécies animais, porém desvios desta proporção são muito comuns entre os crustáceos marinhos.

Wenner (1972) descreveu quatro classificações para a razão sexual de crustáceos. São elas: Padrão: onde não há diferenças significativas entre a proporção macho/fêmea nas primeiras classes de tamanho, favorecendo os machos nas classes finais; Reverso: onde a ausência de machos ou de fêmeas nas menores classes de tamanho resulta em um gráfico com curva sigmóide e pode levar à conclusão sobre reversão sexual; Intermediário: onde o ingresso de animais jovens na população não é igualmente representado por machos e fêmeas, sendo o padrão que mais viola a teoria de Fisher (1930); Anômalo: onde a proporção entre machos e fêmeas tende a se diferenciar de acordo com o aumento do tamanho do animal. Algumas diferenças entre os sexos, tais como longevidade, migração, mortalidade, crescimento e reversão sexual podem ser as causas primordiais para que uma população não apresente o padrão estimado por Fisher (1930).

O período reprodutivo de crustáceos Decapoda pode ser estimado com base na ocorrência e na freqüência de fêmeas ovígeras e/ou de fêmeas com o completo desenvolvimento gonadal (Pinheiro & Terceiro, 2000; Turra & Leite, 2000), também pela porcentagem de indivíduos em diferentes estágios gonadais e de muda (Mantelatto & Fransozo, 1999a; Litulo *et al.*, 2005), durante o período de um ano.

Caranguejos que habitam regiões temperadas geralmente apresentam uma reprodução em épocas definidas do ano, onde esta atividade ocorre exclusivamente ou em maior

intensidade durante a primavera e verão (Warner, 1977). Este padrão caracteriza o período reprodutivo Sazonal, sendo que a atividade reprodutiva está estreitamente relacionada aos fatores abióticos propícios, como períodos de temperaturas mais elevadas. Espécies tropicais e subtropicais tendem a se reproduzir continuamente, devido às baixas flutuações de temperatura, caracterizando o período reprodutivo Contínuo, que se estende ao longo de todos os meses do ano e com taxas aproximadamente iguais (Sastry, 1983; Pinheiro & Terceiro, 2000).

O termo reprodução Sazonal contínua pode ser aplicado para espécies em que as fêmeas ovígeras ou indivíduos com o completo desenvolvimento gonadal estão presentes o ano todo, porém com incrementos sazonais significativos (Pinheiro & Terceiro, 2000). Este padrão já foi descrito para algumas espécies de Brachyura do litoral Norte de São Paulo, *Callinectes danae* SMITH, 1869; *Portunus spinimanus* LATREILLE, 1819; *Callinectes ornatus* ORDWAY, 1863; *Arenaeus cribrarius* (LAMARCK, 1818) (Branco *et al.*, 1992; Costa, 1995; Santos, 1994; Mantelatto, 1995; Pinheiro & Terceiro, 2000, respectivamente).

O recrutamento de juvenis pode ser definido como o processo pelo qual os indivíduos, pertencentes a primeira classe de tamanho, se tornam disponíveis na população e passíveis de identificação e quantificação (Fonteles-Filho, 1989; Pardo *et al.*, 2007), refletindo a entrada de novos indivíduos na população. Na análise da dinâmica populacional o recrutamento representa o ganho biomassa e, deste modo, constitui o principal responsável pela manutenção do equilíbrio da população, uma vez que a mortalidade acompanha a tendência de estabilização que normalmente se observa com relação ao esforço de pesca/captura (Fonteles-Filho, 1989).

Poucos estudos sobre estes aspectos foram encontrados na literatura científica envolvendo o gênero *Austinixa* associado à Callianassidae. Alguns destes estudos abordaram a dinâmica populacional (Alves & Pezzuto, 1998a), os padrões de dispersão (Alves & Pezzuto, 1998b; Alves & Rodrigues, 2003); e o crescimento relativo (Alves & Pezzuto, 1999; Alves *et al.*, 2005) de *A.* (= *Pinnixa*) *patagoniensis*. Além de outros estudos sobre evolução, biogeografia e sistemática molecular/filogenética do gênero *Austinixa* (Harrison, 2004; Harrison & Hanley, 2005); assim como sobre a biologia de *A. gorei* (McDermott, 2006). Quanto a *A. aidae*, não foi encontrado nenhum estudo sobre sua ecologia, apenas trabalhos que a incluíam em estudos taxonômicos/sistemáticos do gênero (Manning & Felder, 1989; Coelho, 1997; Heard & Manning, 1997; Harrison, 2004; Harrison & Hanley, 2005).

Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram descrever a estrutura populacional e algumas características biológicas do caranguejo *A. aidae*, coletado bimestralmente nas galerias intermareais de *C. major* na Praia do Perequê-Açu (Ubatuba/SP).

Dentro do estudo da estrutura populacional deste caranguejo os objetivos específicos foram conhecer seu/sua: tamanho populacional; distribuição de freqüência de indivíduos em classes de tamanho; razão sexual (proporção macho/fêmea); densidade e incidência média (porcentagem de ocupação) nas galerias de seu hospedeiro; relação entre a densidade e o tamanho pelo tamanho de seu hospedeiro; além dos períodos reprodutivo e de recrutamento.

Além disso, descrever algumas características de sua morfometria como: comparar os tamanhos médios de machos e de fêmeas; e estabelecer as relações entre a largura da carapaça pelo comprimento da carapaça.

Considerando a proximidade morfológica e ecológica (de simbiose) intra-genérica em *Austinixa*, pretendeu-se testar esta hipótese de similaridade avaliando a estrutura populacional e a biologia de *A. aidae*, comparando-a a outras espécies deste grupo a partir de estudos disponíveis na literatura.

Material e Métodos

Área de Estudo

O litoral Norte do Estado de São Paulo é caracterizado pela grande proximidade da Serra do Mar com o Oceano Atlântico, o que torna sua costa extremamente recortada, com muitos costões rochosos, baias, enseadas e inúmeras praias de pequena extensão (Pires-Vanin, 1989) (**Figura 1a**). Estas características físicas proporcionam condições adequadas à vida de muitas espécies de crustáceos (Mantelatto & Fransozo, 1999b).

A Enseada de Ubatuba está localizada próxima ao centro do Município de Ubatuba. Possui uma área de aproximadamente 8 Km^2, com oito pequenas praias delimitadas por costões rochosos que avançam sobre o mar e recebe a descarga de quatro pequenos rios (que influenciam na salinidade e na quantidade de matéria orgânica do local) (Mantelatto & Fransozo, 1999b), incluindo o Rio Indaiá localizado na Praia do Perequê-Açu (**Figuras 1b** e **1c**).

A Praia do Perequê-Açu (23°25'S, 45°03'W) está localizada na extremidade Norte da Enseada de Ubatuba, é uma praia arenosa de estado morfodinâmico dissipativo (ver Schmiegelow, 2004 para revisão), de pouca inclinação, com ondas de pequena altura e menor granulometria (**Figura 1d**). O clima da região onde está localizada é tropical úmido, com estação chuvosa durante o Verão (Castro-Filho *et al.*, 1987).

Toda a enseada sofre uma significante influência antrópica devido ao seu potencial pesqueiro, pela expansão da indústria turística de Ubatuba (Mantelatto & Fransozo, 1999b) e pela presença de marinas. Tendo como conseqüência o aumento do despejo de detritos como esgoto doméstico não tratado, rejeitos industriais e também o vazamento de óleo de embarcações. Esta enseada também é considerada, paradigmaticamente, uma área de preservação ambiental (Mantelatto & Fransozo, 1999b).

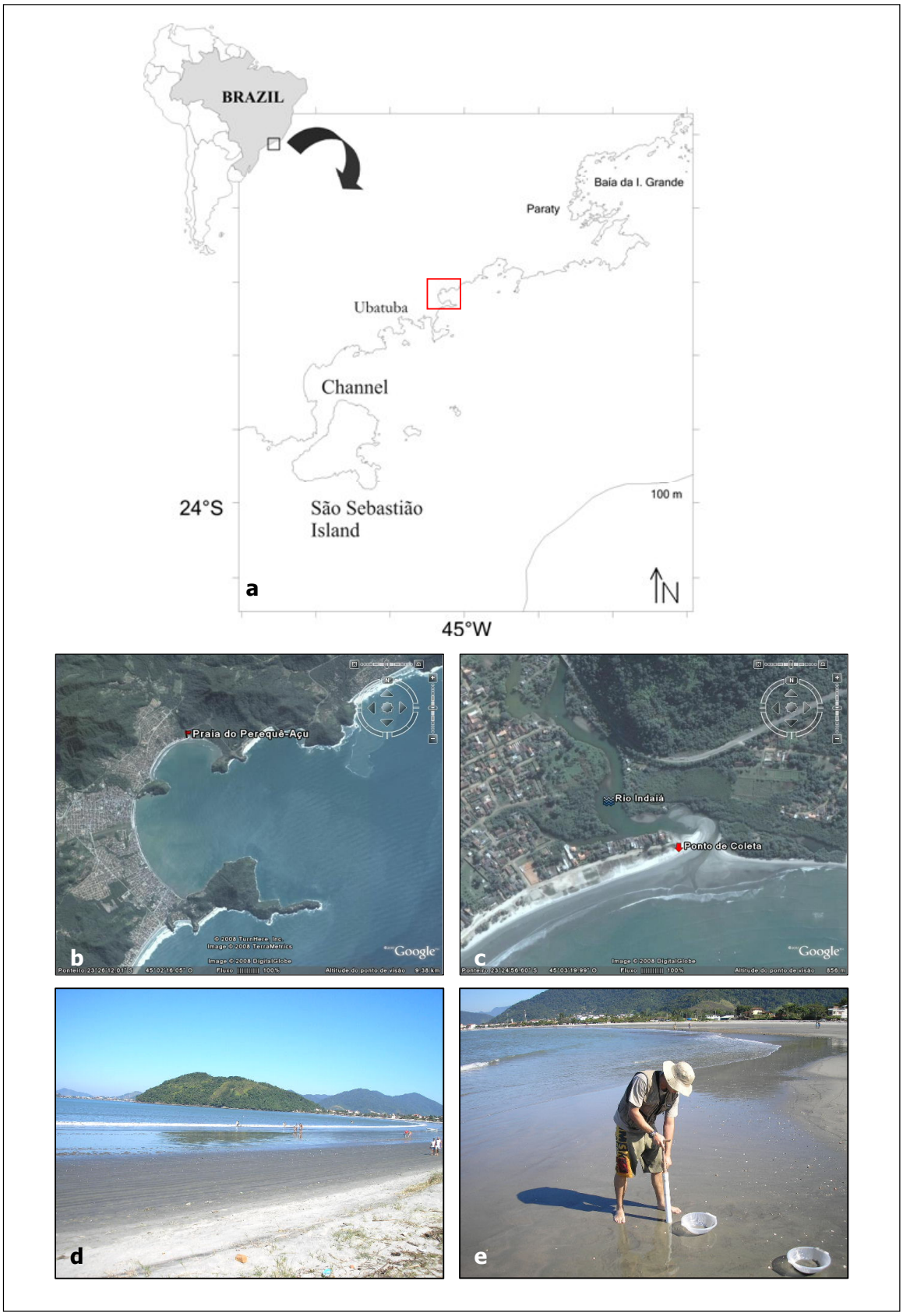


Figura 1. Localização do litoral Norte do Estado de São Paulo, em detalhe a Enseada de Ubatuba (a) (modificado de Rocha *et al.*, 2007); imagem da Enseada de Ubatuba (b); imagem da Praia do Perequê-Açu (c); foto da Praia do Perequê-Açu (d); foto do método de coleta (e). Município de Ubatuba, Estado de São Paulo, Brasil.

Coleta e Processamento

As coletas foram realizadas bimestralmente na Praia do Perequê-Açu (Ubatuba/SP), de Maio/2005 a Setembro/2006, próximo à margem direita da barra do Rio Indaiá (23°24'59.99"S, 45°03'17.13"W). Os espécimes de *A. aidae* foram capturados nas galerias de *C. major* na região entremarés, durante as baixamares diurnas (checadas na Tábua de Marés do Porto de São Sebastião/SP, Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil).

A temperatura da água e a salinidade foram aferidas (água superficial de um ponto com aproximadamente 1 m de profundidade) antes do início de cada coleta com um termômetro de mercúrio (escala: -10~200°C, Incoterm®) e com um refratômetro óptico de mão (salinidade: 0~100‰, Atago®), respectivamente.

As coletas foram conduzidas em uma área paralela à linha d'água com, aproximadamente, 400 m de comprimento e 30 m de largura, com esforço amostral de 2 horas. A captura dos espécimes foi realizada por quatro pessoas, duas operando bombas manuais de sucção (comprimento ≈ 1m) [metodologia estabelecida por Rodrigues (1966)] (**Figura 1e**) e outras duas com peneiras de malha de 1 mm.

Foram feitas sucções nas aberturas das galerias dos Thalassinidea, que junto com os caranguejos foram separados do sedimento com as peneiras. Após a triagem, os animais foram colocados em sacos plásticos etiquetados e posteriormente congelados para análise em laboratório, local onde foram transferidos para frascos etiquetados e fixados em álcool etílico 80%. Os lotes foram depositados na Coleção de Crustáceos do Departamento de Biologia (CCDB) da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, sob numeração CCDB: 2102.

A estrutura das galerias de *C. major* possuem uma única abertura para a superfície da praia, com aspecto variável e diâmetro de aproximadamente 5 mm. Ao orifício de abertura segue-se um estreito túnel perpendicular à superfície, que se aprofunda na areia sem variação de diâmetro por 20 a 40 cm, local onde ficam "alojados" os Pinnotheridae. A partir deste ponto o diâmetro do túnel se alarga, muda de direção e em seguida se aprofunda novamente. O comprimento deste último trecho, assim como seu diâmetro, são proporcionais ao tamanho do habitante que pode chegar até aproximadamente 1,5 m de profundidade e entre 10 a 30 mm de diâmetro (Rodrigues & Shimizu, 1997).

Durante as coletas cada galeria foi bombeada duas vezes, isso por que as paredes das galerias colapsavam devido às características do substrato. O rápido colapso não interferiu na captura dos caranguejos, já que estes ocupam a parte superior das galerias de *C. major*. Além disso, esse método elimina o risco de amostrar a mesma galeria mais que uma vez (Alves & Pezzuto, 1998a).

Considerando que as galerias possuem somente uma abertura para superfície e que apenas um *C. major* a habita (Shimizu & Rosso, 2000), os dados reportados fazem referência a *A. aidae* por galeria de *C. major* (ind.• ab.$^{-1}$) (Alves & Pezzuto, 1998a).

As medidas de *A. aidae*, largura da carapaça (LC) e comprimento da carapaça (CC) (**Figura 2a**) foram aferidas sob estereomicroscópio óptico (Zeiss® Stemi SV6) com câmara clara de precisão de 0,1 mm. Os Thalassinidea tiveram o comprimento da área oval da carapaça (CO) (**Figura 2b**) (Shimizu & Rosso, 2000) mensurado com paquímetro de precisão 0,02mm (Mitutoyo®).

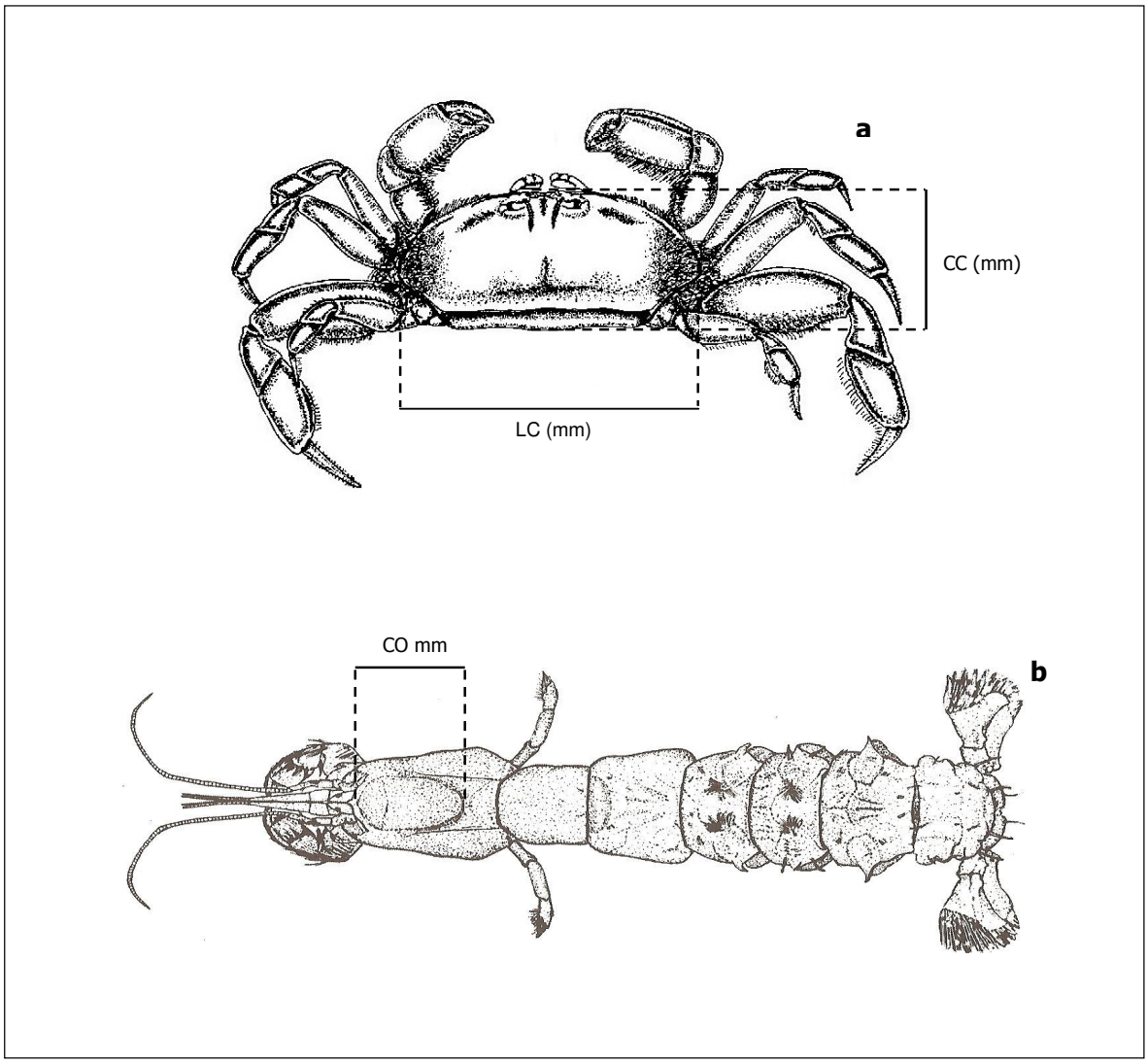


Figura 2. *Austinixa aidae*, fêmea ovígera holótipo (8,498 mm LC) (a) (modificado de Righi, 1967); *Callichirus major* (103,0 mm de comprimento total) (b) (modificado de Melo, 1999). Largura da carapaça (LC), comprimento da carapaça (CC), comprimento da área oval da carapaça (CO).

Os Pinnotheridae foram classificados em recrutas, juvenis e adultos. Os recrutas são os indivíduos que sobreviveram pela transição pelágico-bentônica e se tornaram caranguejos em primeiro instar, correspondem aos menores indivíduos coletados e que formam a primeira classe de tamanho na estrutura de tamanhos (Pardo *et al.*, 2007). Em essência, os recrutas são os primeiros juvenis ou os nascidos incorporados à população naquele ano (Pardo *et al.*, 2007). Os juvenis são todos os indivíduos que não apresentaram os pleópodos diferenciados, incluindo os recrutas. Os adultos foram classificados em machos e fêmeas. Os machos possuem os pleópodos localizados no primeiro e segundo segmentos abdominais, são longos e finos, diferenciados em gonopódios que são utilizados na cópula. Nas fêmeas os pleópodos estão localizados do segundo ao quinto segmentos, são curtos, onde os ovos ficam aderidos (Narchi, 1973). As fêmeas ovígeras foram classificadas em função da presença da massa de ovos aderida aos pleópodos.

Análise dos Dados

Para avaliar a existência de correlação entre os fatores ambientais (temperatura d´água e salinidade) e a abundância dos indivíduos foi utilizado o *Pearson Product Moment Correlation*.

As diferenças entre os tamanhos médios de machos e de fêmeas foram testadas pelo *Mann-Whitney Rank Sum Test*. Foram calculadas regressões lineares para relações entre a largura da carapaça (LC) pelo comprimento da carapaça (CC), e testadas pelo *Pearson Product Moment Correlation*.

Para avaliar a normalidade da distribuição da população de acordo com o tamanho dos indivíduos foi utilizado o *Normality Test* KS (Kolmogorov-Smirnov). O número de classes de tamanho foi determinado com a formula de Sturges (1926, *apud* Beer & Swanepoel, 1999): $k = 1 + \text{Log}_2 n$, onde "k" é o número de classes e "n" é o tamanho da amostra.

Diferenças do padrão esperado 1:1 na razão sexual foram checadas pelo teste-χ^2 para o total de indivíduos coletados e para cada coleta (Wenner, 1972).

Foram analisados os padrões temporais de médias de densidades (número de *A. aidae* por galeria) e de incidência (porcentagem de galerias ocupadas por *A. aidae*). Possíveis relações entre a densidade e o tamanho dos caranguejos pelo tamanho de seus respectivos hospedeiros foram checadas pelo *Pearson Product Moment Correlation* (Alves & Pezzuto, 1998a).

A determinação dos períodos reprodutivo e de recrutamento foram identificados pela análise mensal da proporção de fêmeas ovígeras em relação ao total de fêmeas (Pinheiro & Fransozo, 2002) e pela presença e proporção de recrutas nas amostras, respectivamente (Alves & Pezzuto, 1998a).

Todas as análises estatísticas foram feitas com o programa Sigma-Stat® 2.03, segundo procedimentos de Zar (1996) adotando nível de significância de $P < 0,05$.

Resultados

Fatores ambientais

A temperatura da água variou de 21°C (Julho/2005 e Setembro/2005) a 28°C (Março/2006) durante o período de estudo (23,9 ± 2,3°C, média e desvio padrão, respectivamente), com uma clara oscilação sazonal. Temperaturas maiores foram registradas nos meses que caracterizam a Primavera e o Verão austral e inferiores nos meses de Outono e Inverno (**Figura 3**).

A salinidade apresentou uma grande amplitude durante o período de estudo, com mínima de 16‰ (Setembro/2006), provavelmente influenciada pela água doce do Rio Indaiá, e máxima de 36‰ (Maio/2006) (27,3 ± 8,5‰). Não foi constatado nenhum padrão relacionado à sazonalidade.

A temperatura e a salinidade não foram estatisticamente correlacionadas entre si (r = -0,46; *P* = 0,301). Também não foi constatada nenhuma correlação estatística significativa entre a temperatura (r = -0,237; *P* = 0,608) e também a salinidade (r = -0,125; *P* = 0,789) pelo número total de indivíduos, assim como para machos, total de fêmeas, fêmeas ovígeras e juvenis, individualmente (*P* > 0,05).

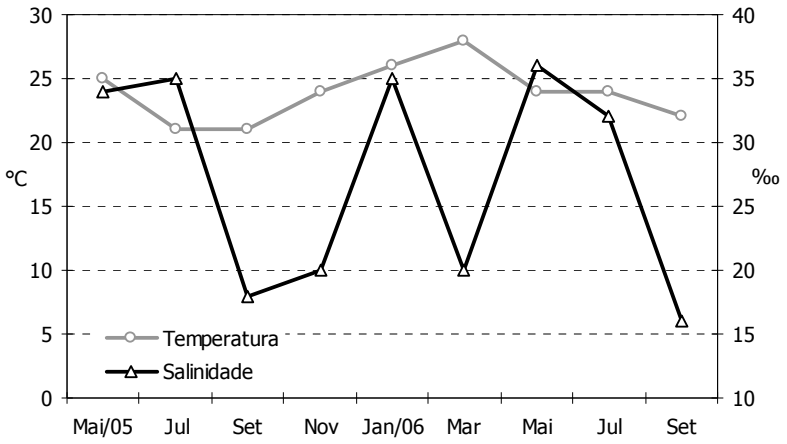


Figura 3. Variação bimestral da temperatura da água (°C) e salinidade (‰). Valores obtidos antes de cada coleta na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006.

Morfometria

O tamanho dos machos de *A. aidae* variou de 2,0 a 10,1 mm (LC) (5,8 ± 2,2 mm), o das fêmeas de 2,5 a 10,5 mm (LC) (6,1 ± 2 mm). Não houve diferença significativa entre o tamanho de ambos (P = 0,154). O tamanho das fêmeas ovígeras variou de 5,1 a 10,5 mm (LC) (8,1 ± 0,9 mm), os juvenis atingiram tamanhos entre 1,0 e 5,2 mm (LC) (2,4 ± 0,7 mm). O menor indivíduo coletado foi um juvenil com 1,0 mm (LC) e o maior uma fêmea ovígera com 10,5 mm (LC).

A LC de machos, fêmeas e juvenis é positivamente correlacionada com o CC (r = 0,97; r = 0,96; e r = 0,86, respectivamente; P < 0,05) (**Figura 4**). A LC nos machos é em média 2,4 ± 0,4 vezes o CC, nas fêmeas a média é 2,4 ± 0,3, já nos juvenis a média é 1,9 ± 0,3. Os indivíduos pertencentes as primeiras classes de tamanho possuem a carapaça mais arredondada do que estreita antero-posteriormente, ao contrário da carapaça dos adultos que são mais largas do que compridas.

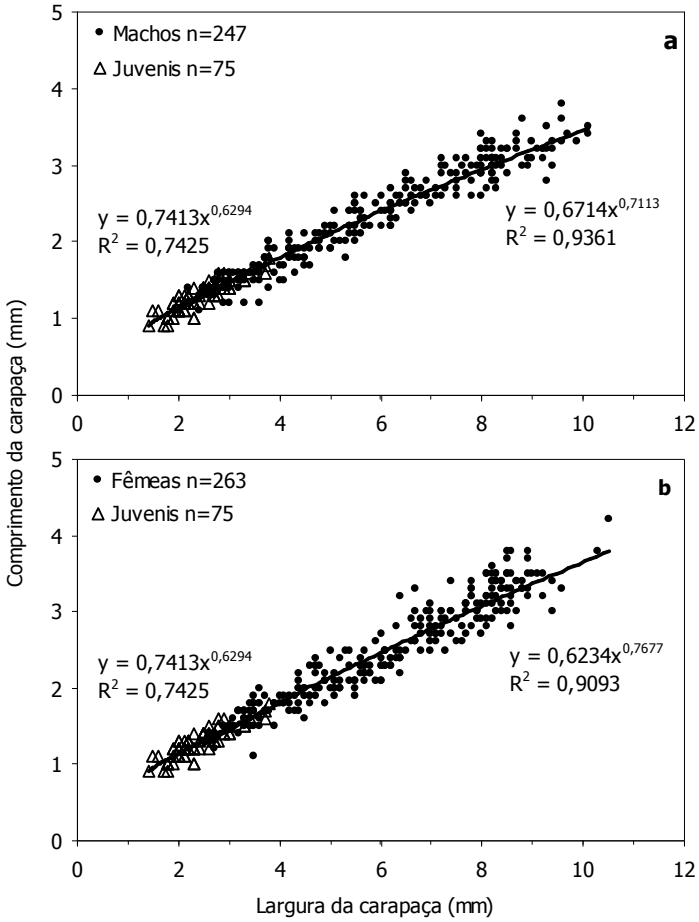


Figura 4. Correlação entre o comprimento da carapaça pela a largura da carapaça de machos e juvenis (a) e de fêmeas e juvenis (b) de *Austinixa aidae* coletados nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006.

Estrutura Populacional

Foram coletados 588 exemplares de *A. aidae* obtidos em 442 galerias de *C. major*: 247 machos (42,0%), 265 fêmeas (45,1%), sendo 55 destas ovígeras (9,4%), e 76 juvenis (12,9%), sendo 13 destes recrutas (2,2%). A população de *A. aidae* na Praia do Perequê-Açu variou quanto ao número de indivíduos coletados bimestralmente, sendo Janeiro/2006 (n = 24) e Julho/2006 (n = 121) os meses de menor e maior abundância de caranguejos, respectivamente (**Tabela 1**).

Esta população apresentou uma distribuição bimodal em classes de tamanho para o total de indivíduos (KS = 0,087; $P < 0,05$), refletindo um padrão não normal. Os picos ocorreram entre 2,0 e 4,0 mm e entre 8,0 e 9,0 mm (LC), sendo principalmente representados pelos juvenis entre 2,0 e 3,0 mm (LC), e pelas fêmeas entre 3,0 e 4,0 mm e entre 8,0 e 9,0 mm (LC) (**Figura 5**). O mesmo padrão de distribuição não normal em classes de tamanho foi observado em todos os bimestres, com exceção de Setembro/2005 e 2006 (KS = 0,079 e KS = 0,059; $P > 0,200$, respectivamente).

Tabela 1. Número de *Austinixa aidae* coletados bimestralmente nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Porcentagem de fêmeas ovígeras em relação ao total de fêmeas (%). Razão entre machos e fêmeas (Razão M:F). Freqüência de galerias de *C. major* ocupadas por *A. aidae* (% de Incidência).

Período de coleta	Nº. de Caranguejos						Razão M:F	% de Incidência
	Machos	Fêmeas	Ovígeras	(%)	Juvenis	Total		
Maio/2005	25	18	9	50,0	7	50	1,39	79,5
Julho	22	24	0	0,0	18	64	0,92	84,8
Setembro	24	32	3	9,4	2	58	0,75	81,1
Novembro	30	34	14	41,2	1	65	0,88	64,8
Janeiro/2006	11	11	2	18,2	2	24	1,00	44,4
Março	29	38	12	31,6	0	67	0,76	84,3
Maio	23	27	8	29,6	19	69	0,85	75,4
Julho	54	42	3	7,1	25	121	1,29	81,4
Setembro	29	39	4	10,3	2	70	0,74	78,3
Total	**247**	**265**	**55**	**20,8**	**76**	**588**	**0,93**	**75,6**

A contribuição relativa de machos, fêmeas não ovígeras e fêmeas ovígeras variou durante o período amostral (**Figura 6**), entretanto a razão sexual não foi significativamente diferente de 1:1 ($P > 0.05$) em nenhuma das coletas (**Tabela 1**). A proporção sexual total desta população foi de 0,94 machos para 1 fêmea, não desviando significativamente da razão 1:1 ($\chi^2 = 0,57$; $P > 0,05$).

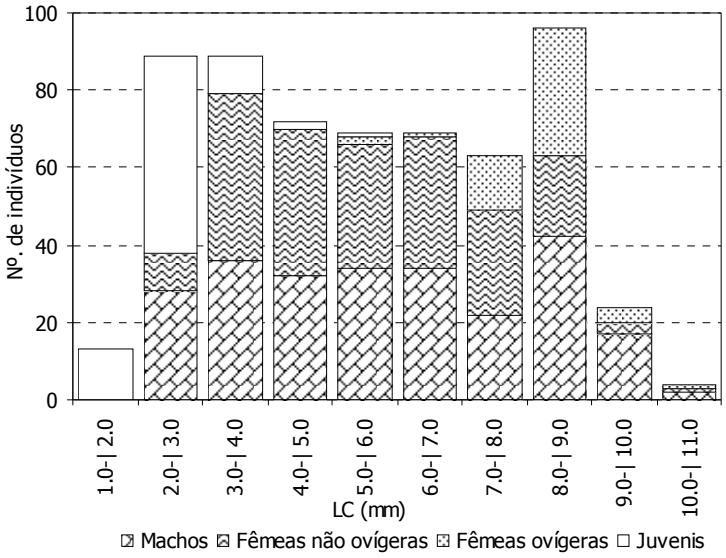


Figura 5. Distribuição de indivíduos de *Austinixa aidae* em classes de tamanho, coletados nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Largura da carapaça em mm [LC (mm)].

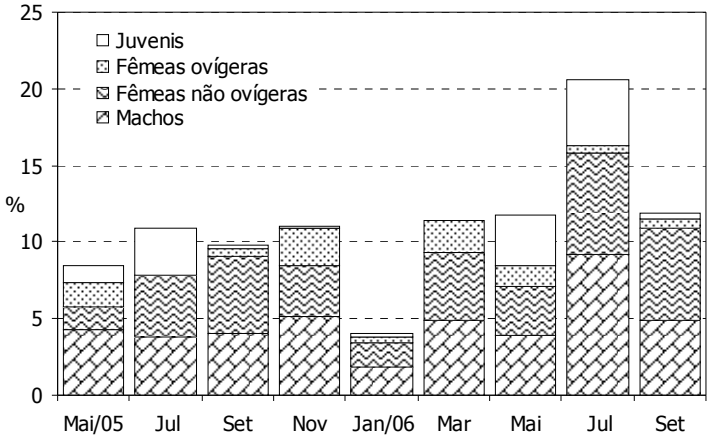


Figura 6. Freqüência bimestral de machos, fêmeas não ovígeras, fêmeas ovígeras e juvenis de *Austinixa aidae* coletados nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006.

Foi identificado que na maioria das classes de tamanho as proporções sexuais não foram significativamente diferentes de 1:1 ($P > 0,05$), com exceção das classes entre 2,0-|3,0 mm e 9,0-|10,0 mm que estiveram em favor dos machos (2,8:1 e 2,4:1, respectivamente), e entre 7,0-|8,0 mm em favor das fêmeas (0,5:1) (**Figura 7**). Não foi possível inferir um padrão de razão sexual para esta população.

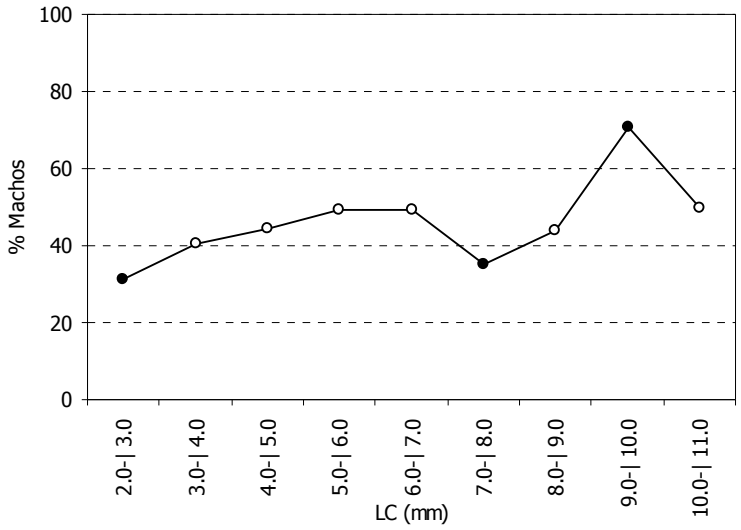


Figura 7. Porcentagem de machos em relação ao total de indivíduos, por classe de tamanho, de *Austinixa aidae* coletados nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Largura da carapaça (LC) em mm. Círculos preenchidos: tamanhos com razões sexuais significativamente diferentes de 1:1.

Foram coletados até 14 caranguejos por galeria de *C. major*, sendo que a densidade média total foi de 1,72 ± 1,34 ind.• ab.$^{-1}$. A menor média de densidade foi registrada em Setembro/2006 (1,3 ± 0,5 ind.• ab.$^{-1}$) e a maior em Julho/2006 (2,52 ± 1,94 ind.• ab.$^{-1}$), com uma clara variação durante todo o período amostral (**Figura 8**).

Mudanças temporais foram constatadas nas densidades de juvenis, machos e fêmeas, onde os valores seguem padrões diferenciados para os três grupos de interesse. Os maiores picos de densidade de juvenis foram observados nos meses de Outono e Inverno (Maio e Julho/2005 e 2006), sendo que os valores oscilaram de 0 a 0,64 ind.• ab.$^{-1}$ (0,23 ± 0,24 ind.• ab.$^{-1}$). Machos e fêmeas não apresentaram grandes picos de densidade, tendo seus valores oscilando de 0,50 a 1,13 ind.• ab.$^{-1}$ (0,73 ± 0,20 ind.• ab.$^{-1}$) nos machos, e de 0,58 a 0,97 ind.• ab.$^{-1}$ (0,77 ± 0,14 ind.• ab.$^{-1}$) nas fêmeas.

Os picos de densidade de juvenis refletem os dois eventos de recrutamento anual, um com início em Maio e atingindo a maior proporcionalidade em Julho (nos dois anos consecutivos), e o segundo identificado por uma leve tendência de aumento na densidade em Janeiro/2006 (ver item **Período Reprodutivo e Recrutamento**). Em machos, a tendência de aumento na densidade ocorreu em Novembro/2005, quatro meses após o recrutamento, e a segunda em Julho/2006, bimestre subseqüente ao início da entrada de juvenis na população (Maio/2006). Nas fêmeas ocorreram quatro leves tendências de aumento na densidade (Julho e Novembro/2005 e Março e Julho/2006).

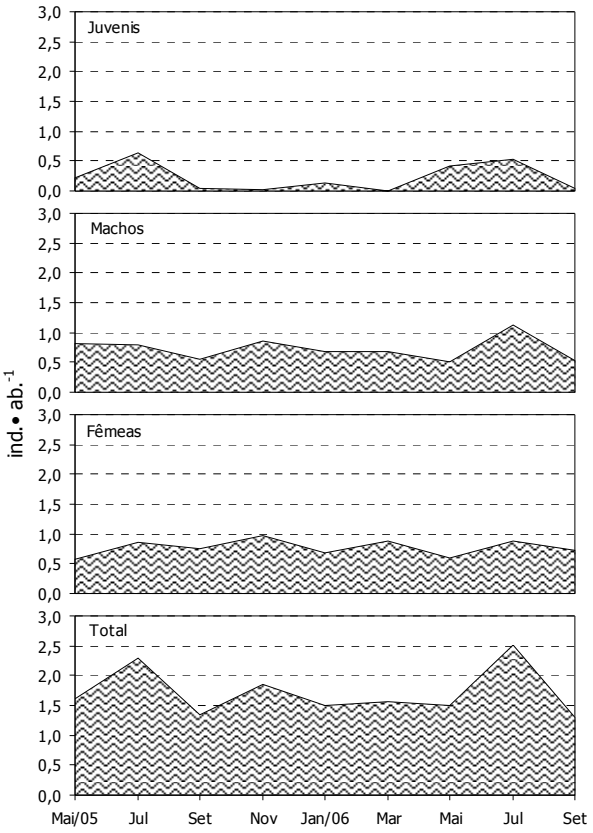


Figura 8. Variação bimestral na densidade de juvenis, machos, fêmeas e do total de *Austinixa aidae* nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Número de indivíduos por galeria (ind.• ab.$^{-1}$).

A incidência média total de *A. aidae* (porcentagem de ocupação) nas galerias de *C. major* na Praia do Perequê-Açu foi de 75,6%. Entretanto, com uma evidente variação ao longo do período de amostragem, com incidência mínima de 44,4% em Janeiro/2006, valor que acompanha um decréscimo de incidência iniciado no bimestre anterior, e máxima de 84,8% em Julho/2005 (**Tabela 1** e **Figura 9**).

Os meses de maior incidência de juvenis correspondem aos meses de maior densidade deste grupo (**Figuras 8** e **9**), com início em Maio e atingindo a maior proporção em Julho nos dois anos consecutivos. Machos e fêmeas apresentaram uma maior média de incidência (54,48 ± 18,42% e 57,70 ± 14,90%, respectivamente) que os juvenis (17,79 ± 20,22%), sendo que suas porcentagens de ocupação variaram de forma correspondente ao longo do período de estudo.

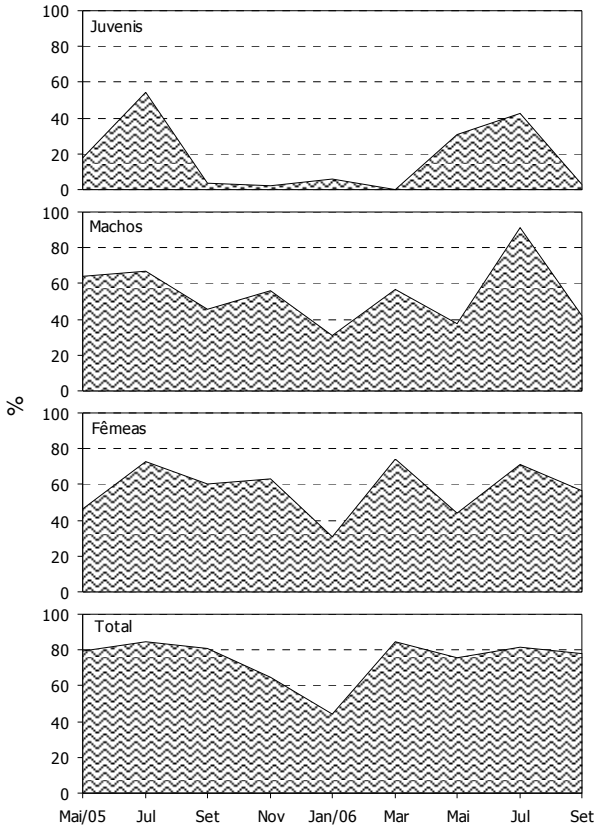


Figura 9. Variação bimestral de incidência de juvenis, machos, fêmeas e do total de *Austinixa aidae* nas galerias de seus respectivos hospedeiros *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Porcentagem de galerias ocupadas (%).

Neste estudo foi constatada uma correlação positiva significativa entre a densidade (ind.• ab.$^{-1}$) de *A. aidae* e o tamanho (CO) de seus respectivos hospedeiros, refletindo que estas variáveis tendem a crescer juntas (r = 0,501; $P < 0,05$; n = 73). Ou seja, quanto maior o tamanho do hospedeiro maior o número de simbiontes em suas tocas. Em contrapartida não foi constatada nenhuma correlação entre o tamanho dos caranguejos (LC) e o tamanho de seus respectivos hospedeiros (CO) (r = 0,037; $P > 0,05$).

Período Reprodutivo e Recrutamento

A porcentagem de fêmeas ovígeras em relação ao total de fêmeas foi de 20,8%, sendo que a freqüência destas variou de 0 a 50% entre as coletas (**Tabela I** e **Figura 10**). O período reprodutivo foi identificado pela presença de fêmeas ovígeras ocorrendo em todos os bimestres, com exceção de Julho/2005. Foram identificados aumentos sazonais na freqüência e abundância deste grupo de interesse, com dois picos expressivos em 2005 (Maio e Novembro: 50,0 e 41,2%, respectivamente), e um em 2006 (entre Março e Maio: 31,6 e 29,6%, respectivamente).

Com base na presença de fêmeas ovígeras durante todo o ano e a presença de picos sazonais, caracteriza-se o período reprodutivo desta espécie, neste local, como Sazonal Contínuo.

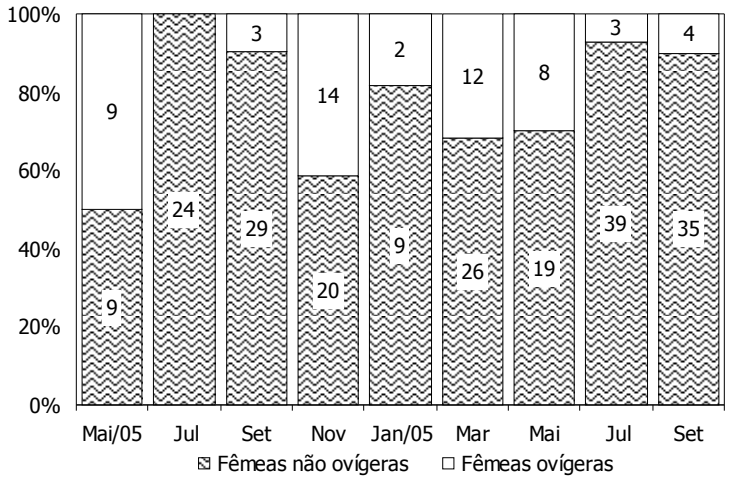


Figura 10. Freqüência bimestral de fêmeas não ovígeras e fêmeas ovígeras de *Austinixa aidae* coletadas nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Valores dentro das barras = número de indivíduos.

A reprodução contínua durante o ano, a presença de picos sazonais e, consequentemente, a eclosão mensal de larvas gerando novos indivíduos aponta para um recrutamento contínuo, porém os recrutas estiveram presentes apenas nos bimestres subseqüentes aos picos das fêmeas ovígeras. O recrutamento teve início em Maio e atingiu maior abundância em Julho nos dois anos consecutivos, com visível aumento de abundância nas classes de tamanho subseqüentes nos bimestres seguintes (**Figura 11**).

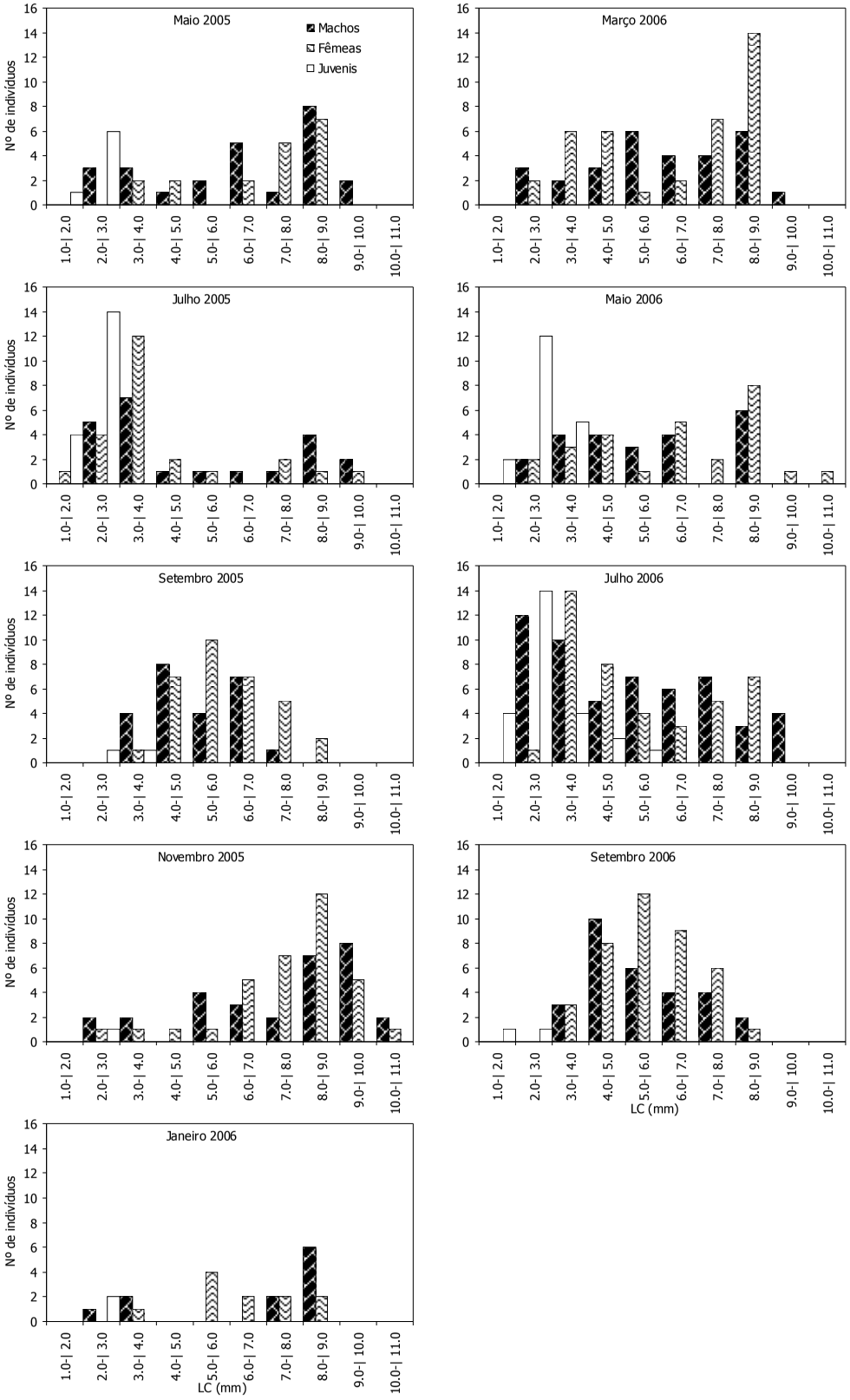


Figura 11. Distribuição de abundâncias em classes de tamanho de *Austinixa aidae* coletados nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Largura da carapaça em mm (LC (mm)).

Os juvenis estiveram presentes em quase todas as coletas, com exceção de Março/2006, sua ocorrência na população acontece durante o ano todo, porém com picos sazonais. Os picos de abundância de juvenis ocorreram de Maio a Julho nos dois anos consecutivos, bimestres subseqüentes aos picos das fêmeas ovígeras (**Figura 12**), lembrando que esta classificação inclui os indivíduos recrutas.

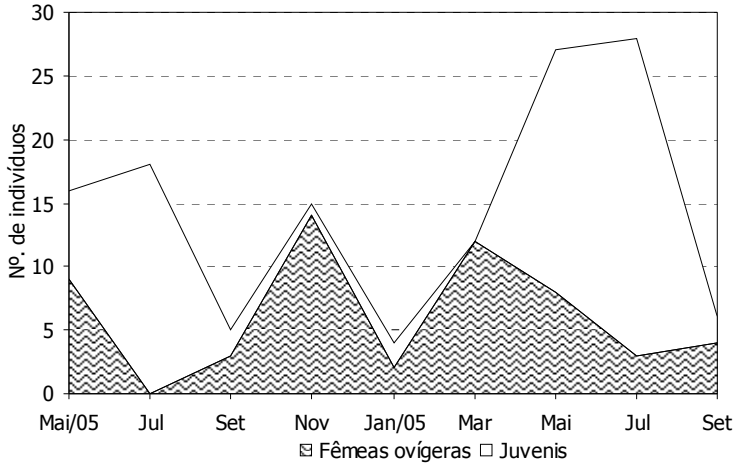


Figura 12. Abundância bimestral de fêmeas ovígeras e juvenis de *Austinixa aidae* coletados nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006.

A análise da distribuição de freqüência da abundância em classes de tamanho (**Figura 11**) corroborou o que foi identificado na análise da densidade (**Figura 8**) e de incidência (**Figura 9**), sendo a reprodução anual e a entrada de juvenis de *A. aidae* durante todo o ano, porém com picos subseqüentes de abundância para ambos os grupos.

Também identificou-se a presença de duas coortes em alguns períodos amostrados (**Figura 11**). Os machos e fêmeas possuem um crescimento diferenciado durante o ano, sendo que as fêmeas estão em classes de tamanho maiores que as dos machos do mesmo período.

Discussão

Na Praia do Perequê-Açu, *A. aidae* exibe características de simbiose comuns ao gênero, como a associação ao crustáceo Thalassinidea *C. major*. Cabe ressaltar que nesta praia uma espécie de Stomatopoda, *Coronis* sp. (conhecida popularmente como tamburutaca), também constrói tocas subterrâneas na areia, porém o orifício de abertura destas estruturas para a superfície possui diferenças sutis que podem ser distinguidas da abertura das galerias de *C. major*. Em nenhuma das amostragens detectou-se a presença de *A. aidae* nas tocas deste Stomatopoda.

A temperatura da água onde crustáceos estão instalados pode agir como um regulador metabólico e hormonal, desencadeando os processos de ecdise, cópula e desenvolvimento gonadal (Sastry, 1983). Entretanto, *A. aidae* na Praia do Perequê-Açu não apresentou correlação direta com os fatores abióticos analisados. Nem mesmo as fêmeas ovígeras, que podem estar mais sujeitas à ação destes fatores, e que também são influenciadas pela sazonalidade (Sastry, 1983).

A ausência de correlação pode estar relacionada ao fato da aferência dos dados abióticos terem sido realizadas de forma pontual, e podem não refletir os valores que melhor representam os bimestres amostrados. Além disso, regiões tropicais e subtropicais apresentam variação sazonal menos profunda dos fatores ambientais, demonstrando poucas modificações destes parâmetros durante o ano, sendo às vezes não possível identificar de forma bem definida as quatro estações do ano (Peres, 2005), fator que também poderia corroborar a ausência de correlação destes caranguejos com a temperatura e a salinidade.

Os tamanhos (LC) de machos e de fêmeas de *A. aidae* não foram significativamente diferentes, assim como em estudos com *A. gorei* (McDermott, 2006) e *A. patagoniensis* (Alves & Pezzuto, 1998a). As fêmeas alcançaram os maiores tamanhos (10,5 mm), divergindo do encontrado por Alves & Pezzuto (1998a), e maior média de tamanho (6,1 ± 2,0 mm) similar ao encontrado por McDermott (2006). Quando comparado a outros membros do gênero, *A. aidae* é ligeiramente menor que *A. patagoniensis* e maior que *A. gorei*, *A. cristata*, *A. behreae* e *A. chacei* (ver Manning & Felder, 1989; Alves & Pezzuto, 1998a; McDermott, 2006, para revisão), o que provavelmente está relacionado a diferenças na dinâmica dos locais onde as espécies e/ou populações estão instaladas, disponibilidade de recursos no ambiente, efeitos da predação e a influência da latitude.

O comprimento da carapaça dos adultos de *A. aidae* é proporcionalmente mais estreito que o dos indivíduos juvenis, sendo que a largura possui em média 2,4 vezes o seu comprimento. Essas características compartilhadas entre os gêneros *Pinnixa* e *Austinixa* foram descritas por Zmarzly (1992), Heard & Manning (1997) e McDermott (2006) como sendo adaptações ao estilo de vida simbionte, habitando galerias de Callianassidae ou tubos de

Polychaeta construtores de tocas estreitas. O corpo largo e mais delgado antero-posteriormente facilitaria a locomoção dentro destes abrigos construídos por seus hospedeiros.

A população de *A. aidae* apresentou um padrão não normal e a presença de duas modas na distribuição de freqüências em classes de tamanho. Este padrão vai contra as características induzidas pelo padrão normal, onde geralmente reflete um recrutamento contínuo e uma constante taxa de mortalidade (Díaz & Conde, 1989). A bimodalidade, neste estudo, pode ter sido ocasionada pela presença de dois períodos reprodutivos e de recrutamento, além do crescimento diferenciado entre machos e fêmeas.

Segundo Díaz & Conde (1989), a bimodalidade às vezes também é inferida com resultado de uma mortalidade catastrófica, porém neste estudo este padrão bimodal é observado em todos os bimestres amostrados (exceto Setembro/2005 e 2006), o que pode descartar essa possibilidade (Mantelatto & Sousa, 2000).

A razão sexual não diferiu significativamente do padrão proposto por Fischer (1930), no qual a seleção natural favorece a mesma proporção no número de indivíduos dos dois sexos. Quando existem variações na proporção de machos e de fêmeas elas podem ser atribuídas à mortalidade, distribuição no habitat e restrições alimentares diferenciais atuando acentuadamente sobre um dos sexos (Turra & Leite, 2000). Na maioria dos bimestres coletados a razão sexual de *A. aidae* esteve a favor das fêmeas, porém em nenhum deles a proporção foi significativamente diferente de 1:1 ($P > 0,05$).

Não foi possível identificar nenhum dos padrões propostos por Wenner (1972) para esta população. Não houve diferenças significativas entre a proporção de machos e de fêmeas na maioria das classes de tamanho, no entanto, houve diferenças significativas na 2º e 9º classes de tamanho a favor dos machos e na 7º classe de tamanho a favor das fêmeas. Provavelmente, devem existir outros padrões além dos descritos por Wenner (1972). Ou ainda, problemas de amostragens de indivíduos de diferentes tamanhos (principalmente os pertencentes às primeiras classes de tamanho) podem suportar o padrão obtido.

A razão sexual total encontrada para *A. aidae* foi similar a encontrada para *A. patagoniensis* (≈ 1:1) (Alves & Pezzuto, 1998a), porém diverge significativamente de *A. gorei* (0,75:1) (McDermott, 2005). As razões sexuais dentro família Pinnotheridae variam consideravelmente dentro e entre as espécies (Alves & Pezzuto, 1998a), como exemplo temos *Pinnixa chaetopterana* STIMPSON, 1860 simbionte dos Polychaeta tubícola *Amphitrite ornata* (LEIDY, 1855) de Nova Jersey (EUA) (0,86:1) e de *Chaetopterus variopedatus* (RENIER, 1804) da Carolina do Norte (EUA) (0,97:1) (McDermott, 2005). *Pinnixa cylindrica* (SAY, 1818) simbionte em tubos do Polychaeta *Arenicola cristata* (STIMPSON, 1856) exibiu a razão sexual mais evidentemente díspar, 0,25:1 (McDermott, 1981) (**Tabela 2**).

Tabela 2. Número de aberturas das tocas dos hospedeiros Thalassinidea (nº. de ab.) e razão sexual (Razão M:F) de *Austinixa*.

Espécie	Hospedeiro	nº. de ab.	Razão M:F	Fonte
A. patagoniensis	*Sergio mirim*	> que 1	1,00	Alves & Pezzuto (1998a)
A. gorei	*Gilvossius setimanus*	1	0,75	McDermott (2006)
A. aidae	*Callichirus major*	1	0,93	Presente estudo

Observações pessoais feitas em campo evidenciaram que a composição de caranguejos dentro das tocas é predominante composta por casais de indivíduos de classes de tamanho aproximadas, fator que pode ser responsável pela razão sexual ser próxima de 1:1. Esta condição não é freqüentemente observada em estudos com crustáceos Brachyura, porém pode ser encontrada em espécies de camarões monogâmicos da Família Alpheidae e outros Caridea que vivem em casais (Lardies *et al*., 1998; Mossolin *et al*., 2006).

Em alguns estudos sobre Pinnotheridae disponíveis na literatura, os valores são expressos em número de indivíduos por hospedeiro, por abertura dos tubos ou pelas aberturas das galerias do hospedeiro, isso por se tratar de um grupo tipicamente simbionte (McDermott, 1981; Alves & Pezzuto, 1998a; McDermott, 2006). Ao comparar os resultados de espécies do gênero *Austinixa*, o número de aberturas das galerias dos hospedeiros é um diferencial a ser considerando, já que variam entre os Callianassidae (**Tabela 2**).

O espaço e a quantidade de alimento disponíveis na galeria podem ser os fatores mais importantes que controlam a densidade dos Pinnotheridae. Fortes correntes e trocas d'água produzidas pelos hospedeiros fornecem grande quantidade de oxigênio e de alimento na entrada da toca, provavelmente em uma taxa suficiente para muitos caranguejos (Alves & Pezzuto, 1998a). A densidade máxima e média de *A. aidae* por galeria foram inferiores aos valores encontrados para *A. patagoniensis* no Rio Grande do Sul (Alves & Pezzuto, 1998a) e superiores aos encontrados para *A. gorei* associados ao Callianassidae *Gilvossius setimanus* (DEKAY, 1844) em Miami, EUA (McDermott, 2006) (**Tabela 3**).

Os aumentos na densidade total estão diretamente influenciados pelo recrutamento e/ou a entrada de juvenis na população (principalmente em Maio e Julho), onde acréscimos no número destes grupos de interesse refletem significativamente no total da população. Ao contrário das situações onde os Pinnotheridae vivem dentro das conchas, sobre equinodermos, ou em tubos relativamente pequenos de Polychaeta (Manning & Morton, 1987; Alves & Pezzuto, 1998a; Campos, 1990), as galerias de *C. major* provem espaço suficiente para coexistência de um grande número de *A. aidae*.

Tabela 3. Número de tocas amostradas, porcentagem média de incidência, densidade (ind.• ab.$^{-1}$) média e máxima de *Austinixa* por abertura da toca de seu hospedeiro Thalassinidea. Valores entre parênteses (mínimo e máximo), dados não disponíveis (nd).

Espécie	**Hospedeiro**	**Tocas amostradas**	**% média de incidência**	**Densidade média** (ind.• ab.$^{-1}$)	**Densidade máxima** (ind.• ab.$^{-1}$)	**Fonte**
A. patagoniensis	*Sergio mirim*	510	83,9 (63-98)	3,1	29	Alves & Pezzuto (1998a)
A. gorei	*Gilvossius setimanus*	35	100 (nd)	1,2	5	McDermott (2006)
A. aidae	*Callichirus major*	442	75,6 (44-85)	2,6	14	Presente estudo

É provável que cada espécie de Callianassidae hospedeira produza correntes de água dentro das galerias de forma diferente da que outra espécie produza. Este fator pode modificar a dinâmica do habitat, com diferenças de oxigenação e disponibilidade de alimento, conferindo uma estrutura peculiar para as populações de caranguejos que a utilizam.

A média de incidência de *Austinixa* pode ser considerada alta quando comparada com outras espécies da família Pinnotheridae (Alves & Pezzuto, 1998a). Entretanto, *A. aidae* possui a menor média de incidência dentre as três espécies do gênero já estudadas: 75,6 (dados das outras spp. disponíveis na **Tabela 3**). Este parâmetro exibe uma grande variação dentre as espécies de Pinnotheridae e neste caso, aparentemente, não há relação com o tipo do hospedeiro (Alves & Pezzuto, 1998a).

A alta incidência nos meses de Outono e Inverno corresponde aos picos de assentamento. A correspondência entre as densidades de machos e de fêmeas são mais evidentes após os picos de juvenis. Decréscimos nestes parâmetros são observados após os picos. É importante salientar que uma queda mais brusca na incidência e no número de indivíduos coletados ocorreu em Janeiro/2006, sendo que esta acompanhou um decréscimo de incidência do bimestre anterior.

As análises feitas entre a densidade de *A. aidae* e o tamanho do respectivo hospedeiro demonstraram que estas variáveis foram positivamente correlacionadas, contrastando com o encontrado para *P. patagoniensis* quando correlacionado com *Sergio mirim* (RODRIGUES, 1971) (Alves & Pezzuto, 1998a). Este resultado confere uma característica peculiar para *A. aidae* dentro do gênero. A correlação positiva é mais comumente observada entre caranguejos simbiontes de bivalves, onde o espaço livre no interior das conchas é limitado (ver Pearce, 1966a; Pearce, 1966b; Jones, 1977; Bierbaum & Ferson, 1986, para revisão), como também na relação entre *Pinnixa chaetopterana* e o Polychaeta tubicola *Chaetopterus variopedatus* (Gray, 1961).

Neste estudo os simbiontes ocupam porções diferentes dentro da galeria, diferente dos Pinnotheridae que vivem dentro de hospedeiros bivalves ou coabitam o mesmo lugar que os Polychaeta, contudo o número de caranguejos por galeria é correlacionado com o tamanho de seu hospedeiro. Em contraste a essas evidências, os seus tamanhos não estão correlacionados.

As fêmeas ovígeras de *A. aidae* estiveram presentes durante todo o ano, entretanto foram mais expressivas em Maio e Novembro/2005, e Maio/2006. O padrão de período reprodutivo apresentado na Praia do Perequê-Açu pode ser classificado como Sazonal Contínuo (segundo Pinheiro & Terceiro, 2000), corroborando com padrão encontrado para a congênere *A. patagoniensis* (Alves & Pezzuto, 1998a), ambas espécies ocorrentes em áreas de clima subtropical.

O padrão reprodutivo registrado neste estudo também foi descrito para outros Brachyura no litoral Norte do Estado de São Paulo como, *Callinectes danae*; *Portunus spinimanus*; *Callinectes ornatus*; *Arenaeus cribrarius* (Branco *et al.*, 1992; Costa, 1995; Santos, 1994; Mantelatto, 1995; Pinheiro & Terceiro, 2000, respectivamente).

Geralmente, crustáceos Brachyura de áreas temperadas apresentam reprodução sazonal, onde esta atividade ocorre nas estações mais quentes do ano (Warner, 1977; Asakura & Kikuchi, 1984), enquanto que em animais de áreas tropicais e subtropicais a reprodução é contínua durante todo o ano e geralmente com taxas aproximadamente iguais (Sastry, 1983).

Os pulsos de recrutamento de *A. aidae* ocorreram predominantemente entre Maio/2005 e Julho/2005 e em de Julho/2006 (Outono-Inverno), bimestres subseqüentes aos de picos de fêmeas ovígeras. Esses padrões refletem eventos sazonais similares aos de outras espécies da família, com dois pulsos anuais, como o de *A. patagoniensis* (Alves & Pezzuto, 1998a); *Pinnixa chaetopterana* (McDermott, 2005); *P. littoralis* HOLMES, 1894 e *P. faba* (DANA, 1851) (Pearce, 1966a). Entretanto existem registros de períodos reprodutivos contínuos para *A. cristata*, *P. cylindrica* e *P. sayana* STIMPSON, 1860, baseados na presença de suas larvas no plâncton em um estuário na Carolina do Norte (EUA) (Dowds, 1978).

A reprodução e recrutamento contínuos, com aumentos na abundância sazonalmente, podem ser os fatores responsáveis pela distribuição bimodal em classes de tamanho. Esse padrão reflete uma taxa não constante de mortalidade, além de ser diferencial entre os machos e as fêmeas, e a presença de mais de uma coorte em um mesmo período.

Comparando este, com os estudos realizados na Praia do Cassino/RS (*A. patagoniensis)* e Virgina Key e Key Biscayne, Miami, Florida (*A. gorei*) foram verificados padrões semelhantes quanto aos aspectos ecológicos e biológicos entre as três espécies, mesmo em casos de localidades muito distantes geograficamente, corroborando o que foi postulado por outros autores quanto à similaridade destes parâmetros entre os membros do gênero *Austinixa*.

Referências Bibliográficas

ALVES, E.S. & P.R. PEZZUTO. 1998a. Population dynamics of *Pinnixa patagoniensis* Rathbun, 1918 (Brachyura: Pinnotheridae) a symbiotic crab of *Sergio mirim* (Thalassinidea: Callianassidae) in Cassino Beach, Southern Brazil. **Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli: Marine Ecology**, 19(1): 37-51.

ALVES, E.S. & P.R. PEZZUTO. 1998b. Dispersão de *Pinnixa patagoniensis* no mediolitoral da praia do Cassino, RS, Brasil. **Atlântica**, 20(1): 5-21.

ALVES, E.S. & P.R. PEZZUTO. 1999. Crescimento relativo de *Austinixa patagoniensis* (Rathbun, 1918) (Decapoda: Pinnotheridae), simbionte de *Sergio mirim* (Rodrigues, 1971) (Decapoda: Callianassidae) na praia do Cassino, RS. **Nauplius**, 7(1): 83-92.

ALVES, E.S. & S.A. RODRIGUES. 2003. Distributional patterns of *Austinixa patagoniensis* (Rathbun, 1918) (Decapoda: Pinnotheridae), a symbiotic crab of *Callichirus major* (Decapoda: Callianassidae) in Balneário Camboriú Beach, Santa Catarina, Brazil. **Journal of Coastal Research,** Proceedings of Brazilian Symposium on Sandy Beaches: Morphodynamic, ecology, uses, hazards and management, **Special Issue**, 35: 408-417.

ALVES, E.S; RODRIGUES, S.A. & P.R. PEZZUTO. 2005. Estudo do crescimento relativo de *Austinixa patagoniensis* (Rathbun) (Decapoda, Pinnotheridae) simbionte de *Callichirus major* (Say) (Decapoda, Callianassidae) no mesolitoral da praia de Balneário Camboriú, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22(3): 784-792.

ASAKURA, A. & T. KIKUCHI. 1984. Population ecology of the sand dwelling hermit crab, *Diogenes nitidimanus* Terao. 2. Migration and life history. **Publications from the Amakusa Marine Biological Laboratory**, 7(2): 109-123.

BIERBAUM, R.M. & S. FERSON. 1986. Do symbiotic pea crabs decrease growth rate in mussels? **The Biological Bulletin**, 170(1): 51-61.

BRANCO, J.O; LUNARDON, M.J.; AVILA, M.G. & C.F. MIGUEZ. 1992. Interação entre fator de condição e índice gonadossomático como indicadores do período de desova em *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 9(3/4):175-180.

CAMPOS, E. 1990. *Calyptraeotheres*, a new genus of Pinnotheridae for the limpet crab *Fabia granti* Glassell, 1933 (Crustacea, Brachyura). **Proceedings of the Biological Society of Washington**, 103(2): 364-371.

CASTRO-FILHO, B.M.; MIRANDA, L.B. & S.Y. MYAO. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: Variações sazonais e em média escala. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, 35(2): 135-151.

COELHO, P.A. 1997. Revisão do gênero *Pinnixa* White, 1846, no Brasil (Crustacea, Decapoda, Pinnotheridae). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 25: 163-193.

COELHO, P.A. 2005. Descrição de *Austinixa bragantina* sp. nov. (Crustacea, Decapoda, Pinnotheridae) do litoral do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22(3): 552-555.

COGNETTI, G.; SARÀ, M & G. MAGAZZÙ. 2001. **Biología Marina**. Ariel, Barcelona, 619p.

COSTA, T.M. 1995. **Ciclo reprodutivo de *Callinectes danae* Smith, 1869 (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região de Ubatuba (SP)**. Dissestação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista. 94p.

DÍAZ, H. & J.E. CONDE. 1989. Population dynamics and life history of the mangrove crab *Aratus pisonii* (Brachyura, Grapsidae) in a marine environment. **Bulletin of Marine Science**, 45(1): 148-163.

DOWDS, R.E. 1978. Distribution and reproduction of four species of *Pinnixa* (Crustacea: Brachyura) in a North Carolina Estuary. **American Zoologist**, 18: 599.

DWORSCHAK, P.E. 2000. Global diversity in the Thalassinidea (Decapoda). **Journal of Crustacean Biology**, 20(2): 238-245.

FISCHER, R.A. 1930. **The genetical theory of natural selection**. 2ª Ed. Dover, New York, 291p.

FONTELES-FILHO, A.A. 1989. **Recursos pesqueiros: biologia e dinâmica populacional**. Imprensa Oficial do Ceará, Fortaleza, 296p.

FRANSOZO, A. & F.L. MANTELATTO. 1998. Population structure and reproductive period of the tropical hermit crab *Calcinus tibicen* (Decapoda: Diogenidae) in the region of Ubatuba, São Paulo, Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, 18(4): 738-745.

GARCIA, R.B. & F.L. MANTELATTO. 2001. Population dynamics of the hermit crab *Paguristes erythrops* (Diogenidae) from Anchieta Island, southern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 81(6): 955-960.

GRAY, I.E. 1961. Changes in abundance of the commensal crabs of *Chaetopeterus*. **The Biological Bulletin**, 120(3): 353-359.

HARRISON, J.S. 2004. Evolution, biogeography, and the utility of mitochondrial 16s and COI genes in phylogenetic analysis of the grab genus *Austinixa* (Decapoda: Pinnotheridae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 30(3): 743-754.

HARRISON, J.S. & P.W. HANLEY. 2005. *Austinixa aidae* Righi, 1967 and *A. hardyi* Heard and Manning, 1997 (Decapoda: Brachyura: Pinnotheridae) synonymized, with comments on molecular and morphometric methods in crustacean taxonomy. **Journal of Natural History**, 39(42): 3649-3662.

HEARD, R.W. & R.B. MANNING. 1997. *Austinixa*, a new genus of pinnotherid crab (Crustacea: Decapoda: Brachyura), with the description of *A. hardyi*, a new species from Tobago, West Indies. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, 110(3): 393-398.

HUTCHINSON, G.E. 1981. **Introducción a la ecologia de poblaciones**. Editorial Blume, Barcelona, 492p.

JONES, J.B. 1977. Natural history of the pea crab in Wellington Harbour, New Zealand. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, 11: 667-676.

LARDIES, M.A.; ROJAS, J.R. & I.S. WEHRTMANN. 1998. Breeding biology of the shrimp *Betaeus emarginatus* inhabiting a rock pool environment in central-southern Chile (Decapoda: Caridae: Alpheidae). **Ophelia**, 49(3): 221-231.

LITULO, C; MAHANJANE, Y. & F.L. MANTELATTO. 2005. Population biology and breeding period of the sand-bubbler crab *Dotilla fenestrata* (Brachyura: Ocypodidae) from Southern Mozambique. **Aquatic Ecology**, 39(3): 305-313.

MANNING R.B. & B. MORTON. 1987. Pinnotherids (Crustacea: Decapoda) and leptonaceans (Mollusca: Bivalvia) associated with sipunculan worms in Hong Kong. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, 100(3): 543-551.

MANNING, R.B. & D.L. FELDER. 1989. The *Pinnixa cristata* complex in Western Atlantic, with a descriptions of two new species (Crustacea: Decapoda: Pinnotheridae). **Smithsonian Contributions to Zoology**, 473: 1-26.

MANTELATTO, F.L. 1995. **Biologia reprodutiva de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) na região de Ubatuba (SP)**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista. 147p.

MANTELATTO, F.L. & A. FRANSOZO. 1999a. Reproductive biology and moulting cycle of the crab *Callinectes ornatus* (Decapoda, Portunidae) from the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. **Crustaceana**, 72(1): 63-76.

MANTELATTO, F.L. & A. FRANSOZO. 1999b. Characterization of the physical and chemical parameters of Ubatuba Bay, northern coast of São Paulo State, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, 59(1): 23-31.

MANTELATTO, F.L. & L.M. SOUSA. 2000. Population biology of the hermit crab *Paguristes tortugae* Schmitt, 1933 (Anomura, Diogenidae) from Anchieta Island, Ubatuba, Brazil. **Nauplius**, 8(2): 185-193.

MANTELATTO, F.L.; FRANSOZO, A. & M.L. NEGREIROS-FRANSOZO. 1995. Population structure of *Hepatus pudibundus* (Decapoda: Calappidae) in Fortaleza Bay, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, 43(1-3): 265-270.

MARTINELLI, J.M.; MANTELATTO, F.L. & A. FRANSOZO. 2002. Population structure and breeding season of the south Atlantic hermit crab *Loxopagurus loxochelis* (Anomura, Diogenidae) from the Ubatuba region, Brazil. **Crustaceana**, 75(6): 791-802.

MARTINS, S.T.S. & F. D'INCAO. 1996. Os Pinnotheridae de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Brasil (Decapoda, Brachyura). **Revista Brasileira de Zoologia**, 13(1): 1-26.

MCDERMOTT, J.J. 1981. Biology of the symbiotic crab *Pinnixa cylindrica* (Say) (Decapoda, Pinnotheridae). **Proceedings of the Pennsylvania Academy of Science**, 55: 23-27.

MCDERMOTT, J.J. 2005. Biology of the brachyuran crab *Pinnixa chaetopterana* Stimpson (Decapoda: Pinnotheridae) symbiotic with tubicolous polychaetes along the Atlantic coast of the United States, with additional notes on other polychaete associations. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, 118(4): 742-764.

MCDERMOTT, J.J. 2006. The biology of *Austinixa gorei* (Manning & Felder, 1989) (Decapoda, Brachyura, Pinnotheridae) symbiotic in the burrows of intertidal ghost shrimp (Decapoda, Thalassinidea, Callianassidae) in Miami, Florida. **Crustaceana**, 79(3): 345-361.

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

MELO, G.A.S. 1999. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea, Astacidea**. Plêiade/FAPESP, São Paulo, 551p.

MOSSOLIN, E.C.; SHIMIZU, R.M. & S.L.S. BUENO. 2006. Population structure of *Alpheus armillatus* (Decapoda, Alpheidae) in São Sebastião and IlhaBela, southeastern Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, 26(1): 48-54.

NARCHI, W. 1973. **Crustáceos**. Ed. da Universidade de São Paulo/Polígono, São Paulo, 116p.

NEGREIROS-FRANSOZO, M.L; FRANSOZO, A. & A.L.D. REIGADA. 1994. Biologia populacional de *Epialtus brasiliensis* Dana, 1852 (Crustacea, Majidae). **Revista Brasileira de Biologia**, 54(1): 173-180.

PARDO, L.M.; PIRAUD, F.; MANTELATTO, F.L. & F.P. OJEDA. 2007. Ontogenetic pattern of resource use by the tiny hermit crab *Pagurus villosus* (Paguridae) from the temperate Chilean coast. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 353(1): 68-79.

PEARCE, J.B. 1966a. On *Pinnixa faba* and *Pinnixa littoralis* (Decapoda: Pinnotheridae) symbiotic with the clam, *Tresus capax* (Pelecypoda: Maetridae). pp 565-589. *In*: H. Barnes (ed.), **Some contemporary studies in Marine Science**. Allen Unwin Ltd., London.

PEARCE, J.B. 1966b. The biology of the mussel crab, *Fabia subquadrata*, from the waters of San Juan Archipelago, Washington. **Pacific Science**, 20: 3-35.

PERES, L.A. 2005. **Aspectos bioecológicos do ermitão *Loxopagurus loxochelis* (Moreira, 1901) (Anomura, Diogenidae) em duas áreas do litoral norte de São Paulo, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 150p.

PEZZUTO, P.R. 1998. Population dynamics of *Sergio mirim* (Rodrigues 1971) (Decapoda: Thalassinidea: Callianassidae) in Cassino Beach, Southern Brazil. **Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli: Marine Ecology**, 19(2): 89-109.

PINHEIRO, M.A.A. & O.S.L. TERCEIRO. 2000. Fecundity and reproductive output of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Brachyura, Portunidae). **Crustaceana**, 73(9): 1121-1137.

PINHEIRO, M.A.A. & A. FRANSOZO. 2002. Reproduction of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Brachyura: Portunidae) on the Brazilian coast near 23°30'S. **Journal of Crustacean Biology**, 22(2): 416-428.

PIRES-VANIN, A.M.S. 1989. **Estrutura e dinâmica da megafauna bêntica na plataforma continental da região norte do Estado de São Paulo**. Tese de Livre-Docente, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 172p.

RIGHI, G. 1967. Sobre alguns Decapoda do Brasil (Crustacea, Brachyura: Pinnotheridae e Parthenopidae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, 20: 99-116.

ROCHA, G.R.A.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; PIRES-VANIN, A.M.S. & L.S.H. SOARES. 2007. Trophic models of São Sebastião Channel and continental shelf systems, SE Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 2(2): 149-162.

RODRIGUES, S.A. 1966. **Estudos sobre *Callianassa*: Sistemática, Biologia e Anatomia**. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. 169p.

RODRIGUES, S.A. & R.M. SHIMIZU. 1997. Autoecologia de *Callichirus major* (Say, 1818). **Oecologia Brasiliensis**, 3(1): 155-170.

SANTOS, S. 1994. **Biologia reprodutiva de *Portunus spinimanus* Latreille, 1819 (Crustacea, Brachyura, Portunidae) na região de Ubatuba (SP)**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista. 158p.

SASTRY, A.N. 1983. Ecological aspects of reproduction. pp 179-270. *In*: F.J. Vernberg & W.B. Vernberg (eds.), **The Biology of Crustacea VIII**. Environmental Adaptations. Academic Press, New York.

SCHMIEGELOW, J.M.M. 2004. **O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas**. Interciência, Rio de Janeiro, 202p.

SCHMITT, W.L.; MCCAIN, J.C. & E.S. DAVIDSON. 1973. Family Pinnotheridae. Brachyura I. pp 1-160. *In*: H.E. GRUNER & L.B. HOLTHUIS (eds.), **Crustaceorum Catalogus**. The Hague: W. Junk.

SHIMIZU, R.M. & S. ROSSO. 2000. Influence of an oil spill on the abundance of *Callichirus major* (Say, 1818) on a sand beach in southeastern Brazil (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). **Nauplius**, 8(1): 63-72.

SOUSA, J.R.B. & C.A. BORZONE. 2003. A extração do corrupto, *Callichirus major* (Say) (Crustacea, Thalassinidea), para uso como isca em praias do litoral do Paraná: as populações exploradas. **Revista Brasileira de Zoologia**, 20(4): 625-630.

SOUZA, J.R.B. & N.M. GIANUCA. 1995. Zonation ans seasonal variation of the intertidal macrofauna on a sandy beach of Parana State, Brazil. **Scientia Marina**, 59(2): 103-111.

STURGES, H.A. 1926. The choise of a class interval. **Journal of the American Statistical Association**, 21: 65-66. *apud* Beer, C.F. & J.W.H. Swanepoel. 1999. Simple and effective number-of-bins circumference selectors for a histogram. **Statistics and Computing**, 9: 27-35.

TURRA, A. & F.P.P. LEITE. 2000. Population biology and growth of three sympatric species of intertidal hermit crab in south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom**, 80(6): 1061-1069.

WARNER, G.F. 1977. **The biology of crabs**. Elek Science, London, 202p.

WENNER, A.M. 1972. Sex ratio as a function of size in marine Crustacea. **The American Naturalist**, 106(949): 321-350.

WILLIAMS, A.B. 1984. **Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida**. Smithsonian Institution Press, Washington, 550p.

WYNBERG, R.P. & G.M. BRANCH. 1991. An assessment of bait-collecting for *Callianassa kraussi* Stebbing in Langebaan Lagoon, western Cape, and of associated avian predation. **South African Journal of Marine Science**, 11: 141-152.

ZAR, J.H. 1996. **Biostatistical Analysis**. Prentice-Hall, New Jersey, 907p.

ZMARZLY, D.L. 1992. Taxonomy review of pea crabs in the genus *Pinnixa* (Decapoda: Brachyura: Pinnotheridae) occurring on the California shelf, with descriptions of two new species. **Journal of Crustacean Biology**, 12(4): 677-713.

Capítulo II

Crescimento relativo e características corporais relacionadas à vida simbiótica do caranguejo *Austinixa aidae* (Brachyura: Pinnotheridae) da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP

Resumo

Os caranguejos Pinnotheridae apresentam um desenvolvimento pós-larval complexo, que envolve um acentuado dimorfismo sexual e uma série de adaptações morfológicas ao seu estilo de vida simbionte. Este grupo vive tipicamente associado a outros animais, como na cavidade do manto de moluscos bivalves, sobre equinodermos e ascídias, dentro de tubos de poliquetos ou galerias de outros crustáceos. Este capítulo trata de aspectos biológicos do caranguejo *Austinixa aidae*, coletado nas galerias construídas por *Callichirus major* da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP. Foram estudadas as características corporais, o crescimento relativo, a maturidade e o dimorfismo sexual destes indivíduos. A população de *A. aidae* desta praia não apresentou diferença estatisticamente significativa do tamanho (largura da carapaça: LC) entre machos e fêmeas, corroborando o padrão encontrado para outras espécies do gênero, entretanto as fêmeas atingem os maiores tamanhos registrados para a espécie. Quanto às características corporais, averiguou-se que as quelas direita e esquerda de um mesmo indivíduo não apresentam diferença estatisticamente significativa, divergindo do descrito para outros Brachyura. O comprimento da carapaça é proporcionalmente mais estreito nos indivíduos adultos do que nos juvenis, nos quais esta é arredondada. O crescimento relativo evidenciou alterações morfológicas processadas ao longo da ontogenia dos animais relacionadas à maturidade sexual da espécie. De acordo com o reconhecido papel do quelípodo e do abdômen nas funções reprodutivas respectivamente de machos e de fêmeas de Brachyura, foram observadas alterações nas taxas de alometria no comprimento máximo do própodo dos quelípodos dos machos e na largura do abdômen das fêmeas. Propõe-se como tamanho provável para a maturação de *A. aidae* o intervalo entre 5,1 e 5,2 mm (LC). Os quelípodos são muito utilizados por machos de Brachyura no comportamento de defesa e de coorte às fêmeas, desta forma as mudanças nas taxas de crescimento destas estruturas constituem ótimos indicadores da maturidade sexual deste grupo. Já nas fêmeas, a largura do abdômen é muito representativa na determinação da maturidade morfológica. Assim como o encontrado para as outras espécies do gênero, os machos de *A. aidae* adquirem a maturidade sexual simultaneamente às fêmeas em relação ao tamanho. Em muitos casos a maturidade morfológica dos Brachyura está associada à maturidade gonadal, permitindo inferir que os indivíduos morfologicamente maduros sejam, também, funcionalmente maduros.

Introdução

Ao longo do crescimento, os Crustacea geralmente possuem as dimensões das estruturas corpóreas aumentando em diferentes taxas, o que é referido como crescimento relativo ou alométrico (Hartnoll, 1978; 1982). Mais especificamente, o crescimento relativo é a relação entre o crescimento de uma parte do corpo, ou de um órgão, em relação ao todo (medida de referência) ao longo do tempo (Teissier, 1960; Hartnoll, 1982).

Uma das medidas corporais é normalmente considerada como a dimensão de referência ou variável independente (x), ou seja, é a medida que representa o tamanho geral do animal, por exemplo a largura da carapaça. A outra dimensão em estudo no crescimento relativo é a variável dependente (y), como exemplo o comprimento do quelípodo e a largura do abdômen. Quando as duas variáveis são plotadas uma contra a outra e a proporção das duas dimensões permanece constante, o resultado é uma linha reta indicando que o crescimento é isométrico (ou isogônico). Também pode-se obter uma curva como resultado da mudança da proporção do crescimento, indicando o crescimento alométrico (ou heterogônico) (Hartnoll, 1982).

O crescimento relativo pode ser representado por um modelo matemático utilizando-se da fórmula: $Y = aX^b$, onde "a" é a intersecção de Y, e "b" a constante de crescimento alométrico, ou taxa de crescimento relativo. Se a formula é transformada em termos logarítmicos temos: $\log Y = \log a + b.\log X$. Consequentemente, log Y irá produzir uma reta linear contra o log X, a inclinação da reta possui o valor de "b". Quase todos os exemplos do crescimento relativo em Crustacea podem ser ajustados nesta correlação, porém não é baseado em qualquer entendimento do mecanismo que controla o crescimento relativo (Hartnoll, 1982).

O valor de "b" também define o tipo de crescimento alométrico. Se "b" é maior que 1 há alometria positiva, quando a variável cresce mais rápido que o tamanho do corpo. Quando "b" é igual a 1 há isometria. Se "b" é menor que 1, há alometria negativa, quando a variável cresce mais lentamente do que o tamanho do corpo (Hartnoll, 1982). Quando estão envolvidas duas variáveis de grandezas diferentes no estudo do crescimento relativo, como a relação entre a largura da carapaça e o peso, o valor de "b" passa a ter isometria igual a 3 (Valenti, 1984).

Embora todo crescimento relativo de crustáceos possa ser representado pela fórmula do crescimento alométrico, os parâmetros da equação da variável dependente podem não ser constantes durante a ontogenia do animal (Hartnoll, 1982). Mudanças abruptas no valor de "b" podem ocorrer em determinadas fases "críticas" da vida do animal, como na passagem da fase larval para o juvenil ou deste para o adulto (Hartnoll, 1982; Mantelatto & Fransozo, 1994; Massunari *et al.*, 2005).

Os Crustacea são particularmente atrativos para realização de estudos de crescimento relativo por possuírem um exoesqueleto rígido, que cresce descontinuamente através do processo de muda, e que permite mensurações acuradas (Hartnoll, 1982). Estas

descontinuidades no crescimento, ou mudanças bruscas nas proporções das dimensões, podem ser detectadas num gráfico de dispersão dos pontos empíricos através de um ponto de inflexão (Mantelatto & Fransozo, 1992; Massunari & Dissenha, 2005). Além destes atrativos, os Crustacea apresentam grandes diferenças na forma corporal, e consequentemente em taxas de crescimento associadas ao sexo e a puberdade dos indivíduos (Hartnoll, 1978; 1982).

O desenvolvimento do dimorfismo sexual em Decapoda, que em estágios iniciais não é tão evidente, ocorre por diferenças nos padrões do crescimento relativo entre machos e fêmeas. Existem partes do corpo que apresentam padrões fortes e consistentes de variação de alometria associados à maturação das gônadas, como exemplo a quela dos machos e o abdômen das fêmeas de Brachyura (Hartnoll, 1978; 1982). Estas estruturas estão associadas às atividades reprodutivas de cada sexo, e são elementos de dimorfismo sexual na fase adulta. As dimensões associadas à maturação e atividade reprodutiva crescem numa taxa maior do que a da carapaça (crescimento alométrico positivo) (Hartnoll, 1982).

A maturidade sexual é compreendida como um conjunto de transformações morfológicas e fisiológicas, pela qual os indivíduos jovens ou imaturos alcançam a habilidade de produzir gametas que podem fecundar ou ser fecundados (Mantelatto & Fransozo, 1996). Em muitos casos a maturidade morfológica está associada à maturidade gonadal, permitindo inferir que os indivíduos morfologicamente maduros sejam, também, funcionalmente maduros (Hartnoll, 1982). Por essa característica, estudos de crescimento relativo vêm sendo usados para determinar a maturidade sexual de Brachyura, levando em consideração as mudanças na estrutura corporal (Mantelatto & Fransozo, 1994; Mantelatto & Fransozo, 1996; Alves & Pezzuto, 1999; Reigada & Negreiros–Fransozo, 1999; Alves *et al*., 2005).

A natureza e a extensão das descontinuidades no crescimento variam, geralmente, ocorrendo mais abruptamente após a muda puberal (Hartnoll, 1978). Em Crustacea, o dimorfismo das quelas dos machos maduros pode estar relacionando à defesa territorial, combates interespecíficos, exibições, além do cortejo e sustentação da fêmea durante a cópula (Hartnoll, 1974; Mantelatto & Martinelli, 2001). Nas fêmeas de Brachyura, o abdômen torna-se mais largo do que o dos machos, e está relacionado a ovoposição, a fixação e o incubamento da massa de ovos (Hartnoll, 1982). Além disso, há o aumento das setas dos pleópodos e da borda abdominal (Mantelatto & Fransozo, 1994; 1999).

Os principais fatores que controlam o crescimento absoluto dos crustáceos são: o controle hormonal do crescimento (muda); os efeitos dos fatores externos; os padrões de crescimento; e a determinação da idade (Hartnoll, 2001). Porém, apesar do grande número de trabalhos que enfocaram o crescimento de crustáceos nos últimos 20 anos, muitas questões permanecem sem resposta ou correspondem somente a especulações (Hartnoll, 2001; Garcia, 2003).

Os caranguejos Pinnotheridae apresentam um desenvolvimento pós-larval complexo, que envolve um acentuado dimorfismo sexual e uma série de adaptações morfológicas ao seu estilo de vida simbionte (Campos, 1993). A família vive tipicamente associada a outros animais, como na cavidade do manto de moluscos bivalves, sobre equinodermos e ascídias, dentro de tubos de poliquetos ou galerias de outros crustáceos (Alves & Pezzuto, 1998; Harrison & Hanley, 2005).

O formato corporal de *Austinixa*, largo (mais que duas vezes o comprimento da carapaça) e curto anteroposteriormente, além do terceiro par de pernas locomotoras mais desenvolvido (Heard & Manning, 1997), é presumivelmente uma adaptação ao estilo de vida simbionte, que facilita a locomoção feita lateralmente dentro das galerias estreitas construídas por seus hospedeiros (Zmarzly, 1992; McDermott, 2006). Até o momento foram encontrados apenas dois trabalhos dedicados exclusivamente ao estudo do crescimento relativo do referido gênero: Alves & Pezzuto (1999) e Alves *et al.*, (2005), ambos relacionados à *A. patagoniensis* (RATHBUN, 1918). Além destes, são registrados alguns estudos morfométricos realizados com *A. gorei* (MANNING & FELDER, 1989) conduzidos por McDermott (2006).

Especificamente para *Austinixa aidae* (RIGHI, 1967), nada é reportado sobre esse tema.

O conhecimento sobre as taxas de crescimento dos animais são essenciais para que seja possível inferir o papel etário de cada indivíduo na população (Hepper, 1967; Mantelatto & Fransozo, 1992), além de conhecer o tamanho em que os indivíduos atingem a maturidade sexual, participando efetivamente do crescimento populacional, ou seja, deixando descendentes.

Em comparações intraespecíficas e interespecíficas é conveniente conhecer as diferenças e/ou as similaridades relacionadas aos tamanhos dos indivíduos, já que os fatores externos podem alterar a taxa de crescimento da população (Wenner *et al.*, 1974). Tratando-se de uma espécie simbionte, pode-se inferir ainda que possíveis características do hospedeiro também possam acarretar modificações nos parâmetros populacionais e biológicos das espécies associadas (Alves *et al.*, 2005).

Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram descrever o crescimento relativo e características corporais que podem estar relacionadas à vida simbionte de *A. aidae* da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, espécie associada ao Callianassidae *C. major*; estimando o tamanho em que ocorre a maturidade sexual e verificando a existência de dimorfismo sexual nesta população.

Além disso, objetivou-se comparar padrões apresentados por esta espécie e a congênere *A. patagoniensis*, residente em duas diferentes latitudes e hospedeiros da costa Sul do Brasil, por meio de resultados obtidos em outros estudos disponíveis na literatura científica.

Material e Métodos

Coleta e Análise dos Dados

As coletas foram realizadas bimestralmente, próximas à margem direita da barra do Rio Indaiá (23°24'59.99"S, 45°03'17.13"W), na região intermareal da Praia do Perequê-Açu, durante as marés baixas diurnas, de Maio/2005 a Setembro/2006 (**Figura 1** pág. 18). Os caranguejos foram capturados por meio de bombas manuais de sucção, que eram acionadas nas aberturas das galerias construídas pelo corrupto *C. major* (metodologia estabelecida por Rodrigues, 1966). O sedimento extraído das galerias era colocado em peneiras de malha de 1 mm de abertura para a triagem dos animais, que posteriormente foram congelados e analisados em laboratório. O esforço amostral foi de duas horas e realizado por quatro pessoas.

Os Pinnotheridae tiveram o sexo reconhecido por meio da análise dos pleópodos. Nos machos os pleópodos são localizados no primeiro e segundo segmentos abdominais, são longos e finos, diferenciados em gonopódios que são utilizados na cópula. Nas fêmeas são localizados do segundo ao quinto segmentos, são curtos, onde os ovos ficam aderidos (Narchi, 1973). Foram classificados como juvenis aqueles que não apresentaram estas estruturas diferenciadas em machos e fêmeas.

As medidas dos indivíduos foram tomadas sob esteriomicroscópio óptico (Zeiss® Stemi SV6) com câmara clara de precisão 0,1 mm, sendo elas: a largura da carapaça (LC), o comprimento da carapaça (CC), largura do abdômen (LA) (medida entre o quarto e o quinto somito abdominal), a altura máxima (AQE, AQD) e o comprimento máximo (CQE, CQD) (da margem proximal do própodo até a extremidade do dedo fixo) do própodo do quelípodo esquerdo e direito (**Figura 2**). Os machos também tiveram o comprimento do gonopódio (GN) mensurado. Para checar possíveis mudanças no peso relacionadas a maturidade sexual, foi tomado o peso úmido (PU) dos indivíduos com uma balança eletrônica de precisão 0,0001 g (Scientech® AS 210).

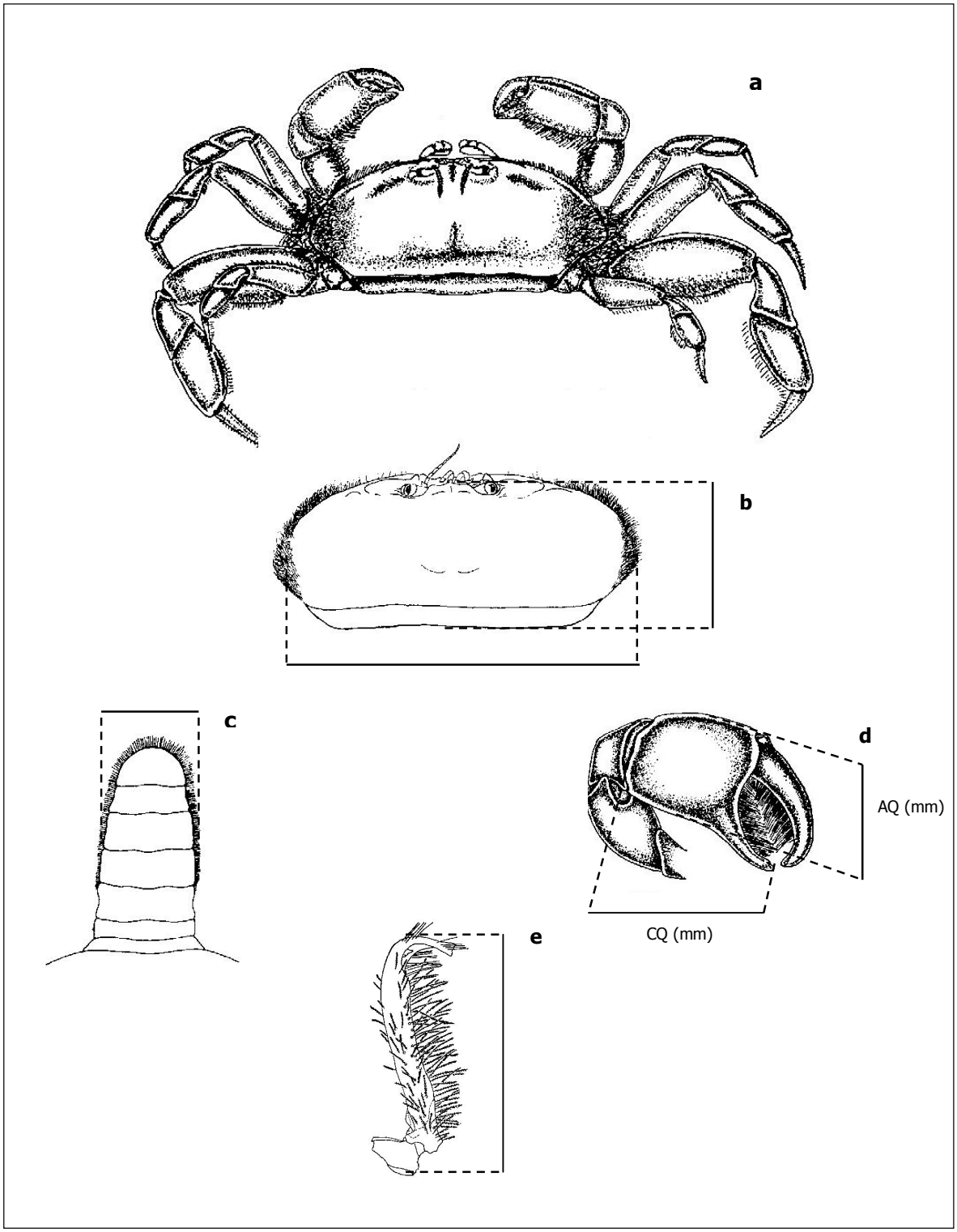


Figura 2. *Austinixa aidae*, fêmea ovígera holótipo (8,498 mm LC) (a), carapaça (b), abdômen (macho) (c), quelípodo (macho) (d), e gonopódio (e) (modificado de Righi, 1967 e Manning & Felder, 1989. Largura da carapaça (LC), comprimento da carapaça (CC), largura do abdômen (LA) (entre o 4º e 5º somito abdominal), altura máxima e (AQ) comprimento máximo do própodo do quelípodo (CQ), e comprimento do gonopódio (GN).

As diferenças entre os tamanhos (LC) de machos e de fêmeas foram testadas pelo *Mann-Whitney Rank Sum Test*, que compara a diferença das médias da LC destes dois grupos de interesse, identificando se ocorre diferença estatística significativa.

Para verificar a presença ou ausência de dimorfismo quelar (heteroquelia) em *A. aidae* também foi aplicado o *Mann-Whitney Rank Sum Test*, que compara a diferença das médias da AQ e o CQ, direito e esquerdo.

A largura da carapaça foi utilizada como medida de referência (variável independente, "x") no estudo do crescimento relativo, por ser a dimensão mais representativa do tamanho geral do corpo do animal (Hartnoll, 1982), contra a qual foram testadas as demais dimensões corporais (variável dependente, "y"). As demais dimensões foram escolhidas por estarem relacionadas com as respectivas atividades reprodutivas de cada sexo, e/ou por constituírem fatores determinantes do dimorfismo sexual (Hartnoll, 1982).

Foram realizadas análises de regressão linear, ajustado a equação potência $Y = aX^b$, para cada dimensão corporal contra a variável independente. Os pontos de inflexão e a identificação de alterações na alometria ao longo da ontogenia dos animais foram identificados nos gráficos de dispersão, e assim determinadas as equações das retas para cada segmento.

Para verificar a isometria ou alometria no crescimento utilizou-se o test-t de Student, comparando estatisticamente os valores de "b" em relação a unidade, para as dimensões de tamanho (H_0: $b = 1$; H_1: $b \neq 1$) e peso (H_0: $b = 3$; H_1: $b \neq 3$), identificando se as inclinações e interceptos das retas diferem dentro de cada relação de alometria, com nível de significância de 5% ($\alpha < 0,05$), seguindo metodologia de Biagi & Mantelatto (2006).

Foram observados o tamanho máximo e mínimo de machos e de fêmeas, o tamanho mínimo das fêmeas ovígeras e a extensão do período reprodutivo desta espécie. Os períodos reprodutivos foram identificados a partir dos cálculos das porcentagens de fêmeas ovígeras em relação ao total de fêmeas nas amostras, em cada mês de coleta (Alves & Pezzuto, 2005).

Todas as análises estatísticas foram feitas com o programa Sigma-Stat® 2.03, segundo procedimentos de Zar (1996) adotando nível de significância de $P < 0,05$.

Resultados

Características Corporais

O tamanho (largura da carapaça) dos machos de *A. aidae* variou de 2 a 10,1 mm (5,79 ± 2,19 mm, média e desvio padrão, respectivamente), o das fêmeas variou de 2,5 a 10,5 mm (6,10 ± 1,95 mm). Não houve diferença estatística significativa entre o tamanho de ambos ($P > 0,05$). A menor fêmea ovígera possuía tamanho de 5,1 mm. O tamanho dos juvenis variou de 1,4 a 3,8 mm (2,39 ± 0,51 mm). O menor indivíduo coletado foi um juvenil com 1,4 mm e o maior uma fêmea ovígera com 10,5 mm. Os valores médios, mínimos e máximos de cada dimensão dos grupos de interesse estão expostos na **Tabela 1**.

Os própodos quelares esquerdo e direito de *A. aidae* não possuem diferença estatisticamente significativa em relação à altura máxima do própodo do quelípodo (AQ) e comprimento máximo do própodo do quelípodo (CQ) ($P = 0,931$ e $P = 0,942$, respectivamente), para o total de indivíduos. O mesmo resultado foi observado para machos ($P = 0,897$; $P = 0,772$), fêmeas ($P = 0,982$; $P = 0,822$) e juvenis ($P = 0,513$; $P = 0,577$), individualmente. Tendo em vista a inexistência de diferença estatística entre estas variáveis, neste estudo foram consideradas somente as medidas do própodo quelar esquerdo para o estudo do crescimento relativo.

A largura da carapaça dos machos é em média 2,4 ± 0,4 vezes o comprimento da carapaça, em quanto que nas fêmeas a média é 2,4 ± 0,3 e nos juvenis a média é 1,9 ± 0,3. Os indivíduos pertencentes às primeiras classes de tamanho possuem a carapaça mais arredondada do que estreita antero-posteriormente, ao contrário da carapaça dos adultos que são mais largas do que compridas.

Crescimento Relativo

A análise do crescimento relativo foi realizada para 246 machos, 263 fêmeas e 74 juvenis de *A. aidae*, a qual evidenciou diferenças nas taxas de crescimento de algumas medidas corporais de machos e de fêmeas deste caranguejo (**Tabela 2**).

O comprimento da carapaça de machos, fêmeas e juvenis de *A. aidae* apresentou crescimento alométrico negativo ($b < 1$), sem a presença de pontos de transição (**Figura 3** e **Tabela 2**).

Tabela 1. Valores médios, mínimos e máximos das dimensões de *Austinixa aidae* coletados na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Para cada grupo de interesse: largura da carapaça (LC), comprimento da carapaça (CC), largura do abdômen (LA), altura máxima (AQE) e o comprimento máximo (CQE) do própodo do quelípodo esquerdo, peso úmido (PU), e comprimento do gonopódio (GN). Número de indivíduos (n), média (x), desvio padrão (dp). Todos os valores são expressos em mm, com exceção do PU que está expresso em g.

Dimensão	Grupo de interesse	n	x ± dp	Mínimo	Máximo
LC	Macho	246	5,79 ± 2,19	2	10,1
	Fêmea	263	6,10 ± 1,95	2,5	10,5
	Juvenil	74	2,39 ± 0,51	1,4	3,8
CC	Macho	246	2,31 ± 0,67	1,1	3,8
	Fêmea	263	2,48 ± 0,67	1,2	4,2
	Juvenil	74	1,28 ± 0,19	0,9	1,8
LA	Macho	244	1,43 ± 0,48	0,5	2,3
	Fêmea	261	3,74 ± 2,06	0,6	7,7
	Juvenil	69	0,65 ± 0,19	0,4	1,4
AQE	Macho	238	1,13 ± 0,59	0,2	2,5
	Fêmea	252	1 ± 0,38	0,3	2
	Juvenil	69	0,33 ± 0,07	0,2	0,5
CQE	Macho	238	2,06 ± 0,95	0,5	4
	Fêmea	253	1,97 ± 0,68	0,8	3,6
	Juvenil	69	0,73 ± 0,17	0,4	1,2
PU	Macho	219	0,0597 ± 0,0535	0,0001	0,2022
	Fêmea	225	0,0600 ± 0,0495	0,0001	0,2173
	Juvenil	70	0,0016 ± 0,0024	0,0001	0,0116
GN	Macho	240	1,66 ± 0,59	0,4	2,7

O crescimento da largura do abdômen dos machos apresentou alometria negativa, sem a presença de pontos de transição (**Figura 4**). Para as fêmeas e juvenis o crescimento foi alométrico positivo, entretanto nas fêmeas, com um ponto de quebra na dispersão dos pontos e inflexão em 5,2 mm (LC). Machos e fêmeas apresentaram correlação positiva entre esta dimensão e a LC (r = 0,98, r = 0,98; $P < 0,05$).

A altura máxima do própodo do quelípodo dos machos e fêmeas (**Figura 5**) exibiu um crescimento alométrico positivo, sem a presença de pontos de transição. Para juvenis o crescimento foi alométrico negativo, também sem postos de transição. Cabe ressaltar que a precisão utilizada neste estudo pode não prover uma interpretação adequada para essa dimensão.

O comprimento máximo do própodo do quelípodo dos machos apresentou crescimento alométrico positivo, com uma descontinuidade dos pontos e um pequeno aumento na inclinação da reta em 5,2 mm (LC) (**Figura 6**). Para fêmeas o crescimento foi alométrico positivo e nos juvenis o padrão de crescimento foi isométrico, sendo que em nenhum desses casos foram detectados pontos de transição.

O peso úmido dos machos apresentou crescimento alométrico positivo, com a presença de um ponto de inflexão em 5,7 mm (LC), a partir do qual houve uma grande diminuição na constante de crescimento alométrico. Nas fêmeas o crescimento foi alométrico positivo até um ponto de transição em 5,4 mm (LC), a partir do qual o crescimento passou para isométrico. Nos juvenis o crescimento foi alométrico positivo e sem a presença de pontos de transição (**Figura 7**).

Os gonopódios (GN) apresentaram um crescimento isométrico e sem a presença de pontos de transição (**Figura 8**).

Maturidade e Dimorfismo Sexual

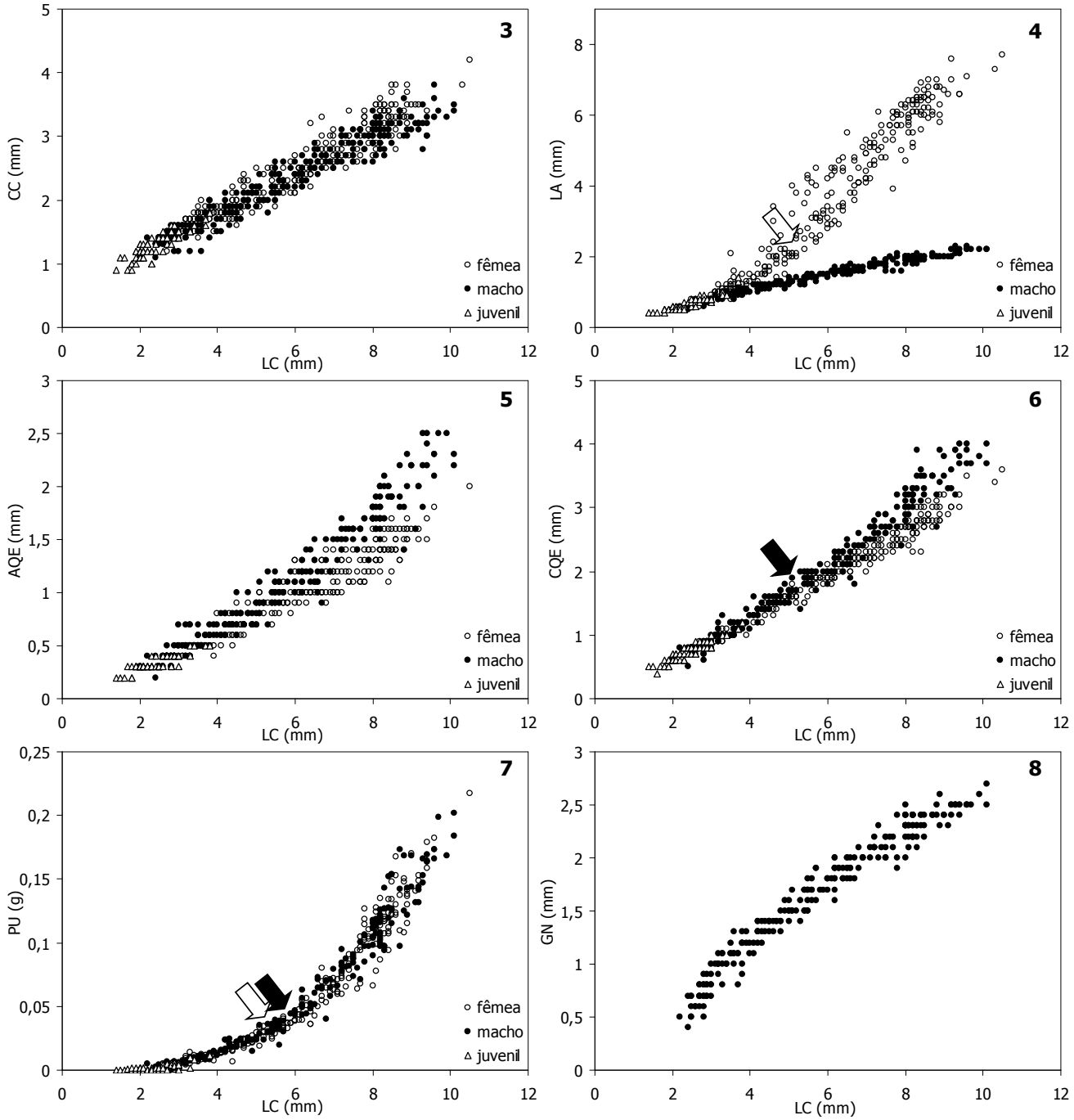
A maturidade sexual dos machos de *A. aidae* foi identificada a partir da dispersão dos pontos empíricos e dos valores obtidos nas equações de regressão, esta ocorreu em aproximadamente 5,2 mm (LC). O ponto de diferenciação do crescimento foi observado nas relações envolvendo o CQE/LC (**Figura 6** e **Tabela 2**).

Nas fêmeas a maturidade sexual ocorreu em aproximadamente 5,1 e 5,2 mm (LC), o que corresponde ao tamanho da menor fêmea ovígera coletada (5,1 mm LC) e o ponto de transição no crescimento da LA/LC (**Figura 4** e **Tabela 2**).

A diferenciação sexual da espécie ocorre predominantemente a partir de 3,0 mm (LC), onde é possível observar a transição de juvenis para machos ou fêmeas (**Figura 3**, **4**, **6**, **5** e **7**).

Tabela 2. Equações de regressão para as relações: comprimento da carapaça (CC), largura do abdômen (LA), altura máxima (AQE) e o comprimento máximo (CQE) do própodo do quelípodo esquerdo, peso úmido (PU), e comprimento do gonopódio (GN), pela largura da carapaça (LC), calculadas separadamente para machos, fêmeas e juvenis de *Austinixa aidae* coletados na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Número de indivíduos (n), equação calculada para a totalidade dos dados (Total) na ausência de pontos de transição significativos, coeficiente de correlação (r), alometria (a), positiva (+), negativa (-), isometria (=), inclinação da reta ou constante de crescimento alométrico (b). Os segmentos correspondem ao tamanho da medida de referência (LC), e estão expressos em milímetros. $P < 0,05$. Todas as correlações foram significativas.

Dimensão	Sexo	n	Segmento	$Y = aX^b$	r	a	b
	Macho	246	Total	$y = 0,671x^{0,711}$	0,967	-	0,711
CC	Fêmea	263	Total	$y = 0,628x^{0,764}$	0,956	-	0,764
	Juvenil	74	Total	$y = 0,743x^{0,627}$	0,861	-	0,627
	Macho	244	Total	$y = 0,303x^{0,884}$	0,985	-	0,884
LA	Fêmea	97	< 5,2	$y = 0,134x^{1,724}$	0,897	+	1,724
		164	> 5,2	$y = 0,213x^{1,581}$	0,893	+	1,581
	Juvenil	70	Total	$y = 0,228x^{1,197}$	0,916	+	1,197
	Macho	238	Total	$y = 0,096x^{1,379}$	0,974	+	1,379
AQE	Fêmea	252	Total	$y = 0,114x^{1,193}$	0,965	+	1,193
	Juvenil	69	Total	$y = 0,156x^{0,854}$	0,847	-	0,854
	Macho	102	< 5,2	$y = 0,243x^{1,197}$	0,949	+	1,197
CQE		136	> 5,2	$y = 0,195x^{1,312}$	0,949	+	1,312
	Fêmea	255	Total	$y = 0,275x^{1,084}$	0,989	+	1,084
	Juvenil	69	Total	$y = 0,308x^{0,978}$	0,922	=	0,978
	Macho	108	< 5,7	$y = 0,00002x^{4,557}$	0,808	+	4,557
		110	> 5,7	$y = 0,0003x^{2,834}$	0,957	+	2,834
PU	Fêmea	135	< 5,4	$y = 0,0001x^{3,646}$	0,796	+	3,646
		90	> 5,4	$y = 0,0002x^{3,133}$	0,961	=	3,133
	Juvenil	70	Total	$y = 0,000x^{5,000}$	0,601	+	5,000
GN	Macho	240	Total	$y = 0,279x^{1,013}$	0,970	=	1,013



Figuras 3-8. *Austinixa aidae*, relação entre: comprimento (CC) e a largura da carapaça (LC) de juvenis, machos e fêmeas (**3**); largura do abdome (LA) e a largura da carapaça (LC) de juvenis, machos e fêmeas (**4**); altura máxima do própodo do quelípodo esquerdo (AQE) e a largura da carapaça (LC) de juvenis, machos e fêmeas (**5**), comprimento máximo do própodo do quelípodo esquerdo (CQE) e a largura da carapaça (LC) de juvenis, machos e fêmeas (**6**); peso úmido (PU) e a largura da carapaça (LC) de juvenis, machos e fêmeas (**7**); gonopódios (GN) e a largura da carapaça (LC) de machos (**8**), coletados nas galerias de *Callichirus major* da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. A seta indica a presença de área de transição (setas brancas: fêmeas; setas pretas: machos).

Discussão

Comparando os tamanhos (LC) de machos e de fêmeas de *A. aidae*, os resultados obtidos foram similares aos encontrados em outros estudos realizados com o gênero, como para *A. patagoniensis* (Alves & Pezzuto, 1998; Alves *et al.*, 2005) e *A. gorei* (McDermott, 2006), onde os sexos não apresentaram diferenças significativas. Em *A. aidae* as fêmeas alcançaram maiores tamanhos (10,5 mm) que os machos, divergindo do encontrado para *A. patagoniensis* em Balneário Cassino/RS (Alves & Pezzuto, 1999), e similar a esta mesma espécie em Balneário Camboriú/SC (Alves *et al.*, 2005) (**Tabela 3**).

Tabela 3. Tamanho máximo de machos e de fêmeas, tamanho mínimo de fêmeas ovígeras e o período reprodutivo de *Austinixa patagoniensis* das praias de Balneário Cassino/RS e Balneário Camboriú/SC, e *Austinixa aidae* da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP. Todas as medidas referem-se à largura da carapaça (mm). Dados de *A. patagoniensis* obtidos por Alves & Pezzuto (1998) e Alves *et al.* (2005).

Localidade (Latitude)	**Tamanho máximo**		**Tamanho mínimo**	**Período reprodutivo**
	Macho	**Fêmea**	**Fêmeas ovígeras**	
Balneário Cassino (32°13'S)	11,5	11,5	8,0	Sazonal (outubro a março)
Balneário Camboriú (26°59'S)	13,6	13,1	7,9	Contínuo
Praia do Perequê-Açu (23°24'S)	10,1	10,5	5,1	Sazonal contínuo

Quando comparado o tamanho máximo registrado para outros membros do gênero, *A. aidae* é ligeiramente menor que *A. patagoniensis* e maior que *A. gorei*, *A. cristata*, *A. behreae* e *A. chacei* (ver Manning & Felder, 1989; Alves & Pezzuto, 1998; McDermott, 2006, para revisão), o que provavelmente está relacionado às diferenças na dinâmica dos locais onde as espécies foram estudadas, implicando em disponibilidade de recursos no ambiente, efeitos da predação, influência da latitude.

As dimensões dos própodos quelares (AQ e CQ) esquerdo e direito de *A. aidae* representam confiavelmente o tamanho destas estruturas quando comparadas entre si, sendo que ambas não diferem em tamanho, forma e, provavelmente, função. A mesma similaridade entre as quelas direita e esquerda de um mesmo indivíduo foi observada para *A. patagoniensis* de duas localidades do Sul do Brasil (Alves & Pezzuto, 1999; Alves *et al.*, 2005). Esta situação apresentada pelas espécies diverge com o descrito por Hartnoll (1982) como uma situação freqüente encontrada em Decapoda, e que ocorre em vários níveis de heteroquelia em Brachyura.

A forma e o tamanho dos quelípodos são parâmetros relevantes para esta infra-ordem, já que são utilizados nas interações reprodutivas e agonísticas, assim como na alimentação

(Negreiros-Fransozo & Fransozo, 2003). O dimorfismo dos quelípodos entre os sexos ocorre em diversas espécies de Pinnotheridae (Manning & Felder, 1989; Zmarzly, 1992; Alves *et al.*, 2005). Em adultos de *A. aidae*, os quelípodos são fortes com a palma quadrangular nos machos, e retangular com as margens convexas nas fêmeas (Melo, 1996).

O comprimento da carapaça dos adultos de *A. aidae* é proporcionalmente mais estreito que o dos indivíduos juvenis, sendo que a largura possui em média 2,4 vezes o seu comprimento (**Capítulo I**). Essas características compartilhadas entre os gêneros *Pinnixa* e *Austinixa* foram sugeridas por Zmarzly (1992), Heard & Manning (1997) e McDermott (2006) como sendo adaptações ao estilo de vida simbionte, habitando galerias de Callianassidae ou tubos de Polychaeta construtores de tocas estreitas. O corpo largo e mais delgado antero-posteriormente facilitaria a locomoção dentro destes abrigos construídos por seus hospedeiros.

O estudo do crescimento relativo, assim como outros realizados com espécies do gênero *Austinixa* (Alves & Pezzuto, 1999; Alves *et al.*, 2005), permitiu constatar que algumas alterações morfológicas processadas ao longo da ontogenia de *A. aidae* encontram-se relacionadas com a aquisição da maturidade sexual, sendo que o tamanho estabelecido é coincidente com o da menor fêmea ovígera. Entretanto, um grande número de trabalhos utilizou outros indicadores para avaliar a transição entre as fases juvenil e adulto, como exemplos estão a análise do desenvolvimento gonadal e o tamanho da menor fêmea ovígera (Mantelatto & Fransozo, 1994; Mantelatto & Fransozo, 1996; Mantelatto & Fransozo, 1999; Biagi & Mantelatto, 2006).

O comprimento da carapaça de machos e de fêmeas não apresentaram variações significativas, o que é verificado pela sutil diferença entre as taxas de crescimento (valor de "b", **Tabela 2**) da relação LC/CC de ambos os sexos. Este padrão é verificado para diversas espécies de Brachyura (Hartnoll, 1982; Alves *et al.*, 2005), assim como para *A. patagoniensis* (Alves & Pezzuto, 1999; Alves *et al.*, 2005), evidenciando a pouca utilidade desta dimensão na diferenciação (dimorfismo) sexual.

A largura do abdômen dos machos é mais estreita do que a das fêmeas, evidenciando o dimorfismo sexual, padrão observado para muitas espécies de Brachyura (Hartnoll, 1974; Manning & Felder, 1989; Pinheiro & Fransozo, 1993; Melo, 1996; Coelho, 1997; Alves & Pezzuto, 1999; Alves *et al.*, 2005). Nos machos, esta estrutura está relacionada com a sustentação e proteção dos gonopódios (Hartnoll, 1982).

O alargamento do abdômen das fêmeas é mais evidente a partir da maturidade sexual, o qual desempenha a função, em conjunto com o esterno, de incubação e proteção dos ovos (Hartnoll, 1982). Em Pinnotheridae, as descontinuidades no crescimento relativo do abdômen estão relacionadas à maturidade sexual das fêmeas (Pohle & Telford, 1982; Bell, 1988; Alves & Pezzuto, 1999; Alves *et al.*, 2005), visando beneficiar o mecanismo de incubação pleopodial. Um ponto evidencia a fase de transição do crescimento do abdômen das fêmeas de *A. aidae* em 5,2

mm (LC), onde houve uma diminuição na constante do crescimento relativo, e que aparentemente representa o ponto da muda puberal. O tamanho de maturação é corroborado pelo tamanho mínimo encontrado para as fêmeas ovígeras (5,1 mm LC).

Segundo Hartnoll (1978), a taxa de crescimento relativo do abdômen tende a decrescer assim que atinge um tamanho funcional. Isso ocorre porque qualquer aumento desproporcional na largura do abdômen pode diminuir a eficiência do mecanismo de incubação de ovos, e criar dificuldades para o organismo caminhar (Hartnoll, 1982).

Em machos de *A. aidae* foi possível identificar um ponto, que muito provavelmente está relacionado à aquisição da maturidade sexual, na relação envolvendo o CQE em 5,2 mm (LC). Os quelípodos dos machos são intensamente utilizados por Brachyura na defesa territorial, combates e cortejo às fêmeas, o que faz com que estas estruturas tenham um tamanho funcional na maturidade (Hartnoll, 1974; 1978; 1982), embora não haja registro destes comportamentos para machos do gênero *Austinixa*. O significado do desenvolvimento pleno das quelas somente na maturidade está relacionado à economia de recursos, minimizando o desperdício de energia que o aumento destas estruturas causariam durante os instares iniciais (Hartnoll, 1982).

As fêmeas não apresentaram quebras nem mudanças de alometria no crescimento das quelas, embora as relações tenham apresentado alometria positiva. Em diversas espécies de Pinnotheridae ocorre o dimorfismo dos quelípodos entre os sexos (Manning & Felder, 1989; Zmarzly, 1992). As **Figuras 5** e **6** indicaram um menor investimento no crescimento destas estruturas corpóreas nas fêmeas, provavelmente, em função da não utilização dos quelípodos em combates territoriais ou para cortejo de parceiros, diferentemente dos machos, alocando a energia do crescimento somático para outras partes.

O peso úmido dos caranguejos machos apresentou uma quebra da continuidade dos pontos em 5,7 mm (LC) que, aparentemente, não está relacionado a maturidade sexual. As fêmeas apresentaram descontinuidade nesta medida em 5,4 mm (LC), o que provavelmente está relacionado a maturidade sexual estimada. Nos juvenis esta medida não apresentou pontos de transição, provavelmente devido ao pouco peso e a acuracidade das medidas.

Em alguns casos, o gonopódio é a melhor dimensão para se estimar o tamanho do início da maturidade em machos, por possuir um forte coeficiente de alometria, como em alguns casos para espécies do gênero *Panopeus* (Negreiros-Fransozo & Fransozo, 2003). Entretanto, neste estudo, o crescimento desta dimensão foi isométrico e não foram identificadas quebras na continuidade do crescimento.

De acordo com o reconhecido papel do quelípodo e do abdômen nas funções reprodutivas dos Brachyura (Hartinoll, 1982; Alves *et al.*, 2005), foram observadas quebras no

crescimento e alterações nas taxas de alometria do comprimento máximos do própodo do quelípodo (5,2 mm LC) de machos, e na largura do abdômen das fêmeas (5,2 mm LC).

Neste estudo, assumiu-se como tamanho provável de maturação de *A. aidae* em 5,2 mm (LC) para machos, e o intervalo compreendido entre 5,1 e 5,2 mm (LC) para fêmeas. As estruturas (quelípodos) utilizadas na determinação da maturidade são muito utilizadas por machos de Brachyura no comportamento de defesa e coorte às fêmeas, mudanças nas taxas de crescimento destas estruturas indicam a maturidade sexual deste grupo de interesse (Hartnoll, 1982). Já nas fêmeas, a largura do abdômen é muito representativa na determinação da maturidade morfológica.

Em muitos casos a maturidade morfológica está associada à maturidade gonadal, permitindo inferir que os indivíduos morfologicamente maduros sejam, também, funcionalmente maduros (Hartnoll, 1982). Geralmente a muda pré-puberal é identificada por uma mudança no nível de alometria e a muda puberal marca o fim da fase imatura e é caracterizada por mudanças bruscas no crescimento (Hartnoll, 1974; 1978; 1982). Entretanto neste estudo não é proposto um tamanho da muda pré-puberal.

Os tamanhos de maturidade de *A. patagoniensis*, em estudos de crescimento relativo, foram estimados entre 7,8 e 7,9 mm (LC) para os machos (obtido a partir de pontos de transição no crescimento da quela), e 7,9 a 8,3 mm (LC) para as fêmeas (obtido a partir de pontos de transição no crescimento do abdome). Os tamanhos de maturidade de ambos sexos foram idênticos para as populações da Praia do Cassino/RS (associados a *Sergio mirim*) e da população de Balneário Camboriú/SC (associados a *C. major*) (Alves & Pezzuto, 1999; Alves *et al.*, 2005). Assim como para *A. patagoniensis*, os machos de *A. aidae* adquirem a maturidade sexual com tamanho aproximado ao das fêmeas.

Referencias Bibliográficas

ALVES, E.S. & P.R. PEZZUTO. 1998. Population dynamics of *Pinnixa patagoniensis* Rathbun, 1918 (Brachyura: Pinnotheridae) a symbiotic crab of *Sergio mirim* (Thalassinidea: Callianassidae) in Cassino Beach, Southern Brazil. **Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli: Marine Ecology**, 19(1): 37-51.

ALVES, E.S. & P.R. PEZZUTO. 1999. Crescimento relativo de *Austinixa patagoniensis* (Rathbun, 1918) (Decapoda: Pinnotheridae), simbionte de *Sergio mirim* (Rodrigues, 1971) (Decapoda: Callianassidae) na praia do Cassino, RS. **Nauplius**, 7(1): 83-92.

ALVES, E.S; RODRIGUES, S.A. & P.R. PEZZUTO. 2005. Estudo do crescimento relativo de *Austinixa patagoniensis* (Rathbun) (Decapoda, Pinnotheridae) simbionte de *Callichirus major* (Say) (Decapoda, Callianassidae) no mesolitoral da praia de Balneário Camboriú, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22(3): 784-792.

BELL, J.L. 1988. Distribution and abundance of *Dissodactylus mellitae* Rathbun (Pinnotheridae) on *Mellita quinquiesperforata* (Leske) (Equinodermata). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 117(2): 93-114.

BIAGI, R. & F.L. MANTELATTO. 2006. Relative growth and sexual maturity of the hermit crab *Paguristes erythrops* (Anomura, Diogenidae) from South Atlantic. **Hydrobiologia**, 559(1): 247-254.

CAMPOS, E. 1993. Systematics and taxonomic remarks on *Pinnotheres muliniarum* Rathbun, 1918 (Crustacea: Brachyura: Pinnotheridae). **Proceedings of the Biological Society of Washington**, 106(1): 92-101.

COELHO, P.A. 1997. Revisão do gênero *Pinnixa* White, 1846, no Brasil (Crustacea, Decapoda, Pinnotheridae). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 25: 163-193.

GARCIA, R.B. 2003. **Dinâmica populacional e reprodutiva do ermitão *Paguristes erytrops* (Anomura, Diogenidae) da Ilha Anchieta, Ubatuba (SP)**. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 302p.

HARRISON, J.S. & P.W. HANLEY. 2005. *Austinixa aidae* Righi, 1967 and *A. hardyi* Heard and Manning, 1997 (Decapoda: Brachyura: Pinnotheridae) synonymized, with comments on molecular and morphometric methods in crustacean taxonomy. **Journal of Natural History**, 39(42): 3649–3662.

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

HARTNOLL, R.G. 1978. The determination of relative growth in Crustacea. **Crustaceana**, 34(3): 282-292.

HARTNOLL, R.G. 1982. Growth. pp 11-196. *In*: D.E. Bliss (Ed.). **The biology of Crustacea, Embriology, Morphology, and Genetics**. Academic Press Inc., New York.

HARTNOLL, R.G. 2001. Growth in Crustacea – twenty years on. **Hydrobiologia**, 449(1-3): 111-122.

HEARD, R.W. & R.B. MANNING. 1997. *Austinixa*, a new genus of pinnotherid crab (Crustacea: Decapoda: Brachyura), with the description of *A. hardyi*, a new species from Tobago, West Indies. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, 110(3): 393-398.

HEPPER, B.T. 1967. On the growth at moulting of lobsters (*Homarus vulgaris*) in Cornwall and Yorshire. **Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom**, 47: 629-643.

MANNING, R.B. & D.L. FELDER. 1989. The *Pinnixa cristata* complex in Western Atlantic, with a description of two new species (Crustacea: Decapoda: Pinnotheridae). **Smithsonian Contributions to Zoology**, 473: 1-26.

MANTELATTO F.L. & A. FRANSOZO. 1992. Relação peso/largura da carapaça no caranguejo *Hepatus pudibundus* (Herbst, 1785) (Crustacea, Decapoda, Calappidae) na região de Ubatuba, SP, Brasil. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, 35(4): 719-724.

MANTELATTO F.L. & A. FRANSOZO. 1994. Crescimento relativo e dimorfismo sexual de *Hepatus pudibundus* (Herbst, 1785) (Decapoda, Brachyura) no litoral paulista. **Papéis Avulsos de Zoologia**, 39(4): 33-48.

MANTELATTO F.L. & A. FRANSOZO. 1996. Size at sexual maturity in *Callinectes ornatus* (Brachyura, Portunidae) from the Ubatuba Region (SP), Brazil. **Nauplius**, 4(1): 29-38.

MANTELATTO F.L. & A. FRANSOZO. 1999. Relative growth of the crab *Sesarma rectum* Randall 1840 (Decapoda, Brachyura, Grapsidae) from Bertioga, São Paulo, Brazil. **Pakistan Journal of Marine Sciences**, 5(1): 11-21.

MANTELATTO, F.L. & J.M. MARTINELLI. 2001. Relative growth and sexual dimorphism of the South Atlantic hermit crab *Loxopagurus loxochelis* (Anomura, Diogenidae) from Ubatuba, Brazil. **Journal of Natural History**, 35(3): 429–437.

MASUNARI, S. & N. DISSENHA. 2005. Alometria no crescimento de *Uca mordax* (Smith) Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22(4): 984-990.

MASUNARI, S.; DISSENHA, N. & R.C. FALCÃO. 2005. Crescimento relativo e destreza dos quelípodos de *Uca maracoani* (Latreille) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) no Baixio Mirim, Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22(4): 974-983.

MCDERMOTT, J.J. 2006. The biology of *Austinixa gorei* (Manning & Felder, 1989) (Decapoda, Brachyura, Pinnotheridae) symbiotic in the burrows of intertidal ghost shrimp (Decapoda, Thalassinidea, Callianassidae) in Miami, Florida. **Crustaceana**, 79(3): 345-361.

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

NARCHI, W. 1973. **Crustáceos**. Ed. da Universidade de São Paulo - Polígono, São Paulo, 116p.

NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. & V. FRANSOZO. 2003. A morphometric study of the mud crab, *Panopeus austrobeus* Williams, 1983 (Decapoda, Brachyura) from a subtropical mangrove in South America. **Crustacena**, 76(3): 281-294.

PINHEIRO, M.A.A. & A. FRANSOZO. 1993. Relative growth of the sperckerd swimming crab *Arenaeus cribarius* (Lamarck, 1818) (Brachyura: Portunidae) near Ubatuba, State of São Paulo, Brazil. **Crustaceana**, 65(3): 377-389.

POHLE, G & M. TELFORD. 1982. Post-larval growth of *Dissodactylus primitivus* Bouvier, 1917 (Brachyura: Pinnotheridae) under laboratory condition. **Bulletin of Marine Science**, 33(2): 257-273.

REIGADA, A.L.D. & M.L. NEGREIROS–FRASOZO. 1999. Maturidade sexual em *Hepatus pudibundus* (Decapoda, Brachyura, Calappidae). **Iheringia Série Zoológica**, 86: 159-164.

RIGHI, G. 1967. Sobre alguns Decapoda do Brasil (Crustacea, Brachyura: Pinnotheridae e Parthenopidae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, 20: 99-116.

RODRIGUES, S.A. 1966. **Estudos sobre *Callianassa*: Sistemática, Biologia e Anatomia**. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. 169p.

TEISSIER, G. 1960. Relative growth. pp 537-560 .*In*: T.H. Waterman (Ed.). **The physiology of Crustacea: Metabolism and Growth**. Academic Press Inc., New York.

VALENTI, W.C. 1984. **Estudo populacional dos camarões de água doce *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) e *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Palaemonidae)**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. 149p.

WENNER, A.M.; FUSARO, C. & A. OATEN. 1974. Size at onset sexual maturity and growth rate in crustaceans populations. **Canadian Journal of Zoology**, 52(9): 1095-1106.

ZMARZLY, D.L. 1992. Taxonomy review of pea crabs in the genus *Pinnixa* (Decapoda: Brachyura: Pinnotheridae) occurring on the California shelf, with descriptions of two new species. **Journal of Crustacean Biology**, 12(4): 677-713.

Capítulo III

Estratégias reprodutivas do caranguejo *Austinixa aidae* (Brachyura: Pinnotheridae) da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP

Resumo

O objetivo deste estudo foi conhecer as estratégias reprodutivas de *Austinixa aidae*, caranguejo simbionte nas galerias de *Callichirus major* da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba, litoral Norte do Estado de São Paulo. As fêmeas ovígeras foram coletadas bimestralmente de Maio/2005 a Setembro/2006 na região intermareal da praia (durante as marés baixas). Foi determinado o número de ovos incubados por indivíduos de todas as classes de tamanho e de todos os bimestres coletados (exceto Julho/2005), além das condições de desenvolvimento dos ovos, seu diâmetro e volume. Um total de 55 fêmeas ovígeras foram coletadas durante o período, representando 20,8% do total de fêmeas coletadas. As fêmeas ovígeras possuem tamanhos variando de 5,1 a 10,5 mm de largura da carapaça (LC). 78,2 % das fêmeas ovígeras coletadas portavam ovos em estágio inicial de desenvolvimento, 14,5 e 7,3% em estágio intermediário e final, respectivamente. A fecundidade potencial individual (n = 25) variou de 204 (5,1 mm LC) a 2039 ovos (8,1 mm LC), com média de 1024 ± 441 ovos. O volume dos ovos não apresentou diferença estatisticamente significativa durante a embriogênese compreendida entre o estágio inicial de desenvolvimento para o intermediário, e desse para o estágio final (P = 0,116). Foi constatada uma relação exponencial na relação entre o tamanho das fêmeas e o número de ovos (r = 0,72), demonstrando que a fecundidade aumenta de acordo com o tamanho das fêmeas. O mesmo padrão foi observado nas relações entre o número de ovos e o peso úmido (r = 0,66). *A. aidae* apresenta uma estratégia reprodutiva com padrões característicos de crustáceos Decapoda, com evidencias de eficiência reprodutiva no local onde a população está instalada.

Introdução

Crustáceos Brachyura exibem uma grande variedade de estratégias reprodutivas que maximizam a sobrevivência da descendência e a manutenção do estoque populacional em níveis adequados (Hartnoll & Gould, 1988). Crescimento, ciclo de muda, desenvolvimento gonadal, padrão reprodutivo, maturidade morfológica e fecundidade são importantes aspectos que vem sendo usados para acessar a biologia reprodutiva destes crustáceos (Pinheiro & Terceiro, 2000).

O estudo da fecundidade é um importante parâmetro utilizado na determinação do potencial reprodutivo de uma espécie e/ou do tamanho de seu estoque populacional, o qual possibilita inferir sobre suas adaptações/estratégias reprodutivas às condições ambientais (Sastry, 1983; Mantelatto & Fransozo, 1997). Este parâmetro pode ser influenciado por fatores como habitat, recursos intra/inter específicos, e o modo de vida da espécie (Sastry, 1983).

A fecundidade pode ser entendida como o número de ovos em estágio inicial de desenvolvimento, exteriorizados por desova, que se encontram aderidos aos pleópodos da fêmea (Sastry, 1983). Analisar a fecundidade a partir de fêmeas que portam ovos recentemente exteriorizados, reduz o erro referente a perda ao longo das fases de desenvolvimento e aos fatores predação, aborto e parasitismo (Mantelatto & Fransozo, 1997).

Outro fator de relevância ecológica em estudos sobre reprodução é o tamanho dos ovos, que em muitos casos é o único modo de se estimar quantitativamente a contribuição de uma geração de indivíduos à sua progênie (Timofeev & Sklyar, 2001). O volume dos ovos é considerado um indicador da quantidade de energia para o desenvolvimento do embrião, portanto, a estimativa do volume dos ovos é importante para se compreender os mecanismos que as populações utilizam para adaptar-se ao ambiente e sobreviver (Hernáez & Palma, 2003).

Durante o desenvolvimento o volume do ovo aumenta devido ao crescimento do embrião. O crescimento é controlado pela grossura e resistência da membrana, que se opõe ao aumento do volume do ovo (Lardies & Wehrtmann, 1996). Isso demonstra a importância da membrana na sobrevivência do embrião, sobre tudo para espécies estabelecidas na região intermareal que estão submetidas a uma maior pressão de dessecação, já que esta estrutura pode ser um dos fatores que regula a troca de fluidos internos e o meio externo (Hernáez & Palma, 2003).

Geralmente, a fecundidade é positivamente correlacionada com o tamanho ou o peso das fêmeas ovígeras (Ogawa & Rocha, 1976), e também pode ser marcadamente afetada por alguns fatores ambientais (Pinheiro & Terceiro, 2000). A estimativa da fecundidade é obtida utilizando modelos matemáticos observados em gráficos, relacionando o número de ovos ao tamanho/peso das fêmeas ovígeras (Pinheiro & Terceiro, 2000). Dentre os modelos utilizados para descrever essas relações, a função potencia $y = ax^b$ vem sendo usada pela maioria dos

pesquisadores (Pinheiro & Fransozo, 1995; Mantelatto & Fransozo, 1997; Mantelatto & Garcia, 1999).

O período e a intensidade da reprodução podem ser estimados com base na ocorrência e freqüência de fêmeas ovígeras e/ou de fêmeas com o completo desenvolvimento gonadal durante o ano (Pinheiro & Terceiro, 2000; Turra & Leite, 2000). O conhecimento adquirido na elucidação destas características ecológicas, e de fatores próximos que controlam a reprodução, pode prover um melhor entendimento das histórias de vida e estratégias reprodutivas das espécies (Sastry, 1983).

Poucos estudos foram encontrados na literatura científica tratando a fecundidade no gênero *Austinixa*. Alguns destes estudos abordaram esse parâmetro incluindo-o em estudos mais amplos sobre a dinâmica populacional e sobre a biologia de *A. patagoniensis* (Alves & Pezzuto, 1998) e *A. gorei* (McDermott, 2006), respectivamente. Quanto a *A. aidae*, não foi encontrado nenhum estudo sobre sua fecundidade ou biologia reprodutiva.

Objetivos

O objetivo deste estudo foi determinar a estratégia reprodutiva relacionada à fecundidade da população de *Austinixa aidae*, espécie associada ao Callianassidae *Callichirus major* da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba, litoral Norte do Estado de São Paulo. Provendo informações adicionais sobre o tamanho dos ovos, comparando as relações entre o tamanho e o peso das fêmeas com a fecundidade, e suas relações com os parâmetros ambientais. Considerando a proximidade ecológica (de simbiose) em *Austinixa* pretende-se comparar estes aspectos reprodutivos de *A. aidae* com as outras espécies deste grupo.

Material e Métodos

Os caranguejos foram coletados conforme metodologia estabelecida nos capítulos anteriores (**Figura 1** pág. 18).

A temperatura da água e a salinidade foram tomadas antes do início de cada coleta com um termômetro de mercúrio (escala: -10~200°C, Incoterm®) e com um refratômetro óptico de mão (salinidade: 0~100‰, Atago®), respectivamente.

Em laboratório, após o descongelamento, os indivíduos tiveram a largura da carapaça (LC) e largura do abdômen (LA) mensuradas sob estereomicroscópio óptico (Zeiss® Stemi SV6) com câmara clara de precisão 0,1 mm (**Figura 2**). O peso úmido (PU) total das fêmeas ovígeras foi aferido com balança eletrônica de precisão 0,0001 g (Scientech® AS 210), após a remoção do excesso de água com papel absorvente, para verificar possíveis correlações deste parâmetro com o número de ovos. Após esses procedimentos os espécimes foram fixados e conservados em álcool 80% e depositados na Coleção de Crustáceos do Departamento de Biologia (CCDB) da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, sob numeração CCDB: 2102.

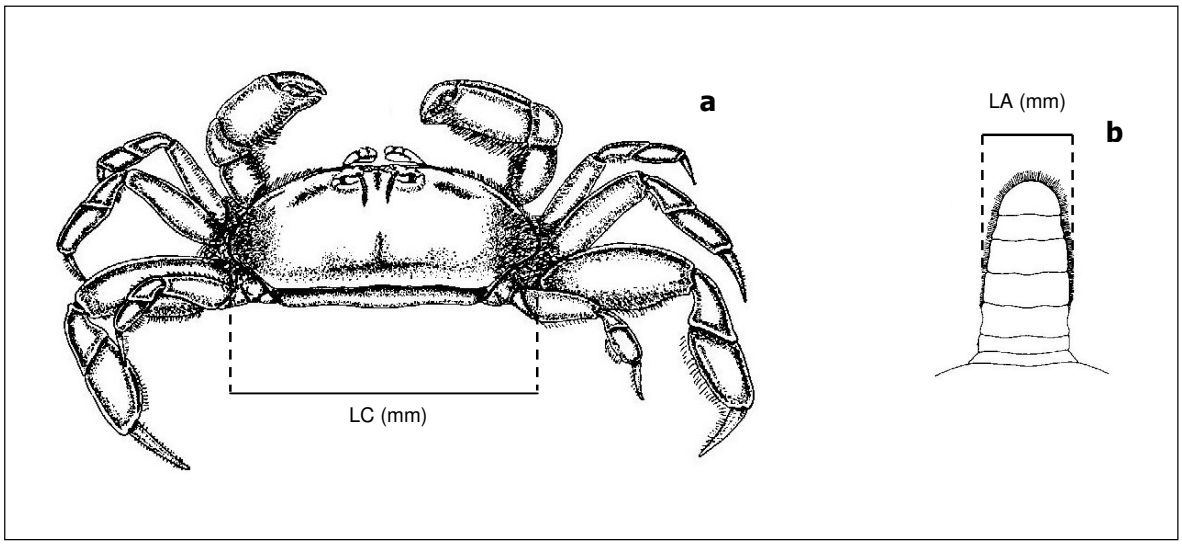


Figura 2. *Austinixa aidae*, fêmea ovígera holótipo (8,498 mm LC) (a); e detalhe do abdômen (macho) (b) (modificado de Righi, 1967). Largura da carapaça (LC), largura do abdômen (LA) (medida entre o 4º e 5º somito abdominal), em milímetros.

As fêmeas foram classificadas em três grupos de acordo com o tamanho, utilizando como referência o tamanho da menor fêmea ovígera, a razão entre a largura do abdômen e a largura da carapaça pela largura da carapaça, e a presença da massa de ovos aderida aos pleópodos, sendo elas: imaturas, fêmeas que possuem tamanhos < que 5,1 mm (LC); não ovígeras maduras, que possuem tamanhos ≥ 5,1 mm (LC) e sem a massa de ovos aderida aos pleópodos; e ovígeras, com a massa de ovos aderida aos pleópodos.

Para avaliar a normalidade da distribuição das fêmeas ovígeras de acordo com o tamanho dos indivíduos foi utilizado o *Normality Test* KS (Kolmogorov-Smirnov). O número de classes de tamanho foi determinado com a formula de Sturges (1926, *apud* Beer & Swanepoel, 1999): $k = 1 + \text{Log}_2 n$, onde "k" é o número de classes e "n" é o tamanho da amostra.

Todas fêmeas ovígeras coletadas tiveram a massa de ovos classificada de acordo com o estágio do desenvolvimento embrionário descrito por Boolootian *et al.*, (1959), e modificado por Mantelatto & Garcia (1999), que são representados por três estágios: inicial (estágios 1-4), gema ocupando todo o ovo ou 3/4 do espaço e com o olho não visível; intermediário (estágios 5-8), gema reduzida a 1/4 e aparecimento dos olhos; e final (estágios 9-10), Zoea visível e gema ausente.

A fecundidade potencial e o volume dos ovos da espécie foram analisados pela contagem dos ovos em estágio inicial de desenvolvimento, de 25 fêmeas ovígeras obtidas em condições naturais. Os ovos foram cuidadosamente removidos dos pleópodos com micro estiletes e contados com contador manual de produção de 4 dígitos (Hope®) sob o estereomicroscópio óptico. A contagem e o cálculo do volume dos ovos em estágios intermediário (n = 8) e final (n = 4) foram realizados para estimativa da perda de ovos e diferenças de volume ao longo das fazes de desenvolvimento embrionário.

O volume médio (mm^3) de cada ovo foi calculado de acordo com Jones & Simons (1983) pela formula $1/6\pi I^3$ (onde I é a média dos diâmetros máximo e mínimo, incluindo a membrana coriônica) de uma sub-amostra de 15 ovos por fêmea. Este método pode ser aplicado para ovos dos três estágios de desenvolvimento para avaliar mudanças (*Anova one way*) no volume durante o período de incubação. Os diâmetros máximo e mínimo de cada ovo foram mensurados sob o estereomicroscópio com câmara clara de precisão de 0,1 mm.

Foi utilizado um coeficiente de correlação para descrever as relações entre a LC e o PU das fêmeas ovígeras pelo número de ovos que carregavam (*Pearson Product Moment Correlation*). Foi analisada a fecundidade dentre as classes de tamanho (LC).

Para melhor visualização dos resultados em termos da fecundidade sazonal foram agrupadas as amostras bimestrais em Verão (Janeiro), Outono (Março e Maio), Inverno (Julho), Primavera (Setembro e Novembro) segundo Mantelatto & Garcia (1999).

Para avaliar a existência de correlação entre os fatores ambientais (temperatura da água e salinidade) e a abundância dos indivíduos, foi utilizado o *Pearson Product Moment Correlation*.

As análises estatísticas foram feitas com o pacote estatístico Sigma-Stat® 2.03, adotando nível de significância $P < 0,05$.

Resultados

Abundância e Fêmeas Ovígeras

Um total de 558 caranguejos foram coletados durante o período de estudo, 247 machos (42%), 210 fêmeas não ovígeras (35,7%), 55 fêmeas ovígeras (9,4%) e 76 juvenis (12,9%). A porcentagem de fêmeas ovígeras em relação ao total de fêmeas coletadas foi de 20,8%, com ocorrência durante todo o período amostral (exceto Julho/2005) e com porcentagens variando de 0 a 50% (**Tabela 1** e **Figura 10** da pág. 30). As atividades de reprodução anual (% de fêmeas ovígeras) foram mais intensas em Maio/2005 (50,0%), Novembro/2005 (41,2%) e Março-Maio/2006 (31,6 - 29,6%).

Tabela 1. Abundância bimestral de fêmeas de *Austinixa aidae* coletadas nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Porcentagem de fêmeas ovígeras em relação ao total de fêmeas (%).

Período de coleta	**Fêmeas**				**%**
	Imaturas	**Não ovígeras maduras**	**Ovígeras**	**Total**	
Maio/2005	4	5	9	18	50,0
Julho	18	6	0	24	0,0
Setembro	8	21	3	32	9,4
Novembro	3	17	14	34	41,2
Janeiro/2006	1	8	2	11	18,2
Março	15	11	12	38	31,6
Maio	10	9	8	27	29,6
Julho	23	16	3	42	7,1
Setembro	11	24	4	39	10,3
Total	**93**	**117**	**55**	**265**	**20,8**

As fêmeas ovígeras, portando ovos em diferentes estágios de desenvolvimento, possuem média de tamanho e desvio padrão de 8,1 ± 0,9 mm (LC), variando de 5,1 a 10,5 mm (LC). Vale ressaltar que apenas 3 destas possuíam tamanho inferior a 7 mm (LC), evidenciando que as fêmeas ovígeras ocorrem mais expressivamente na população a partir da 7ª classe de tamanho (7–l8 mm LC), com abundância variando até a última classe (10–l11 mm LC). A freqüência de distribuição de fêmeas ovígeras em classes de tamanho apresenta um padrão incomum bimodal (KS = 0,092) (**Figura 3**).

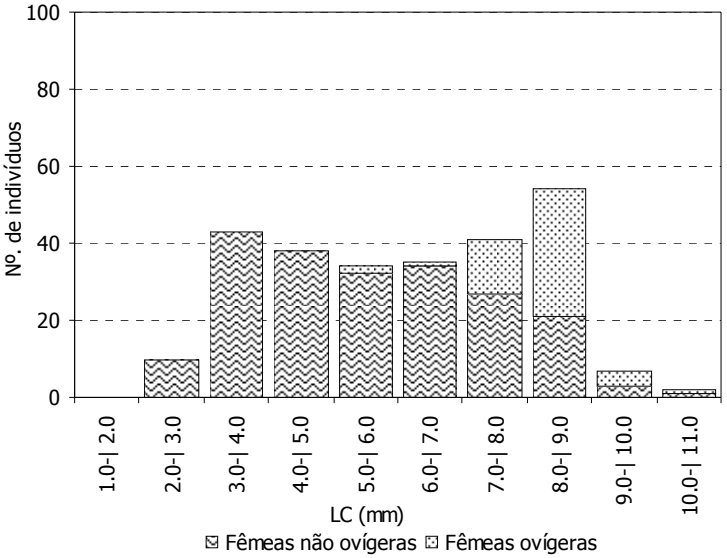


Figura 3. Distribuição de abundância de fêmeas não ovígeras e fêmeas ovígeras de *Austinixa aidae* em classes de tamanho, coletadas nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Largura da carapaça em mm [LC (mm)].

Foi possível identificar por meio da quebra na dispersão dos pontos empíricos (correlação entre as razões da LA/LC pela LC) e por meio do tamanho mínimo de fêmeas ovígeras desta população (5,1 mm LC), que fêmeas com razões ≥ 0,41 LA/LC e tamanhos ≥ 5,1 mm LC estão morfologicamente maduras (**Figura 4**). O que é corroborado pelo tamanho de maturidade sexual das fêmeas identificado no estudo do crescimento relativo (5,1-5,2 mm LC) (**Capítulo II**).

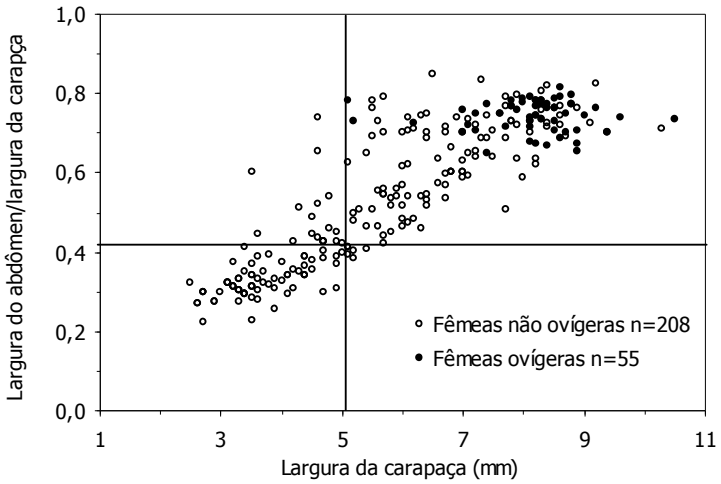


Figura 4. Razão entre a largura do abdômen e a largura da carapaça pela largura da carapaça de *Austinixa aidae* coletados nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Os pontos do quadrante superior direito correspondem às fêmeas morfologicamente maduras.

A maioria das fêmeas ovígeras coletadas portavam ovos recentemente exteriorizados (78,2%), ocorrendo durante todo o período de estudo com freqüências acima de 40% (exceção de Julho/2005) (**Tabela 2** e **Figura 5**). Esse padrão demonstra um ciclo reprodutivo anual, com incrementos sazonais (Reprodução Sazonal Contínua), e um rápido desenvolvimento embrionário. Fêmeas incubando ovos em estágio intermediário e final representaram 14,5 e 7,3% do total das fêmeas ovígeras coletadas, respectivamente. A freqüência destas fêmeas foi reduzida, e estiveram presentes nos meses descritos anteriormente como sendo de maior atividade reprodutiva.

Tabela 2. Abundância bimestral de fêmeas ovígeras de *Austinixa aidae* coletadas nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006, de acordo com o estágio de desenvolvimento embrionário dos ovos.

Período de coleta	**Estágio embrionário**			**Total**
	Inicial	**Intermediári**	**Final**	
Maio/2005	4	2	3	9
Julho	0	0	0	0
Setembro	3	0	0	3
Novembro	10	4	0	14
Janeiro/2006	2	0	0	2
Março	10	2	0	12
Maio	7	0	1	8
Julho	3	0	0	3
Setembro	4	0	0	4
Total	**43**	**8**	**4**	**55**

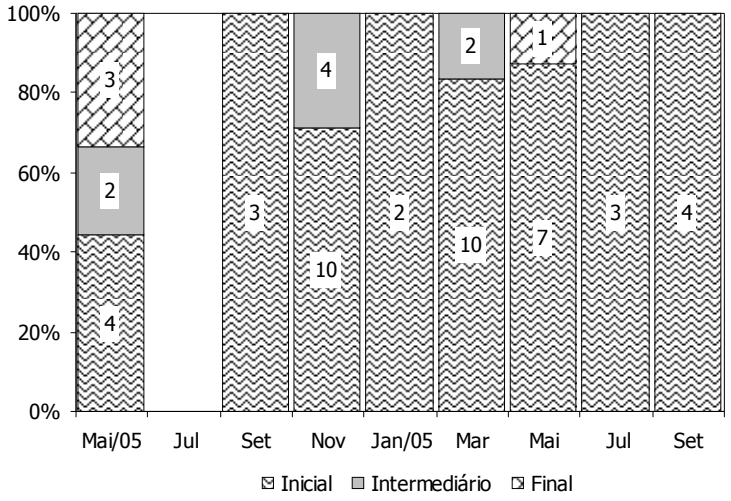


Figura 5. Freqüência bimestral de fêmeas ovígeras de *Austinixa aidae* com ovos em diferentes estágios de desenvolvimento embrionário, coletadas nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006. Valores dentro das barras = número de indivíduos.

Fecundidade

A fecundidade potencial individual variou de 204 (5,1 mm LC) a 2039 ovos (8,1 mm LC), com média de 1024 ± 441 ovos. Os ovos em estágio inicial possuem coloração alaranjada ou esbranquiçada, de forma arredondada, com diâmetro médio de 0,23 ± 0,02 mm e volume médio de 0,0061 ± 0,12 mm^3.

Os ovos em estágio intermediário e final possuem forma arredondada e fecundidade média de 965 ± 244 e 732 ± 369 ovos, respectivamente, evidenciando uma clara diminuição no número de ovos ao longo das fases de desenvolvimento embrionário. Seus volumes médios são de 0,0074 ± 0,0017 mm^3 e 0,0070 ± 0,0020 mm^3, respectivamente.

O incremento no volume dos ovos tende a aumentar durante a embriogênese compreendida entre o estágio de desenvolvimento inicial para o intermediário, e uma leve diminuição do estágio intermediário para o final. Porém, as médias de volume dos ovos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os estágios de desenvolvimento (P = 0,116).

A largura da carapaça e o peso úmido das fêmeas ovígeras de *A. aidae* possuem correlação positiva com a fecundidade (r = 0,72 e r = 0,66, respectivamente; $P < 0,05$) (**Figura 6**). A dispersão dos pontos revelou uma relação exponencial entre a LC e o número de ovos, demonstrando que a fecundidade aumenta de acordo com o aumento da LC. O mesmo padrão foi observado nas relações entre o PU e o número de ovos. O número de ovos tende a crescer junto com o aumento da largura da carapaça (**Figura 7**), com variação no número médio de ovos para cada classe de tamanho.

Ficaram evidentes as diferenças entre as médias sazonais do número de ovos, com as menores médias ocorrendo na Primavera/2005 e 2006 (611 ± 370 e 782 ± 504, repetitivamente), ressalvando que no Inverno/2005 não foi encontrada nenhuma fêmea ovígera (**Figura 8**). A maior média de número de ovos ocorreu em Outono/2005 (1276 ± 386). Os menores comprimentos da carapaça das fêmeas ovígeras ocorreram nas estações de menor fecundidade média (Primavera/2005 e 2006).

Não foi constatada nenhuma correlação estatística significativa entre a temperatura (r = - 0,237; P = 0,608) e também a salinidade (r = - 0,125; P = 0,789) pelo número total de indivíduos, assim como para fêmeas ovígeras individualmente ($P > 0,05$) (para mais informações ver **Fatores Ambientais**, pág. 22).

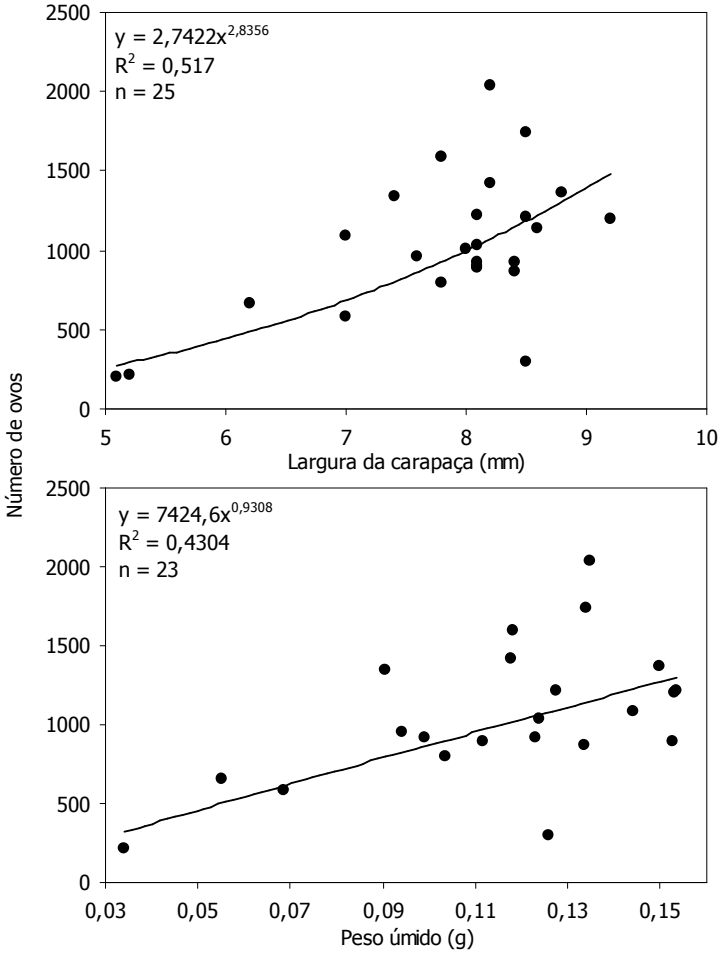


Figura 6. Correlação entre a fecundidade pela largura da carapaça e pelo peso úmido das fêmeas ovígeras de *Austinixa aidae* coletadas nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006.

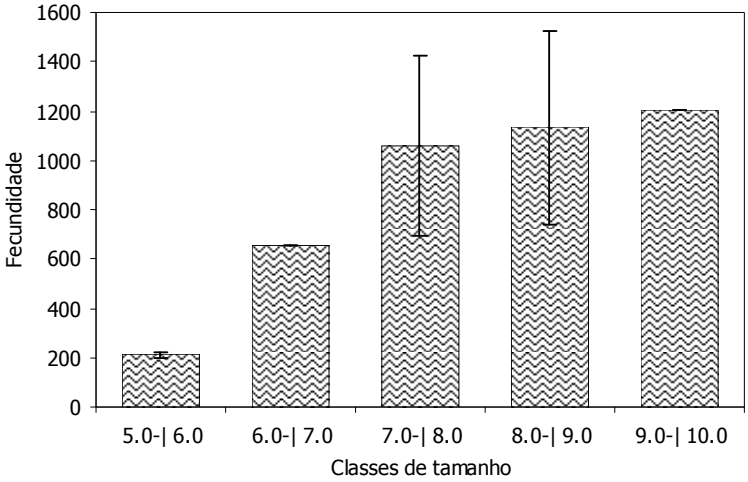


Figura 7. Média de fecundidade por classe de tamanho de fêmeas ovígeras de *Austinixa aidae* coletadas nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006.

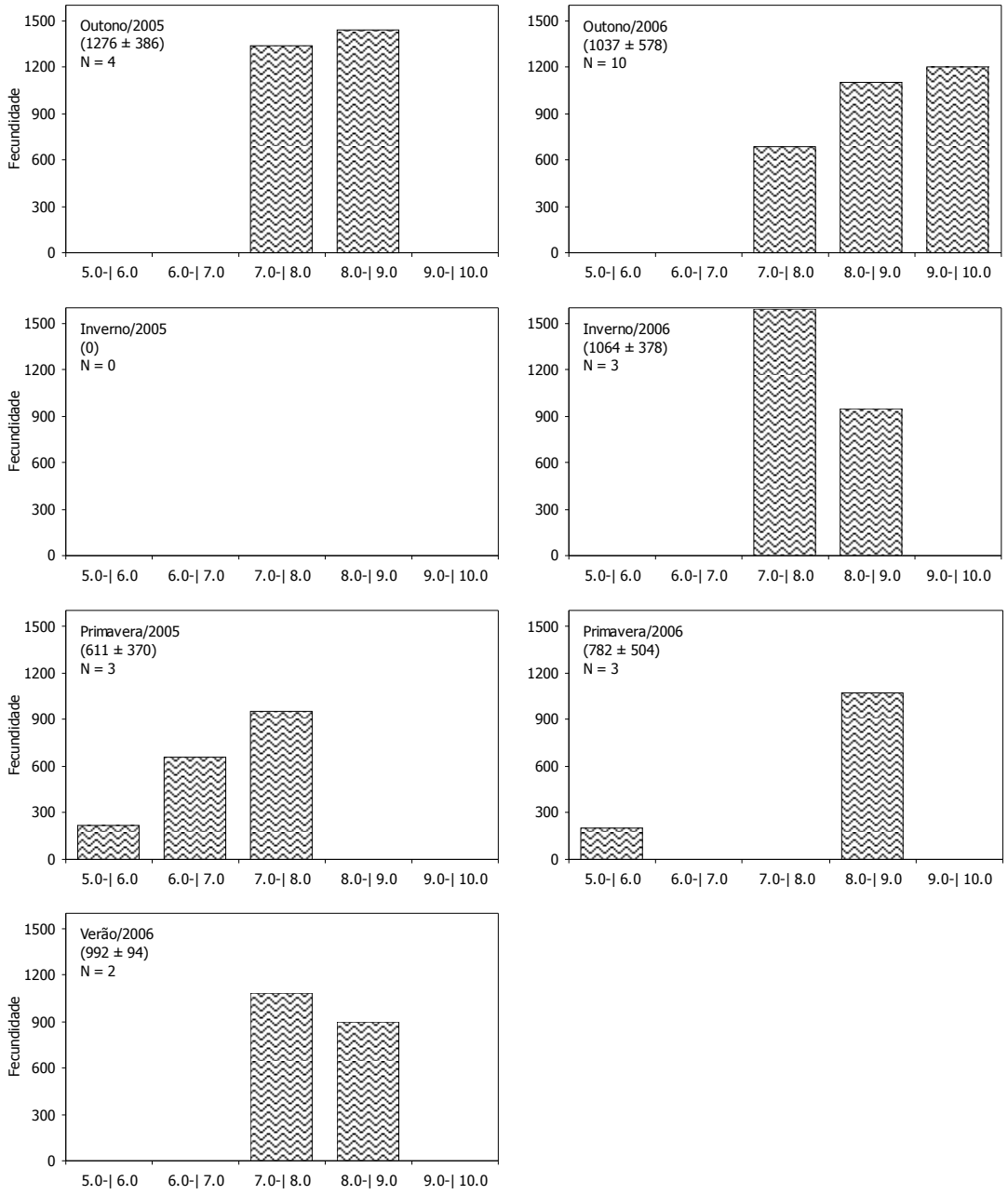


Figura 8. Média estacional de fecundidade por classe de tamanho de fêmeas ovígeras de *Austinixa aidae* coletados nas galerias de *Callichirus major* na Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP, de Maio/2005 a Setembro/2006.

Discussão

A reprodução em crustáceos Decapoda é resultante da ação coordenada de fatores endógenos e exógenos que influenciam o modo de vida, a maturidade, a fecundidade, o período reprodutivo, a desova e a incubação dos ovos (Sastry, 1983; Pinheiro & Terceiro, 2000). Alguns destes parâmetros puderam ser observados para a população de *A. aidae* da Praia do Perequê-Açu, como relatados a seguir.

As diferenças nas amplitudes de tamanho de fêmeas ovígeras entre as espécies do gênero *Austinixa* podem estar relacionadas às características do ambiente que cada espécie habita, a diferenças de recursos que estes locais proporcionam, diferentes latitudes atuando sobre os fatores ambientais e, provavelmente, a características dos hospedeiros. As fêmeas ovígeras de *A. aidae* possuem a maior amplitude de tamanho encontrada para o gênero (5,1 a 10,5 mm LC), sendo que as de *A. patagoniensis* possuem tamanhos variando entre 8,0 e 11,2 mm LC (Alves & Pezzuto, 1998), e as de *A. gorei* entre 6,3 e 8,3 mm LC (McDermott, 2006).

Comparando as relações entre as razões da LA/LC pela LC de *A. aidae* observa-se uma quebra na dispersão dos pontos empíricos em razões ≥ 0,41 LA/LC e tamanhos ≥ 5,1 mm LC. Neste ponto, provavelmente, se inicia a maturidade sexual das fêmeas, o que é corroborado pelo tamanho da menor fêmea ovígera (para mais detalhes, ver **Capítulo II**). Segundo Hartnoll (1982), o alargamento do abdômen das fêmeas é mais evidente a partir da maturidade sexual, o qual desempenha a função de incubação e proteção dos ovos. Em muitos casos a maturidade morfológica está associada à maturidade gonadal, permitindo inferir que os indivíduos morfologicamente maduros sejam, também, funcionalmente maduros (Hartnoll, 1982).

A freqüência de fêmeas ovígeras sugere que esta população possui uma reprodução anual, com incrementos sazonais mais expressivos em Maio e Novembro/2005 e Março-Maio/2006. O padrão do período reprodutivo de *A. aidae* apresentado na Praia do Perequê-Açu pode ser classificado como Sazonal Contínuo (segundo Pinheiro & Terceiro, 2000), corroborando com o padrão encontrado para a congênere *A. patagoniensis* (Alves & Pezzuto, 1998), ambas as espécies ocorrentes em áreas de clima subtropical.

A proporção de ovos em diferentes estágios de desenvolvimento embrionário evidenciou que fêmeas incubando ovos em estágio inicial estão presentes em grandes proporções em todos os bimestres amostrados, indicando um alto potencial reprodutivo. Além disso, a porcentagem de ocorrência dos estágios dos ovos indica um rápido desenvolvimento embrionário, entretanto é difícil calcular o tempo de incubação dos ovos baseando-se somente nestas observações de campo.

Austinixa aidae possui fecundidade média (1024 ± 441 ovos) intermediária a encontrada para *A. patagoniensis* (1529 ± 93 ovos) (Alves & Pezzuto, 1998) e *A. gorei* (de 195 a 525 ovos)

(McDermott, 2006). Este fator pode estar relacionado ao tamanho médio dentre estas espécies, o qual é correspondente com a fecundidade. Quando comparado a outros Brachyura, os membros do gênero *Austinixa* apresentam uma fecundidade inferior às espécies que possuem outras estratégias reprodutivas, como exemplo a produção de um grande número de ovos devido a eventuais perdas, a fertilização incompleta ou a doenças (Parson & Tucker, 1986).

Variações interespecíficas na fecundidade podem estar relacionadas com a produção de ovos e o tamanho das fêmeas, sendo que as maiores tendem a possuir altas fecundidades (Hernáez-Bové & Pinheiro, 2001). Além disso, variações intra-especificas dos parâmetros reprodutivos estão relacionadas a variações latitudinais dos locais onde estão instaladas as populações (Lardies & Wehrtmann, 2001). Sendo que a produção de ovos pode ser maior em latitudes maiores, quando comparadas a populações localizadas em latitudes inferiores (Jones & Simons, 1983).

A variação na fecundidade é observada até mesmo em espécies do mesmo gênero (Mantelatto & Garcia, 1999), este fator provavelmente está relacionado às adaptações ambientais, variações no tamanho do animal, localização geográfica (Mantelatto & Fransozo, 1997), e a características do hospedeiro os quais algumas espécies simbiontes estão associadas (**Tabela 3**).

Tabela 3. Tamanho mínimo de fêmeas ovígeras, fecundidade média e período reprodutivo de *Austinixa patagoniensis* das praias de Balneário Cassino/RS e Balneário Camboriú/SC, e *Austinixa aidae* da Praia do Perequê-Açu, Ubatuba/SP. Todas as medidas referem-se à largura da carapaça (mm). Dados de *A. patagoniensis* obtidos por Alves & Pezzuto (1998) e Alves *et al.* (2005).

Localidade (Latitude)	**Tamanho mínimo Fêmeas ovígeras**	**Número médio ovos (mínimo-máximo)**	**Período reprodutivo**
Balneário Cassino (32°13'S)	8,0	1529 (830-2472)	Sazonal (outubro a março)
Balneário Camboriú (26°59'S)	7,9	1719 (933-2747)	Contínuo
Praia do Perequê-Açu (23°24'S)	5,1	1120 (204-2039)	Sazonal contínuo

O tamanho dos ovos de *A. aidae* foi similar a de outra espécie do gênero, *A. gorei*, de uma localidade muito distante deste local de estudo (Miami, EUA) (McDermott, 2006), sugerindo que esta variável, aparentemente, não está correlacionada com a latitude. Diferenças entre o tamanho podem ser atribuídas, em parte, a diferentes estratégias reprodutivas (Mantelatto & Garcia, 1999).

Segundo Mantelatto & Garcia (1999) e Mantelatto *et al*. (2002) a fecundidade está intimamente relacionada com algumas dimensões corpóreas da fêmea, sendo que o número de ovos tende a aumentar proporcionalmente ao aumento do comprimento e/ou largura da carapaça. A despeito de algumas exceções, a maioria dos crustáceos apresenta uma correlação positiva entre a fecundidade e a dimensão mais representativa do tamanho corporal (Sastry, 1983). A largura da carapaça e o peso de *A. aidae* quando correlacionados com a fecundidade, seguem o padrão postulado para maioria do grupo. Esta mesma correlação foi constatada para outras espécies do gênero, como *A. patagoniensis* (Alves & Pezzuto, 1998) e *A. gorei* (McDermott, 2006).

Pouca variação no número dos ovos foi observada entre indivíduos da mesma classe de tamanho, provavelmente indicando que não haja um processo de desovas múltiplas em uma mesma temporada. Apesar da reprodução desta população ser sazonal contínua não há indícios de que isso ocorra em um mesmo ciclo reprodutivo.

As menores fecundidades encontradas neste estudo são de fêmeas muito jovens que provavelmente estão desovando pela primeira vez. As fêmeas primíparas produzem um menor número de ovos do que as multíparas e representam um novo incremento para a população (Somerton & Meyers, 1983; Mantelatto & Garcia, 1999). Somerton & Meyers (1983) observaram que esta "categoria" apresenta uma menor fecundidade, pois nessa condição grande parte de sua reserva energética é direcionada para o crescimento, diminuindo, consequentemente, a quantidade de energia alocada para a produção de ovos. Enquanto que as fêmeas multíparas desviam maior energia para a produção de ovos após a muda da puberdade.

É estabelecido que diferentes padrões de reprodução em crustáceos são, também, resultado de fatores como a temperatura da água (Giese, 1959; Pinheiro & Fransozo, 1995) e salinidade, sendo os mais influentes no fenômeno reprodutivo. Entretanto, *A. aidae* não apresentou correlação estatisticamente significativa com os fatores abióticos analisados, temperatura e salinidade ($P < 0,05$). Nem mesmo as fêmeas ovígeras, que podem estar mais sujeitas à ação destes fatores e que também são influenciadas pela sazonalidade (Sastry, 1983). A ausência de correlação pode estar associada ao fato da aferência dos fatores ambientais terem sido realizadas de forma pontual, e podem não refletir os valores que melhor representam os bimestres amostrados.

Para se compreender o complexo funcionamento do processo reprodutivo desta espécie seria necessário determinar outros pontos que permanecem desconhecidos, como verificar se existe uma migração larval ou se as larvas permanecem no mesmo local que os indivíduos adultos estão instalados. Contudo, *A. aidae* apresenta uma estratégia reprodutiva com padrões característicos de outros crustáceos Decapoda, sendo que há uma correlação positiva entre o tamanho e a fecundidade, e uma fecundidade equivalente aos outros membros do gênero

Austinixa, conferindo uma característica de eficiência reprodutiva no local onde a população está instalada. Assim, quando comparada ao gênero podemos concluir que as espécies possuem padrões ecológicos e biológicos semelhantes, porém com particularidades relacionadas à localização geográfica, às características específicas e de seus hospedeiros.

Referências Bibliográficas

ALVES, E.S. & P.R. PEZZUTO. 1998. Population dynamics of *Pinnixa patagoniensis* Rathbun, 1918 (Brachyura: Pinnotheridae) a symbiotic crab of *Sergio mirim* (Thalassinidea: Callianassidae) in Cassino Beach, Southern Brazil. **Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli: Marine Ecology**, 19(1): 37-51.

ALVES, E.S; RODRIGUES, S.A. & P.R. PEZZUTO. 2005. Estudo do crescimento relativo de *Austinixa patagoniensis* (Rathbun) (Decapoda, Pinnotheridae) simbionte de *Callichirus major* (Say) (Decapoda, Callianassidae) no mesolitoral da praia de Balneário Camboriú, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22(3): 784-792.

BOOLOOTIAN, R.A.; GIESE, A.C.; FARMANFARMAIN, A. & J. TUCKER. 1959. Reproductive cycles of five West Coast crabs. **Physiological Zoology**, 32: 213-220.

GIESE, A.C. 1959. Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. **Annual Review of Physiology**, 21: 547-576

HARTNOLL, R.G. 1982. Growth. pp 11-196. In: D.E. Bliss (Ed.). **The biology of Crustacea, Embriology, Morphology, and Genetics**. Academic Press Inc., New York.

HARTNOLL, R.G. & P. GOULD. 1988. Brachyuran life history strategies and the optimization of egg production. pp 1-9. *In*: A.A. Finchan & P.S. Rainbow (eds.), **Aspects of decapod crustacean biology**. Oxford, Clarendon Press.

HERNÁEZ-BOVÉ, M. & M.A.A. PINHEIRO. 2001. Production and reproductive output of four porcelain crab species from northern Chile. **Nauplius**, 9(1): 42-52.

HERNÁEZ, P. & S. PALMA. 2003. Fecundidad, volumen del huevo y rendimiento reproductivo de cinco especies de porcelánidos intermareales del norte de Chile (Decapoda, Porcellanidae). **Investigaciones Marinas**, 31(2): 35-46.

JONES, M.B. & M.J. SIMONS. 1983. Latitudinal variation in reproductive characteristics of a mud crab, *Helice crassa* (Grapsidae). **Bulletin of Marine Science**, 33: 656-670.

LARDIES, M.A. & I.S. WEHRTMANN. 1996. Aspects of the reproductive biology of *Petrolisthes laevigatus* (Guérin, 1835) (Decapoda, Anomura, Porcellanidae). I: reproductive output and chemical composition of eggs during embryonic development. **Archive of Fishery and Marine Research**, 43: 121-135.

MANTELATTO, F.L. & A. FRANSOZO. 1997. Fecundity of the crab *Callinictes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) from the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. **Crustaceana**, 70(2): 214-226.

MANTELATTO, F.L. & R.B. GARCIA. 1999. Reproductive potential of the hermit crab *Calcinus tibicen* (Anomura) from Ubatuba, São Paulo, Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, 19(2): 268-275.

MANTELATTO, F.L.; ALARCON, V.F. & R.B. GARCIA. 2002. Egg production strategies of the tropical hermit crab *Paguristes tortugae* from Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, 22(2): 390-397.

MCDERMOTT, J.J. 2006. The biology of *Austinixa gorei* (Manning & Felder, 1989) (Decapoda, Brachyura, Pinnotheridae) symbiotic in the burrows of intertidal ghost shrimp (Decapoda, Thalassinidea, Callianassidae) in Miami, Florida. **Crustaceana**, 79(3): 345-361.

OGAWA, E.F. & C.A.S. ROCHA. 1976. Sobre a fecundidade de crustáceos decápodos marinhos no Estado do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**. 16(2): 101-104.

PARSON, D.G & G.E. TUCKER. 1986. Fecundity of northern shrimp, *Pandalus borealis* (Crustacea, Decapoda) in areas of the northwest Atlantic. **Fishery Bulletin**, 84(3): 549-558.

PINHEIRO, M.A.A. & A. FRANSOZO. 1995. Fecundidade de *Pachycheles haigae* Rodrigues da Costa, 1960 (Crustácea, Anomura, Porcellanidae) em Ubatuba (SP), Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 55(4): 623-631.

PINHEIRO, M.A.A. & O.S.L. TERCEIRO. 2000. Fecundity and reproductive output of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Brachyura, Portunidae). **Crustaceana**, 73(9): 1121-1137.

RIGHI, G. 1967. Sobre alguns Decapoda do Brasil (Crustacea, Brachyura: Pinnotheridae e Parthenopidae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, 20: 99-116.

SASTRY, A.N. 1983. Ecological aspects of reproduction. pp 179-270. *In*: F.J. Vernberg & W.B. Vernberg (eds.), **The Biology of Crustacea VIII**. Environmental Adaptations. Academic Press, New York.

SOMERTON, D.A. & W.S. MEYERS. 1983. Fecundity differences between primiparous and multiparous female Alaskan tanner crab (*Chionoecetes bairdi*). **Journal of Crustacean Biology**, 3: 183-186.

STURGES, H.A. 1926. The choise of a class interval. **Journal of the American Statistical Association**, 21: 65-66. *apud* Beer, C.F. & J.W.H. Swanepoel. 1999. Simple and effective number-of-bins circumference selectors for a histogram. **Statistics and Computing**, 9: 27-35.

TIMOFEEV, S.F & V.V. SKLYAR. 2001. Egg size in the Euphasiid, *Thysanoessa raschii* (M. Sars, 1864) (Euphausiacea) in the Barents Sea. **Crustaceana**, 74(11): 1201-1211.

TURRA, A. & F.P.P. LEITE. 2000. Population biology and growth of three sympatric species of intertidal hermit crab in south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom**, 80(6): 1061-1069.