

**REPRODUÇÃO E RECRUTAMENTO DOS CAMARÕES
PENAEOIDEA (DECAPODA:DENDROBRANCHIATA)
NO LITORAL NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

ANTONIO LEÃO CASTILHO

ORIENTADOR: PROF. DR. ADILSON FRANSOZO

**Tese apresentada ao curso de Pós-
graduação do Instituto de Biociências
da Universidade Estadual Paulista –
UNESP – “Campus” de Botucatu,
como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Doutor em
Ciências Biológicas – Área de Zoologia**

Botucatu – SP

2008

"A natureza criou o tapete sem fim que recobre a superfície da terra. Dentro da pelagem desse tapete vivem todos os animais, respeitosamente. Nenhum o estraga, nenhum o róí, exceto o homem".

Monteiro Lobato

"É triste pensar que a natureza fala e que o gênero humano não a ouve".

Victor Hugo

"A maravilhosa disposição e harmonia do universo só pode ter tido origem segundo o plano de um Ser que tudo sabe e tudo pode. Isso fica sendo a minha última e mais elevada descoberta".

Isaac Newton

"O caráter de um homem é seu destino".

Heráclito de Èfeso

DEDICO ESTA TESE

Aos meus queridos pais Emanuel Celice Castilho e Maria Heloísa Leão Castilho, que sempre me motivaram a estudar e a descobrir que a vida é um eterno aprender.

À minha namorada Graziela; aos meus irmãos Gustavo, Lucas e Ricardo; aos meus avós e todos de minha família. Vocês são meu passado, presente, e futuro. Nos momentos mais difíceis em que me sinto “pequeninho”, cresço pela confiança e carinho que vocês tem por mim. Se crio galhos, folhas, e frutos, é porque vocês (e meus pais) são minha raiz.

Ao meu orientador Adilson Fransozo, que desde meu primeiro ano de faculdade confiou na minha competência e me abriu portas no mundo científico.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Adilson Fransozo pela amizade; por ter me aberto as portas na Universidade Estadual Paulista (UNESP), desde minha iniciação científica; e por sua orientação que não se restringiram apenas aos conhecimentos biológicos, mas também no desenvolvimento de minha maturidade científica.

Ao Prof. Dr. Raoul Henry, por ter me apresentado ao professor Adilson em 1999, quando eu mal tinha noção do que era um crustáceo. Tivemos pouco contato e trabalhamos em ambientes um pouco diferentes, mas você foi fundamental para que eu tivesse contato com uma área de pesquisa em que sou apaixonado.

À Profa. Dra. Maria Lucia Negreiros-Fransozo, pela amizade e auxílio científico e, junto ao Prof. Dr. Adilson Fransozo, por terem cedido gentilmente sua casa em Ubatuba durante o desenvolvimento dos trabalhos de campo.

Ao Prof. Dr. Rogério Caetano da Costa (Cebola), pelas discussões e ensinamentos sobre camarões marinhos desde 1999. E, junto ao Prof. Adilson, proporcionaram esta tese com quase 6 anos de investigação, iniciados em janeiro/1998 no doutorado do Cebola (o uso do apelido demonstra carinho e não falta de respeito) com fim em junho/2003, no meu mestrado e doutorado.

Ao curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas (AC: Zoologia), ao Depto de Zoologia, IB, UNESP/Botucatu e ao NEBECC, pelas

facilidades oferecidas durante a realização deste trabalho.

Aos Profs. Drs. Marcio R. Pie, Roberto M. Shimizu, Valter Cobo, banca examinadora da presente tese, pela atenção e disponibilidade.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa concedida, ao NEBECC por toda infraestrutura de laboratórios e materiais utilizados, e ao Projeto Biota (#98/07090-3), que tornou viável a realização deste trabalho, pela reserva técnica do Fúlvio A. M. Freire (#01/01722-2; #02/02274-6) e pelos veículos utilizados (#94/4878-8 e #98/031134-6).

Ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis), e à Polícia Florestal, por concederem a licença para a coleta do material nas áreas estudadas.

Aos companheiros de laboratório Ariadine, Gustavo, Kátia e Michele. Em especial à Michele aos anos de amizade e dedicação.

Aos amigos orientados da Profa. Lucia, Gustavo (Japa) e Rafael (Xuxa). Aos estagiários do NEBECC.

Aos companheiros de trabalho do LABCAM Gisele, Mateus, Sabrina, e o pessoal da iniciação científica.

Aos amigos pesquisadores em camarões Allysson e Fúlvio, e às amigas de trabalho Ursulla, Daniela e Adriane; pelo companheirismo.

Aos demais integrantes ou ex-integrantes do grupo NEBECC, em especial:

_ Aos amigos Giovana (Gi), Luís Gustavo (Guto), Karine,

Rosana, Aline, Rafael (Gab), Willian (Will), Stella, Patrícia, Patrícia (Jorjão), Eclusa, Pessoa.

_ Aos demais integrantes, minhas desculpas pela falta de memória.

Aos pesquisadores e amigos do laboratório do INIDEP-Argentina Dr. Enrique Boschi e Maria Andréa Gavio, que me receberam com carinho em 2005 e 2006 em Mar del Plata e me ensinaram muito sobre a biologia de *Artemesia longinaris* e *Pleoticus muelleri*. Ao amigo Jose do INIDEP, sempre presente e prestativo. A mulher do Dr. Boschi Elba e ao marido da Dra. Gavio Martín, que me receberam como um membro da família.

Ao Dr. Ray Bauer da Universidade de Luisiana, por gentilmente participar, junto ao NEBECC-INIDEP, e ensinar sobre o “paradigma do efeito latitudinal” em populações de *Penaeoidea*.

Ao Dr. Marcio R. Pie, da Universidade Federal do Paraná, que auxiliou no desenvolvimento do projeto, quanto à parte de comparação entre populações de diferentes regiões.

Ao pessoal do departamento, Maria, Juliana, Hamilton, Flávio e Pisani, pelos auxílios nunca negados.

Aos amigos Serginho, Sônia, Luciene, e Maria Helena da Seção de Pós-graduação, pelo profissionalismo e competência.

Aos amigos Dedinho e Passarinho, comandantes da embarcação “Progresso”, e ao Ailton comandante da embarcação “Maria João”; pelo

profissionalismo, dedicação e amizade.

À minha família, que sempre torceram e me motivaram na carreira acadêmica.

À minha querida namorada Graziela pela atenção e carinho nunca economizados, e à sua família, em especial aos seus pais Carlos e Antonia.

ÍNDICE

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	10
Referências Bibliográficas	15
CAPÍTULO I: Reproduction and recruitment of the South American red shrimp, <i>Pleoticus muelleri</i> (Crustacea: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil	
Abstract	18
Introduction.....	19
Material and Methods.....	20
Results	23
Discussion	29
References	34
CAPÍTULO II: Reproductive biology of the rock shrimp <i>Sicyonia dorsalis</i> (Decapoda: Penaeoidea) from the southeastern coast of Brazil	
Summary	38
Introduction.....	39
Material and Methods.....	40
Results	43
Discussion	49
References	52
CAPÍTULO III: Reprodução e recrutamento do camarão sete-barbas <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (Decapoda: Penaeoidea) no litoral norte do estado de São Paulo	
Resumo.	56
Introdução	57
Material e Métodos	59
Resultados	62
Discussão	68
Referências Bibliográfica	74

CAPÍTULO IV: Dinâmica reprodutiva dos camarões Penaeoidea endêmicos do Atlântico Sul Ocidental (*Artemesia longinaris* e *Pleoticus muelleri*) no litoral norte do estado de São Paulo.....

Resumo.	81
Introdução	82
Material e Métodos	85
Resultados	90
Discussão	102
Referências Bibliográfica	106
CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
ANEXOS	115
1: Reproductive pattern of the South American endemic shrimp <i>Artemesia longinaris</i> (Decapoda: Penaeoidea), off the coast of São Paulo State, Brazil	
2: Latitudinal variation in population structure and reproductive pattern of the endemic south american shrimp <i>Artemesia longinaris</i> (Decapoda:Penaeoidea)	

No litoral norte do estado de São Paulo, estudos relacionados às espécies de Penaeoidea Rafinesque, 1815 foram iniciados pelo grupo de pesquisa NEBECC (Núcleo de Estudo em Biologia, Ecologia e Cultivo de Crustáceos), na década de 80, com o objetivo investigar a distribuição ecológica dos camarões na enseada da Fortaleza (Ubatuba) (Fransozo *et al.*, 2002 e 2004).

Posteriormente, demais estudos ecológicos foram efetuados na região de Ubatuba, com o objetivo de analisar se a variação ambiental em enseadas próximas proporcionaria uma diversificação na seleção por habitat dos camarões marinhos (Costa, 2002; Costa *et al.*, 2004, 2005, 2007).

A partir de 2001, o grupo NEBECC ampliou seu espaço de estudo para outras regiões no litoral paulista participando de um projeto maior conhecido como BIOTA-FAPESP, cujo um dos objetivos era o levantamento sobre a biodiversidade de Decapoda, em Ubatuba, Caraguatatuba e São Sebastião, com características ambientais distintas espaço-temporalmente (Castilho *et al.*, 2008).

Embora o litoral norte paulista apresente um amplo estudo ecológico de Penaeoidea, pouco se conhece sobre a dinâmica populacional destes camarões. Os poucos trabalhos existentes enfocam a biologia reprodutiva de *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1871) (Costa & Fransozo, 2004) e estrutura populacional de *Xiphopenaeus kroyeri* (Castro *et al.*, 2005). Fruto de uma amostragem contínua de Penaeoidea durante janeiro de 1998 a junho de 2003, idealizou-se a presente tese com o objetivo principal em investigar a reprodução e recrutamento de espécies das três famílias de Penaeoidea, Sicyoniidae Ortmann, 1898 e Solenoceridae Wood-Mason & Alcock, 1891, que sofrem com a extração constante e indiscriminada da pesca, acompanhada ao impacto ambiental causado pelo turismo no

litoral norte paulista (Castilho *et al.*, 2008).

A superfamília Penaeoidea está inserida na subordem Dendrobranchiata Bate, 1888, por possuírem brânquias do tipo dendríticas e de não incubarem seus ovos. Dendrobranchiata se encontra na ordem Decapoda Latreille, 1802, subclasse Eumalacostraca Grobben, 1892 e subfilo Crustacea Brünnich, 1772 (Martin & Davis, 2001).

Os Penaeidae representam a maioria das capturas mundiais de camarões de aproximadamente 700 mil toneladas por ano, e compõem 500 espécies descritas no mundo, 95 no oceano Atlântico Ocidental, 61 na costa brasileira, 20 no Estado de São Paulo e 13 na região de Ubatuba (D’Incao, 1999 e Costa *et al.*, 2000).

A presença de espinho pós-orbital e de apêndice interno + projeção lateral (junto ao apêndice masculino) no segundo par de pleópodos no macho, difere Solenoceridae das demais famílias, as quais possuem apenas apêndice masculino no mesmo pleópodo. Já Sicyoniidae possui como característica diagnóstica exoesqueleto robusto e rostro da carapaça curto, diferindo das demais famílias com exoesqueleto mais delgado e rostro desenvolvido (Tavares, 2003).

Na presente tese, os representantes de Penaeidae (fig. 1) são *Artemesia longinaris* Bate, 1888 e *X. kroyeri*, *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) de Solenoceridae (fig. 2) e *Sicyonia dorsalis* Kingsley, 1878 de Sicyoniidae (fig. 3).

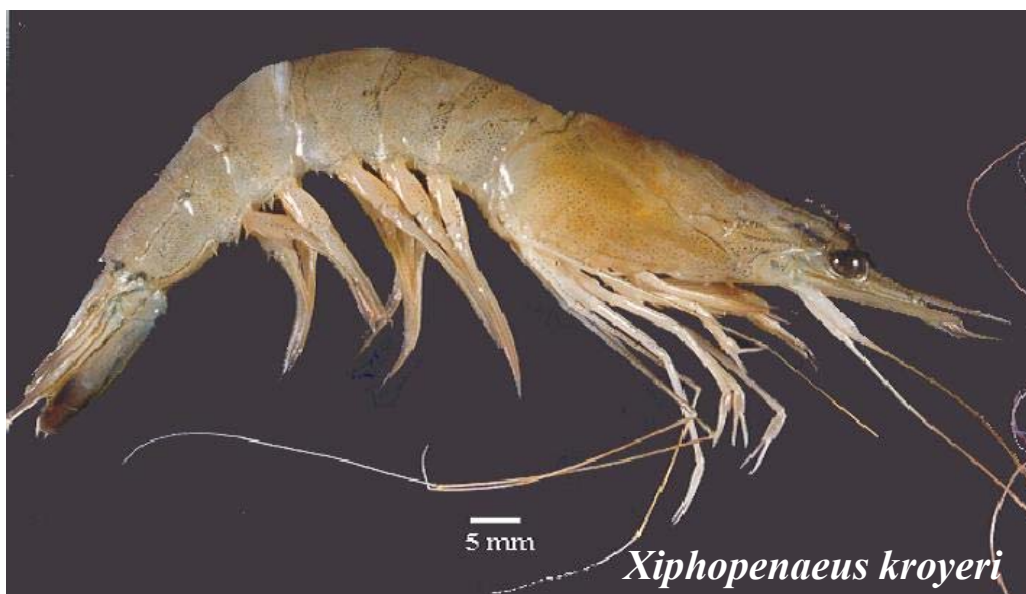


Figura 1: Espécies estudadas pertencentes à família Penaeidae (imagens retiradas de Costa, 2002).

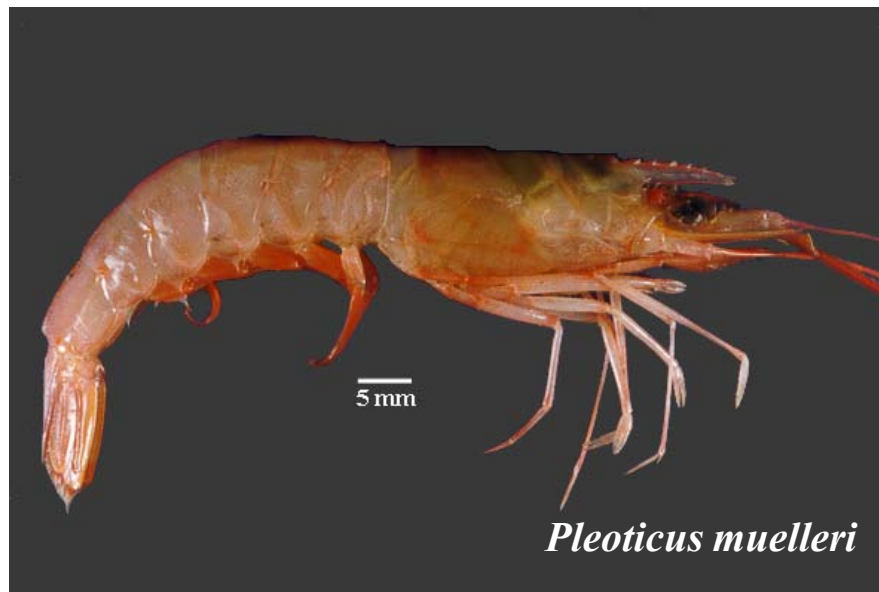


Figura 2: Espécie estudada pertencente à família Solenoceridae (imagem retirada de Costa, 2002).



Figura 3: Espécie estudada pertencente à família Sicyoniidae (imagem retirada de Costa, 2002).

O estudo sobre biologia reprodutiva de *A. longinaris* foi iniciado em 2004 e desenvolvido em Mar del Plata (Argentina) no ano seguinte, numa cooperação internacional entre Brasil e Argentina, sobre comparação entre populações da mesma espécie, em gradientes latitudinais distintos. Assim, os dois primeiros capítulos foram encaminhados e aceitos para publicação, sendo “Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea), off the coast of São Paulo State, Brazil” na Revista de Biología Tropical e “Latitudinal variation in population structure and reproductive pattern of the endemic south american shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda:Penaeoidea)” na Journal of Crustacean Biology. Tais capítulos estão em anexo da presente tese.

A reprodução e recrutamento de *P. muelleri* e *S. dorsalis* se encontram nos dois primeiros capítulos em inglês, nos formatos de cada revista a serem submetidos. O capítulo 1 – “Reproduction and recruitment of the South American red shrimp, *Pleoticus muelleri* (Crustacea: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil” – na Marine Biology Research, e o capítulo 2 – “Reproductive biology of the rock shrimp *Sicyonia dorsalis* (Decapoda: Penaeoidea) from the southeastern coast of Brazil” – na Invertebrate Reproduction Development. “Reprodução e recrutamento do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeoidea) no litoral norte do estado de São Paulo” foi o último capítulo elaborado, sob a temática principal da tese (capítulo 5).

Fruto da participação no encontro internacional sobre investigação e manejo de recursos pesqueiros – “V Seminário Internacional sobre Métodos de Evaluación y Monitoreo de los Recursos Pesqueros” – em Mar del Plata (Argentina), ferramentas computacionais de geo-monitoramento de espécies marinhas foram trazidas para o Brasil,

no intuito de se iniciar demarcações geográficas das zonas de desova e recrutamento das espécies de Penaeoidea, ao longo do litoral norte paulista. Portanto, o 6º capítulo – “Dinâmica reprodutiva dos camarões Penaeoidea endêmicos do Atlântico Sul Ocidental (*Artemesia longinaris* e *Pleoticus muelleri*) no litoral norte do estado de São Paulo” – tem como objetivo investigar as dinâmicas reprodutivas destes camarões, demarcando geograficamente as variações de fêmeas próximas da desova (gônadas em desenvolvimento e desenvolvidas) frente às variáveis ambientais.

Maiores detalhes de cada espécie e dos objetivos idealizados na presente tese serão abordados em cada capítulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castilho, A.L.; Pie, M.R.; Fransozo, A.; Pinheiro, A.P. & Costa, R.C. 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community (Crustacea, Decapoda, Penaeoidea) in Southeastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88.

Castro, R.H.; Costa, R.C.; Fransozo, A. & Mantelatto, F.L.M. 2005. Population structure of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. *Scientia Marina*, 69:105-112.

Costa, R.C. 2002. *Biologia e Distribuição Ecológica das Espécies de Camarões Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) na Região de Ubatuba (SP)*. Instituto de Biociências, Botucatu, SP, UNESP, 186pp.

Costa, R.C. & Fransozo, A. 2004. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda, Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *Journal of Crustacean*

Biology, 24:274-281.

Costa, R.C.; Fransozo, A. & Pinheiro, A.P. 2004. Ecologic distribution of the shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) (Decapoda: Penaeoidea) of Southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, 259: 195-203.

Costa, R.C.; Fransozo, A.; Castilho, A.L. & Freire, F.A.M. 2005. Annual, seasonal and spatial variation of abundance of the shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea) in a southeastern region of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85, 107-112.

Costa, R.C.; Fransozo, A.; Freire, F.A.M. & Castilho, A.L. 2007. Abundance and ecological distribution of the “sete-barbas” shrimp *Xipohpenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) in three bays of the Ubatuba region, South-eastern Brazil. *Gulf and Caribbean Research*, 19, 33-41.

Costa, R.C.; Fransozo, A.; Mantelatto, F.L.M. & Castro, R.H. 2000. Occurrence of shrimp species (Natantia: Penaeidea: Caridea) in Ubatuba Bay, Ubatuba, SP, Brazil. *Proceedings of the Biological Society Washington*, 113(3):776-781.

D’Incao, F. 1999. Subordem Dendrobranchiata (camarões marinhos). In *Os crustáceos do Rio Grande do Sul* (ed. L. Buckup and G. Bond-Buckup), pp. 275-299, Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS).

Fransozo, A.; Costa, R.C.; Castilho A.L. & Mantelatto, F.L.M. 2004. Ecological distribution of the shrimp “barba-ruça” *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeidae) in Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 16, 45-53.

Fransozo, A.; Costa, R.C.; Mantelatto, F.L.M.; Pinheiro, M.A.A.; Santos, S. 2002. Composition and abundance shrimp species (Penaeidea and Caridea) in Fortaleza bay,

Ubatuba, São Paulo, Brasil. In Modern approaches to the study of Crustacea (ed. E.E. Briones and F. Alvarez), pp. 117-125, México: Kluwer Academic Press.

Martin, J. W. & Davis, G.E. 2001. An updated classification of the recent Crustacea. Science Series, Natural History Museum, Los Angeles. n° 19, 124pp.

Tavares, M. 2003. Shrimps. In: FAO species identification sheets for fishery purposes: Western Central Atlantic (Fishing Area 31) (ed. W. Fischer), pp. 251-291, 1° ed. Roma: FAO, v. 1.

ABSTRACT

Critical stock conditions for shrimps commonly exploited in southeastern Brazil have resulted in the targeting of other shrimp species such as *Pleoticus muelleri*. Descriptions of reproductive biology in penaeid species are essential to implement sustainable fishery techniques. Therefore, reproduction, recruitment, and size at sexual maturity of the shrimp *P. muelleri* were investigated off the coast of the state of São Paulo (23°S), Brazil, from January 1998 through June 2003. Ovarian maturity was used to examine breeding in adult females. Recruitment was defined as the number of juveniles caught per standard trawl (CPUE) in each month and season of sampling. The entire sample comprised 8 375 females and 3 829 males. Sizes (carapace length) at onset of the sexual maturity were 9.1 mm and 11.1 mm for males and females, respectively. Over five and a half years, females with ripe gonads were found in every season, with the highest percentages from October to March (spring-summer). Juvenile shrimp occurred year-round. These findings suggest a continuous reproductive pattern for *P. muelleri*, with temperature as an environmental stimulus for the ovary development cycle. These data and the hypothesis of the intrusion of the South Atlantic Central Water mass, which lowers water temperature and raises plankton production, suggest that the main reproductive months extend from late spring to early summer. The classical paradigm of continuous reproduction at lower latitudes, with increased seasonality of breeding period at higher latitudes, seems to be followed by this species.

key words: reproduction, recruitment, sexual maturity, Solenoceridae, *Pleoticus muelleri*.

INTRODUCTION

An accurate description of reproductive dynamics is fundamental to the understanding of recruitment processes and development of spawning stock and recruitment relationships in penaeid shrimps. These studies are essential to implement sustainable fishery techniques, especially because reproductive patterns can differ according to variable environmental conditions in each geographic latitude (Castilho et al. 2007ab).

One of the main objectives of studies on the reproductive ecology of benthic invertebrates is to assess latitudinal trends in the timing of reproductive activity and recruitment of juveniles. This approach can be used to test the effect of a given environmental stimulus (proximal factors) and to predict selective pressure (ultimate factors) accounting for a particular seasonal pattern of spawning and recruitment of juveniles. This procedure may also provide a basis to predict possible changes resulting from natural or anthropogenic disturbances (Bauer and Rivera Vega 1992, Bauer and Lin 1994).

The distribution of the shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) (Decapoda, Solenoceridae) is restricted to the Western Atlantic, from Rio de Janeiro (23° S), Brazil to Santa Cruz (50° S), Patagonia, Argentina. This species remains in the marine environment throughout its life cycle (Boschi 1997). In Chubut Province (43° - 47° S), Argentina, *P. muelleri* spawns mainly from November to March and ceases spawning in the colder months (Boschi 1989).

Off the coast of São Paulo, the growth of the fishing fleet and decreased catches of commonly exploited species have contributed to the expansion of the *P. muelleri* fishery

(Costa et al., 2005), in which 54 650 Kg was caught in 1999-2005 with a peak of 34 060 Kg in 2001 and a successive decline in other years, mainly in 2004 (250 Kg) and 2005 (1 121 Kg) (Instituto de Pesca, São Paulo - www.pesca.sp.gov.br). This region is located between 23°20' S and 25°15' S latitude, and has a subtropical-tropical climate. There are only a few accounts of the population biology of penaeoid shrimps in this region. Almost all the available published information refers to three species: *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) by Nakagaki and Negreiros-Fransozo (1998), Fransozo et al. (2000), and Castro et al. (2005); *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874) by Costa and Fransozo (2004); and *Artemesia longinaris* Bate, 1888 by Castilho et al. (2007ab). In this region, all these penaeoids show continuous spawning with peaks of higher intensity.

Costa et al. (2004) investigated the ecological distribution of *P. muelleri*, but the reproduction of this species along the coast of São Paulo has not been studied. Therefore, the objectives in 5.5 years of study of *P. muelleri* off the coast of São Paulo were to determine the size at morphological sexual maturity, to describe the monthly variations in reproduction and recruitment, to determine the relationship between its spawning and recruitment season and the bottom temperature, and to contrast temporal variation in reproduction and recruitment of this subtropical population.

MATERIALS AND METHODS

Shrimp were collected monthly from January 1998 to June 2003 along the northern coast of São Paulo, in the Ubatuba (23°30'S, 45°09'W), Caraguatatuba (23°37'S, 45°25'W), and São Sebastião regions (23°48'S, 45°23'W) (Fig. 1).

In each month, a mean number of 14 stations (2 km) were trawled for 30 min, at

depths between 5 and 45 m. A shrimp boat equipped with double-rig nets (mesh size 20 mm, and 15 mm in the cod end) was used for trawling. As the species studied here is epibenthic, we adopted only the bottom temperature measurements for analysis, which were monitored at each station. Detailed descriptions of the sampling procedure and analysis of environmental factors for the period are available in Bertini et al. (2001).

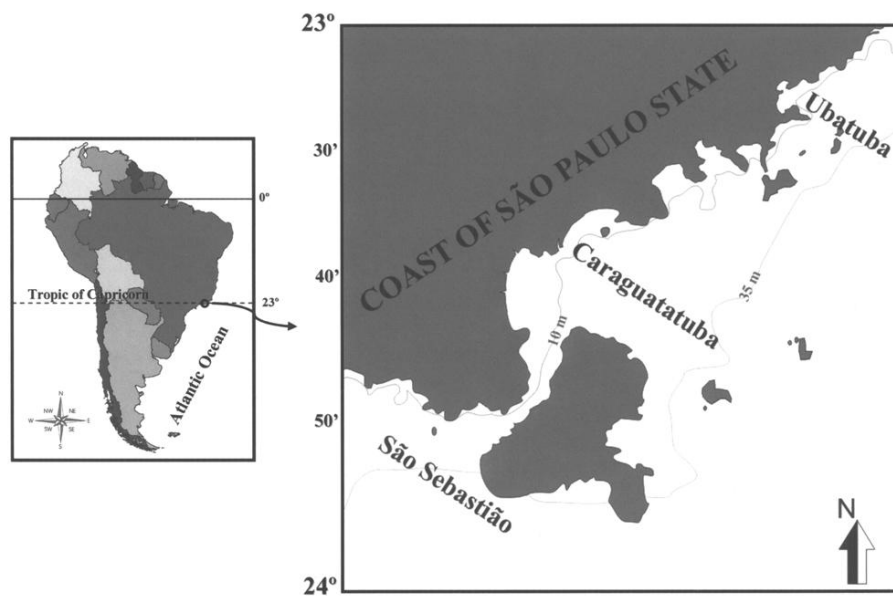


Figure 1: Regions studied on the northern coast of São Paulo state. Ubatuba, Caraguatatuba and São Sebastião.

The shrimp were sexed (presence of the petasma in males and absence in females), and measured (to nearest 0.1 mm). Carapace length (CL: the distance from the orbital angle to the posterior margin of the carapace). Length-frequency distributions were constructed separately for each sex, bimonthly, using 2.0 mm CL size intervals. The ratio of females to males was determined by the Kolmogorov- Smirnov two-sample test (Sokal and Rohlf 1995). The relative frequency (%) of adults in each size class was plotted, and the logistic

function $y = \frac{1}{1 + e^{r(CL - CL_{50})}}$ was fitted to the data. $CL_{50\%}$ corresponds to the size at which 50% of the individuals are considered mature/adults, and r is the slope of the curve. Fitting was done by the least-squares method (Aguillar et al. 1995), requiring a size-range overlap of adults and juveniles of at least two size classes. The shrimp were therefore arranged in 1.0 mm size intervals.

The reproductive condition of females was determined by macroscopic observation of the degree of ovarian development (color and volume occupied by the gonads), according to Castilho et al. (2007a). Ovaries categorized as immature (juvenile) varied from thin, transparent strands to thicker strands. Ovaries of adult females were classified as spent if they were much larger and thicker than the immatures, and white; as developed if they were light green; or as ripe if they were green to olive green. Sexual maturity of males in penaeids usually is indicated by fusion of the petasmas lobes (Castilho et al. 2007a). The juvenile male of *P. muelleri* has totally separate petasmas lobes (pleopodal endopods). Thus, the stage of maturity of males was assessed by examining the shape of the petasma, being fused in adult males (Boschi 1989).

Spawning intensity of the population was estimated as the percentage of mature females (developed and ripe gonad) in relation to the total of adult females in each month or season (e.g., summer: January-March, and so on). We chose the smallest size class that contained a female with a mature ovary as the lowest size limit for adult females, as recommended by Bauer and Lin (1994). Recruitment was defined as the number of juveniles caught per standard trawl (catch per unit effort = CPUE), i. e., shrimp collected for 60 minutes (2 nets X 30 min) in each month or season. Juvenile size classes were

defined separately for males and females. Spearman's correlation coefficient was used to test the null hypothesis of no association between temperature and (a) the relative frequency of spawning females and (b) the juveniles caught per standard trawl.

RESULTS

During this study, a total of 12 204 shrimp (8 375 females and 3 829 males) were captured. For females, the mean size recorded was 16.4 ± 4.3 mm CL, ranging from 5.2 to 34.7 mm. The mean size of males was 12.7 ± 2.4 mm CL, ranging from 6.5 to 27.7 mm CL. The size-frequency distributions for females and males (Fig. 2) were significantly different, according to the Kolmogorov-Smirnov two-sample test ($d_{\max} = 0.43$, $p < 0.01$). Males were most numerous from 9 to 14 mm, and females were most numerous from 15 to 32 mm CL.

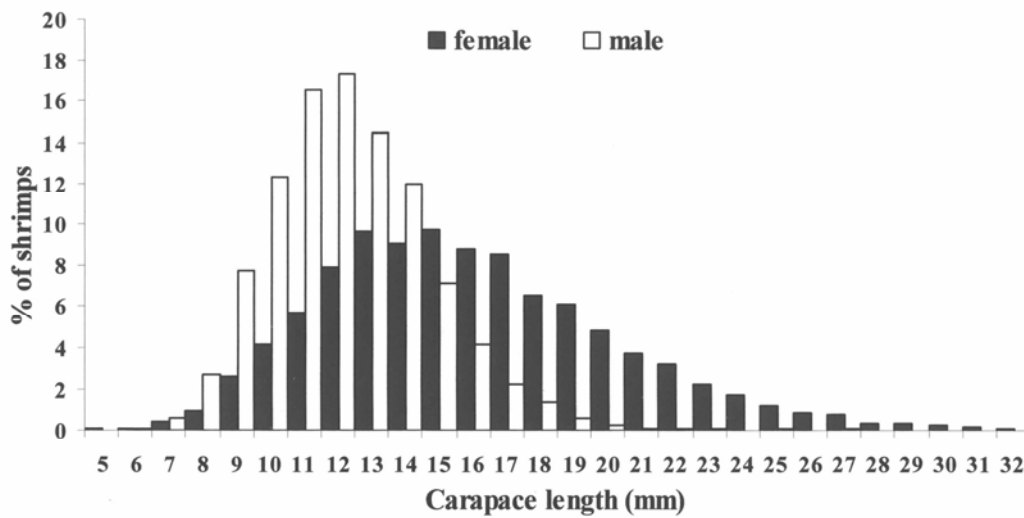


Figure 2: Size-frequency distributions for females and males of *P. muelleri* collected in the study areas, from January 1998 through June 2003.

The annual cycles, over the 5.5 years of the study, showed a growth of carapace size (Figures 3 and 4), being more evident for females with modals of smaller sizes (recruits - < 13 mm) in Nov-Dec/1998 and 2000; Jan-Feb/1999, 2001, 2002 and 2003. Peaks of females with larger sizes (> 19 mm) occurred in Nov-Dec/1998 and 2000, Jul-Aug/1999 and 2000, and May-Jun/2000 and 2003 (Fig. 4). Size at sexual maturity was estimated at $CL_{50\%} = 12.5$ mm for males and $CL_{50\%} = 15.5$ mm for females. The largest immature female measured 11.3 mm CL; the smallest female bearing developed gonads was 11.1 mm. The largest immature male measured 10.7 mm; the smallest male with fused petasma was 9.1 mm.

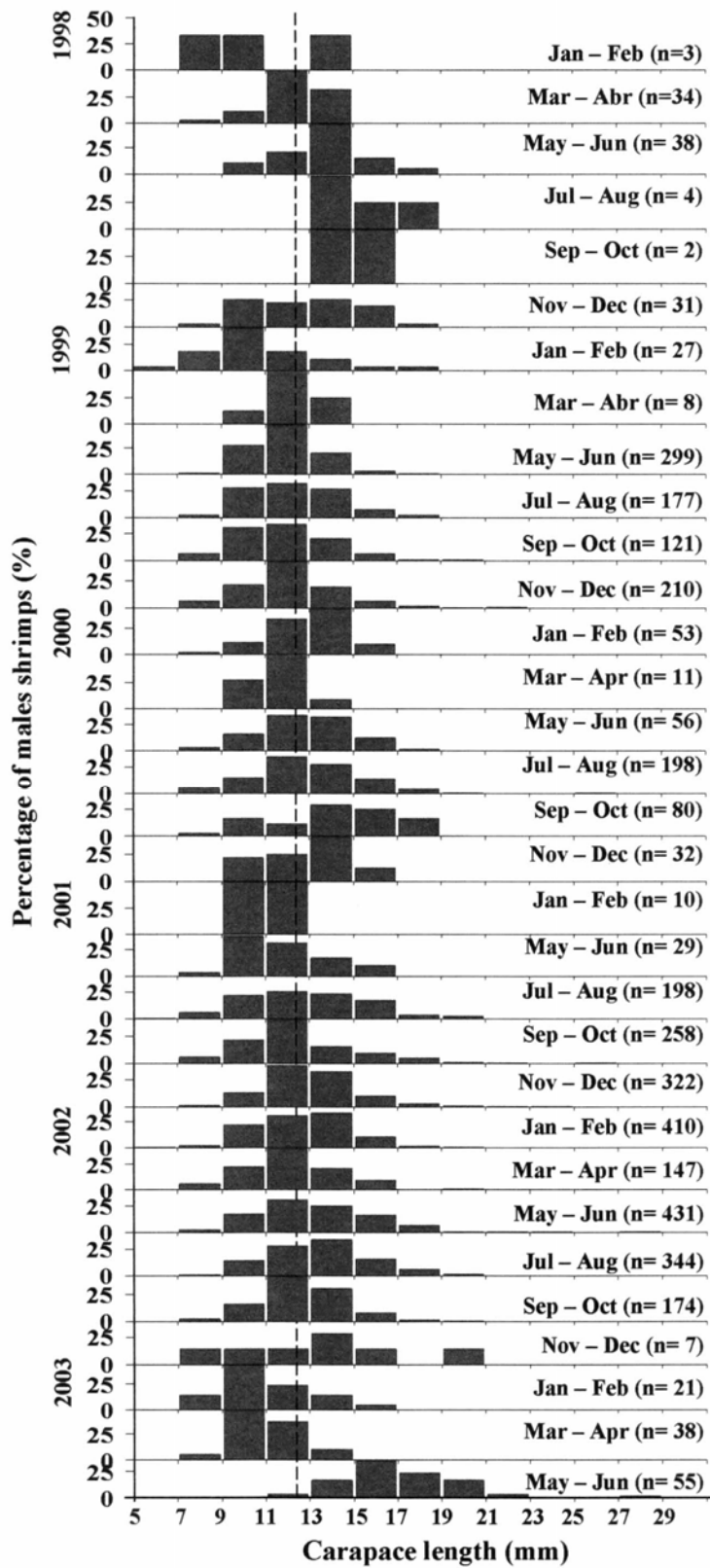


Figure 3: Seasonality of size-frequency distributions for males of *Pleoticus muelleri*, bimonthly, over the 5.5-year study period. Dot line: estimated sexual maturity (CL_{50%}).

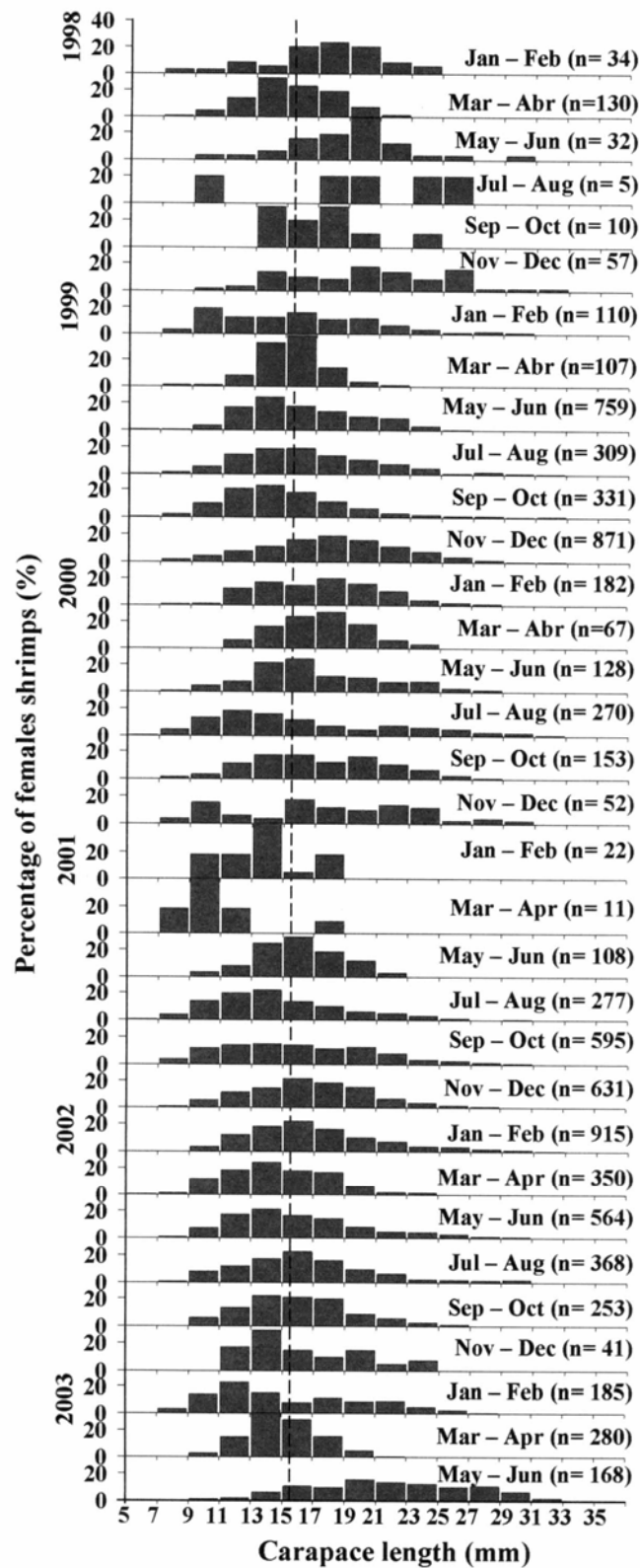


Figure 4: Seasonality of size-frequency distributions for females of *Pleoticus muelleri*, bimonthly, over the 5.5-year study period. Dot line: estimated sexual maturity (CL_{50%}).

The frequency of occurrence of mature females is shown simultaneously with the variation in bottom-water temperature in Fig. 5. In each year of the study, spawning occurred in all seasons, but high percentages of females with mature gonads were recorded mainly in months with temperatures lower than 23°C. The bottom temperature varied from 17°C to 28°C and correlated significantly with the relative frequency of spawning females (Spearman, $r_s = -0.40$, $p < 0.001$) and juveniles caught per standard trawl (Spearman, $r_s = -0.26$, $p < 0.035$), during January 1998 and June 2003.

In 1998 the breeding period was seasonal, with peaks in January and December, when maximum water temperature was 25.5°C and minimum 21°C. The peak of spawning females was observed in November - December 1998, when the temperature decreased. In other years, there were similar fluctuations in the percentages of mature females according to the variations of bottom temperature (Fig. 5). In general, spawning females of *P. muelleri* were found in most months off the coast of São Paulo, with a pronounced peak from October through March.

The juveniles were found in lower numbers (max. approximately 42 shrimp per hour in spring 2001) in all seasons over the entire study period, and with variations between consecutive years. Recruitment (CPUE) for *P. muelleri* was continuous, with pronounced peaks in summer and spring (Fig. 6).

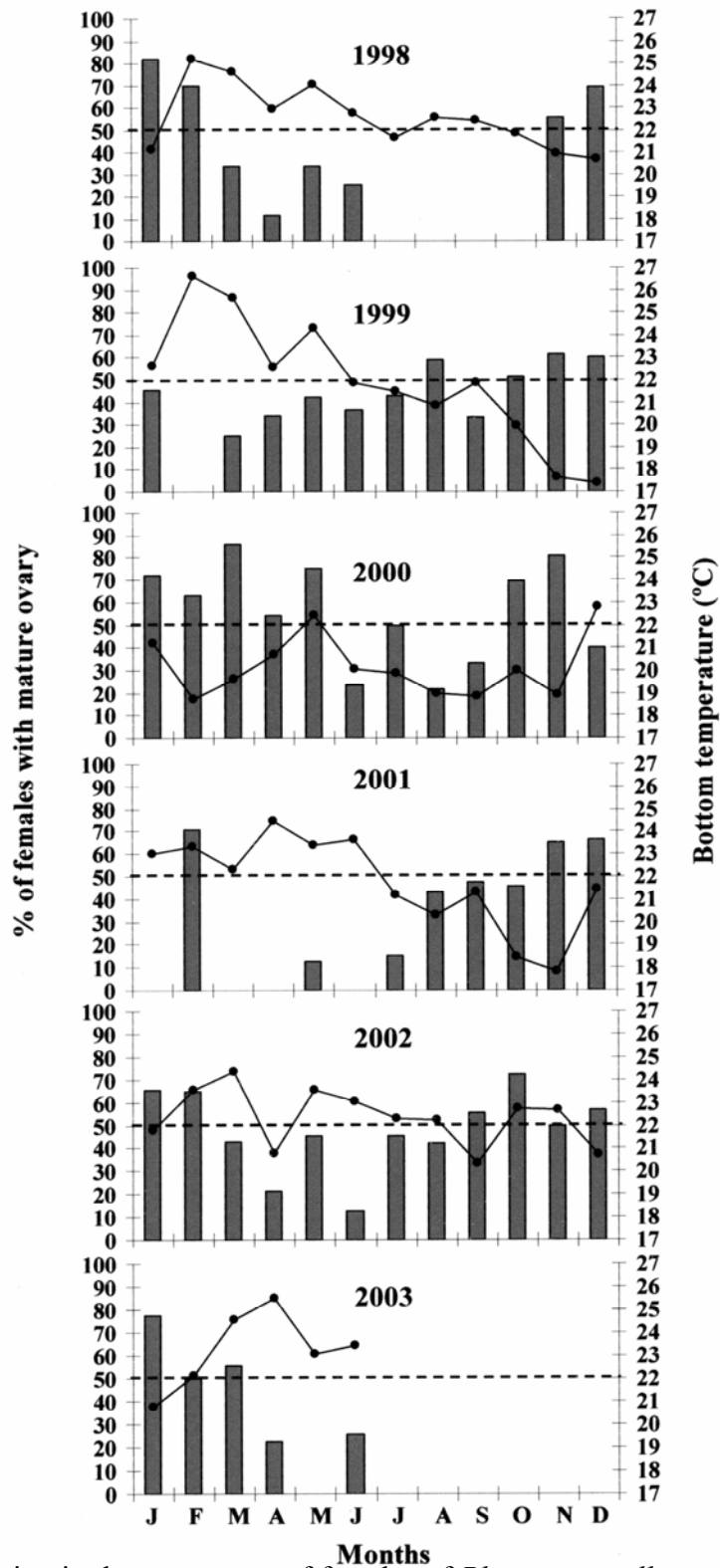


Figure 5: Variation in the percentage of females of *Pleoticus muelleri* with mature ovaries and monthly mean bottom-water temperature (°C) in the study areas, from January 1998 through June 2003.

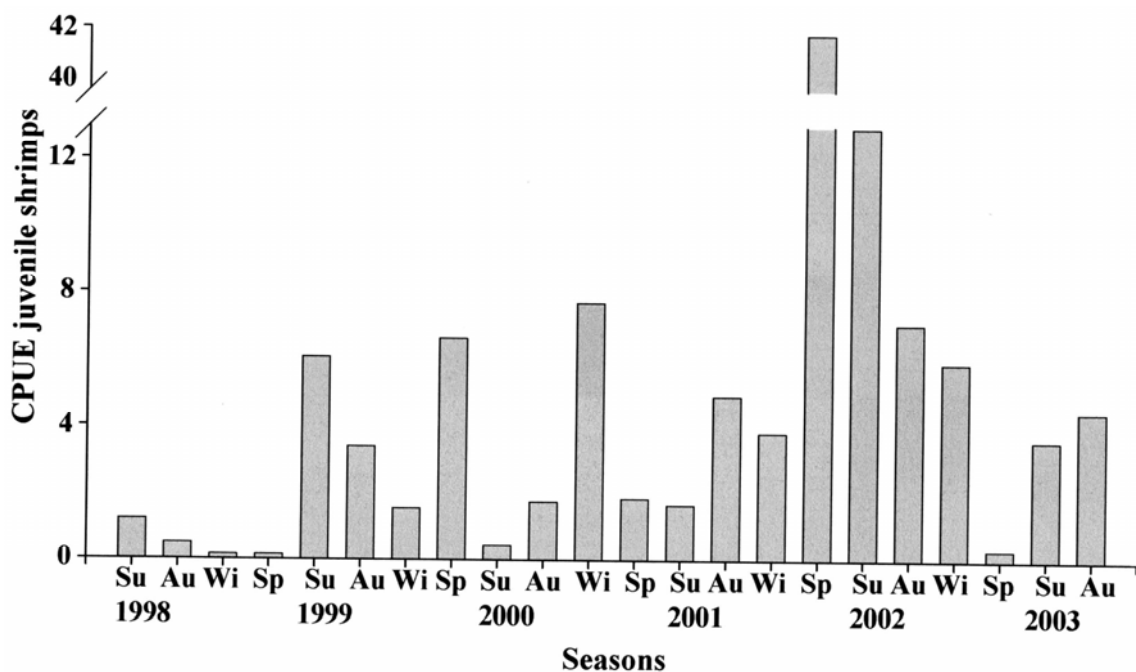


Figure 6: Temporal pattern of *Pleoticus muelleri*, showing the of juveniles catch per unit effort (CPUE), i. e., collected for 60 minutes (2 nets X 30 min), in each season, over the 5.5-year study period. (Su= summer, Au= autumn, Wi= winter, Sp= spring). Summer: January-March, and so on.

DISCUSSION

Sexual dimorphism based on size occurred in *P. muelleri*: females reached larger sizes than males, which indicates differential growth rates between females and males. According to Boschi (1989), sex-related body-length differences between males and females are a general rule among penaeoid shrimps. Ohtomi and Irieda (1997), Costa and Fransozo (2004) and Castilho et al. (2007a) reported smaller sizes in males of *Solenocera melantho* De Man, 1907, *Rimapenaeus constrictus* Stimpson, 1874, and *A. longinaris*, respectively. Gab-Alla et al. (1990) and Yamada et al. (2007) suggested that this sexual dimorphism probably occurs because the fecundity of females increases exponentially with

body size, i. e., the large body size of females may be an adaptation to increase egg production.

Some studies have suggested that *P. muelleri* typically lives in cold-temperate waters. Boschi (1989) and Costa *et al.* (2004) stated that it occurs in a temperature range from 7 to 21°C. The southeastern Brazilian coast is strongly affected by two water masses: the Coastal Water (CW) and Tropical Water (TW). The effects of these water masses are more pronounced during fall and winter, when temperature and salinity levels increase to over 21 °C and 35, respectively. Another water mass, the South Atlantic Central Water (SACW), intrudes throughout late spring and summer, causing decreases in temperature (<20 °C) and bottom salinity (<35) (Castro-Filho *et al.* 1987). Castilho *et al.* (2008) reported that the intrusion of the SACW, detected in this study with the bottom temperature decreasing during the end of spring (mainly November-December of 1999 and 2001), causes considerable changes to the resident communities, either positive or negative. Therefore, the south-southeast shelf is an area of accentuated faunistic transition, including tropical to subantarctic species, such as *P. muelleri*. This may explain the lack of a significant correlation between the relative frequency of breeding females and bottom-water temperature. Both shrimps (*A. longinaris* and *P. muelleri*) migrate from the south to the northern coast of São Paulo during the intrusions of cold SACW (Costa *et al.* 2004, 2005; Fransozo *et al.* 2004; Castilho *et al.* 2007a).

A paradigm of latitudinal pressure on the population dynamics of penaeoid shrimps has been suggested by several authors (Bauer 1992, Boschi 1997, Costa and Fransozo 2004, Castilho *et al.* 2007ab). Boschi (1997) found a variation in the carapace lengths of *P. muelleri* from south to north along the Argentine coast: for females, 54 mm at Mazarredo

(47°S) and 43 mm in the Gulf of San Jorge (46°S); and for males, 42 mm at Mazarreno and 39 mm in the Gulf of San Jorge. On the subtropical coast of the present study (23°S), mean lengths were smaller: 34.7 mm for females and 27.7 mm for males. The same latitudinal effect is observed in the size of sexual maturity: in the Gulf of San Jorge, Fernández et al. (2003) found mature females with carapace size larger than 31 mm, which is much larger than the smallest female with developed gonads (11.1 mm), caught in the present study.

Bauer (1992) compared the longevity and size of females of *Sicyonia* spp. in tropical, subtropical, and cool-temperate regions. Females of the larger species of the genus *Sicyonia* (cool-temperate regions) live at least two years, so that individual females have the opportunity to breed during a period of the year that might be most favorable for larval development and settlement. Thus, there is selection for seasonality in breeding patterns in these species. The small tropical sicyoniids live less than one year, and may settle and grow to sexual maturity at any time during the year. The same hypothesis can be proposed for *P. muelleri* in a subtropical region (São Paulo) compared with the results of Boschi (1997) in the more southern, cool-temperate region (Patagonian coast, 43° - 47°S).

On the Patagonian coast, Boschi (1989) observed that *P. muelleri* has a mean longevity of 20 months, with growth and molting influenced mainly by water temperature. The winter decrease in water temperature (7 or 8°C) retards the molt cycle and slows growth. However, the increase of temperature (15 to 20°C) in the other seasons allows better growth of the juvenile cohort at the end of spring and summer, to the beginning of autumn. On the other hand, there is a heterogenous distribution of size classes on the Patagonian coast, where smaller shrimp were caught in the south (Mazarredo) than the north (Rawson). An analogous size-class distribution is proposed in the present study:

influenced temporally by the water-temperature cycle, and spatially by the differences in regions off the southeastern Brazilian coast. Nevertheless, off the Brazilian coast, the winter water temperature does not impose a selective pressure on the growth of *P. muelleri*, but the elevated temperature at the end of summer ($> 24^{\circ}\text{C}$) probably limits the larger shrimp, which migrate to other sites or regions. The probable return of migrating shrimp with the decrease in water temperature or the penetration of colder SACW waters may explain the larger shrimp collected in winter and spring.

The presence of juvenile individuals and mature females throughout the year, as observed in January 1998 and June 2003, suggests that this species breeds continuously. However, there is evidence for more intense reproductive activity in summer than spring in relation to other seasons. Otherwise, there were no seasonal trends in recruitment of juveniles. The seasonal variation in the frequency of females bearing mature ovaries was similar in *A. longinaris* studied by Castilho et al. (2007ab) and in *R. constrictus*, by Costa and Fransozo (2004).

Vega-Pérez (1993) reported that during spring and summer, the ocean chlorophyll content (phytoplankton production) is higher, usually when the SACW intrudes into the region during upwelling events. The phytoplankton production must lead to subsequent production of herbivorous zooplankton, providing the highest density of planktonic organisms in summer. This cycle coincides with the changes in frequencies of females with mature gonads that we observed; suggesting that food availability for larval protozoa (indicated by phytoplankton production) may be an important selective factor shaping the seasonal breeding pattern in this species. The same relationship (larval abundance-breeding season) was suggested by Boschi (1989) for *P. muelleri*, Costa and Fransozo (2004) for *R.*

constrictus, and Castilho et al. (2007a) for *A. longinaris*.

On the Patagonian coast, Fernández et al. (2003) observed that *P. muelleri* breeds in spring and summer, and breeding apparently ceases during the rest of the year. However, the spawning peaks begin early at low latitudes (November – 43°S) and in December or January at latitude 46°S. This species also showed seasonal breeding and spawning in spring and summer, but with the peak starting in October, declining in April, and breeding continuing at a lower level thereafter. The classical paradigm of continuous reproduction in the tropics and seasonal reproduction at higher latitudes, increasingly restricted in time with an increase in latitude, is supported by the results of this study.

Recruitment was interpreted here as episodic, because there was no apparent correlation between the percentages of mature females and immature individuals. Boschi (1989) also found no relationship. Probably, the conditions of the environmental factors and food supply of each breeding season exert a selective pressure on the offspring (larval development). During these 5.5 years of study, elevated peaks of mature females appeared to be related to low percentages of recruitment.

According to the results of Boschi (1989), the life cycle of *P. muelleri* occurs in two parts on the Patagonian coast: larval and post-larval drift, when the initial stages of the life cycle migrate to southern areas of the Gulf of San Jorge (46°S); and an active migration of advanced juveniles and adults from the southern regions to reproduce in the northern areas which provide more food resources. A similar movement can be suggested for the coast of São Paulo: the northern coast (study area) supports the breeding stock, with an ingress of some larger, mature individuals from the southern coast of Brazil.

According to Castilho et al. (2007a,b, 2008), penaeoid shrimps in southeastern

Brazil also seem to adjust their reproductive behavior to variations in bottom temperature and phytoplankton production, particularly during the spring and summer, resulting from the upwelling of the SACW. Based on our results, we confirm this hypothesis for *P. muelleri*. However, for a species that uses different regions in its life cycle, future studies of migration of populations of *P. muelleri* may reveal the principal stocks of spawning individuals, larvae and post-larvae, and recruitment of juveniles.

REFERENCES

- Aguillar AT, Malpica ZC, Urbina BV. 1995. Dinámica de poblaciones de peces. Lima: Libertad. 304 pages.
- Bauer RT. 1992. Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species. *Invertebrate Reproduction and Development* 22:139-202.
- Bauer RT, Lin J. 1994. Temporal patterns of reproduction and recruitment in populations of the penaeid shrimps *Trachypenaeus similis* (Smith) and *T. constrictus* (Stimpson) (Crustacea: Decapoda) from the north-central Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 182:205-222.
- Bauer RT, Rivera Vega LW. 1992. Pattern of reproduction and recruitment in two sicyoniid shrimp species (Decapoda: Penaeoidea) from a tropical seagrass habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 161:223-240.
- Bertini G, Fransozo A, Costa RC. 2001. Ecological distribution of three species of *Persephona* (Brachyura: Leucosiidae) in the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. *Nauplius* 9:31-42.

- Boschi EE. 1989. Biología Pesquera del Langostino del Litoral Patagónico de Argentina (*Pleoticus muelleri*). Serie Contribuciones del INIDEP 646:1-71.
- Boschi EE. 1997. Las pesquerías de crustáceos decápodos en el litoral de la República Argentina. *Investigaciones Marinas* 25:19-40.
- Castilho AL, Costa RC, Fransozo A, Boschi EE. 2007a. Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae), off the coast of São Paulo state, Brazil. *Revista de Biología Tropical* 55:39-48.
- Castilho AL, Gavio MA, Costa RC, Boschi EE, Bauer RT, Fransozo A. 2007b. Latitudinal variation in population structure and reproduction pattern of the endemic South American shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea). *Journal of Crustacean Biology* 27:548-552.
- Castilho AL, Pie MR, Fransozo A, Pinheiro AP, Costa RC. 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community (Crustacea, Decapoda, Penaeoidea) in Southeastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88.
- Castro RH, Costa RC, Fransozo A, Mantelatto FLM. 2005. Population structure of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. *Scientia Marina* 69:105-112.
- Castro-Filho BM, Miranda LB, Myao SY. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico* 35:135-151.
- Costa RC, Fransozo A. 2004. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda: Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *Journal of Crustacean Biology*

24:274-281.

Costa RC, Fransozo A, Pinheiro AP. 2004. Ecological distribution of the shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) (Decapoda: Penaeoidea) in southeastern Brazil. *Hydrobiologia* 529:195-203.

Costa RC, Fransozo A, Castilho AL, Freire FAM. 2005. Annual, seasonal and spatial variation of abundance of the shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea) in a southeastern region of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85:107-112.

Fernández, M, Macchi G, De la Garza J. 2003. Análisis reproductivo de las concentraciones de langostino (*Pleoticus muelleri*) localizadas en la exploración llevada a cabo en el Golfo San Jorge (provincia de Santa Cruz) con el Arbumasa XIV. Informe Tecnico INIDEP 184:1-12.

Fransozo A, Costa RC, Castilho AL, Mantelatto FLM. 2004. Ecological distribution of the shrimp “Barba-ruça” *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeidae) in Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 16:45-53.

Fransozo A, Costa RC, Pinheiro MAA, Santos S, Mantelatto FLM. 2000. Juvenile recruitment of the seabob *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller,1862) (Decapoda, Penaeidea) in the Fortaleza Bay, Ubatuba, SP, Brazil. *Nauplius* 8:179-184.

Gab-Alla AAFA, Hartnoll RG, Ghobashy AF, Mohammed SZ. 1990. Biology of penaeid prawns in the Suez Canal Lakes. *Marine Biology* 107:417-426.

Nakagaki JM, Negreiros-Fransozo ML. 1998. Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba bay, São Paulo, Brazil. *Journal of Shellfish Research* 17:931-935.

Ohtomi J, Irieda S. 1997. Growth of the deep-water mud shrimp *Solenocera melantho* De Man, 1907 (Decapoda, Penaeoidea, Solenoceridae) in Kagoshima Bay, southern Japan. *Crustaceana* 70:45-58.

Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry*. New York: WH Freeman and Company. 887pages.

Vega-Pérez LA. 1993. Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. *Publicação Especial do Instituto Oceanográfico* 10:65-84.

Yamada R, Kodama K, Yamakawa T, Horiguchi T, Aoki I. 2007. Growth and reproductive biology of the small penaeid shrimp *Trachysalambria curvirostris* in Tokyo Bay. *Marine Biology*. 151:961-971.

SUMMARY

Sicyonia dorsalis is not exploited commercially in Brazil, but it has a critical link in marine food chains by converting detritus food sources into microorganism biomass that is available for higher trophic levels. The reproduction biology was examined for this species sampled for five and a half years in a tropical locality, from the southeastern coast of São Paulo (23° S), Brazil. Monthly samples were taken from Jan/1998 to Jun/2003 at depths of 5 to 45 m. Ovarian development condition was used to examine breeding in adult females. Recruitment was estimated by changes in proportion of individuals in juvenile size classes (CL≤8.2 mm) in relationship to the total number of individuals. The largest immature female measured 9.2 mm CL, but 75% presented size smaller than 7.3 mm CL. The largest immature male measured 6.8 mm CL. The relative frequency of mature females correlated negatively with the relative frequency of recruitment ($p < 0.001$). A pattern of ripe females was found in every season with peaks in December-February following the recruitment peak in March-June, and a second peak of spawning in May-July and of recruitment in September-November. The continuous reproductive pattern for *S. dorsalis* and the hypothesis that during spring and summer the phytoplankton production is higher, when the South Atlantic Central Water mass intrudes into the region during upwelling events, suggest that food availability for protozoa and mysis may be an important selective factor shaping the seasonal breeding pattern for *S. dorsalis*. The classical paradigm of continuous reproduction at lower latitudes, with increased seasonality of breeding period at higher latitudes, seems to be valid for this species.

Key words: Penaeoidea, *Sicyonia dorsalis*, reproduction biology, reproductive pattern, recruitment, sexual maturity.

INTRODUCTION

An accurate description of the reproductive dynamics is fundamental to the understanding of the recruitment processes, the development of spawning stock, and recruitment relationships in penaeid shrimps. These studies are essential to implement sustainable fishery techniques, especially because reproductive patterns can differ according to variable environmental conditions at distincts latitude (Castilho et al. 2007ab). However, there are only a few accounts of the population biology of dendrobranchiate shrimps in the southeastern coast of Brazil. Almost all the available published information refers to three species: *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) by Nakagaki and Negreiros-Fransozo (1998), Fransozo et al. (2000), Castro et al. (2005); *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874) by Costa and Fransozo (2004); *Artemesia longinaris* Bate, 1888 and *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) by Castilho et al. (2007ab). In such region, all the studied penaeoids show continuous spawning with peaks of higher intensity.

Rock shrimps are not commercially exploited in Brazil, but it has a critical link in marine food chains by converting detritus food sources into microorganism biomass that is available for higher trophic levels such as *Sicyonia dorsalis* Kingsley, 1878 that represents around 90% of the sicyoniid shrimps collected off the northern coast of the State of São Paulo (Brazil), and it is the 7th most-abundant penaeoid species caught in the nonselective trawl nets in such region (Costa et al. 2005). This species occurs from North Carolina (USA) to Santa Catarina (Brazil), including the Caribbean (Pérez-Farfante and Kensley, 1997). According to Costa et al. (2000), *S. dorsalis* has been found from shallow coastal regions to depths of approximately 60 m.

In penaeodean species males are slightly too much smaller than females, chelipeds are relatively small and males are not notably aggressive with conspecifics (Bauer 1991, 1996). Females of this genus have a closed thelycum, which permits storage of simple sperm masses deposited by males during mating (Bauer 1991).

Costa et al. (2005) investigated the ecological distribution of *S. dorsalis*, but no reproduction study has been accomplished to date on this species along the coast of São Paulo. Therefore, the objectives in 5.5 years of study of *S. dorsalis* of the southeastern coast of Brazil were to determine the size at morphological sexual maturity; to describe the bimonthly variations in the spawning and recruitment season; to find a reproductive pattern (spawning and recruitment) of *S. dorsalis* in a tropical region, and to determine the relationship between its spawning and recruitment season and the bottom temperature too.

MATERIAL AND METHODS

Shrimp were collected monthly from January 1998 to June 2003 along the northern coast of São Paulo, in the Ubatuba (23°30'S, 45°09'W), Caraguatatuba (23°37'S, 45°25'W), and São Sebastião regions (23°48'S, 45°23'W) (Fig. 1). In each month, a mean number of 14 stations (2-km) were trawled for 30 min, at depths between 5 and 45 m. A shrimp boat equipped with double-rig nets (mesh size 20 mm, and 15 mm in the cod end) was used for trawling. As the species studied here is epibenthic, we adopted only the bottom temperature measurements for analysis, which was monitored at each station. Detailed descriptions of the sampling procedure and analysis of environmental factors for the period are available in Costa et al. (2005).

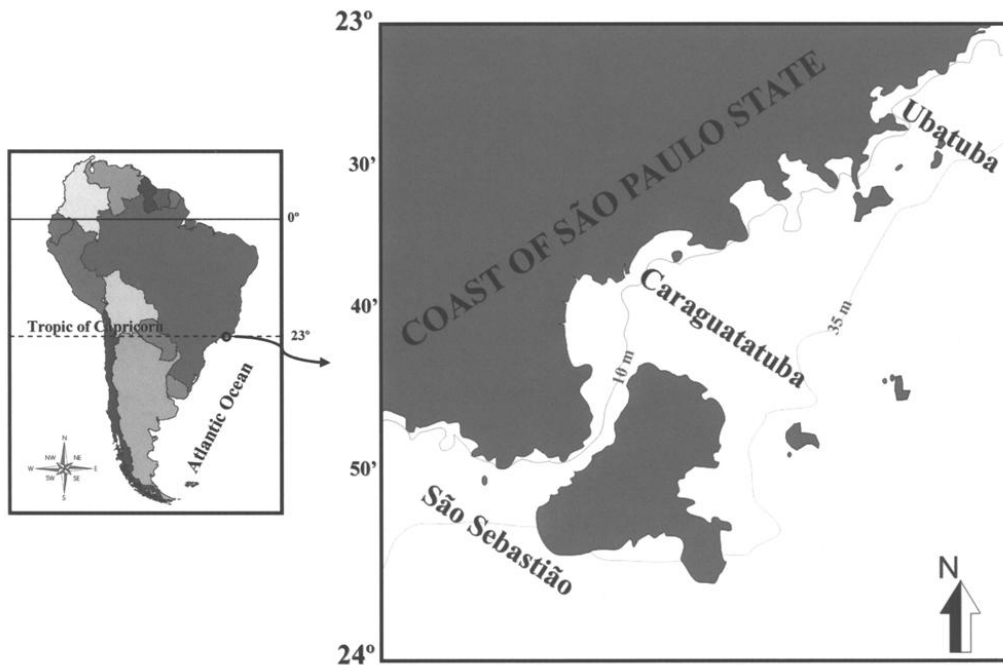


Figure 1: Regions studied on the northern coast of São Paulo state. Ubatuba, Caraguatatuba and São Sebastião.

The sex of shrimps was assessed and measured (to nearest 0.1 mm). Carapace length (CL) was chosen as the size dimension, corresponding to the distance from the orbital angle to the posterior margin of the carapace. Length-frequency distributions were constructed separately for each sex, using 0.3 mm CL size intervals. The ratio of females to males was determined by the Kolmogorov- Smirnov two-sample test (Sokal and Rohlf 1995).

The reproductive condition of females was determined by macroscopic observation of the degree of ovarian development (color and volume occupied by the gonads), according to Castilho et al. (2007a). Ovaries categorized as immature (juvenile) varied from thin, transparent strands to thicker strands. Ovaries of adult females were classified as spent if they were much larger and thicker than the immature, and white; as developed if they

were light green; or as ripe if they were green to olive green. Spawning intensity of the population was estimated as the percentage of mature females (developed and ripe gonad) for each month or season.

Sexual maturity of males in penaeids usually is indicated by fusion of the petasmas lobes. The juvenile male has totally separate petasmas lobes (gonadal endopods). Thus, the stage of maturity of males was assessed by examining the shape of the petasma, being fused in adult males (Boschi 1989; Bauer and Rivera Vega, 1992).

In present study, recruitment refers the youngest age (carapace length) at which the marine species may be vulnerable to fishing gear (Sparre and Venema, 1998). According to Bauer and Rivera Vega (1992), the recruitment of shrimps can be estimated by the proportion of the population sample in the smaller size classes of combined male/female size frequency distributions, calculating the percentage lower 25% of all possible size class (*S. dorsalis* = 8.2 mm CL). The proportion of recruitment was defined as the percentage of recruits (≤ 8.2 mm) of the total number of shrimps in each month or season sample.

Clark and Pillai (1991), Jerí (2000) and Bauer and Rivera Vega (1992) showed that *Sicyonia ingentis* (Burkenroad, 1938), *S. disdorsalis* (Burkenroad, 1934), *S. laevigata* Stimpson, 1871 and *S. parri* (Burkenroad, 1934) had year-round spawning activity. In general, it is thought that tropical penaeoidean shrimps have two major spawning periods each year (Bauer 1992; Crocos et al. 2001; Costa and Fransozo, 2004; Castilho et al. 2007a). For to calculate the reproductive pattern of *S. dorsalis* was verified previously the peaks of percentage of mature females and recruitment finding two annual spawning and recruitment peaks, suggesting a 1 year reproductive cycle for this species in a tropical region. After that, the years were summed and in each month were calculated the cohorts

(Bhattacharya's method) in the length-frequency distribution (LFD), and were observed the percentages of mature females and recruitment.

Bhattacharya's method was used to identify normal distribution (cohorts) included in polymodal LFDs. The separation index between different cohorts was estimated. Values of less than 2 indicate a large overlap between cohorts and were considered statistically unacceptable (Sparre and Venema, 1998). Spearman's correlation coefficient was used to test the null hypothesis of no association between temperature and (a) the frequency of recruits and (b) the frequency of mature females, and the relation between (a) and (b).

RESULTS

During the present study, a total of 4,820 shrimps (4,293 females and 527 males) was captured. For females, the mean size recorded was 9.4 ± 1.7 mm CL, ranging from 3.2 to 19.5 mm. The mean size of males was 7.0 ± 1.8 mm CL, ranging from 3.5 to 14.4 mm CL. The size-frequency distributions for females and males (Fig. 2) were significantly different, according to the Kolmogorov-Smirnov two-sample test ($d_{max} = 0.59$, $p < 0.01$). Males were most numerous from 5 to 8 mm of CL and females from 7 to 12 mm of CL. The largest immature female measured 9.2 mm CL, but 75% presented size smaller than 7.3 mm CL. The largest immature male measured 6.8 mm CL. The recruits was considered the shrimps with size smaller or equal than 8.2 mm CL.

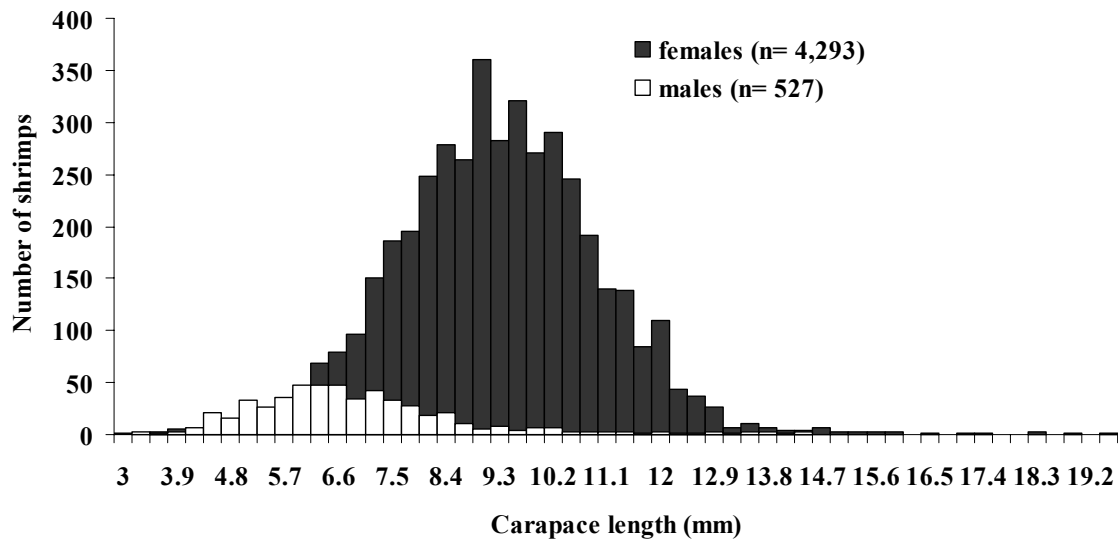


Figure 2: Size-frequency distributions for females and males of *S. dorsalis* collected in the study areas, from January 1998 through June 2003.

In each year of the study, spawning occurred in all period (bimonthly), but high percentages of females with mature gonads were recorded during May-Jun/1998, 1999, 2003 and Nov-Dec/1998, 1999. Mature females were collected in a higher percentage in Jul-Aug/2001, 2002 and Jan-Feb/2002, 2003 too (tab. 1). The bottom temperature varied from 17°C to 28°C and not correlated significantly with the relative frequency of spawning females during January 1998 and June 2003 (Spearman, $p > 0.05$).

The recruitment occurred continually in 5.5 years with smaller shrimps in Nov-Dec/1998, 1999 and Jul-Aug/2001, 2002 and high percentages collected mainly in March to May (1998, 1999, 2003). Nevertheless, in November to February (1998, 1999) the major absolute frequency was verified (fig. 3).

Table 1: Number and relative frequency of females of *S. dorsalis* with mature ovaries and mean bottom-water temperature (°C) monitored bimonthly in the study areas, from January 1998 through June 2003. Percentage of females with mature ovaries in relation to the total of adult females.

Period bimonthly		N	%	Mean of temperature (°C)
1998	Jan-Feb	27	68	25.1
	Mar-Apr	4	80	24.7
	May-Jun	14	88	23.5
	Jul-Aug	47	61	22.3
	Sep-Oct	78	61	22.3
	Nov-Dec	459	75	21.9
1999	Jan-Feb	219	77	25.7
	Mar-Apr	9	45	25.5
	May-Jun	3	100	23.3
	Jul-Aug	11	52	21.4
	Sep-Oct	33	60	21.4
	Nov-Dec	196	70	18.6
2000	Jan-Feb	11	50	21.7
	Mar-Apr	3	100	21.3
	May-Jun	3	75	21.9
	Jul-Aug	9	69	19.5
	Sep-Oct	26	81	19.7
	Nov-Dec	7	70	21.4
2001	Jan-Feb	1	50	23.2
	Mar-Apr	2	18	23.4
	May-Jun	43	48	23.5
	Jul-Aug	201	65	20.7
	Sep-Oct	180	45	19.9
	Nov-Dec	97	47	19.6
2002	Jan-Feb	174	76	22.7
	Mar-Apr	12	52	22.6
	May-Jun	24	50	23.3
	Jul-Aug	52	84	22.3
	Sep-Oct	61	78	21.5
	Nov-Dec	31	69	21.7
2003	Jan-Feb	49	74	21.4
	Mar-Apr	6	21	25.0
	May-Jun	7	88	23.2

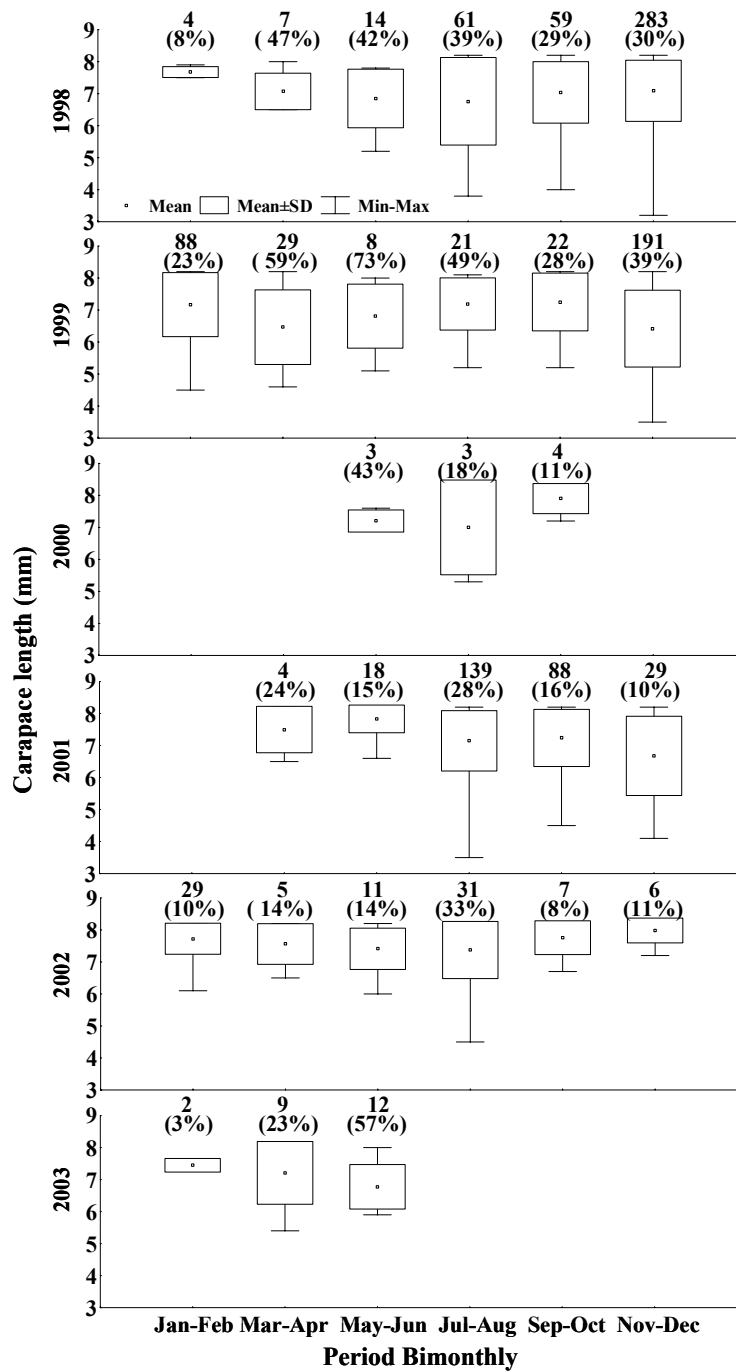


Figure 3: Temporal pattern of *S. dorsalis*, showing the abundance, relative frequency, and the carapace length variation of the recruits of *S. dorsalis*, bimonthly, over the 5.5-year study period. Percentage of recruitment in relation to the total number of individuals.

The relative frequency of mature females correlated negatively with the relative frequency of recruitment (Spearman, $r_s = -0.88$, $p < 0.001$). This relationship can be observed in the figure 4, where the pattern of recruitment occurs in March to June (summer-autumn) in an answer of the reproductive investment of December to February (spring-summer). A similar correlation can be verified in the second spawning season in May to July (autumn-winter) following the recruitment peak of September to November (winter-spring).

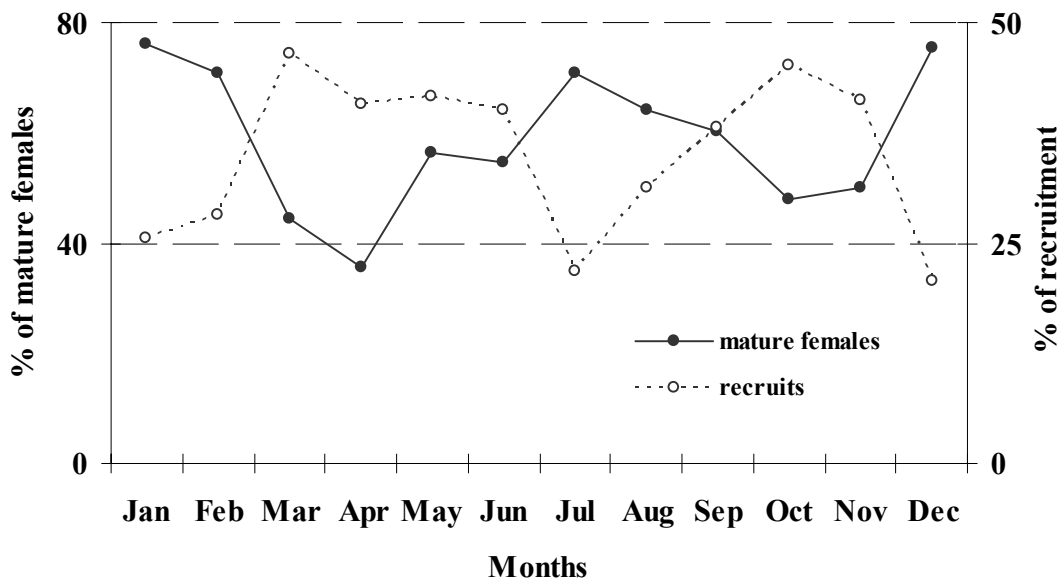


Figure 4: Variation in the percentage of females with mature ovaries and recruits of *S. dorsalis* in annual patterns the study areas.

In a figure 5 were observed the cohorts for LSF of females in a annual cycle, demonstrating that cohorts of recruits (≤ 8.2 mm CL) in a recruitment season were evidenced such as the first cohort of March (8.2 ± 1.4 mm CL), April (8.1 ± 1.2 mm CL) and the firsts modals of June (7.1 ± 1.0 mm CL) and November (8.2 ± 1.5 mm CL). En sequence

of these months, a modal progression were verified in May (9.6 ± 1.1 mm), in the third cohort of June (14.4 ± 1.6 mm CL), in the second cohort of July (9.5 ± 1.0 mm) and in December (9.0 ± 1.5 mm). On the other hand, in periods with higher percentages of mature females was observed the same modal pattern mainly in January (9.3 ± 1.5 mm CL) and in February (9.5 ± 1.3 mm CL), however, in the next month a modal progression was identified in a second cohort of March (10.8 ± 0.8 mm).

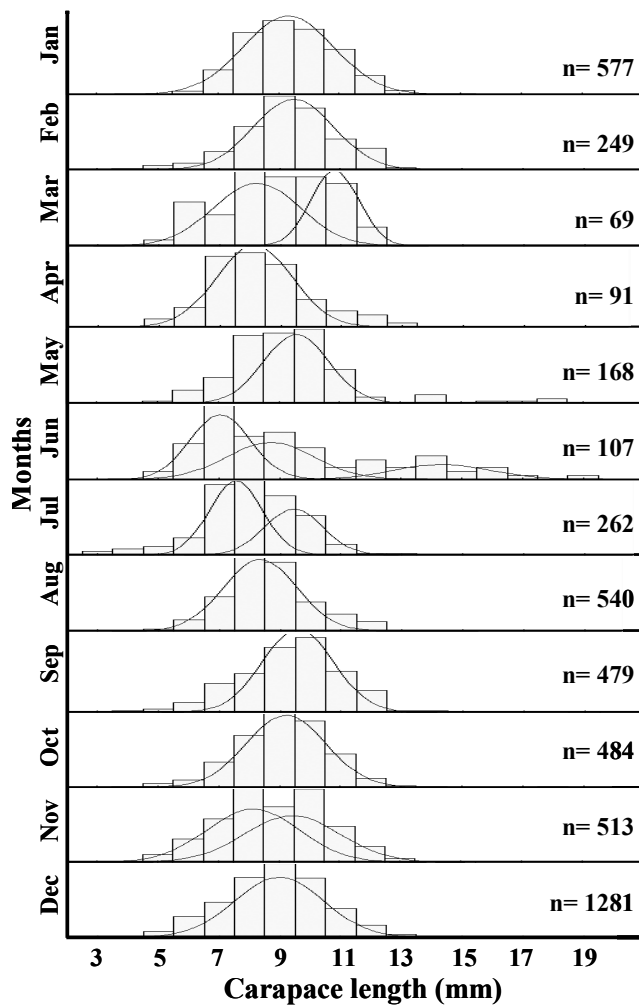


Figure 5: Variation of size-frequency distributions for females of *S. dorsalis* in annual patterns the study areas. Lines= the cohorts calculated by Bhattacharya's method.

DISCUSSION

Sexual dimorphism of size occurred in *S. dorsalis*: females reach larger sizes than males. This indicates differential growth rates between sexes. According to Boschi (1989), sex-related body-length differences between males and females are a general rule among penaeids. Costa and Fransozo (2004) and Castilho et al. (2007a) reported smaller sizes in males of penaeoidean shrimps, and suggested that this difference is related to reproductive processes.

A paradigm of latitudinal trends in the population dynamics of penaeoidean shrimps has been suggested by several authors (Bauer 1992; Bauer and Rivera Vega, 1992; Boschi 1997; Costa and Fransozo, 2004; Costa et al. 2005; Castilho et al. 2007ab). Bauer (1992) compared the longevity and size of females of *Sicyonia* spp. in tropical, subtropical and cool-temperate regions. Females of the larger species of *Sicyonia* (cool-temperate region) live at least two years, so that individual females have the opportunity to breed during a period of the year which might be most favorable for larval development and settlement. Thus, there is selection for seasonality in breeding patterns in these species. The small tropical sicyoniids (*S. parri*) live less than one year, and may settle and grow to sexual maturity at any time during the year.

The presence of juvenile individuals and mature females throughout the year, as observed in January 1998 and June 2003, suggests that this species breeds continuously. Based on our results, we confirm that Bauer's hypothesis on reproductive and recruitment periodicity of *S. dorsalis* in a tropical region (São Paulo state) compared with the rock shrimps species of other latitudes studied (Bauer 1992) with a reproduction continuous with peaks similar to *S. parri* (18°N). Bauer and Rivera Vega (1992) verified a similar

relationship of mature females and frequency of recruitment in present study in *S. parri* and proposed 2-3 months between peaks of female spawning and pulses of recruitment. Our results corroborated this suggestion for tropical sicyoniids with the recruitment pulse beginning in March and October, after the principals spawning peaks of December and July, respectively.

Castilho et al. (2007ab) suggest that variations in life history parameters such as longevity, body size and size at sexual maturity in tropical shrimps are modified by habitat conditions correlated with latitude, such as water temperature, nutrient supply, and resultant primary productivity that forms the basis of the larval food supply.

In southeastern Brazil, the upwelling current of the South Atlantic Central Water (SACW) is responsible for the decrease of the coastal water temperature during spring and the first months of summer, with minimum values of 15° C, among other changes in the bottom water characteristics (Castro-Filho et al. 1987). According to Vega- Pérez (1993), during the intrusion of SACW in the Ubatuba region, there are higher values of chlorophyll reflecting increases in phytoplankton production. This increased primary production may stimulate subsequent production of herbivorous zooplankton. A highest density of planktonic organisms was found during summer, while lowest values were observed during winter.

The not statistical relationship of temperature and breeding season observed in present study not signified that parameter was irrelevant, but wasn't a selective factoring of *S. dorsalis* in a tropical latitude such as the southeastern coast of Brazil. Mainly, when was verified a major spawning peak in December (colder temperatures of SACW, minimum of 18°C) and other July (minimum of 20°C).

In coastal marine animals, spawning events typically coincide with springtime production of phytoplankton upon which the newly spawned larvae feed. From the point of view of chronobiology, repeatability of annual spawning dates is of interest by suggesting that crustaceans and fish possess endogenous circa-annual biological clocks that control spawning (Naylor 2005). These biological clocks, along with abiotic factors such as photoperiod and temperature which may constrain them, are proximate factors controlling spawning while the ultimate factor to which spawning is timed is the annual cycle of larval food supply (spring plankton bloom). The variation of plankton production is correlated with high and low frequencies of females with mature gonads, suggesting that food availability for protozoal larvae (indicated by phytoplankton production) may be an important selective factor shaping the seasonal breeding pattern in this species. The spring-summer spawning was similar in *A. longinarius* studied by Castilho et al. (2007ab), and in *R. constrictus* by Costa and Fransozo (2004), demonstrating that the primary production is an essential resource by penaeids shrimps in a match/mismatch theory of Cushing (1975), when the maximum reproductive investment of marine planktotrophic species coincident with the seasonal maximum abundance of phytoplankton.

Bauer (1996) observed the mating behavior of *S. dorsalis* in laboratory and described that males dramatically increased the “following” behavior by females with newly her molted and copulated almost exclusively with them. However, these females after molting were still attractive too and mated with males when presented to them for up to three weeks after the molt. A decline in females receptively to male contact apparently occurs soon after the spermathecae of females are fully inseminated, since males showed little interest in inseminated intermolting females.

Studies have suggested that *Sicyonia* spp. had multiple spawns between the reproductive molt, such as *S. ingentis* by Anderson et al. (1985), *S. parri* by Bauer and Rivera Vega (1992) and *S. dorsalis* by Bauer (1996). Females of *Sicyonia* spp. may spawn more than once between molts (Anderson et al. 1985; Bauer 1992). Anderson et al. (1985) verified in laboratory a maximum of 7 spawning in a mean of 52 days of time to molt for *S. ingentis*. The cohorts for LSF of females verified in present study support this hypothesis, for the reason that was evidenced the modals progressions of recruits to adults (puberty) and other of adults in the final of the spawning season. Clark and Pillai (1991) found similar results in *S. ingentis* (Santa Barbara - California) verifying the reproductive season of extended from middle of June to the middle of October. These females exhibited two periods of molt activity, one between late February and early May and a second, more extended period, between late October and early November.

These results can be used to develop a more appropriate fishery policy in the study region. Local fishing grounds should be more wisely exploited in order to stem the ongoing decline of stocks. However, for a species that uses different regions in its life cycle, future studies of migration of populations of *S. dorsalis* from different regions may reveal the principal stocks of spawning individuals, larvae and post-larvae, and recruitment of juveniles.

REFERENCES

Anderson, S.L., Clark, W.H. and Chang, E.S., Multiple spawning and molt synchrony in a free spawning shrimp (*Sicyonia ingentis*: Penaeoidea). Biological Bulletin, 168 (1985) 377-394.

- Bauer, R.T., Sperm transfer and storage structures in penaeoid shrimps. In: Crustacean sexual biology, R.T. Bauer and J.W. Martin (eds.), Columbia University Press, New York, 1991, pp. 183-207.
- Bauer, R.T., Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species. *Invertebrate Reproduction and Development*, 22 (1992) 193-202.
- Bauer, R.T., A test of hypotheses on male mating systems and female molting in decapod shrimp, using *Sicyonia dorsalis* (Decapoda: Penaeoidea). *Journal of Crustacean Biology*, 16 (1996) 429–436.
- Bauer, R.T. and Rivera Vega, L.W., Pattern of reproduction and recruitment in two sicyoniid shrimp species (Decapoda: Penaeoidea) from a tropical seagrass habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 161 (1992) 223-240.
- Boschi, E.E., Biología Pesquera del Langostino del Litoral Patagónico de Argentina (*Pleoticus muelleri*). Serie Contribuciones del INIDEP, 646 (1989) 1-71.
- Boschi, E.E., Las pesquerías de crustáceos decápodos en el litoral de la República Argentina. *Investigaciones Marinas*, 25 (1997) 19-40.
- Castilho, A.L., Costa, R.C., Fransozo, A. and Boschi, E.E., Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae), off the coast of São Paulo state, Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 55 (2007a) 39-48.
- Castilho, A.L., Gavio, M.A., Costa, R.C., Boschi, E.E., Bauer, R.T. and Fransozo, A., Latitudinal variation in population structure and reproduction pattern of the endemic South American shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea). *Journal of Crustacean Biology*, 27 (2007b) 548-552.

- Castro, R.H., Costa, R.C., Fransozo, A. and Mantelatto, F.L.M., Population structure of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. *Scientia Marina*, 69 (2005) 105-112.
- Castro-Filho, B.M., Miranda, L.B. and Myao, S.Y., Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 35 (1987) 135-151.
- Clark, W.H. Jr. and Pillai, M.C., Egg production, release and activation in the marine shrimp, *Sicyonia ingentis*. In: *Crustacean Issues*, Vol. 7, A.M. Wenner and A. Kuris (eds.), Balkema Press, Rotterdam, 1991, pp. 3-8.
- Costa, R.C. and Fransozo, A., Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda: Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 24 (2004) 274-281.
- Costa, R.C., Fransozo, A., Mantelatto, F.L.M. and Castro, R.H., Occurrence of shrimp species (Natantia: Penaeidea: Caridea) in Ubatuba Bay, Ubatuba, SP, Brazil. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 113 (2000) 776-781.
- Costa, R.C., Fransozo, A. and Negreiros-Fransozo, M.L., Ecology of the rock shrimp *Sicyonia dorsalis* Kingsley, 1878 (Crustacea: Sicyoniidae) in a subtropical region of Brazil. *Gulf and Caribbean Research*, 17 (2005) 49-56.
- Crocos, P.J., Park, Y., Die, D.J., Warburton, K. and Manson, F., Reproductive dynamics of endeavour prawns, *Metapenaeus endeavouri* and *M. ensis*, in Albatross Bay, Gulf of Carpentaria, Australia. *Marine Biology*, 138 (2001) 63-75.
- Cushing, D.H., *Marine ecology and fisheries*, Cambridge University Press, Cambridge, 1975, pp. 278.

Fransozo, A., Costa, R.C., Pinheiro, M.A.A., Santos, S. and Mantelatto, F.L.M., Juvenile recruitment of the seabob *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda, Penaeidea) in the Fortaleza Bay, Ubatuba, SP, Brazil. *Nauplius* 8 (2000) 179-184.

Jerí, T., Pattern reproduction in *Sicyonia disdorsalis* (Decapoda: Penaeoidea: Sicyoniidae). In: *The Biodiversity Crisis and Crustacea*, Vol. 12, J.C. von V. Klein and F.R. Schram (eds.), A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 2000, pp. 543-552.

Nakagaki, J.M. and Negreiros-Fransozo, M.L., Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil. *Journal of Shellfish Research*, 17 (1998) 931-935.

Naylor, E., Chronobiology: implications for marine resource exploitation and management. *Scientia Marina*, 69 (2005) 157-167.

Pérez-Farfante, I. and Kensley, B., Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. *Éditions du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 1997, pp. 233.

Sokal, R.R. and Rohlf, F.J., *Biometry*. New York, WH Freeman and Company, 1995, pp. 887.

Sparre, P. and Venema, S.C., *Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual*, FAO Fisheries Technical Paper, No. 306/1, Rev.2, Rome, FAO, 1998, pp. 407.

Vega-Pérez, L.A., *Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo*. *Publicação Especial do Instituto Oceanográfico*, 10 (1993) 65-84.

RESUMO

Xiphopenaeus kroyeri representa 90% dos camarões capturados em Ubatuba. O presente estudo investigou a reprodução e recrutamento de *X. kroyeri* no litoral norte do estado de São Paulo. As coletas foram realizadas mensalmente (janeiro/1998 a junho/2003) com barco camaroneiro (redes “double rig”), nas profundidades de 5-45m. Totais de 27075 machos e 31497 fêmeas foram capturados. As fêmeas apresentaram comprimento da carapaça (CC) médio de 16,2mm. Tamanhos inferiores que 13mm foram juvenis em mais de 90%, declinando para 61% com 13mm e ausentes com 14mm. O recrutamento juvenil e a desova foram contínuos. Porcentagens de fêmeas maduras se correlacionaram positivamente com a temperatura da água e negativamente com a porcentagem de recrutas (Spearman, $p < 0,05$). O 1º pico de desova foi observado em fevereiro-março (verão) com recrutamento de maio-agosto, e um 2º em setembro-dezembro (inverno-primavera) com pico de recruta em novembro-fevereiro, demonstrando uma provável desova efetiva, pela atividade de desova contribuir com um sucessivo recrutamento. As maiores porcentagens de fêmeas maduras na primavera-verão (máximo de 90%) estariam relacionadas ao regime anual da Água Central do Atlântico Sul no mesmo período. Tal massa de água proporciona um aumento na produção primária marinha (plâncton), sugerindo que a disponibilidade de alimento para as larvas (prole) possa ser um importante fator na desova de *X. kroyeri*. O período atual de fechamento da pesca do camarão sete-barbas ocorre durante outubro-dezembro, protegendo apenas o recrutamento de dezembro, conforme os picos encontrados no presente estudo. Caso não se estabeleça um defeso embasado em conhecimentos científicos, logo o estoque de *X. kroyeri* entrará colapso.

Palavras-chave: reprodução; recrutamento; maturidade; Penaeoidea; *Xiphopenaeus kroyeri*.

INTRODUÇÃO

A pesca de camarões Penaeidae nas regiões tropicais é uma atividade muito antiga, que resultou numa corrente superexploração, principalmente, em regiões costeiras (Pauly *et al.*, 2002). Russ & Alcala (1998) descreveram mecanismos de resposta da comunidade à exploração irresponsável do oceano, como a desestruturação causada pela remoção direta de espécies alterando a abundância relativa dos representantes da comunidade; o desequilíbrio por efeitos secundários (indiretos) que causariam alterações nas interações entre as espécies, como predação e competição; e um terceiro mecanismo envolvendo o efeito dos apetrechos de pesca na modificação do habitat das espécies. Supostamente os três mecanismos podem agir em conjunto, ocasionando alterações em cadeia, muitas vezes irreparáveis.

Atualmente, estoques naturais de espécies mais rentáveis das regiões Sudeste e Sul do Brasil, como os camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *F. paulensis* (Pèrez-Farfante, 1967), camarão-branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1938) e o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) encontram-se comprometidos, devido à extração constante e indiscriminada da pesca acompanhada ao impacto ambiental causado pelo turismo. Vale salientar que outras espécies não exploradas comercialmente também são capturadas intensamente por pertencerem à fauna acompanhante.

O declínio do estoque de camarões prejudica as demais comunidades marinhas, pois viabilizam uma importante concentração de energia para os demais níveis tróficos. Ao processarem um largo volume do sedimento durante a alimentação, os camarões retiram do substrato uma variedade de recursos alimentares (bactérias, protozoários, diatomáceas,

fungos, meiofauna e matéria orgânica). Tal concentração de energia será transferida na cadeia trófica, como, por exemplo, para os predadores potenciais de Penaeoidea (Bertness, 1999).

Para se chegar a uma exploração racional dos recursos pesqueiros é necessário conhecer a biologia populacional e reprodutiva das espécies que são capturadas pelos apetrechos de pesca. Desta forma seria possível monitorar, determinar e implantar ferramentas de planos de manejo que propiciem um equilíbrio entre a extração pesqueira e recomposição de tais estoques explorados.

A periodicidade reprodutiva dos camarões Penaeidae é determinada pela fêmea, pois determina o período deste a cópula, selecionando seu parceiro. O recrutamento ocorrerá em resposta do período de desova, exceto quando os fatores ambientais influenciarem no sucesso do desenvolvimento larval ou pós-larval (pós-larva e juvenil). No litoral australiano, Crocos & van der Velde (1995), Courtney & Masel (1997), Crocos *et al.* (2001) e Montgomery *et al.* (2007) determinaram o período reprodutivo dos camarões *Litopenaeus semisulcatus*, *Penaeus esculentus*, *Metapenaeus* spp e *Melicertus plebejus*, respectivamente, enfocando-se no desenvolvimento gonadal e estrutura populacional das fêmeas. Maiores detalhes sobre a população de *X. kroyeri*, como estrutura populacional e desenvolvimento dos machos ou crescimento populacional de ambos os sexos, podem ser encontrados em Freire (2005).

O camarão sete-barbas possui uma extensa distribuição no oeste do oceano Atlântico desde o Cabo Hatteras (Carolina do Norte, EUA), a região do Caribe até o sul do Brasil (Rio Grande do Sul) e é a segunda espécie de interesse econômico no litoral sudeste brasileiro, sendo fortemente explorada (90% dos camarões capturados na região costeira de

Ubatuba) pela pescaria artesanal e industrial (Costa *et al.*, 2007). Durante 1980 e começo de 1990, 10000 toneladas anuais eram capturadas de camarão sete-barbas no sudeste-sul brasileiro, decaindo para 5000t/ano no final da década de 90 (D’Incao *et al.*, 2002).

Estudos sobre *X. kroyeri* envolvem mais aspectos de distribuição geográfica e batimétrica (Williams, 1984; D’Incao, 1995; Boschi, 2000), levantamento faunístico e composição da comunidade bentônica ao longo do litoral paulista (Pires, 1992; Nakagaki *et al.*, 1995; Costa *et al.*, 2000), distribuição ecológica e estrutura populacional no litoral norte do estado de São Paulo (Castro *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2007). No entanto, estudos voltados à biologia reprodutiva de *X. kroyeri* no litoral paulista são escassos e recentes. Maiores detalhes podem ser encontrados em Freire (2005).

Assim, o presente estudo tem como objetivo investigar a reprodução e o recrutamento de *X. kroyeri* durante 5,5 anos, no litoral norte do estado de São Paulo, com ênfase em: determinar o tamanho da maturidade gonadal, descrever mensalmente os períodos de reprodução e recrutamento, determinar possíveis relações entre os períodos de desova e recrutamento (desova efetiva) e as respostas destes frente à variação da temperatura.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas mensalmente durante janeiro de 1998 a junho de 2003, no litoral norte paulista: em Ubatuba (23°30’S, 45°09’W), Caraguatatuba (23°37’S, 45°25’W), e São Sebastião (23°48’S, 45°23’W). Mensalmente, um nº médio de 14 transectos (2Km) foram amostrados, durante 30 minutos, nas profundidades de 5-45m (Fig. 1).

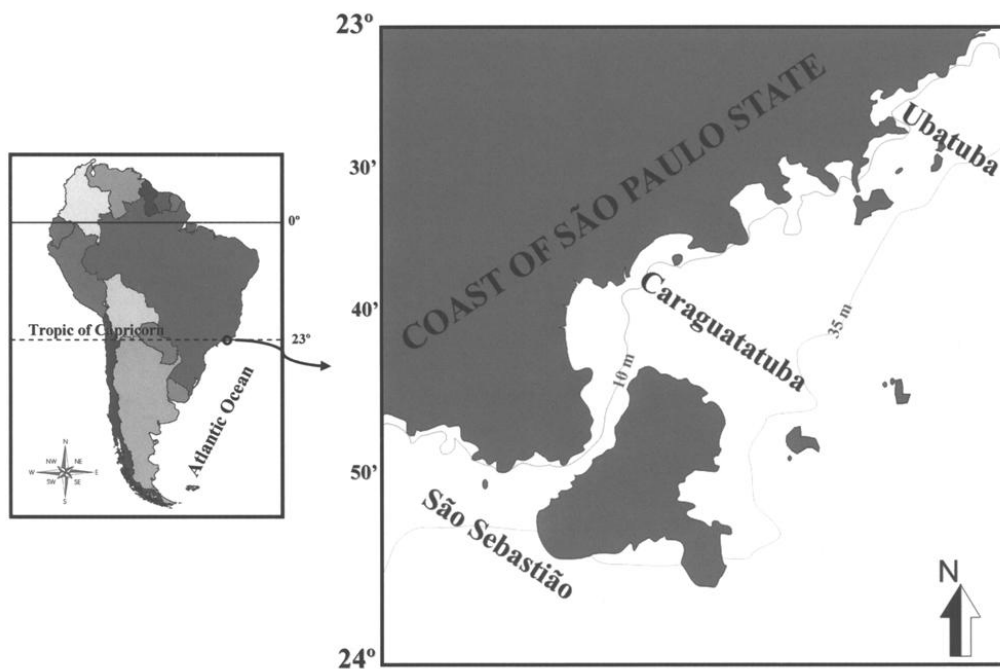


Figura 1: Mapa do litoral Norte do Estado de São Paulo, caracterizando as regiões amostradas em janeiro de 1998 a junho de 2003.

Um barco tipo camaroneiro com duas redes tipo “double rig” (malha de 20 mm e 15 mm no saco final) foi utilizado para a captura de *X. kroyeri*. O esforço de captura foi duas redes arrastadas durante 30min (aproximadamente 2km cada), em cada transecto, e os animais capturados foram separados no barco e acondicionados em caixas térmicas com gelo picado, mantidos resfriados até o momento das análises. A temperatura (°C) da água de fundo foi coletada no começo e no final de cada transecto, com o objetivo de determinar uma média mais representativa de cada ponto, por meio de uma garrafa de Nansen. Para demarcar a profundidade de cada transecto, utilizou-se um ecobatímetro acoplado ao GPS. Maiores detalhes sobre a amostragem do presente estudo podem ser encontradas em Bertini *et al.* (2001), Costa (2002), Castilho (2004) e Freire (2005).

No laboratório, os espécimes capturados foram triados, pesados, identificados (Pérez Farfante & Kensley, 1997), separados quanto ao sexo e mensurados o comprimento da carapaça (CC) utilizando-se um paquímetro (0,01mm), padronizando a medida da distância linear do ângulo pós-orbital até a margem posterior da carapaça. Quando o material apresentava uma biomassa elevada, uma sub-amostra de 200g era retirada aleatoriamente para efetuar a biometria.

Os estágios gonadais nas fêmeas foram determinados segundo observações macroscópicas das gônadas, Costa & Fransozo (2004) e Castilho *et al.* (2007ab), com quatro estágios de desenvolvimento, ou seja, IM= imaturo, RU= rudimentar (adultos com gônadas não maduras), ED= em desenvolvimento e DE= desenvolvido. Para representar da melhor forma o período em que o maior número de indivíduos se encontravam com a gônada madura, optou-se por utilizar tal termo para as fêmeas com gônadas em desenvolvimento somadas àquelas com gônada desenvolvida (ED+DE). Para os machos, seguiu o padrão proposto por Boschi & Scelzo (1977), ou seja, pela fusão do petasma (endopodito do primeiro apêndice abdominal) serão separados os exemplares jovens (petasma não fusionado) dos adultos (petasma fusionado).

Considerou-se o limite mínimo de tamanho para as fêmeas adultas, justamente a menor classe de tamanho desta com a gônada madura (Bauer & Lin, 1994). Levando em consideração que os camarões *Penaeoidea* desovam poucas horas após atingirem a maturidade gonadal (Yano, 1995), a intensidade de desova da população foi estimada através da porcentagem de fêmeas maduras (gônada em desenvolvimento e desenvolvida), em relação ao total de fêmeas adultas em cada mês ou estação do ano (verão: janeiro a março, e sucessivamente). O recrutamento foi considerado como o número de juvenis

(machos e fêmeas) divididos pelo total de indivíduos adultos (ambos os sexos) em cada mês ou estação do ano (Castilho *et al.*, 2007a). As relações de temperatura com as porcentagens de jovens e fêmeas maduras foram testadas por meio das correlações lineares de Spearman com nível de significância de 5% ($p < 0,05$) (Zar, 1999).

RESULTADOS

Em 5,5 anos de estudo, um total de 58572 (27075 machos e 31497 fêmeas) camarões foi capturado. O tamanho médio dos machos foi de $15,4 \pm 3,2$ mm CC, variando entre 2,6 mm e 33,1 mm. As fêmeas apresentaram um comprimento médio de $16,2 \pm 4,7$ mm CC, variando entre 4,3 mm e 36,2 mm CC. Mais que 90% das fêmeas com comprimento menor que 13 mm foram jovens, declinando de 61% na classe de 13 mm e ausente com 14 mm, comprimento ao qual 8% das fêmeas eram maduras (fig. 2). Após tal classe, a porcentagem de fêmeas maduras aumentou em mais de 50% com tamanho de 21 mm, em mais que 70% com tamanhos maiores que 24 mm e em 100% com 34 e 36 mm de CC.

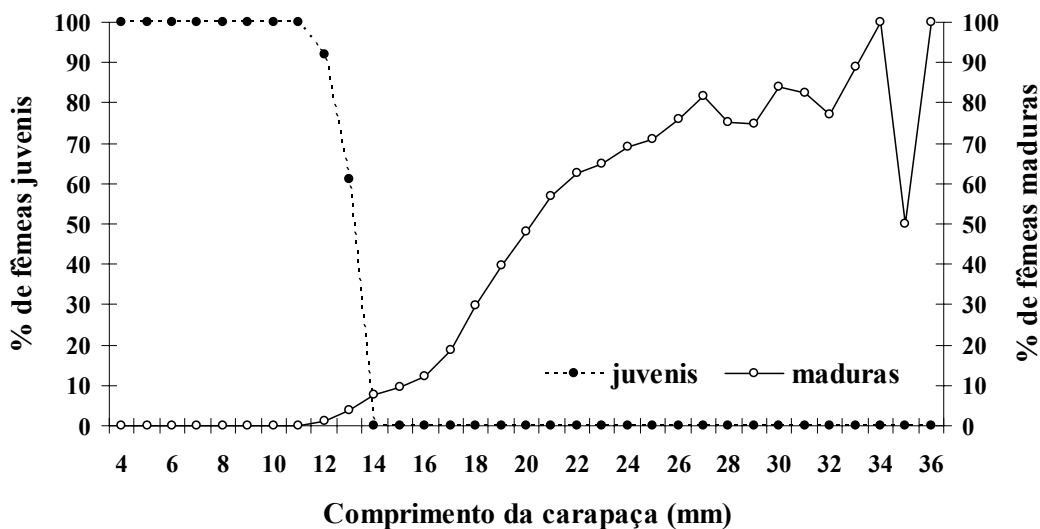


Figura 2: Frequência relativa de fêmeas juvenis e com as gônadas maduras (ED+DE), por classes de tamanho da carapaça, em 5,5 anos de coleta no litoral norte do estado de São Paulo. As porcentagens de fêmeas maduras foram calculadas em relação ao total de fêmeas adultas capturadas por classe de tamanho.

Um incremento no comprimento de carapaça das fêmeas foi verificado em 1998 de janeiro a abril, seguido de um recrutamento em maio-junho e outro crescimento até dezembro. No próximo ano, um padrão similar foi verificado em janeiro/99 a junho/99, julho/99 a abril/00, e maio/00 a abril/01 (fig. 3). Seguido de uma predominância de camarões com menores tamanhos em maio-junho/01 com um aumento da distribuição modal até outubro/01, se repetindo de novembro/01 a agosto/02, e setembro/02 a junho/03. Vale salientar que, em 2002 se capturou maiores porcentagens de fêmeas com comprimentos superiores a 24mm de carapaça.

O recrutamento juvenil foi contínuo, tendo em agosto de 1999 e 2000 um recrutamento superior a 50% (fig. 4). Resumidamente, um primeiro pico de recrutas foi observado de maio a agosto, principalmente em maio-junho de 1998, em julho-agosto de

1999 e 2000, e em maio de 2001. Um segundo pico de jovens foi verificado em novembro a fevereiro, principalmente, em janeiro e dezembro de 1998, fevereiro/1999, novembro/2001, e janeiro (45,2%) e dezembro de 2002. Por meio da figura 4, também foi possível observar que os menores indivíduos foram coletados em maioria entre maio a agosto (mínimo de 2,6mm em agosto de 1999).

A variação mensal de fêmeas maduras apresentou-se diretamente proporcional à variação da temperatura, apresentando uma correlação significativa (Spearman: $r_s = 0,38$; $t = 3,28$ e $p = 0,00$). Em cada ano de estudo, a desova foi contínua com principais picos no verão e início do outono, principalmente em fevereiro e março (fig. 5). Um segundo pico menos expressivo foi observado no final do inverno e início do verão (setembro a dezembro). A variação porcentual de recrutamento foi inversamente proporcional à variação de fêmeas maduras (Spearman: $r_s = 0,55$; $t = -5,33$ e $p < 0,01$), ou seja, alguns picos de recrutamento apareceram após alguns de desova. Exemplos são os picos de desova de fevereiro/98-99, março/98-99-00 e abril/00, seguido pelo recrutamento de maio-junho/98 e julho-agosto/99-00.

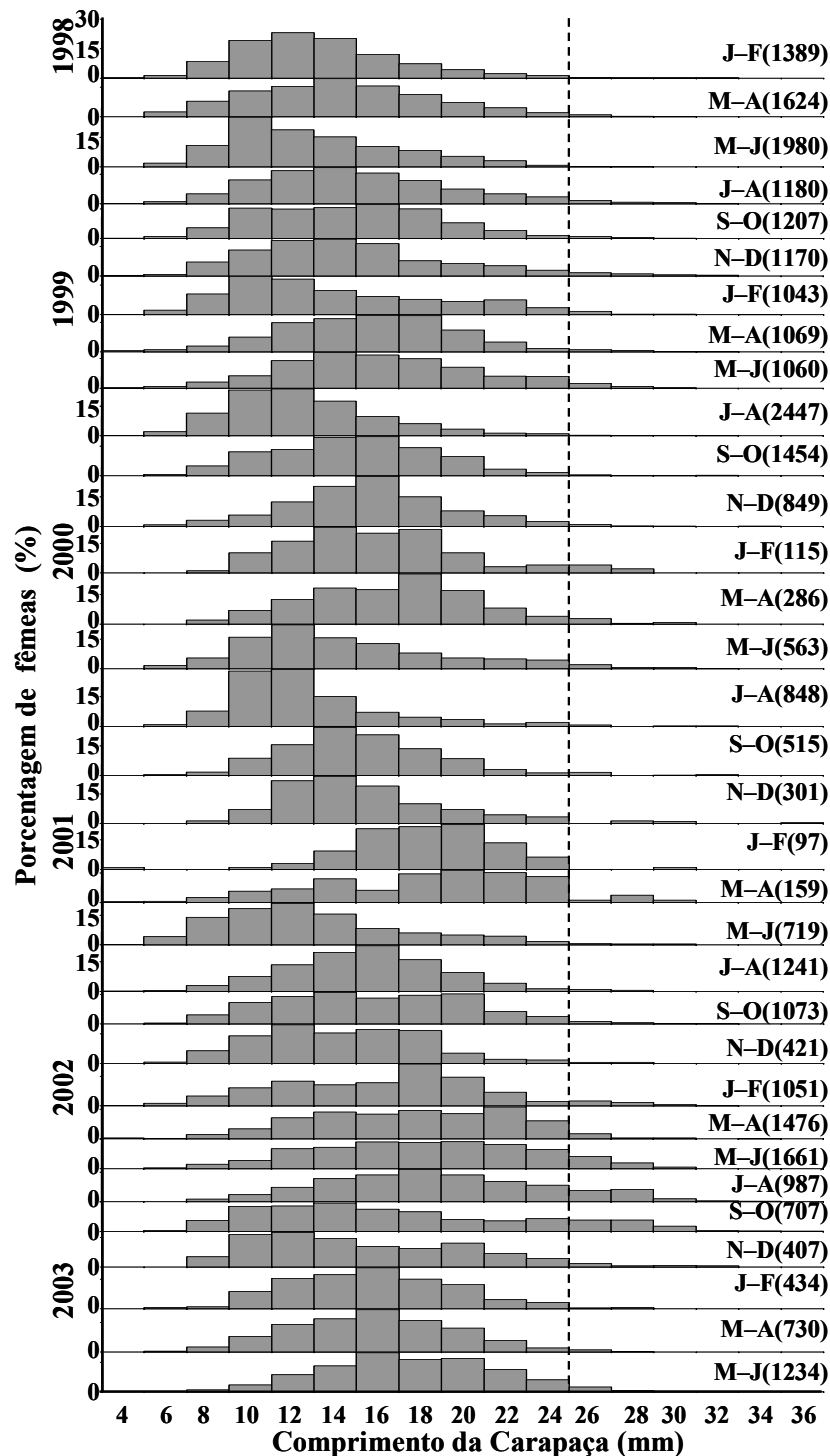


Figura 3: Distribuição porcentual de fêmeas por classe de tamanho, bimensalmente, nos 5,5 anos de estudo no litoral norte paulista. Ao lado direito da linha pontilhada representa os tamanhos (> 24mm) cujas fêmeas estão maduras em mais de 70% por classes de tamanho. Os meses estão representados com a primeira letra (J-F= janeiro-fevereiro).

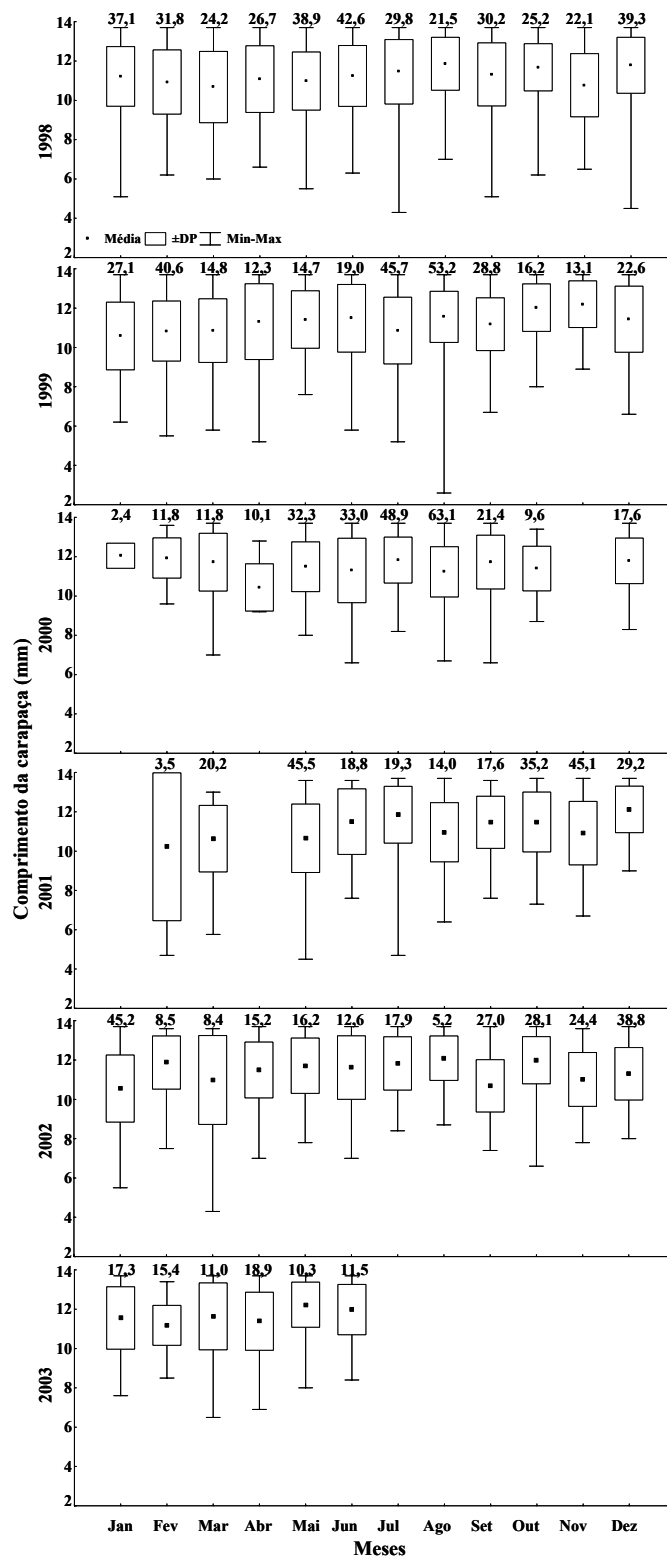


Figura 4: Média, desvio padrão (DP) e mínimo (min) e máximo (max) do CC mm dos juvenis, incluso a % de jovens em relação ao total de camarões coletados por mês.

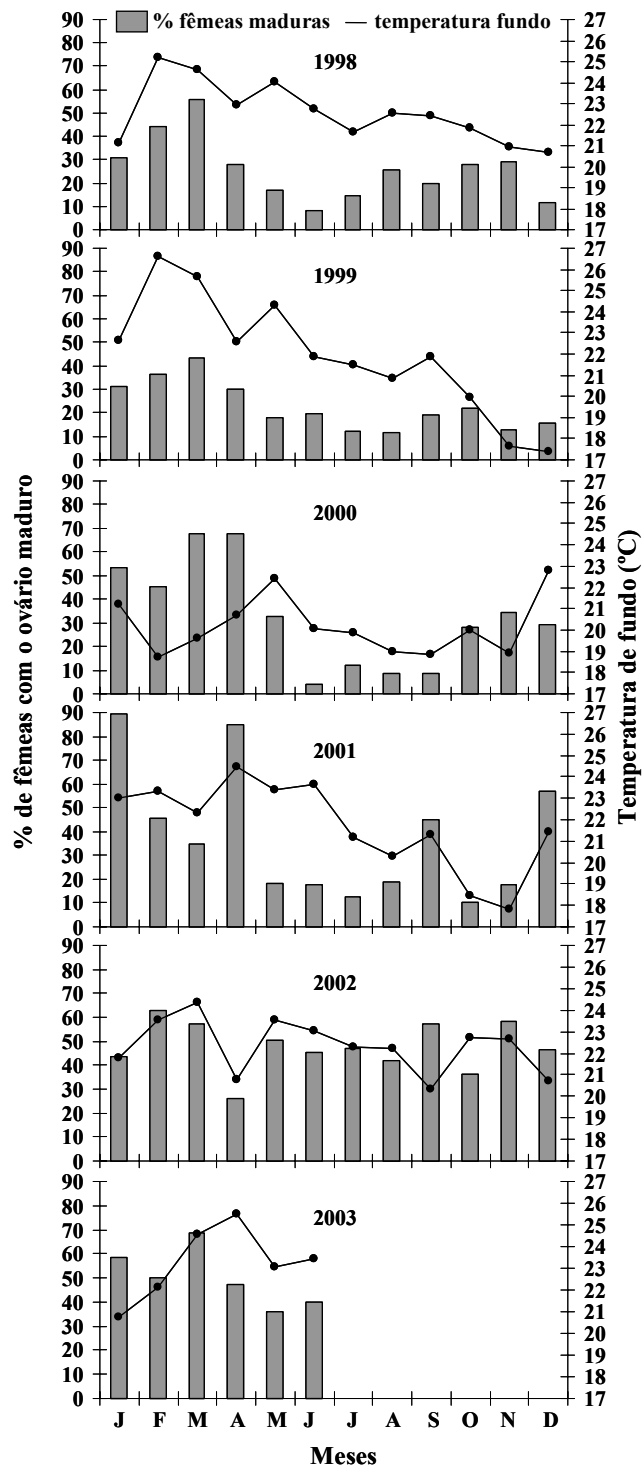


Figura 5: Variação percentual de fêmeas maduras em 5,5 anos de estudo no litoral norte do estado de São Paulo. As porcentagens de fêmeas maduras foram calculadas em relação ao total de fêmeas adultas capturadas por mês.

DISCUSSÃO

Nos 5,5 anos de estudo, a representação anual de camarões tanto juvenis quanto adultos, demonstraram que *X. kroyeri* completa seu ciclo no litoral norte do estado de São Paulo. Resultados similares foram encontrados com os camarões *Rimapenaeus constrictus* (Costa & Fransozo, 2004), *Artemesia longinaris* (Castilho *et al.*, 2007a), *Pleoticus muelleri* (capítulo 1) e *Sicyonia dorsalis* (capítulo 2), demonstrando que a região de estudo aporta tanto as zonas de desova quanto às de recrutamento de espécies com origem tropical e subantárticas (Castilho *et al.*, 2007b, 2008).

Considerando a ampla variedade de tipos de histórias de vida e habitats ocupados conforme o desenvolvimento ontogenético dos Penaeoidea, não é de se surpreender a diversidade de ciclos de vida encontrados em cada espécie (Dall *et al.*, 1990; Costa *et al.*, submetido), aumentando a responsabilidade em se investigar na região de estudo não apenas os recursos com interesse comercial, como as demais espécies pertencentes à comunidade como um todo.

Os camarões peneídeos costeiros se encontram em zonas intertropicais e subtropicais. Os camarões vivem a maior parte do tempo em zonas influenciadas por deltas, estuários ou lagunas; isto é, sobre fundos que são geralmente lodosos ou lodosos-arenosos, ricos em matéria orgânica. Ademais, uma parte do ciclo de vida pode ter lugar em águas mais ou menos salobras. Esquemáticamente, no ciclo de vida do gênero *Penaeus*, a desova ocorre em alto-mar e as larvas e primeiras pós-larvas são planctônicas. As pós-larvas penetram em estuários ou lagunas, ou se aproximam à costa até a fase juvenil e/ou subadulta (Garcia & Le Reste, 1986). Segundo Oliveira (1991), os adultos de *X. kroyeri* estão confinados em uma estreita banda costeira (até a profundidade 40m) na Guiana

Francesa (2 a 5°S de latitude) e as pós-larvas não penetram muito profundamente no estuário de Cayenne, pois distribuem-se preferencialmente entre as salinidade 15 e 25‰. Santos (1998) capturou também *X. kroyeri* na foz do rio São Francisco em Pernambuco (latitude 8°36' a 8°48'S). A amplitude de tamanho encontrada no presente estudo (2,6 a 36,2mm), corrobora o fato de *X. kroyeri* se restringir à região costeira, no entanto, demonstra que no litoral norte paulista tal espécie não entra no estuário. Branco (2005) encontrou resultados similares no litoral de Santa Catarina, propondo que tal espécie no litoral sul brasileiro apresentaria todo ciclo de vida no ambiente marinho.

Costa & Fransozo (1999), Costa (2002), Castilho *et al.* (2008) e Costa *et al.* (submetido) propuseram que, a ausência de estuários com longas extensões no litoral norte do estado de São Paulo não daria aporte para diversidade de espécies *Penaeus*, levando a algumas ajustarem seus meios de vida a demais recursos oferecidos na costeira. Na enseada de Ubatuba, Costa *et al.* (submetido) estudaram o recrutamento dos camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* e *F. paulensis* no estuário de Indaiá (profundidade de 0,2 a 1,2m) em comparação à porção marinha costeira da enseada (profundidade de 5 a 10m). Duas espécies congêneres apresentaram distribuições diferenciais com 74% dos juvenis (5 a 20,5mm CC) de *F. paulensis* coletados dentro do estuário, e praticamente 100% de *F. brasiliensis* (6,4 a 37mm CC) foi coletado na enseada.

Dall *et al.* (1990) propuseram que, a família Penaeidae se originou no Paleozóico se estabelecendo e divergindo em alguns gêneros, como *Penaeus*, no Mesozóico (251 a 65,5 milhões de anos atrás). Ab'Saber (2003) descreveu que entre 22 mil e 11 mil anos atrás, época da última era glacial, o mar desceu algumas dezenas de metros devido a um grande congelamento de águas marinhas nos pólos norte e sul, e a corrente fria das Malvinas

chegava até além da Bahia (Salvador= 12°S de latitude). Após tal período, o gelo concentrado nos pólos começou a derreter e, entre 6 e 5 mil anos atrás, o calor ficou tal que o nível do mar esteve a aproximadamente 3 metros acima do que está hoje, e a corrente quente do Brasil passou a penetrar latitude mais ao sul, anulando a influência das águas frias que vêm do pólo sul nas latitudes superiores à 23°S e atenuando sua influência em Cabo Frio (23°S, Rio de Janeiro) e em demais nas latitudes do litoral sudeste brasileiro. Desde este período e atualmente, o litoral norte do estado de São Paulo passou a sofrer forte influência de três massas de águas: a Água Costeira (AC) e Água Tropical (AT) com maiores características da corrente do Brasil, ambas com temperaturas superiores à 20°C; e a formação da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) no final da primavera e início do verão, com características físicas mais próximas à corrente de Malvinas ($t < 18^{\circ}\text{C}$) (Castro Filho *et al.*, 1987). Propondo, hipoteticamente, que em tais períodos as espécies tropicais passaram a habitar o litoral Sudeste e o Sul, conforme a temperatura foi aumentando nas maiores latitudes do Brasil. Assim, as espécies que teriam maior sucesso seriam as que conseguiriam ajustar sua plasticidade fenotípica aos recursos ofertados e a comunidade já existente neste novo habitat. Provavelmente, viver próximo à região costeira teria sido uma melhor opção para as pós-larvas e os jovens das espécies tropicais *X. kroyeri* e *F. brasiliensis* para obterem alimento e proteção, sem precisar competir por recursos nos estuários do litoral estudado.

O tamanho da primeira maturidade da fêmea (entre 13 e 14mm) corroboram aos resultados encontrados por Castro *et al.* (2005). O ano 2002 foi o que apresentou maior continuidade reprodutiva (% de fêmeas maduras), justamente por apresentar uma maior porcentagem de fêmeas com tamanho superior à 24mm (+ de 70% estão se reproduzindo),

atraídas provavelmente pelos valores médios de temperatura elevados.

Sastry (1983) explicou a relação entre fêmea madura de crustáceos e temperatura, afirmando que a temperatura atua diretamente sobre o processo de maturação dos gametas. Relações positivas entre porcentagem de fêmeas maduras e temperatura, também foram encontrados por Castro (1997) em Ubatuba.

Xiphopenaeus kroyeri apresentou desova contínua com maiores frequências de fêmeas maduras em fevereiro-março (69% em março/02) e setembro-dezembro (58% em novembro/02). Nakagaki & Negreiros-Fransozo (1998) verificaram o mesmo padrão de desova na enseada de Ubatuba, com picos reprodutivos em novembro/1992, março/1993, agosto e setembro/1993. Na Guiana Francesa, Oliveira (1991) descreveu um período de desova similar ao presente estudo em outubro e novembro, embora se estenda até janeiro. Em janeiro e fevereiro (começo do verão) se observa uma média anual de temperatura similar ou inferior (mínimas de 15°C) ao inverno por sofrer forte influência das águas frias ACAS (Castilho *et al.*, 2007ab e 2008), o que não seria a temperatura ideal para *X. kroyeri* se reproduzir. Mesmo assim, Pires-Vanin *et al.* (1993) observaram que influência da ACAS pode ser sazonal conforme o efeito de ventos em cada ano. Tais resultados corroboram a proposta de que, o ano 2002 apresentou uma continuidade reprodutiva maior por ser um provável ano de pouca influência da ACAS na região costeira estudada.

O sucesso da desova pode ser estimado com um subsequente recrutamento (Crocós, 1987), como o observado no presente estudo. Crocós & van der Velde (1995) encontraram resultados similares com *L. semisulcatus*, propondo a denominação “desova efetiva” quando a atividade de desova contribui com um sucessivo recrutamento. No entanto, na mesma região estudada, pode-se encontrar espécies de Penaeoidea sem uma desova efetiva

evidente, como *R. constrictus* (Costa & Fransozo, 2004), *A. longinaris* (Castilho *et al.*, 2007^a) e *P. muelleri* (capítulo 1). Neste caso, denominamos “recrutamento episódico” (Bauer & Lin, 1994), quando não é possível encontrar relações aparentes entre o período de desova e recrutamento, por razões ambientais ou migratórias.

Os Penaeoidea são conhecidos como um grupo plesiomórfico (“primitivo”) entre os Decapoda, por apresentarem larva nauplius (Dall *et al.*, 1990), ou seja, desenvolvimento larval desde o primeiro estágio conhecido em Crustacea. Por esta razão, desde o primeiro estágio larval, os Penaeoidea estão mais expostos às adversidades ambientais. Além disto, segundo López-Martínez *et al.* (2005), tais camarões respondem rapidamente às mudanças ambientais por apresentar um ciclo de vida curto (em média 2 anos, dependendo da latitude), podendo ter respostas expressas no crescimento, mortalidade, recrutamento e/ou no ciclo reprodutivo.

Segundo Boschi (1989), *P. muelleri* apresenta uma amplitude de migração na Patagônia Argentina, com área de reprodução em Rawson (43°S) até Bahia Camarones (45°S) para desovar, e as larvas são transportadas para zonas de cria em Mazarredo (47°S). Assim, dependendo da amplitude latitudinal de estudo, não será evidenciada uma desova efetiva.

Iwai (1973) e Branco (2005) descreveram que *X. kroyeri* é uma espécie tipicamente costeira, sem apresentar estratificação populacional, isto é, o adulto é encontrado na mesma área que o jovem. Mesmo assim, em proporções distintas às espécies com recrutamento episódico, *X. kroyeri* estaria sob o efeito das adversidades ambientais e poderiam apresentar padrões migratórios ainda não comprovados, visto que o recrutamento representou 28,4% (16646 jovens) do total capturado.

Apesar da região estudada abrigar tanto espécies de camarões com origens tropicais e subantárticas (Boschi, 2000), tanto *X. kroyeri* (tropical) e *P. muelleri* (subantártica, capítulo 2) possuem picos de desova na primavera e verão, dependendo do regime anual da ACAS. O modelo de desova de tais espécies é concordante ao modelo anual da abundância de fito e zooplâncton (disponibilidade larval) relatada em estudos realizados próximos às áreas onde os adultos foram amostrados, i.e., no litoral norte do Estado de São Paulo (Odebrecht & Castello, 2001; Acha *et al.*, 2004).

De acordo com Vega-Pérez (1993), a região do litoral norte do Estado de São Paulo é considerada oligomesotrófica, i.e., são produzidos valores moderados de clorofila-a. Durante a primavera e o verão, os valores de clorofila aumentam, usualmente quando ocorre a intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na região. O aumento da produção de fitoplâncton, conseqüentemente, promove a produção de zooplânctons herbívoros. Tal resultado coincidiu com os picos altos e baixos de fêmeas com ovários maduros das espécies investigadas, sugerindo que a disponibilidade de alimento para as larvas (indicado pela produção de fitoplâncton) pode ser um importante fator seletivo atuante no modelo temporal de desova dos peneídeos.

O período de fechamento da pesca (defeso do camarão) proposto para as regiões sudeste e sul do Brasil está restrito, principalmente, aos meses de março a maio. Costa *et al.* (2008) sugeriram em acrescentar os meses de dezembro a fevereiro ao presente defeso por apresentar os principais picos de recrutamento de *X. kroyeri*, *L. schmitti*, *F. brasiliensis* e *F. paulensis*. Os resultados encontrados no presente estudo corroboram a presente proposta. Em contrapartida, recentemente a proibição da pesca de *X. kroyeri* foi alterada de outubro a dezembro de cada ano. Segundo Costa *et al.* (submetido), com esta alteração, as frotas

pesqueiras licenciadas para pesca de camarão sete-barbas capturará de março a maio o juvenil e subadulto de camarão-rosa, como fauna acompanhante de *X. kroyeri*, por se distribuírem concomitantemente nas profundidades inferiores a 20m. Além de prejudicar o estoque de camarão-rosa, tal defeso protegerá apenas 1 mês (dezembro) do período de recrutamento proposto no presente estudo. Caso os órgãos de controle não estabeleçam um defeso bem embasado nos conhecimentos científicos adquiridos, todos os estoques destes camarões poderão entrar em colapso comprometendo grande parte da cadeia trófica marinha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab'Saber, A.N. 2003. Os domínios de natureza no Brasil. Ateliê Editorial, São Paulo, 159pp.

Acha, E.M.; Mianzan, H.W.; Guerrero, R.A.; Favero, M. & Bava, J. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America Physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems*, 44: 83-105.

Bauer, R.T. & Lin, J. 1994. Temporal patterns of reproduction and recruitment in populations of the penaeid shrimps *Trachypenaeus similis* (Smith) and *T. constrictus* (Stimpson) (Crustacea: Decapoda) from the north-central Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 182: 205-222.

Bertini, G.; Fransozo, A. & Costa, R.C. 2001. Ecological distribution of three species of *Persephona* (Brachyura: Leucosiidae) in the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. *Nauplius*, 9: 31-42.

Bertness, M.D. 1999. The ecology of atlantic shorelines. 1st ed. Sinauer Associates, Inc.

Publishers Sunderland, Massachusetts. 417 pp.

Boschi, E.E. & Scelzo, M.A. 1977. Desarrollo larval y cultivo del camarón comercial de Argentina *Artemesia longinaris*. FAO Inf. Pesca, 159: 287-327.

Boschi, E.E. 1989. Biología Pesquera del Langostino del Litoral Patagónico de Argentina (*Pleoticus muelleri*). Contribuciones del INIDEP, 646: 1-71.

Boschi, E.E. 2000. Species of decapod crustaceans and their distribution in the marine zoogeographic provinces. Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero, 13: 7-136.

Branco, J.O. 2005. Biología e pesca do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller) (Crustacea, Penaeidae), na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, 22(4): 1050-1062.

Castilho, A.L. 2004. Dinâmica populacional do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda: Penaeidae) no litoral norte do estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu (SP), 80 pp.

Castilho, A.L.; Costa, R.C.; Fransozo, A. & Boschi, E.E. 2007a. Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae), off the coast of São Paulo state, Brazil. Revista de Biología Tropical, 55(1):39-48.

Castilho, A.L.; Gavio, M.A.; Costa, R.C.; Boschi, E.E.; Bauer, R.T. & Fransozo, A. 2007b. Latitudinal variation in population structure and reproduction pattern of the endemic South American shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea). Journal of Crustacean Biology, 27(4): 548-552.

Castilho, A.L.; Pie, M.R.; Fransozo, A.; Pinheiro, A.P. & Costa, R.C. 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community (Crustacea, Decapoda, Penaeoidea) in Southeastern Brazil. Journal of the Marine

Biological Association of the United Kingdom, 88.

Castro, R.H. 1997. Padrões distribucionais do camarão *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) na enseada de Ubatuba, Ubatuba, SP. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu (SP), 143 pp.

Castro, R.H.; Costa, R.C.; Fransozo, A. & Mantelatto, F.L.M. 2005. Population structure of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. *Scientia Marina*, 69: 105-112.

Castro-Filho, B.M.; Miranda, L.B. & Myao, S.Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 35: 135-151.

Costa, R.C. 2002. Biologia e Distribuição Ecológica das Espécies de Camarões Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) na Região de Ubatuba (SP). Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu (SP), 186 pp.

Costa, R.C. & Fransozo, A. 1999. A nursery ground for two tropical pink-shrimp *Farfantepenaeus* species: Ubatuba Bay, Northern coast of São Paulo, Brazil. *Nauplius*, 7: 73-81.

Costa, R.C. & Fransozo, A. 2004. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda, Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 24: 274-281.

Costa, R.C.; Fransozo, A.; Castilho, A.L.; Freire, F.A.M. & Furlan, M. 2008. Padrões Reprodutivos dos Camarões Penaeoidea. In: Biodiversidade e Ecossistema Bentônicos Marinhos do Litoral Norte de São Paulo – Sudeste do Brasil.

Costa, R.C.; Fransozo, A.; Freire, F.A.M. & Castilho, A.L. 2007. Abundance and

ecological distribution of the “sete-barbas” shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) in three bays of the Ubatuba region, South-eastern Brazil. *Gulf and Caribbean Research*, 19: 33-41.

Costa, R.C.; Fransozo, A.; Mantelatto, F.L.M. & Castro, R.H. 2000. Occurrence of shrimp species (Natantia: Penaeidea: Caridea) in Ubatuba Bay, Ubatuba, SP, Brazil. *Proceedings of the Biological Society Washington*, 113(3): 776-781.

Costa, R.C.; Lopes, M.; Castilho, A.L.; Fransozo, A.; Simões, S.M. submetido. Differences between life-history of two pink shrimps *Farfantepenaeus* species from north shore of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Invertebrate Reproduction and Development*.

Courtney, A.J. & Masel, J.M. 1997. Spawning stock dynamics of two penaeid prawns, *Metapenaeus bennettiae* and *Penaeus esculentus*, in Moreton Bay, Queensland, Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 148: 37-47.

Crococ, P.J. & van der Velde, T.D. 1995. Seasonal, spatial and interannual variability in the reproductive dynamics of the grooved tiger prawn *Penaeus semisulcatus* in Albatross Bay, Gulf of Carpentaria, Australia: the concept of effective spawning. *Marine Biology*, 122: 557-570.

Crococ, P.J. 1987. Reproductive dynamics of the grooved tiger prawn, *Penaeus semisulcatus*, in the North-western Gulf of Carpentaria, Australia. *Australian Journal Marine Freshwater Research*, 38: 79-90.

Crococ, P.J.; Park, Y.; Die, D.J.; Warburton, K. & Manson, F. 2001. Reproductive dynamics of endeavour prawns, *Metapenaeus endeavouri* and *M. ensis*, in Albatross Bay, Gulf of Carpentaria, Australia. *Marine Biology*, 138: 63-75.

Dall, W.; Hill, B.J.; Rothlisberg, P.C. & Sharples, D.J. 1990. *The biology of the Penaeidae*.

In *Advances in Marine Biology* (ed. J.H.S Blaxter and A.J. Southward), pp. 1-489. San Diego: Academic Press.

D’Incao, F. 1995. Taxonomia, padrões distribucionais e ecológicos dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do litoral brasileiro. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 365 pp.

D’Incao, F.; Valentini, H. & Rodrigues, L. F. 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, 24(2): 103-116.

Dall, W.; Hill, B.J.; Rothlisberg, P.C. & Sharples, D.J. 1990. The biology of the Penaeidae. In *Advances in Marine Biology* (ed. J.H.S Blaxter and A.J. Southward). San Diego: Academic Press, 489 pp.

Freire, F.A.M. 2005. Distribuição Ecológica e Biologia Populacional de *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) no litoral do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu (SP), 247 pp.

Garcia, S. & Le Reste, L. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. *FAO Doc. Téc. Pesca*, 203:180 pp.

Iwai, M. 1973. Pesca exploratória e estudo biológico sobre camarão na costa centro-sul do Brasil do N/O “Prof. W. Besnard” em 1969-1971. São Paulo, SUDELPA (Superintendência do Desenvolvimento do Litoral Paulista/Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo), 71 pp.

López-Martínez, J.; Rábago-Quiroz, C.; Nevárez-Martínez, M.O.; García-Juárez, A.R.; Rivera-Parra, G. & Chávez-Villalba, J. 2005. Growth, reproduction, and size at first maturity of blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) along the east coast of the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 71: 93-102.

- Montgomery, S.S.; Courtney, A.J.; Blount, C.; Stewart, J.; Die, D.J.; Cosgrove, M. & O'Neill, M.F. 2007. Patterns in the distribution and abundance of female eastern king prawns, *Melicertus plebejus* (Hess, 1865), capable of spawning and reproductive potential in waters off eastern Australia. *Fisheries Research*, 88: 80-87.
- Nakagaki, J.M. & Negreiros-Fransozo, M.L. 1998. Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba bay, São Paulo, Brazil. *Journal of Shellfish Research*, 17:931-935.
- Nakagaki, J.M.; Negreiros-Fransozo, M.L. & Fransozo, A. 1995. Composição e abundância de camarões marinhos (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) na Enseada de Ubatuba, Ubatuba, Brasil. *Arquivos de Biologia Tecnologia*, 38(2): 583-591.
- Odebrecht, C. & Castello, J.P. 2001. The Convergence Ecosystem in the Southwest Atlantic. *Ecological Studies*, 144: 147-165.
- Oliveira, J.E.L. 1991. Biologie et dynamique des populations de la crevette *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) em Guyane Française. Tese de Doutorado, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 189 pp.
- Pauly, D.; Christensen, V.; Guénette, S.; Pitcher, T.J.; Sumaila, U.R.; Walters, C.J.; Watson, R. & Zeller, D. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418: 689-695.
- Pérez-Farfante, I. & Kensley, B. 1997. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. Éditions du Muséum National d'Histoire Naturelle, 233 pp.
- Pires, A.M.S. 1992. Structure and dynamics of benthic megafauna on the continental shelf offshore of Ubatuba, southeastern, Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, 86: 63-76.

Pires-Vanin, A.M.S.; Rossi-Wongtschowski, C.L.B.; Aidar, E.; Mesquita, S.L.; Soares, L.S.H.; Katsuragawa, M. & Matsuura, Y. 1993. Estrutura e função do ecossistema de plataforma continental do Atlântico Sul brasileiro: síntese e dos resultados. Publicação Especial do Instituto Oceanográfico, 10: 217-231.

Russ, G.R. & Alcala, A.C. 1998. Natural fishing experiments in marine reserves 1983-1993: roles of life history and fishing intensity in family responses. Coral Reefs, 17(4):399-416.

Santos, M.A.C. 1998. Camarões (Crustacea, Decapoda) do litoral de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brasil. Trab. Oceanog. Univ. Fed. Pernambuco, 26(1): 63-83.

Sastry, A.N. 1983. Ecological aspects of reproduction. In Bliss, D.E. (Ed.). The biology of Crustacea environmental adaptations. New York. Academic Press, v. 8, p.179-270.

Vega-Pérez, L.A. 1993. Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Publicação Especial do Instituto Oceanográfico, 10: 65-84.

Williams, A.B. 1984. Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida. Washington (DC), Smithsonian Institution press, XVIII + 550 pp.

Yano, I. 1995. Final oocyte maturation, spawning and mating in penaeid shrimp. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 193: 113-118.

Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey, 663 pp.

RESUMO

Os camarões *Artemesia longinaris* e *Pleoticus muelleri* foram investigados enfocando a distribuição e estrutura populacional; a relação das variáveis ambientais e nº de fêmeas maduras; e a demarcação geográfica de tais fêmeas e os fatores ambientais com correlação significativa. Os camarões e os fatores abióticos foram coletados por um barco camaroneiro (redes “double rig”), em 7 profundidades (5-35m) de Ubatuba (UBA) e Caraguatatuba (CA), durante julho/2001 a junho/2003. As 19118 fêmeas com as gônadas maduras de *A. longinaris* e 4650 de *P. muelleri* se correlacionaram significativamente (CANONICA, $p < 0,01$) com os fatores ambientais. Conforme o grão do sedimento e a temperatura diminuíram, o número de fêmeas maduras aumentou, principalmente em relação à *P. muelleri*. Fêmeas maduras de *A. longinaris* foram encontradas principalmente em janeiro-fevereiro/02, nos 15m (predominância de areia fina e muito fina) de UBA, nas temperaturas entre 24-27°C. Diferindo da maior abundância de *P. muelleri*, durante novembro-dezembro/2001 nos 20m (site+argila) de CA, nas temperaturas entre 18-21°C. Propõe-se que, a concentração elevada de silte-argila poderia prejudicar as trocas gasosas de *A. longinaris*, quando esta enterrada, ou se enterrariam pouco por serem transparentes. A coloração avermelhada de *P. muelleri* justificaria sua necessidade de se enterrar (sedimento lodoso), por ser mais visível durante o dia aos predadores potenciais. Durante novembro-dezembro/01, *A. longinaris* foi capturada com maiores dimensões em UB e *P. muelleri* preferencialmente em CA. Ambas espécies se concentrariam nas regiões estudadas para desovar nos períodos de penetração da ACAS (primavera-verão): *A. longinaris* preferencialmente em UBA e *P. muelleri* mais distante da costeira em CA.

Palavras-chaves: desova; reprodução; recrutamento; maturidade; Penaeoidea.

INTRODUÇÃO

A extração constante e indiscriminada de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil acompanhada ao impacto ambiental causado pelo turismo, tem causado a diminuição dos estoques naturais de espécies mais rentáveis como os camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *F. paulensis* (Pérez-Farfante, 1967), camarão-branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1938) e o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Costa & Fransozo, 1999 e D’Incao *et al.*, 2002). Atualmente, os estoques dessas espécies encontram-se comprometidos, gerando a exploração de outras espécies que não eram alvos da frota pesqueira, como os camarões *Artemesia longinaris* Bate, 1888 e *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888).

Estudos relacionados à dinâmica reprodutiva dos camarões marinhos são escassos no litoral brasileiro. No litoral australiano, a dinâmica reprodutiva dos camarões Penaeidae é comumente conhecida, enfocando-se a distribuição espaço-temporal de fêmeas maduras e sua distribuição por classes de tamanho da carapaça (Crococ, 1987; Crococ & van der Velde, 1995; Courtney & Masel, 1997; Crococ & Coman, 1997; Crococ *et al.*, 2001; e Montgomery *et al.*, 2007). Tais investigadores demonstraram que, o recrutamento de camarões pescados pode ser afetado pelo esforço pesqueiro direcionado em zonas de desova. Levando em consideração que os camarões Penaeoidea desovam poucas horas após atingirem a maturidade gonadal, as principais zonas de desova serão aquelas com maiores concentrações de fêmeas maduras (gônadas em desenvolvimento ou desenvolvidas) (Yano, 1995).

Vale salientar que, mesmo a fêmea sendo a responsável na determinação do período reprodutivo, a presença e a capacidade de cópula do macho são importantes para que a

reprodução ocorra, tanto que a razão sexual de *A. longinaris* se aproxima de 1:1 (macho:fêmea) no período de cópula (Castilho, 2004). Parnes *et al.* (2006) demonstraram em laboratório que o período de muda de machos de *Litopenaeus vannamei* é importante para o seu sucesso reprodutivo, informação a qual sempre foi direcionada para as fêmeas. No entanto, neste caso, o período de muda está relacionado à qualidade do espermátforo na ampola terminal por ficar desprotegido do sistema imune, ficando exposto aos parasitas em potencial, à oxidação, ao *stress* do ambiente, e às possíveis contaminações em regiões poluídas. Assim, o macho sofre muda sincronizada com a fêmea no período reprodutivo e produz os espermátforos com um menor período de permanência na ampola terminal. Caso o macho não consiga copular, um acúmulo de melanina é observado no espermátforo (espermátforo passa a apresentar coloração amarronzada), o tornando inviável (estéril) para a cópula e, portanto, o macho apenas copulará na próxima muda.

A falta de conhecimento sobre a dinâmica reprodutiva de espécies rentáveis para cada região de interesse diminuiria a eficiência de aplicações de alternativas para proteção dos estoques pesqueiros. Muitas vezes, estratégias de preservação são utilizadas baseando-se em resultados obtidos em outras regiões, levantando indagações relacionadas à mutabilidade dos estoques pesqueiros frente à variação ambiental em cada gradiente latitudinal.

Artemesia longinaris pertence à família Penaeidae e sua distribuição é desde Rio de Janeiro (Brasil) até Puerto Rawson (Argentina, 43°S) e *P. muelleri* (Solenoceridae) distribui-se desde o Rio de Janeiro até a costa de Santa Cruz (Argentina, 50°S) (Castilho *et al.*, 2007a e capítulo 1). Ambas as espécies são endêmicas do Atlântico Sul e são exploradas entre as latitudes 23 a 45°S, com maior intensidade no Uruguai e Argentina. É

provável que o esforço de pesca exercido sobre os estoques de tais espécies esteja além do máximo tolerável. O período de fechamento da pesca (defeso do camarão) proposto para as regiões sudeste e sul do Brasil, baseia-se apenas aos estudos reprodutivos de camarão rosa (*Farfantepenaeus* spp) no litoral sul brasileiro. Caso não sejam levantadas informações sobre demais espécies da comunidade de Penaeoidea e os órgãos de controle não estabeleçam um defeso bem embasado nos conhecimentos científicos adquiridos, todos os estoques destes camarões poderão entrar em colapso comprometendo grande parte da cadeia trófica. Para se chegar a uma administração racional dos recursos exploráveis é necessário conhecer as zonas de desova e recrutamento juvenil de cada espécie de camarão. Apenas assim, teríamos suporte para determinar e implantar planos de manejo que propiciem um equilíbrio entre a extração pesqueira e recomposição natural dos estoques de camarões.

De acordo com Sastry (1983) e Bauer & Lin (1994), os fatores que influenciam no período reprodutivo dos invertebrados marinhos bentônicos podem ser de dois tipos: os fatores proximais (temperatura, luminosidade, tipo de sedimento e salinidade), que influenciam tanto no início e no término do período da incubação e desova dos adultos; e os fatores finais (pressão seletiva), os quais determinam a época reprodutiva, ou seja, a liberação dos ovos na natureza ou a eclosão das larvas, relacionando-se com o período de maior disponibilidade de alimento planctônico.

Nas regiões tropicais, as condições de temperaturas altas constantes dos mares seriam uma das causas do ciclo reprodutivo contínuo dos invertebrados em geral. A variação temporal na produtividade planctônica seria um fator essencial na sazonalidade reprodutiva de organismos marinhos, sendo os períodos de reprodução e desova vinculados aqueles

com maior disponibilidade de alimento (Castilho *et al.*, 2007a).

Assim, o presente trabalho tem como finalidade um estudo sobre a dinâmica reprodutiva de *A. longinaris* e *P. muelleri* nas regiões de Ubatuba e Caraguatatuba (litoral norte paulista), com ênfase nos seguintes objetivos: **(1)** investigar a abundância e a distribuição espaço-temporal das fêmeas maduras, e a estrutura populacional das fêmeas em geral, de ambas espécies; **(2)** testar quais fatores ambientais são mais importantes na distribuição de fêmeas maduras nas regiões estudadas; e **(3)** demarcar geograficamente o padrão de distribuição de tais fêmeas e a variação dos fatores ambientais que apresentarem correlação com as mesmas.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas nas regiões de Ubatuba (UBA) e Caraguatatuba (CA), litoral norte paulista. Estas regiões estão incluídas geograficamente numa região de transição entre a fauna tropical-subtropical e a patagônica, com limite norte entre os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo e limite sul entre o Estado do Rio Grande do Sul e o Uruguai (Boschi, 2000).

Os camarões e os fatores abióticos foram coletados mensalmente no período de julho de 2001 a junho de 2003, em 7 transectos de cada região. Adotaram-se os três primeiros meses ano (janeiro, fevereiro e março) como verão e as demais estações os meses seguintes.

Os transectos foram previamente determinados com o objetivo de amostrar sete profundidades distintas (5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m e 35m) perpendiculares à linha da costa, com uma extensão de aproximadamente 2km cada (30 minutos de arrasto),

abrangendo uma área de cerca de 18.000m². Em cada ponto foram registradas as coordenadas de latitude e longitude por meio de um GPS (Global Positioning System). As regiões de estudo e os transectos de coleta podem ser observados na figura 1.

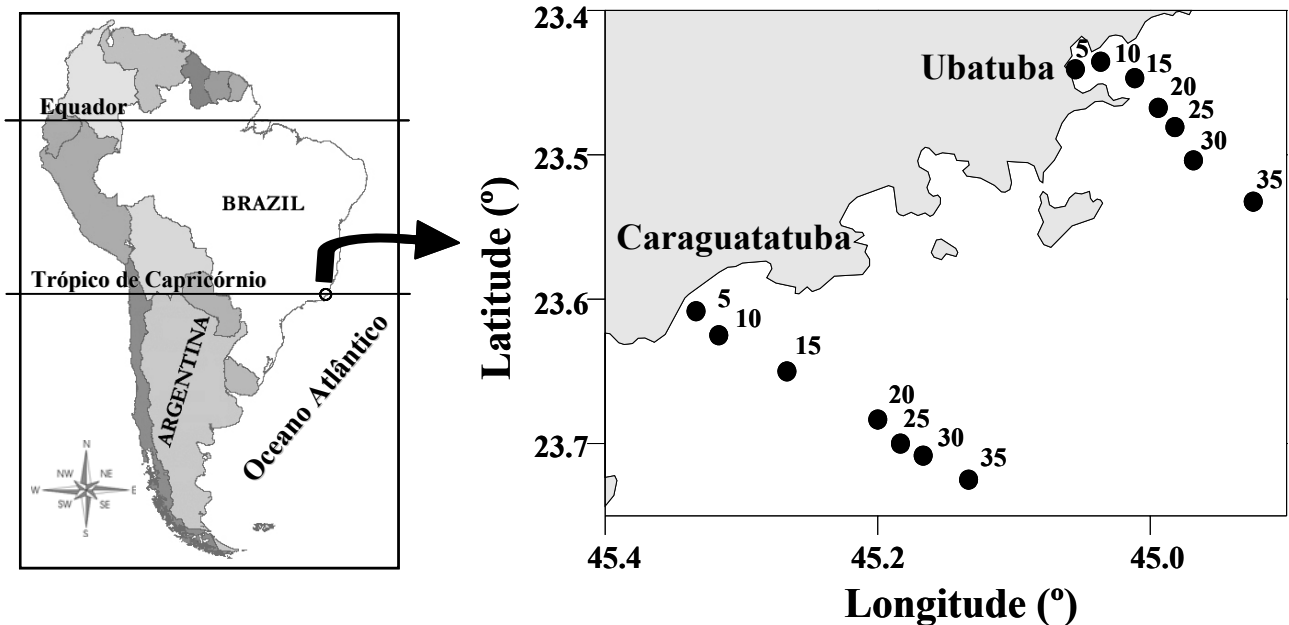


Figura 1: Regiões de estudo no litoral norte do estado de São Paulo, Ubatuba e Caraguatatuba, com os transectos amostrados em cada profundidade (5m, 10m, etc).

Para a amostragem dos camarões, foi utilizado um barco tipo camaroeiro com duas redes tipo “double rig” (malha de 20 mm e 15 mm no saco final). Os animais capturados foram separados no barco e acondicionados em caixas térmicas com gelo picado, mantidos resfriados até o momento das análises.

No laboratório, os espécimes capturados foram triados, pesados, identificados (Pérez Farfante & Kensley, 1997), separados quanto ao sexo e mensurados o comprimento da carapaça (CC mm) utilizando-se um paquímetro (0,01mm), padronizando a medida da distância linear do ângulo pós-orbital até a margem posterior da carapaça. Quando o

material apresentava uma biomassa elevada, uma sub-amostra de 200g era retirada aleatoriamente para efetuar a biometria. Sabendo-se o peso total e o peso da sub-amostra, o número total de indivíduos foi calculado por classes de interesse (fêmea, fêmea madura...).

Em cada região, transecto e mês, as fêmeas foram contadas e calculadas quanto ao número total por meio da fórmula: $n_t = (n_s \times p_t) / p_s$, (n_t = número total, n_s = número somado da sub-amostra, p_t = peso total e p_s = peso da sub-amostra).

Os estágios gonadais nas fêmeas foram determinados segundo observações macroscópicas das gônadas, Costa & Fransozo (2004) e Castilho *et al.* (2007ab), com quatro estágios de desenvolvimento, ou seja, IM= imaturo, RU= rudimentar (adultos com gônadas não maduras), ED= em desenvolvimento e DE= desenvolvido. Buscando representar da melhor forma o período em que o maior número de indivíduos se encontravam com a gônada madura, optou-se por utilizar tal termo para as fêmeas com gônadas em desenvolvimento somadas àquelas com gônada desenvolvida (ED+DE).

Os fatores ambientais foram coletados no começo e no final de cada transecto, com o objetivo de determinar uma média mais representativa de cada ponto. A salinidade (‰) e a temperatura (°C) foram mensuradas com amostras de água de fundo, obtidas por meio de uma garrafa de Nansen. Para demarcar a profundidade de cada transecto, utilizou-se um ecobatímetro acoplado ao GPS.

O sedimento foi amostrado por meio de um coletor de sedimento do tipo Van Veen. Cada amostra foi acondicionada em sacos plásticos e demarcada pelo transecto e o mês de origem para, posteriormente, ser resfriada até a análise de matéria orgânica e granulometria.

O procedimento adotado para a análise do sedimento utilizou como referência os trabalhos de Hakanson & Jansson (1983) e Tucker (1988).

No laboratório, cada amostra de sedimento foi submetida a 70°C numa estufa de secagem e esterilização durante 24 horas. Em seguida, foram separadas duas subamostras de 10 gramas para análise do teor de matéria orgânica, e 100 gramas para a determinação de granulometria.

Para a análise do teor de matéria orgânica, a subamostra foi acondicionada em cadinhos numerados e pesados inicialmente. Os cadinhos foram colocados numa mufla a 500°C e, após 3 horas, foram retirados para a medição do peso final. A diferença entre o peso inicial e peso final foi o teor de matéria orgânica observado em cada transecto sendo, em seguida, convertido em percentagem.

A subamostra destinada à análise granulométrica foi lavada numa peneira de 0,063mm de malha, permitindo assim a passagem do silte e argila. O sedimento lavado foi novamente acondicionado ao frasco do transecto determinado e desidratado na estufa (70°C) por 24 horas. Seguidamente, a subamostra foi submetida à técnica de peneiramento diferencial, por meio de seis peneiras de malhas diferentes, dispostas em ordem decrescente.

O peso final de cada peneira menos o peso desta (antes da separação), foi a quantidade de cada fração granulométrica. A diferença do peso total para completar 100g foi a quantidade de silte e argila do substrato.

As frações granulométricas adotadas foram: cascalho (>2mm); areia muito grossa (1[-2mm); areia grossa (0.5[-1mm); areia média (0.25[-0.5mm); areia fina (0.125[-0,25 mm); areia muito fina (0.0625[-0,125mm), e menores partículas classificadas como silte+argila (<0,0625mm). A partir da percentagem das frações granulométricas de cada transecto, calcularam-se as medidas de tendência central (\bar{x}), que determinam a fração

granulométrica mais freqüente no sedimento (Suguio, 1973). Tais valores foram calculados com base nos dados extraídos graficamente de curvas acumulativas de distribuição de freqüência das amostras do sedimento, seguindo a escala de ϕ e mediante a fórmula $M = \phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84} / 3$. As classes de ϕ foram convertidas nas frações granulométricas aplicando $-\log_2$, obtendo desse modo as seguintes classes: areia muito grossa (-1--]0); areia grossa (0--]1); areia média (1--]2); areia fina (2--]3); areia muito fina (3--]4) e silte e argila (>4).

A relação entre os fatores ambientais e a abundância das fêmeas maduras de cada espécie foi testada utilizando-se da Análise Multivariada de Correlação Canônica (CANONICA) para cada região. Tal análise estatística mensura diretamente o poder de relação entre dois conjuntos de variáveis. O primeiro conjunto representado pelos fatores ambientais (salinidade e temperatura da água, textura e conteúdo de matéria orgânica do sedimento) e o segundo representado pelas fêmeas maduras de cada espécie. Os valores das variáveis foram transformados $-\log(1+x)$ – para atender as premissas do teste estatístico (Castilho *et al.*, 2008).

As fêmeas maduras das 2 espécies e os fatores abióticos que se relacionarem com as mesmas foram representados e demarcados geograficamente espaço-temporalmente por meio do programa Surfer (versão 8.0, Golden Software, Califórnia).

RESULTADOS

Um total de 39152 indivíduos de *A. longinaris* (23979 em Ubatuba e 15173 em Caraguatatuba) e 9242 de *P. muelleri* (1529 em Ubatuba e 7713 em Caraguatatuba) fêmeas adultas foram coletadas. Destas fêmeas, aproximadamente 50% apresentaram as gônadas desenvolvidas (19118 de *A. longinaris* e 4650 de *P. muelleri*).

Os parâmetros na variação dos fatores ambientais e no número de fêmeas maduras estão representados na tabela 1, sendo possível observar que a salinidade apresentou uma variação muito pequena (baixo desvio padrão), quando comparada às demais variáveis analisadas.

Tabela 1: Valores medianos e de dispersão (desvio padrão = DP) verificados no presente estudo para as variáveis ambientais e biológicas (fêmeas maduras de cada espécie). ED= gônada em desenvolvimento e DE= gônada desenvolvida.

	Média	DP	Amplitude
Variáveis ambientais			
Temperatura (°C)	21,63	2,35	(15-29,5)
Salinidade (‰)	35,28	1,15	(30-37)
Matéria orgânica (%)	3,92	2,83	(0,8-17,4)
φ	3,48	1,41	(0,24-6,07)
Fêmeas maduras (ED+DE)			
<i>Artemesia longinaris</i>	66,38	312,46	(0-19118)
<i>Pleoticus muelleri</i>	16,15	60,22	(0-4650)

As variações dos fatores ambientais e do número de fêmeas maduras de ambas espécies se correlacionaram significativamente (CANONICA, $r= 0,32$ e $p = 1,8E-06$), sendo o primeiro par canônico significativo ($r= 0,20$ e $p = 0,009$).

As cargas canônicas (tipos de correlações entre as variáveis) e os pesos canônicos (magnitude das relações entre os fatores ambientais e biológicos) podem ser verificados na tabela 2.

Tabela 2: Cargas e pesos canônicos baseados na análise de correlação canônica relacionando os fatores ambientais com o número de fêmeas maduras encontradas no presente estudo.

	Carga canônica	Peso canônico
Variáveis ambientais		
Temperatura (°C)	0,37	0,54
Salinidade (‰)	-0,21	-0,09
Matéria orgânica (%)	-0,28	-0,03
ϕ	-0,83	-0,93
Espécies		
<i>Artemesia longinaris</i>	-0,70	-0,18
<i>Pleoticus muelleri</i>	-0,99	-0,89

Os fatores ambientais com maiores cargas canônicas foram o ϕ (-0,83) seguido de temperatura (0,37) e, justamente, foram os fatores com maiores pesos canônicos ($\phi= -0,93$ e temperatura= 0,54). As respostas das fêmeas com gônadas maduras aos fatores ambientais

foram fortemente associadas à *P. muelleri*, com carga canônica= -0,99 e peso canônico= -0,89), e *A. longinaria* com carga canônica= -0,70 e peso canônico= -0,18. Em resumo, a variação do tipo de sedimento e da temperatura foram preponderantes na variação da abundância das fêmeas maduras de ambas espécies relacionando-se diretamente com o ϕ (valores com peso elevado e cargas negativas tanto para ϕ quanto para as espécies) e inversamente com a temperatura (cargas opostas de temperatura com as espécies), ou seja, a medida que o grão do sedimento diminuiu (ϕ elevado) e a temperatura abaixou, o número de fêmeas maduras aumentou, principalmente em relação aos camarões *P. muelleri*.

A variação espaço-temporal dos principais fatores abióticos que tiveram relação com a abundância de fêmeas maduras de ambas espécies podem ser observadas nas figuras 2 e 3. Em cada transecto, a escala ϕ variou em média de 1,5 a 6, sendo que nas profundidades acima de 15m em UBA e 25m em CA foram verificadas um aumento no diâmetro do sedimento (1,5 a 3 = areia média). Por outro lado, nos 15m de UBA e 5, 10 e 25m de CA observou-se um sedimento com predominância de areia fina e muito fina, com um aumento na concentração de silte e argila nos 5-10m de UBA e 15-20m de CA ($\phi > 4$) (fig. 2).

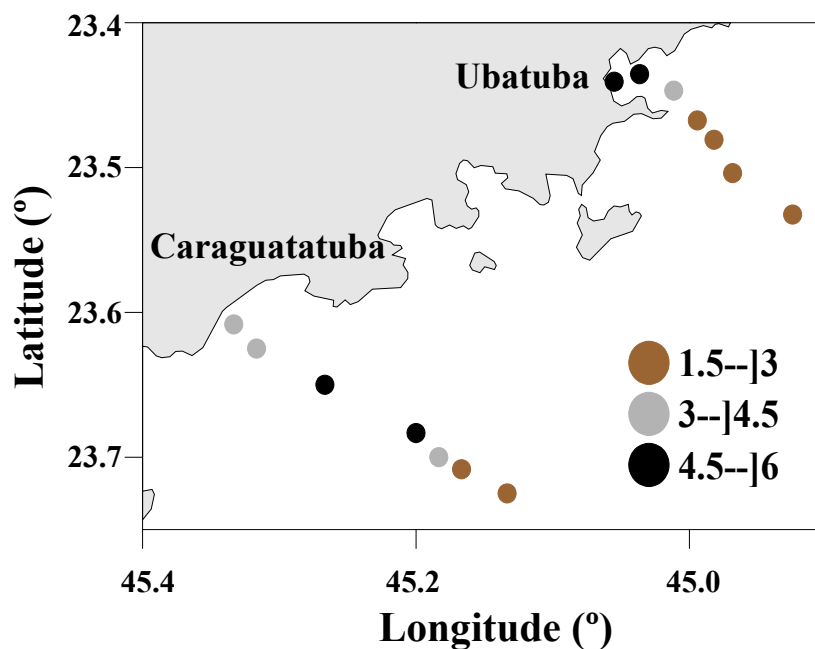


Figura 2: Variação nos valores médios de ϕ (ϕ) em Ubatuba (23,4°S) e Caraguatatuba (23,6°S), nas profundidades amostradas (5-35m). Escala ϕ : areia média= 1--]2, areia fina= 2--]3, areia muito fina= 3--]4 e silte-argila= >4.

O maior número de fêmeas maduras de *A. longinaris* foi encontrado nos locais onde predominou-se um ϕ entre 3 a 4,5 (areia fina e muito fina), ou seja, nos 15m de UBA (fig. 4 e 5). Diferente de *P. muelleri*, cujas fêmeas maduras foram mais abundantes entre 4,5 a 6, mas se concentraram, principalmente, em transectos mais fundos como os 20m de CA (fig. 4 e 6).

Uma diminuição na temperatura de fundo foi verificada no inverno (agosto/01 e setembro/02) com ênfase em UBA em quase todas profundidades. Em ambas regiões, um segundo evento de esfriamento da água foi observado na primavera e no verão, na maioria dos transectos em outubro/01 a novembro/01, e na porção mais funda de UBA (>20m) e 15-35m de CA em dezembro/01 a janeiro/02 (fig. 3).

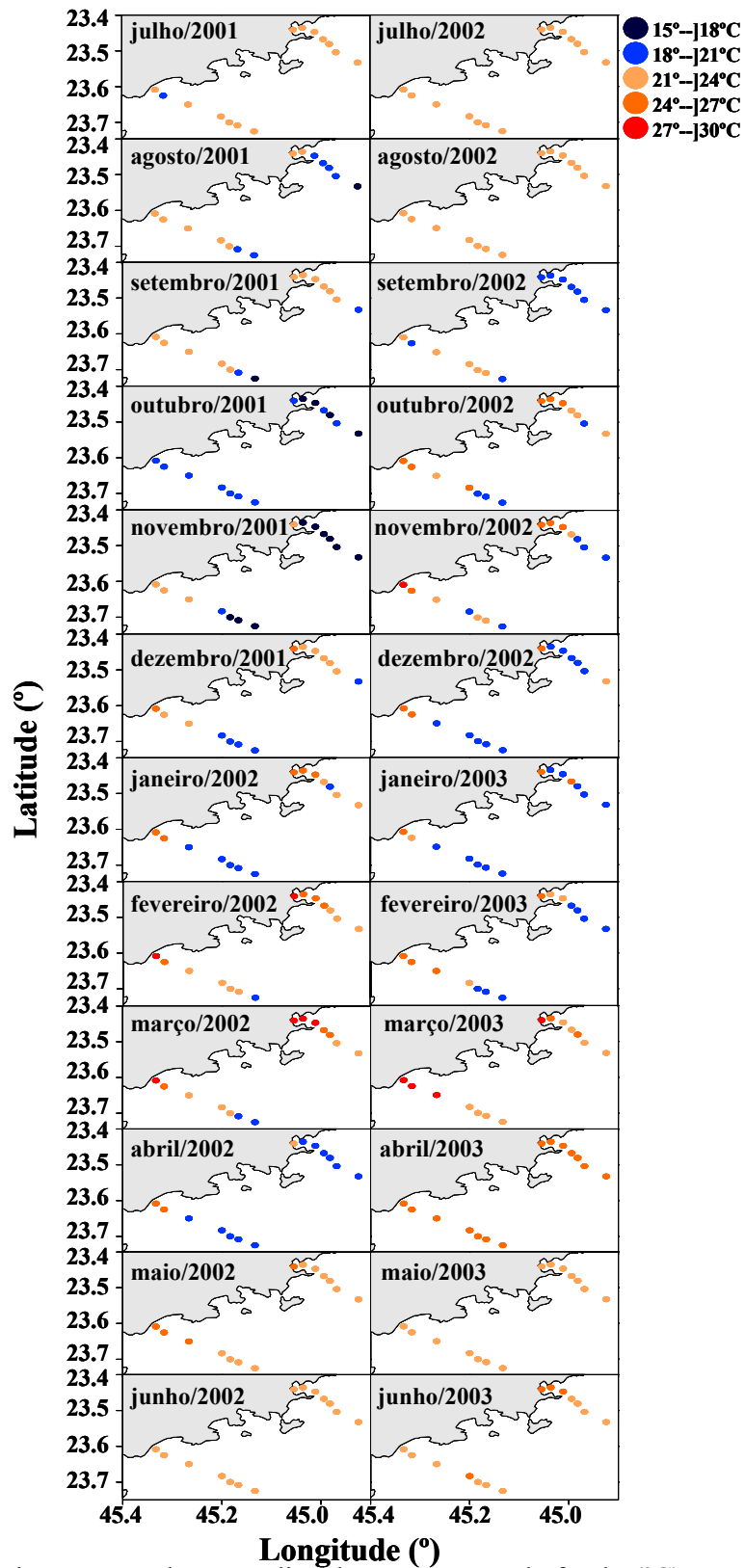


Figura 3: Variação nos valores médios de temperatura de fundo (°C) em Ubatuba (23,4°S) e Caraguatatuba (23,6°S), nas profundidades amostradas (5-35m).

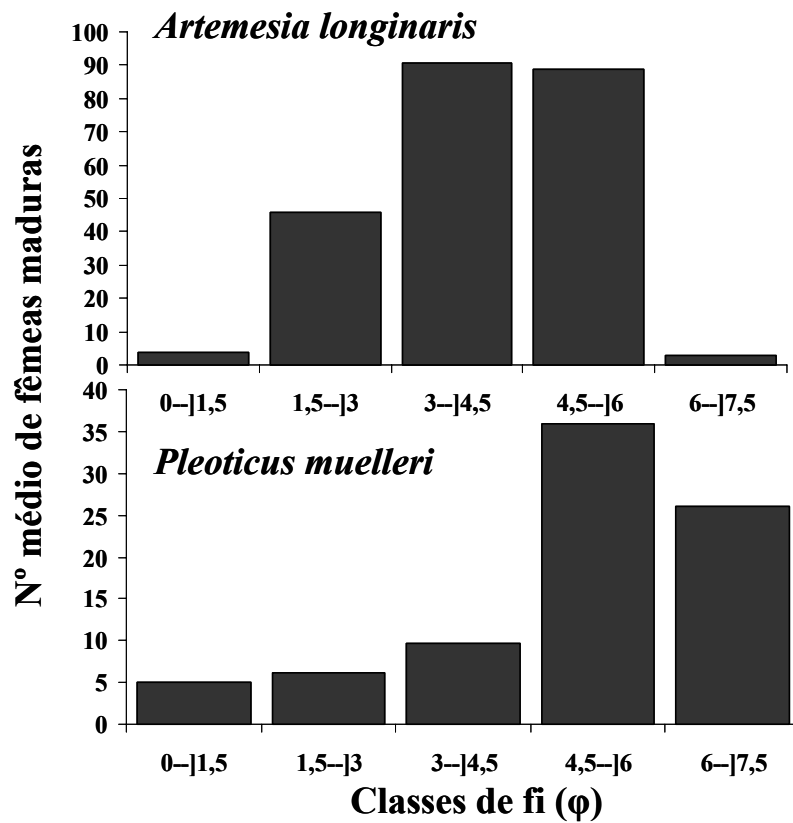


Figura 4: Número médio de fêmeas maduras amostradas por arrasto em cada classe de fi. Escala ϕ : areia grossa= 0-1, areia média= 1-2, areia fina= 2-3, areia muito fina= 3-4 e silte-argila= >4.

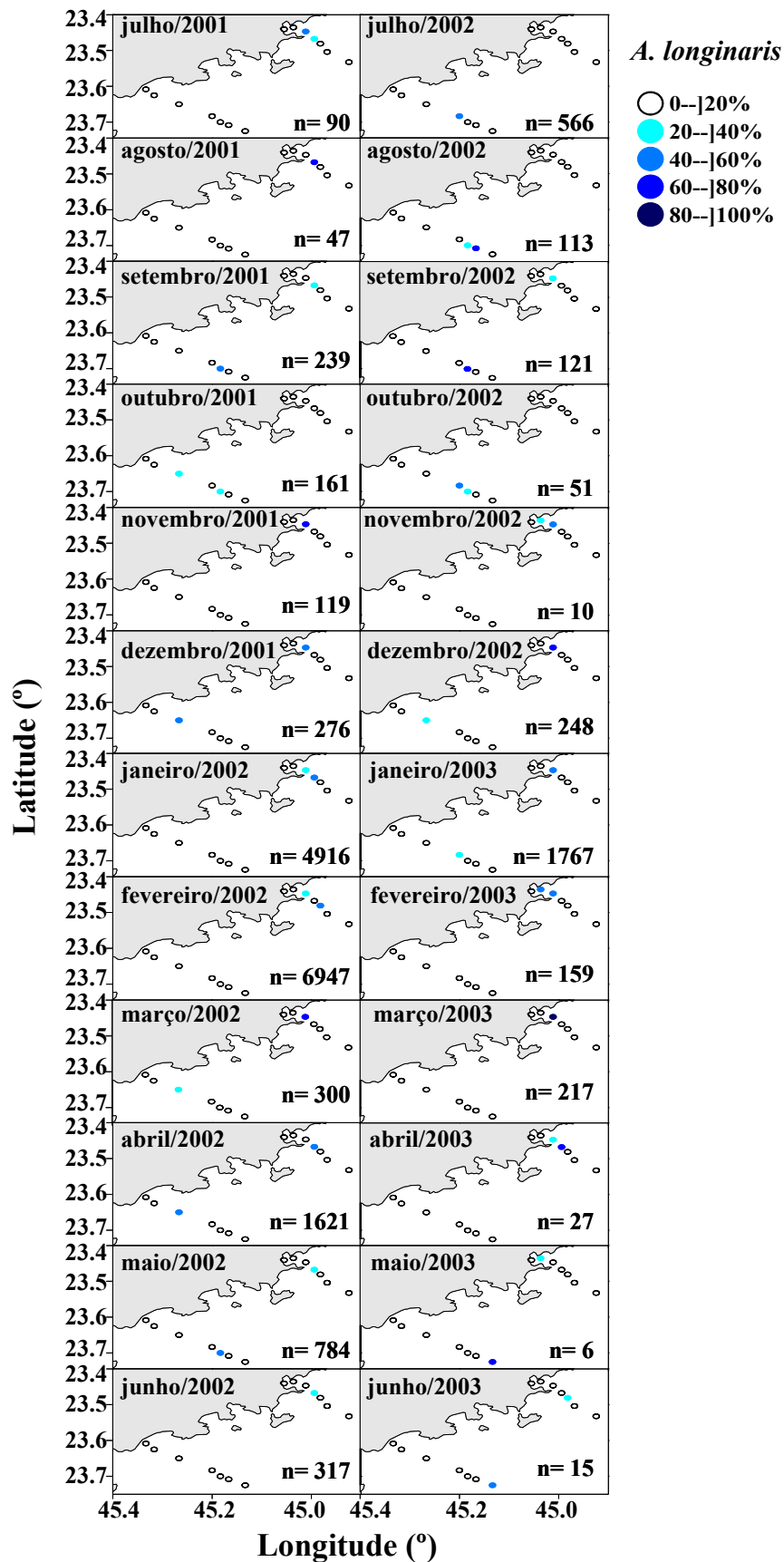


Figura 5: Variação no nº de fêmeas maduras de *A. longinaris* em UBA e CA.

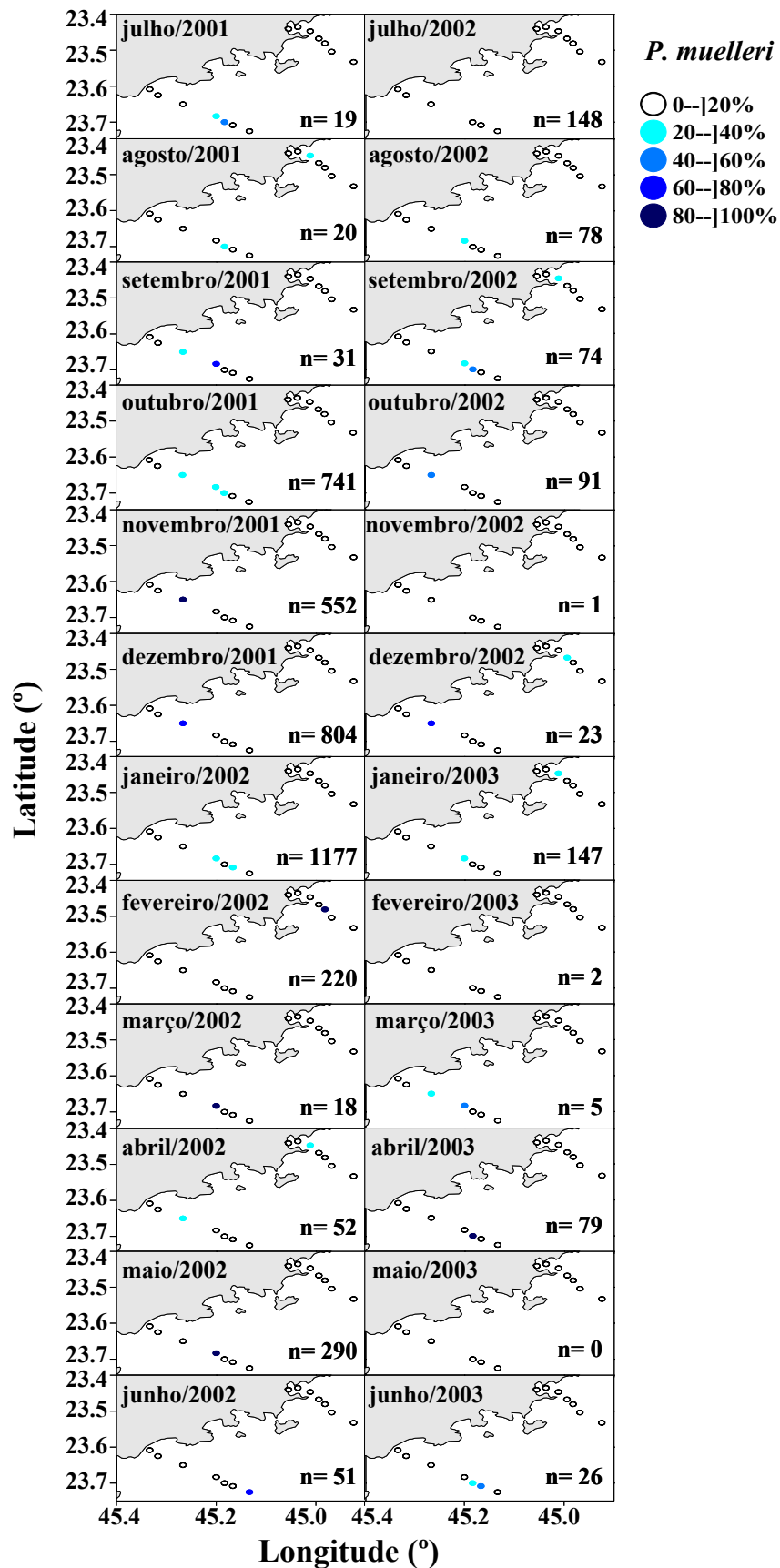


Figura 6: Variação no nº de fêmeas maduras de *P. muelleri* em UBA e CA.

Acompanhada à diminuição de temperatura da primavera-verão, as fêmeas adultas com maiores tamanhos foram encontradas em ambas espécies a partir de outubro de 2001 (fig. 7 e 8). Vale salientar que, o tamanho médio de *A. longinaria* em novembro e dezembro de 2001 declinou em CA e aumento em UBA, seguido de um declínio em janeiro/2002 (fig. 7). Já *P. muelleri* apresentou tamanhos médios similares em CA durante outubro/2001 a janeiro/2002, diferindo em UBA, onde não se capturou nenhuma fêmea adulta em novembro/2001 e verificou-se um declínio no tamanho médio destas de dezembro/2001 a fevereiro/2002 (fig. 8).

No segundo período de estudo (julho/2002 a junho/2003) foi verificado um esfriamento similar na primavera e verão, no entanto, menos intenso (temperatura mínima de 18°C), podendo destacar as profundidades maiores que 10m em dezembro/2002 e janeiro/2003, permanecendo até fevereiro/2003 nas profundidades maiores que 15m (fig. 3).

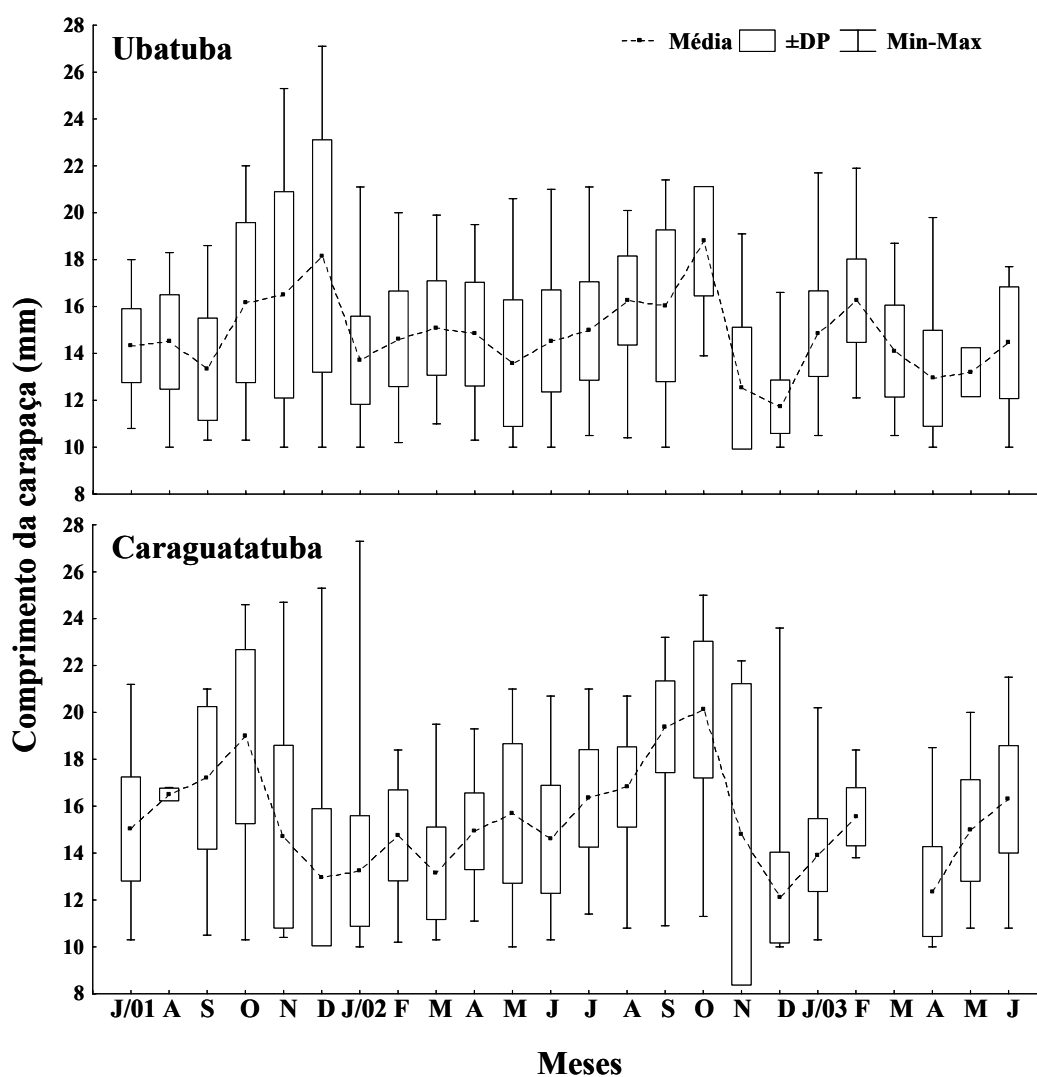


Figura 7: *Artemesia longinaris*. Média, desvio padrão (DP) e valores mínimos (min) e máximos (max) dos tamanhos de fêmeas adultas dos meses de julho de 2001 a junho de 2003.

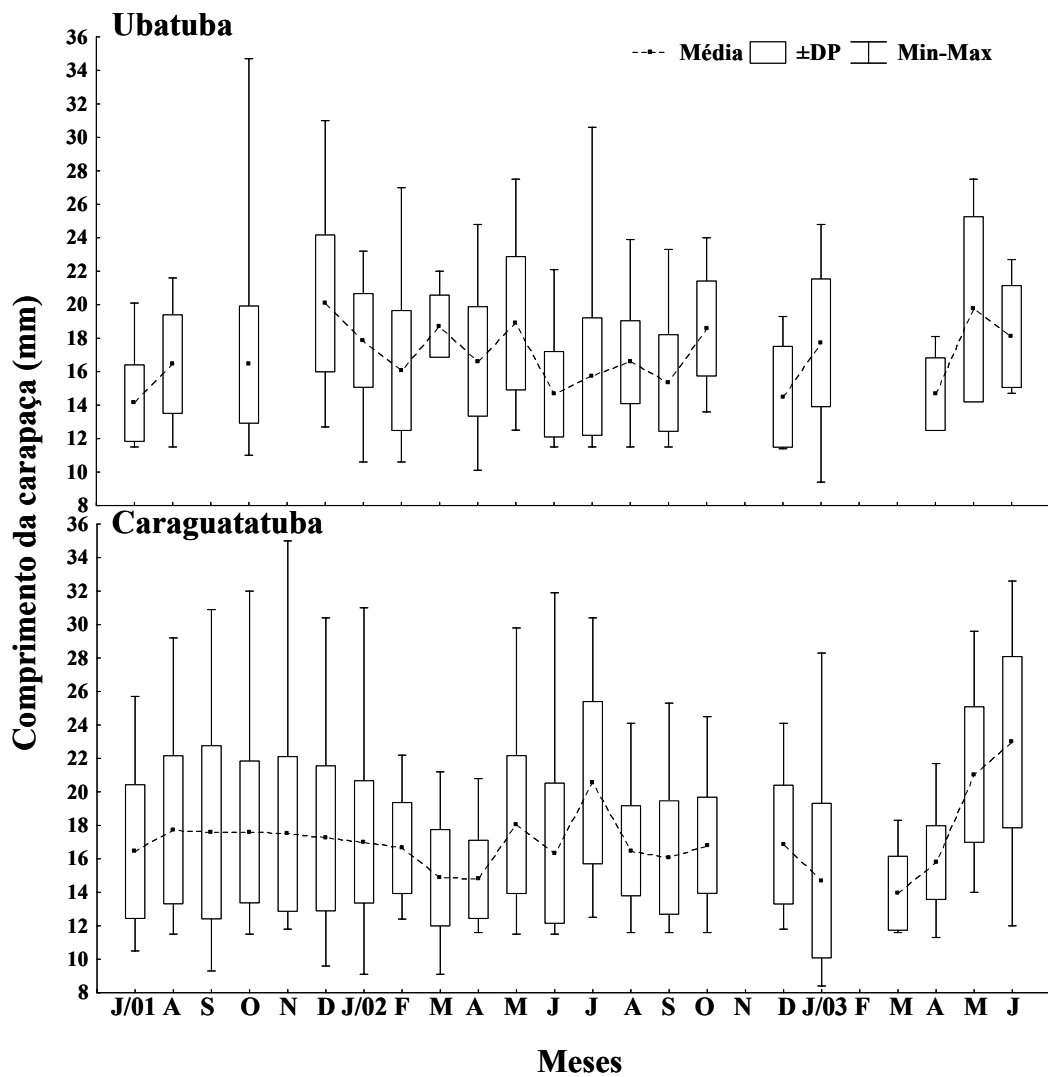


Figura 8: *Pleoticus muelleri*. Média, desvio padrão (DP) e valores mínimos (min) e máximos (max) dos tamanhos de fêmeas adultas dos meses de julho de 2001 a junho de 2003.

Mais de 80% das fêmeas de ambas espécies foram capturadas no primeiro período estudado (temperatura mínima de 15°C). O maior número de fêmeas maduras de *A. longinaris* foi encontrado principalmente em janeiro e fevereiro de 2002 em UBA, nas profundidades com temperaturas entre 24 e 27°C (fig. 5 e 9). Por outro lado, as fêmeas maduras de *P. muelleri* foram amostradas em maiores números em CA, em novembro a dezembro de 2001, preferencialmente entre as temperaturas 18 e 21°C (fig. 6 e 9).

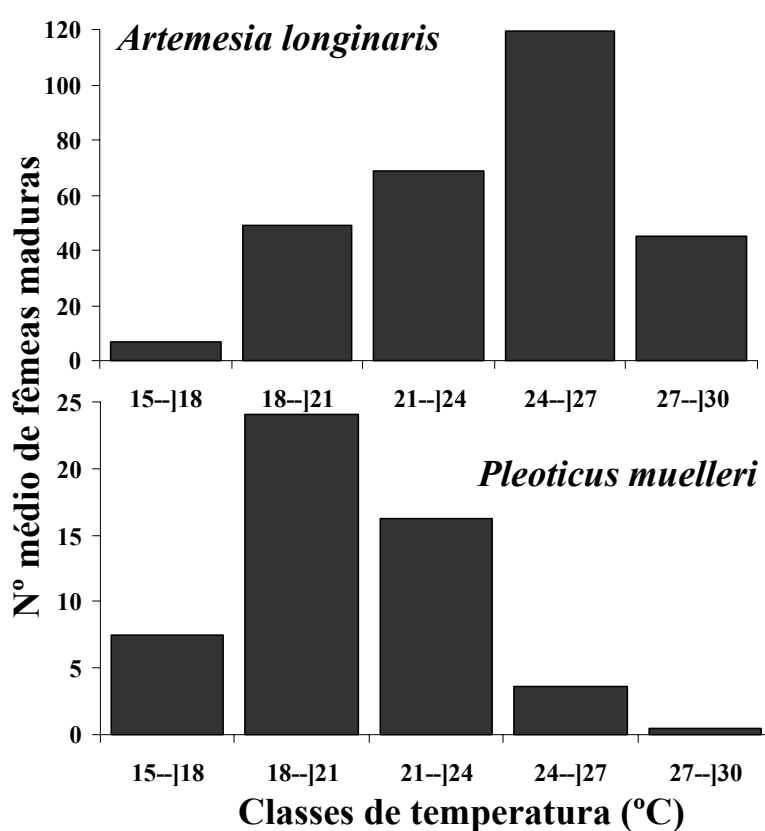


Figura 9: Número médio de fêmeas maduras amostradas por arrasto em cada classe de temperatura (°C).

DISCUSSÃO

O litoral norte do estado de São Paulo sofre forte influência de três massas de águas, que possuem características peculiares e modelos distintos de distribuição no verão e inverno: Água Costeira (AC), com alta temperatura e baixa salinidade ($t > 20^{\circ}\text{C}$ e $s < 36\text{‰}$); Água Tropical (AT), que apresenta altas temperatura e salinidade ($t > 20^{\circ}\text{C}$ e $s > 36\text{‰}$) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS), tanto a temperatura como a salinidade são baixas ($t < 18^{\circ}\text{C}$ e $s < 36\text{‰}$) (Castro Filho *et al.*, 1987). Odebrecht & Castello (2001) e De Léo & Pires-Vanin (2006) descreveram que tal litoral apresenta um regime de produtividade próprio influenciado principalmente pela ação da ACAS, abrigando uma intensa transição faunística tanto de espécies com afinidades tropicais quanto espécies subantárticas.

A intrusão da ACAS na primavera e verão desaloja algumas espécies bentônicas e beneficia outras como os camarões *A. longinarius* e *P. muelleri* (Costa *et al.*, 2004, 2005), o que justificaria mais de 80% das fêmeas maduras coletadas no primeiro período com maior penetração da ACAS, ou seja, diminuição acentuada na temperatura da água na primavera e verão. Pires-Vanin *et al.* (1993) observaram sazonalidades na entrada da ACAS similares às encontradas no presente estudo: uma penetração reduzida em dezembro de 1986 e uma mais intensa em dezembro de 1988. Provavelmente, a baixa influência da ACAS no segundo ano do presente estudo seria uma razão para a diminuição no número de fêmeas maduras de ambas espécies. Odebrecht & Castello (2001) classificaram a ACAS como a principal fonte transportadora de nutrientes no litoral estudado, tendo uma razão N:P aproximada de 16:1 a favor da produtividade primária.

A fisiologia dos camarões se modifica ao longo de seu desenvolvimento,

modificando sua capacidade de osmorregulação, conforme o seu tipo de ciclo de vida. Garcia & Le Reste (1986) descreveram o ciclo de migração de *Penaeoidea* como um deslocamento para o alto-mar (distante da costeira) para a desova, as larvas e primeiras pós-larvas são planctônicas. Ao se aproximar do estágio juvenil, as pós-larvas se aproximam à costeira ou penetram os estuários, passando a ter hábitos bentônicos. As espécies que penetram os estuários retornarão juvenis ao ambiente marinho. De acordo com Boschi (1969, 1989), *A. longinaris* e *P. muelleri* são camarões com grande capacidade migratória utilizando-se de correntes marinhas para se deslocar durante o ciclo de vida restrito ao ambiente marinho e, assim, são classificados como estenohalinos. Mesmo apresentando comportamento reprodutivo similar, ambas espécies possuem distribuições espaço-temporais específicas frente à variação no tipo de sedimento e de temperatura nas regiões estudadas.

No litoral da Argentina, *A. longinaris* e *P. muelleri* apresentam melhores condições de maturação e crescimento, em cultivo nas temperaturas 18 a 26°C e 10 a 19°C, respectivamente (Fenucci, 1988), corroborando as relações encontradas no presente estudo.

Mesmo assim, uma condição física apropriada para uma espécie não é o bastante se demais fatores ou recursos ambientais não forem apropriados num determinado habitat. Segundo Krebs (2001), habitat seria uma região com capacidade de ofertar recursos para uma espécie se estabelecer por um período temporário ou permanente. A oferta de recursos permitiria que um indivíduo pudesse aumentar o seu *fitness* (capacidade do indivíduo se desenvolver e se reproduzir). Esta não é constante variando conforme o tipo de ambiente, podendo ser representados por oferta de alimentos, refúgio e predadores.

Períodos os quais verificaram-se temperaturas preferenciais para as fêmeas maduras

de cada espécie em ambas regiões, *A. longinaris* restringiu-se preferencialmente em UBA e *P. muelleri* em CA. Pires-Vanin *et al.* (1993) descreveram que regiões mais ao norte do litoral norte do estado de São Paulo diferem fisiograficamente das regiões mais ao Sul (Caraguatatuba e São Sebastião). Nessas são encontrados alguns anteparos físicos como as ilhas Vitória, Búzios e de São Sebastião, cuja estrutura faz com que as enseadas estejam sujeitas a um hidrodinamismo menos intenso, o que se reflete na formação de uma área de deposição de sedimentos finos, especialmente da fração silte e argila. Dall *et al.* (1990) descreveram o comportamento observado nos camarões em se enterrar como uma estratégia para proteção contra predadores durante o dia ou adversidades ambientais. Para se protegerem de predadores potenciais durante o dia, as fêmeas maduras se enterrariam em sedimentos mais finos, o que facilitaria seu enterramento. Esta conformação é caracterizada pela deposição de sedimentos mais finos nas regiões próximas à costa em UBA, como o observado nos transectos 5m e 10m. No entanto, a predominância de um sedimento mais grosso nos transectos acima de 20 metros pela exposição aos efeitos das correntes marinhas ocorre em UBA, o que não foi observado em CA com predomínio de sedimento mais fino até os 25 metros por estar sujeito a um hidrodinamismo menos intenso. Quanto às preferências diferenciadas por espécie em relação ao tipo de sedimento, foram propostas duas hipóteses:

Fransozo *et al.* (2004) propuseram que um sedimento extremamente fino (silte e argila) seria prejudicial no enterramento de *A. longinaris* por causar entupimentos na câmara branquial, justificando sua preferência aos sedimentos com predominância de areia fina e muito fina. Neste caso, *P. muelleri* teria uma capacidade a se enterrar em locais com maior porcentagem de silte e argila sem prejudicar suas trocas gasosas. Fato também

observado no camarão *X. kroyeri*, apesar de se enterrar em baixas profundidades por preferir temperaturas elevadas (Costa *et al.*, 2007 e Castilho *et al.*, 2008).

Fenucci (1988) descreveu em laboratório, que durante o dia *A. longinarius* permanece no fundo e raras vezes se enterra, diferindo de *P. muelleri* o qual possui hábitos coordenados de enterramento, praticamente desaparecendo durante o dia. Tal informação tornaria plausível uma segunda proposta de *A. longinarius* não ter o hábito de se enterrar como *P. muelleri*, principalmente, por ser transparente quando vivas, sendo possível observar apenas seus pontos amarronzados no corpo (popularmente conhecida como camarão “pintadinho”). Já *P. muelleri* não passaria tão despercebido por um predador em potencial por apresentar uma coloração avermelhada (conhecida mundialmente como “red shrimp”). No entanto, apenas poderemos confirmar qual hipótese seria mais plausível após testá-las em laboratório.

Os camarões não migram somente ao largo de um eixo litoral-oceânico. As exigências ligadas à natureza do substrato, à riqueza trófica do meio e à hidrologia, podem obrigar os camarões migrarem ao largo da costa. *Litopenaeus setiferus* pode efetuar migrações até 580 km ao largo da costa atlântica, e um camarão *Penaeus plebejus* deslocou-se 930 km ao longo da costa australiana (Fenucci, 1988). Segundo Boschi (1989), *P. muelleri* apresenta uma amplitude de migração na Patagônia Argentina de latitude de 43 a 47°S. A área de reprodução ocorre mais ao norte, com maiores concentrações de fêmeas maduras em Rawson (43°S) até Bahia Camarones (45°S) para desovar. As larvas são transportadas destas zonas pelas correntes sentido sul, sendo a principal área de cria em Mazarredo (47°S), permanecendo até o estágio juvenil e migrando para o norte para sua maturação e reprodução.

Pela variação espaço-temporal diferencial no tamanho médio das fêmeas adultas e no número destas no estágio gonadal maduro, permite propor que ambas espécies migram nas regiões estudadas para desovar, principalmente nos períodos de penetração da ACAS. Partindo do pressuposto que na seleção de habitat é necessário à existência de um equilíbrio entre os fatores biológicos, químicos e físicos presentes num ambiente, provavelmente, as fêmeas de *A. longinaris* e *P. muelleri* distribuíram-se em períodos e regiões conforme suas limitações fisiológicas particulares. Fêmeas maduras de *A. longinaris* se concentrariam preferencialmente nos 15m de UBA, diferindo de *P. muelleri* que se distanciaria um pouco mais da costeira, preferencialmente, nos 20m de CA. Mesmo assim, tal padrão pode se alterar conforme o ano, pois os camarões respondem rapidamente às mudanças ambientais, por serem organismos com um curto ciclo de vida (entre 1 e 2 anos) (López-Martínez *et al.*, 2005).

Futuros estudos detalhando demais zonas de desova ao longo do litoral sudeste e sul brasileiro serão de extrema importância na idealização de uma pesca sustentável, permitindo que os estoques de camarões se reproduzam, dando continuidade a suas próximas gerações. Vale salientar que, demais espécies Penaeoidea devem ser investigadas com o mesmo objetivo, além de se buscar também zonas de recrutamento juvenil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bauer, R.T. & Lin, J. 1994. Temporal patterns of reproduction and recruitment in populations of the penaeid shrimps *Trachypenaeus similis* (Smith) and *T. constrictus* (Stimpson) (Crustacea: Decapoda) from the north-central Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 182: 205-222.

- Boschi, E.E. 1969. Estudio biológico pesquero del camarón *Artemesia longinaris* Bate de Mar del Plata. Boletín Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, 18: 1-47.
- Boschi, E.E. 1989. Biología Pesquera del Langostino del Litoral Patagónico de Argentina (*Pleoticus muelleri*). Contribuciones del INIDEP, 646: 1-71.
- Boschi, E.E. 2000. Species of decapod crustaceans and their distribution in the marine zoogeographic provinces. Revista Investigación y Desarrollo Pesquero, 13: 7-136.
- Castilho, A.L.; Costa, R.C.; Fransozo, A. & Boschi, E.E. 2007a. Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae), off the coast of São Paulo state, Brazil. Revista de Biología Tropical, 55(1): 39-48.
- Castilho, A.L.; Gavio, M.A.; Costa, R.C.; Boschi, E.E.; Bauer, R.T. & Fransozo, A. 2007b. Latitudinal variation in population structure and reproduction pattern of the endemic South American shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea). Journal of Crustacean Biology, 27(4): 548-552.
- Castilho, A.L.; Pie, M.R.; Fransozo, A.; Pinheiro, A.P. & Costa, R.C. 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community (Crustacea, Decapoda, Penaeoidea) in Southeastern Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 88.
- Castro-Filho, B.M.; Miranda, L.B. & Myao, S.Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. Boletim do Instituto Oceanográfico, 35: 135-151.
- Castilho, A.L. 2004. Dinâmica populacional do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda: Penaeidae) no litoral norte do estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu (SP), 80 pp.

- Costa, R.C. & Fransozo, A. 2004. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda, Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 24: 274-281.
- Costa, R.C. & Fransozo, A. 1999. A nursery ground for two tropical pink-shrimp *Farfantepenaeus* species: Ubatuba Bay, Northern coast of São Paulo, Brazil. *Nauplius*, 7: 73-81.
- Costa, R.C.; Fransozo, A. & Pinheiro, A.P. 2004. Ecologic distribution of the shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) (Decapoda: Penaeoidea) of Southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, 259: 195-203.
- Costa, R.C.; Fransozo, A.; Castilho, A.L. & Freire, F.A.M. 2005. Annual, seasonal and spatial variation of abundance of the shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea) in a southeastern region of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85: 107-112.
- Costa, R.C.; Fransozo, A.; Freire, F.A.M. & Castilho, A.L. 2007. Abundance and ecological distribution of the “sete-barbas” shrimp *Xipohpenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) in three bays of the Ubatuba region, South-eastern Brazil. *Gulf and Caribbean Research*, 19: 33-41.
- Courtney, A.J. & Masel, J.M. 1997. Spawning stock dynamics of two penaeid prawns, *Metapenaeus bennettiae* and *Penaeus esculentus*, in Moreton Bay, Queensland, Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 148: 37-47.
- Crococ, P.J. & Coman, G.J. 1997. Seasonal and age variability in the reproductive performance of *Penaeus semisulcatus* broodstock: optimising broodstock selection. *Aquaculture*, 155: 55-67.

Crocos, P.J. & van der Velde, T.D. 1995. Seasonal, spatial and interannual variability in the reproductive dynamics of the grooved tiger prawn *Penaeus semisulcatus* in Albatross Bay, Gulf of Carpentaria, Australia: the concept of effective spawning. *Marine Biology*, 122: 557-570.

Crocos, P.J.; Park, Y.; Die, D.J.; Warburton, K. & Manson, F. 2001. Reproductive dynamics of endeavour prawns, *Metapenaeus endeavouri* and *M. ensis*, in Albatross Bay, Gulf of Carpentaria, Australia. *Marine Biology*, 138: 63-75.

Crocos, P.J. 1987. Reproductive dynamics of the grooved tiger prawn, *Penaeus semisulcatus*, in the North-western Gulf of Carpentaria, Australia. *Australian Journal Marine Freshwater Research*, 38: 79-90.

D’Incao, F.; Valentini, H. & Rodrigues, L. F. 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, 24(2): 103-116.

Dall, W.; Hill, B.J.; Rothlisberg, P.C. & Sharples, D.J. 1990. The biology of the Penaeidae. In *Advances in Marine Biology* (ed. J.H.S Blaxter and A.J. Southward). San Diego: Academic Press, 489 pp.

De Léo, F.C. & Pires-Vanin, A.M.S. 2006. Benthic megafauna communities under the influence of the South Atlantic Central Water intrusion onto the Brazilian SE shelf: A comparison between an upwelling and a non-upwelling ecosystem. *Journal of Marine Systems*, 60: 268-284.

Fenucci, J. 1988. Manual para la cria de camarones peneidos. *FAO Project Reports*, 8, 93 pp.

Fransozo, A.; Costa, R.C.; Castilho, A.L. & Mantelatto, F.L.M. 2004. Ecological distribution of the shrimp “Barba-ruça” *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeidae) in

Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil. *Revista del Investigación y Desarrollo Pesquero*, 16: 45-53.

García, S. & Le Reste, L. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. *FAO Doc. Téc. Pesca*, 203:180 pp.

Hakanson, L. & Jansson, M. 1983. *Principles of lake sedimentology*. Springer-Verlag, 316pp.

Krebs, C.J. 2001. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper Collins College Publishers, New York. 5a ed., 695 pp.

López-Martínez, J.; Rábago-Quiroz, C.; Nevárez-Martínez, M.O.; García-Juárez, A.R.; Rivera-Parra, G. & Chávez-Villalba, J. 2005. Growth, reproduction, and size at first maturity of blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) along the east coast of the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 71: 93-102.

Montgomery, S.S.; Courtney, A.J.; Blount, C.; Stewart, J.; Die, D.J.; Cosgrove, M. & O'Neill, M.F. 2007. Patterns in the distribution and abundance of female eastern king prawns, *Melicertus plebejus* (Hess, 1865), capable of spawning and reproductive potential in waters off eastern Australia. *Fisheries Research*, 88: 80-87.

Odebrecht, C. & Castello, J.P. 2001. The Convergence Ecosystem in the Southwest Atlantic. *Ecological Studies*, 144: 147-165.

Parnes, S.; Raviv, S.; Shechter, A. & Sagi, A. 2006. Males also have their time of the month! Cyclic disposal of old spermatophores, timed by the molt cycle, in a marine shrimp. *Journal of Experimental Biology*, 209, 4974-4983.

Pérez-Farfante, I. & Kensley, B. 1997. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. *Éditions du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 233 pp.

Pires-Vanin, A.M.S.; Rossi-Wongtschowski, C.L.B.; Aidar, E.; Mesquita, S.L.; Soares, L.S.H.; Katsuragawa, M. & Matsuura, Y. 1993. Estrutura e função do ecossistema de plataforma continental do Atlântico Sul brasileiro: síntese e dos resultados. Publicação Especial do Instituto Oceanográfico, 10: 217-231.

Sastry, A.N. 1983. Ecological aspects of reproduction. In Bliss, D.E. (Ed.). The biology of Crustacea environmental adaptations. New York. Academic Press, v. 8, p.179-270.

Suguio, K. 1973. Introdução a sedimentologia. São Paulo, Edgard Blucher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 312 pp.

Tucker, M. 1988. Techniques in sedimentology. Oxford: Blackwell Scientific Publications, Boston, 394 pp.

Yano, I. 1995. Final oocyte maturation, spawning and mating in penaeid shrimp. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 193: 113-118.

“Todos os animais têm uma percepção instintiva das mudanças de temperatura e, tal como os homens, buscam abrigar-se em suas casas durante o inverno. Ou então fazem como os homens ricos que passam o inverno em lugares quentes e o verão em lugares frescos. De maneira que todos os animais mudam seus hábitos de acordo com as exigências das estações.”

“História dos Animais”

Aristóteles

O padrão típico de dois picos de desovas anuais em camarões localizados nas regiões tropicais, como discutidos nos capítulos, foi observado nas 4 espécies estudadas. Todas também apresentaram reprodução contínua, sendo *P. muelleri* com a reprodução mais sazonal.

A padrão de camarões em menores latitudes atingirem a maturidade sexual mais cedo (menores tamanhos) foi comprovado na presente tese, principalmente nas espécies subantárticas *A. longinaris* e *P. muelleri*. Futuros estudos relacionados ao crescimento e longevidade destas espécies serão essenciais para se comprovar se o tempo de vida também se altera, conforme a latitude.

Das 4 espécies estudadas, duas apresentaram recrutamento episódico e duas desova contínua. Como as espécies com origem subantárticas apresentaram recrutamento episódico e as duas tropicais não, reforçaria a hipótese que, além das adversidades ambientais, provavelmente as espécies oriundas de regiões frias migram com mais frequência que as espécies tropicais costeiras. Portanto, trabalhos futuros sobre a identificação geográfica de zonas de desova e recrutamento são relevantes. Apenas assim será possível determinar se os pontos de desova coincidem com os de recrutamento.

A variação da temperatura foi um fator proximal no ciclo reprodutivo na maioria das espécies, exceto para *S. dorsalis*. Como já comentado, a temperatura sempre terá seu

papel no modo de vida dos Penaeoidea em geral, no entanto, sua amplitude de variação muitas vezes não é seletiva para algumas espécies. Propõe-se que *X. kroyeri* (águas tropicais) e *P. muelleri* (águas mais frias) sejam estenotermas, quando comparados aos camarões *A. longinaris* e *S. dorsalis*, por apresentar uma baixa correlação e a ausência desta com temperatura, respectivamente. Somente com experimentos laboratoriais testando a influência dos fatores ambientais com o desenvolvimento gonadal será possível determinar as temperaturas preferenciais em cada espécie.

Padrões similares de desova na primavera e verão foram encontrados para as espécies estudadas. *Artemesia longinaris* e *S. dorsalis*= dezembro a fevereiro, *P. muelleri*= novembro a janeiro, e *X. kroyeri*= janeiro a março. Comprovando que as condições nestas estações do ano proporcionam o ajuste da desova das fêmeas à produtividade planctônica, o que torna o litoral norte paulista uma zona de desova para Penaeoidea.

Vale salientar que, o recrutamento não possui um padrão tão marcado como a desova, sendo observado em novembro, fevereiro a março em *A. longinaris*; novembro a dezembro, *P. muelleri*; março a junho, *S. dorsalis*; e maio a agosto, *X. kroyeri*. Como o período de defeso é baseado no recrutamento juvenil, critérios mais detalhados devem ser implantados, todos baseados em informações científicas.

Por final, comprovou-se que tanto em regiões próximas e em escalas maiores de latitude, os estoques pesqueiros numa mesma espécie podem modificar o comportamento reprodutivo, espaço-temporalmente, refletindo a ineficiência de aplicações de normas de pesca que generalizam a regiões costeiras do Brasil. O paradigma do efeito latitudinal, ou seja, espécies localizadas em menores latitudes atingem a maturidade sexual com menores tamanhos, se aplicou nas latitudes subtropicais (Ubatuba) comparadas às latitudes

temperadas frias (Mar del Plata). O próximo passo será a investigação se tal condição se mantém nas latitudes próximas à linha do equador.

Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea), off São Paulo State, Brazil

A.L. Castilho¹, R.C. Costa², A. Fransozo¹ & E.E. Boschi³

^{1,2} NEBECC (Group of Studies on Crustacean Biology, Ecology and Culture)

¹ Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, UNESP, 18618-000 Botucatu, SP, Brazil; castilho@ibb.unesp.br; fransozo@ibb.unesp.br

² Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, UNESP, 81531-980, Bauru, SP, Brazil; rccosta@fc.unesp.br

³ Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Casilla de Correo 175, 7600 Mar del Plata, Argentina; eboschi@inidep.edu.ar

Received 07-X-2005. Corrected 18-IV-2006. Accepted 16-III-2007.

Abstract: Sexual maturity, temporal reproductive pattern, and recruitment of juveniles were examined for the penaeoid shrimp *Artemesia longinaris* sampled for five and a half years in a tropical locality off the coast of São Paulo (23° S), Brazil. Monthly samples were taken from January 1998 to June 2003 at depths between 5 and 45 m. Ovarian maturity was used to examine breeding in adult females. Recruitment was defined as the percentage of juveniles of the total number of individuals in each month and season. A total of 10 288 females and 5 551 males were collected. Estimated sizes (carapace length) at the onset of sexual maturity were 11.0 mm and 13.4 mm for males and females, respectively. Over the five and a half years, females with ripe gonads were found in every season, with the highest percentages in summer (January-March). Juvenile shrimps occurred year-round. These results suggest a continuous reproduction of *A. longinaris* with temperature acting as an environmental stimulus for the duration of the ovary development cycle. These data and the hypothesis of the intrusion of the South Atlantic Central Water mass, which lowered water temperature and raised plankton production, suggest that the end of spring and the beginning of summer were the principal reproductive months. The classical paradigm of continuous reproduction at lower latitudes, with increased seasonality of breeding period at higher latitudes seems to apply to this species. Rev. Biol. Trop. 55 (Suppl. 1): 39-48. Epub 2007 June, 29.

Key words: Penaeidae, *Artemesia longinaris*, reproduction, reproductive pattern, recruitment, sexual maturity.

An accurate description of the spawning stock and its reproductive dynamics are central for the understanding the recruitment processes and the development of spawning stock/recruitment relationships in penaeid species (Crocós and van der Velde 1995). Spawning season for penaeid shrimps have been determined in previous studies by changes in the percentage of ripe females in the catch (O'Connor 1979, Crocós and Kerr 1983, García 1985, Crocós 1987, Bauer and Vega 1992, Bauer and Lin 1994, Crocós and Coman 1997, Minagawa *et al.* 2000, Crocós *et al.* 2001, Costa and Fransozo 2004).

Shrimp fisheries in southeastern Brazil target the most profitable species, such as the pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) and *F. paulensis* (Pérez-Farfante, 1967), the white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1938), and the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862). The increase of the fishing fleet and the decrease of landings of commonly exploited species have contributed to the expansion of the *Artemesia longinaris* Bate, 1888 fishery (D'Incao *et al.* 2002, Costa *et al.* 2005). The geographical distribution of this species is restricted to the western Atlantic, from Rio

de Janeiro (23° S), Brazil, to Rawson (43° S), Argentina. This shrimp remains in the marine environment throughout its life cycle (Boschi 1969).

One of the main objectives concerning the study of the reproductive ecology of benthic invertebrates is to test latitudinal trends in the timing of reproductive activity and recruitment of juveniles. This approach can be used to test the effect of a given environmental stimulus (proximal factors) and to predict selective pressure (ultimate factors) accounting for a particular seasonal pattern of spawning and recruitment of juveniles. This methodology may also provide a basis to predict possible changes resulting from natural or anthropogenic disturbances (Bauer and Vega 1992).

In organisms with a short life cycle that are subjected to high fishing pressure, biological processes (environmental factors and food resources) that have occurred in one year define the stock's abundance in that same year. Interannual variability of temperature can cause changes in the reproductive pattern of a species in the same zone (Leal-Gaxiola *et al.* 2001).

São Paulo State is located between 23°20' S and 25°15' S latitude, and has a subtropical-tropical climate. There are only a few accounts of the reproduction of dendrobranchiate shrimps in this region. Almost all the published information regards populations of the species *X. kroyeri* (Rodrigues *et al.* 1993, Nakagaki and Negreiros-Fransozo 1998, Fransozo *et al.* 2000, Castro *et al.* 2005) and *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1874) (Costa and Fransozo 2004). Little is known about the reproductive periodicity of *A. longinaris* off the Brazilian coast. Fransozo *et al.* (2004), Castilho (2004), and Costa *et al.* (2005) studied aspects of its spatial and temporal distribution. Studies have been conducted in Argentinean waters, where this species is important not only for commercial fisheries, but also as a major component of the marine food web (Boschi 1969, Boschi and Scelzo 1977, Gavio and Boschi 2004).

The objective of this study was to determine the size at morphological and physiological sexual maturity of *A. longinaris*, to analyze the interannual and seasonal variations in spawning intensity and recruitment of juveniles during five and a half years off the coast of São Paulo, and to determine the relationship between its breeding season and the sea-bottom water temperature.

MATERIALS AND METHODS

Shrimps were collected monthly from January 1998 to June 2003 along the northern coast of São Paulo in the Ubatuba (23°30'S, 45°09'W), Caraguatatuba (23°37'S, 45°25'W) and São Sebastião regions (23°48'S, 45°23'W). In each month, fourteen 2-km transects were trawled for 30 min, at depths between 5 and 45 m. A shrimp boat equipped with two double-rig nets (mesh size 20 mm; cod end 15 mm) was used for trawling.

On each transect, salinity and temperature (bottom and surface water), depth, organic matter content, and grain size of sediments were monitored. Detailed descriptions of the sampling methods and analysis of environmental factors for the period are available elsewhere (Costa *et al.* 2004, 2005). Because this species inhabits the bottom, we used only the bottom temperature measurements for analysis.

All captured individuals were sexed and measured (to nearest 0.1 mm). Carapace length (CL) was chosen as the size dimension, corresponding to the distance from the orbital angle to the posterior margin of the carapace. Size-frequency distributions were constructed separately to estimate the seasonality for males and females using 1.0-mm CL size intervals.

The relative frequency (%) of adults in each size class was plotted, and the logistic function $y = \frac{1}{1 + e^{r(CL - CL_{50})}}$ was fitted to the data. $CL_{50\%}$ corresponds to the size at which 50% of the individuals are considered mature/adults, and r is the slope of the curve. Fitting was done by the least-squares method (Aguillar *et al.* 1995, Vazzoler 1996), requiring

a size-range overlap of adults and young of at least two size classes. The shrimps were therefore arranged in 1.0-mm size intervals.

The reproductive condition of females was determined by macroscopic observation of the degree of ovarian development (color and volume occupied by the gonads) according to Castilho (2004) and Costa and Fransozo (2004). Ovaries categorized as immature varied from thin, transparent strands to thicker strands. Ovaries of adult females were much larger and thicker, and colored white (spent), light green (developing), or green to olive green (ripe).

Breeding intensity of the population was estimated as the percentage of mature females for each month and season. We chose the smallest size class which contained a female with a mature ovary as the lowest size limit for adult females as recommended by Bauer and Lin (1994). The reproductive status of males was assessed by examining the shape of the petasma, which is fused in adult individuals (Pérez-Farfante 1969, Boschi and Scelzo 1977).

Recruitment was defined as the percentage of juveniles of the total number of individuals in each month and season. Juvenile size classes were defined separately for males and females. Spearman's correlation coefficient was used to test the null hypothesis of no association between temperature and (a) the frequency of recruits and (b) the frequency of breeding females. In this analysis, monthly temperature and abundance values were plotted. Student's T-test was used to test size differences between male and females. The data were log-transformed prior to the analysis to test for normality (Zar 1999).

RESULTS

During this study, a total of 15 839 shrimps (10 288 females and 5 551 males) were captured. Female mean size was 14.4 ± 3.0 mm CL, ranging from 5.8 to 27.3 mm. The mean size of the males was 12.1 ± 3.0 mm

CL, ranging from 5.5 to 21.9 mm CL. A two-tailed Student's T-test indicated significant size differences between sexes ($p < 0.05$).

Size at sexual maturity was estimated at $CL_{50\%} = 11.0$ mm for males and $CL_{50\%} = 13.4$ mm for females. The largest female with immature gonads measured 10.9 mm CL; the smallest female bearing developed gonads was 9.9 mm. The largest immature male measured 10.5 mm; the smallest male with fused petasma was 8.9 mm.

The reproductive condition of females and males is illustrated in size-frequency distributions from seasonal collections (Fig. 1). Annual cycles showed an increment of carapace size with modals of smaller sizes in summer and larger sizes in spring. For immature individuals, probable growth was estimated from summer until winter, when juveniles were few or absent. New recruitment was observed in spring. Larger specimens were obtained in the seasons with lower water temperatures, such as spring and winter 2001 (Fig. 1, 2).

Mature females occurred in every season, with higher percentages in summer, principally in 2000 and 2003. Peaks of females with spent ovaries were obtained in autumn (2001, 2002, 2003) and winter (1998, 1999, 2000) (Fig. 3). The abundance of mature females generally followed the same pattern as the bottom-water temperature (Fig. 4). In each year of the study, high percentages of females with mature gonads were recorded in months with temperatures near 22°C. The bottom temperature varied between 17°C to 28°C and correlated significantly with the relative frequency of breeding females during January 1998 and June 2003 (Spearman, $p < 0.001$).

Temperature had a predominant influence in the months of warmer water ($> 23^\circ\text{C}$), when lower percentages of mature females were recorded. The smallest percentage of females with mature ovaries was observed in 1998, with maximum water temperature of 27°C and a minimum of 22°C. The temperature then decreased in November 1998, and during

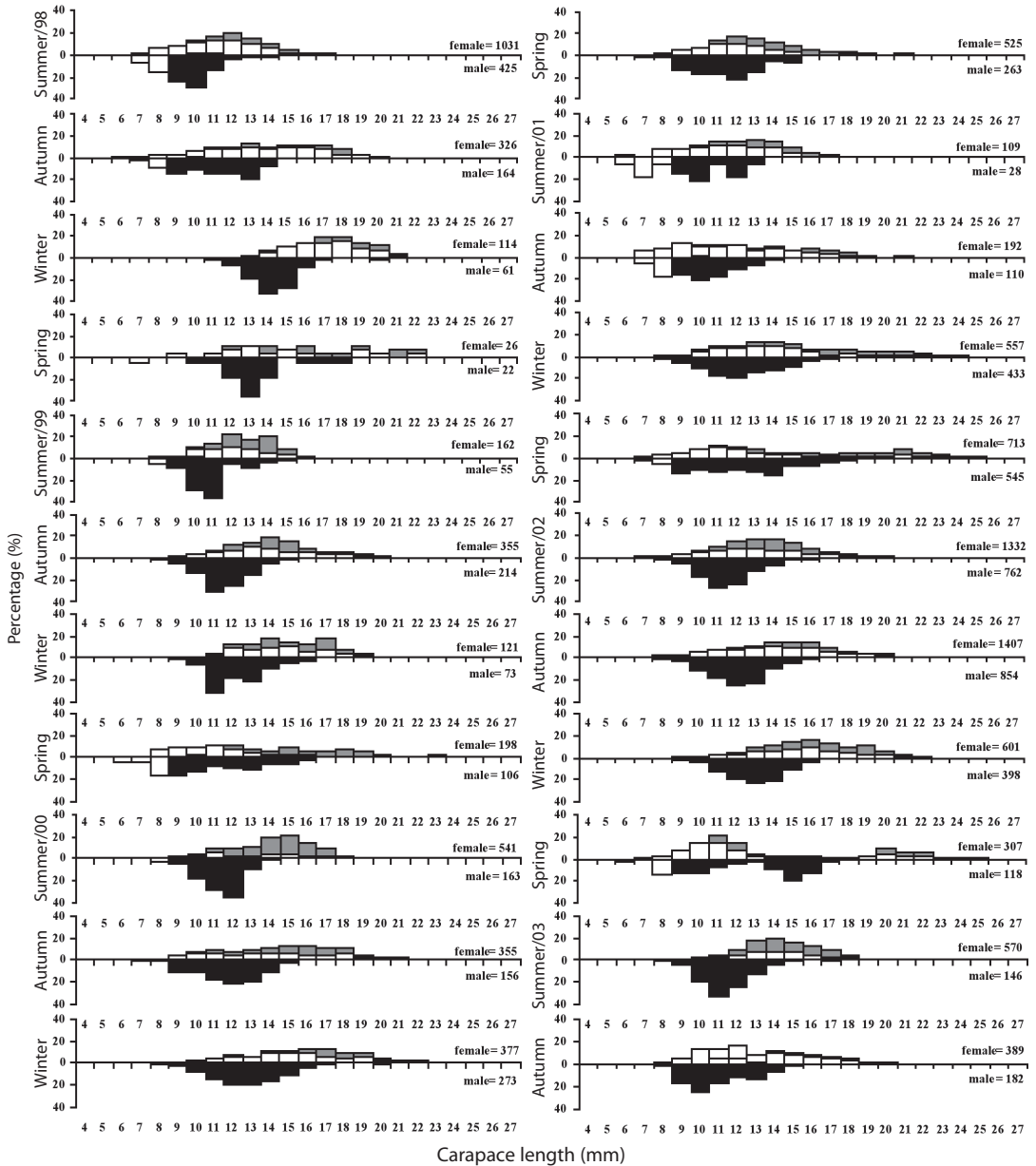


Fig. 1. Seasonality of size-frequency distributions of females and males of *A. longinaris*, with condition during the study period. Juveniles = white bar. Females: hatched bar = spent ovary; gray bar = mature ovary. Males, white bar = petasma unfused; black bar = petasma fused.

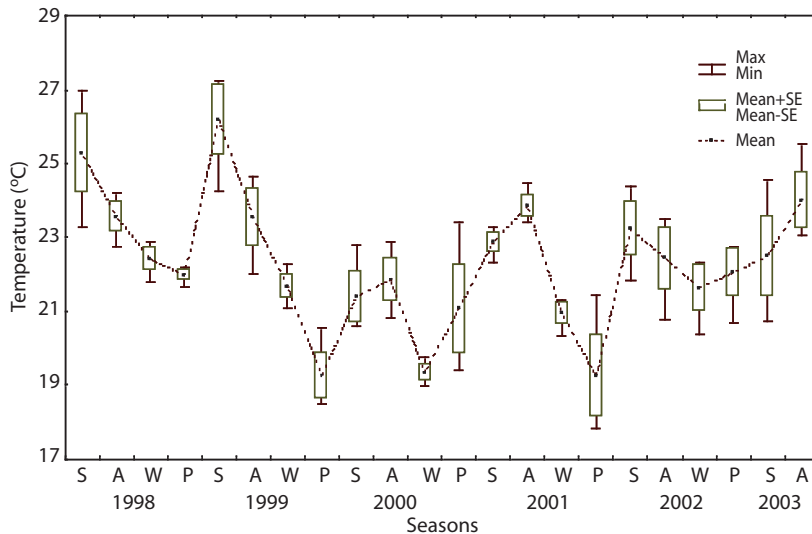


Fig. 2. Box-plots with mean, standard error (SE), and maximum (Max) and minimum (Min) temperature values for each season between January 1998 and June 2003. S: summer, A: autumn, W: winter, P: spring.

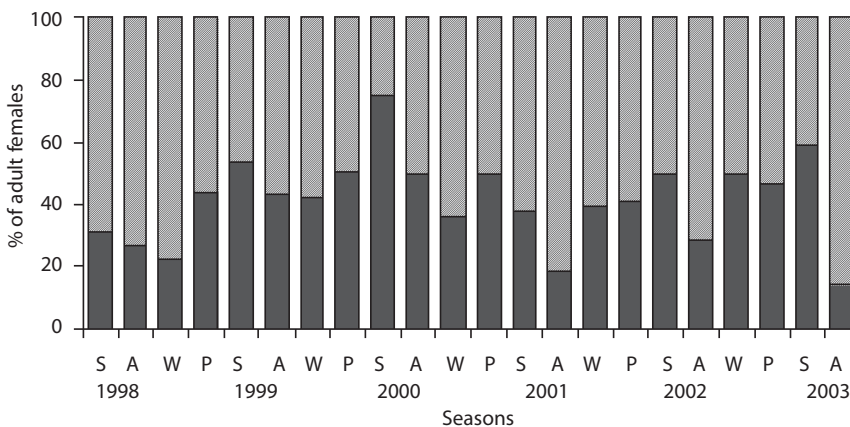


Fig. 3. Temporal pattern of *A. longinaris*: percentage of adult females with mature ovaries (gray bar) and adult females with spent ovaries (hatched bar) for each season over the five and a half-year study period. S: summer, A: autumn, W: winter, P: spring.

December 1998 and January 1999 (spring and summer) a peak of spawning females occurred. Elevated percentages of mature females were observed in January 2000 (summer, 22.8°C), and this proportion was maintained in the subsequent three months (temperature = 20.6, 20.7 and 21.8°C). The temperature increased in May 2000 (22.9°C) when the number of mature females declined. In the other seasons, there were similar fluctuations in the percentages of

spawning females and in bottom temperature (Fig. 2, 3, 4).

Recruitment estimates for *A. longinaris* based on the percentage of juvenile shrimps showed no evident seasonal patterns. The juveniles were found in low numbers during all months over the entire study period, except in November 2002 when immature individuals comprised 55% of the catch (Fig. 5).

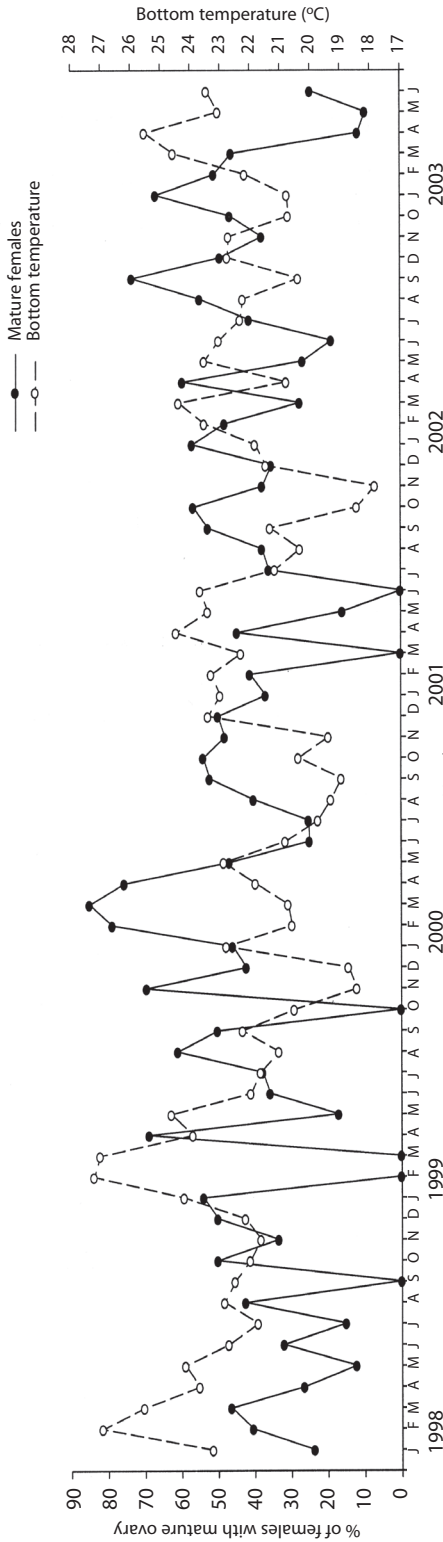


Fig. 4. *Artemesia longinaris*. Variation in the percentage of females with mature ovaries and monthly mean bottom-water temperature (°C) in the study areas (January 1998 through June 2003). The percentage of females with mature ovaries was calculated in relation to the total of adult females.

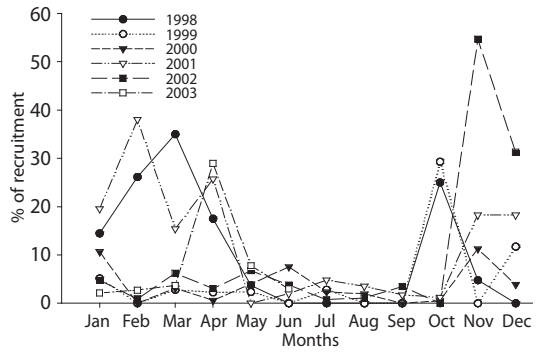


Fig. 5. Variation of the percentage of juveniles of *A. longinaris* in the study areas (January 1998 through December 1999).

DISCUSSION

Sexual dimorphism according to size occurred in *A. longinaris*: females grew larger than males, indicating differential growth rates between sexes. According to Boschi (1969), sex-related body-length differences between males and females are a general rule among penaeids. Gab-Alla *et al.* (1990) and Costa and Fransozo (2004) reported slower growth rates in males and suggested that reproductive processes are related to this difference.

In Argentina, Boschi (1997) found shrimps with different carapace lengths in each latitudinal region: for females 37 mm in Chubut (43°S), and 29 mm in Mar del Plata (37°S); for males 27 mm in Chubut and 24 mm in Mar del Plata. In the present study (23°S), mean lengths were smaller: 27 mm for females and 21 mm for males. In Brazil the same latitudinal effect was observed in the sexual maturity of *A. longinaris*: in Rio Grande do Sul, females reached sexual maturity at 17 mm carapace length (Dumont 2003), 4.6 mm larger than the maturity size observed in the present study ($CL_{50\%} = 13.4$ mm). Bauer (1992) compared the longevity and size of females of *Sicyonia* spp. in tropical, subtropical and cool-temperate regions. Females of the larger species of *Sicyonia* (cool-temperate region) live at least two years, so that individual females have the opportunity to breed during a period

of the year which might be most favorable for larval development and settlement. Thus, there is selection for seasonality in breeding patterns in these species. The small tropical sicyoniids live less than one year, and may settle and grow to sexual maturity at any time during the year. The same pattern may occur in *A. longinaris* when comparing growth and reproduction of populations in a tropical region (São Paulo state) and a more southern cool-temperate region (Mar del Plata).

The presence of juveniles and mature females throughout the year, as observed in January 1998 and June 2003, suggests that this species breeds continuously. However, there is evidence for more intense reproductive activity in summer than in spring. Otherwise, there were no seasonal trends in recruitment of juveniles. The seasonal variation in the frequency of females bearing mature ovaries was similar as reported for *R. constrictus* and *X. kroyeri* (Costa *et al.* 2004, Nakagaki and Negreiros-Fransozo 1998, respectively).

Vega-Pérez (1993) reported that during spring and summer the ocean chlorophyll content (phytoplankton production) was usually higher when the SACW (South Atlantic Central Water) intruded into the region during upwelling events. The phytoplankton production favored a subsequent production of herbivorous zooplankton resulting in the highest density of plankton organisms during summer (Pires-Vanin and Matsuura 1993). This variation coincides with our observations of the changes in frequencies of females with mature gonads, suggesting that food availability for larval protozoa (indicated by phytoplankton production) may be an important selective factor shaping the seasonal breeding pattern in this species.

In cool-temperate regions such as the Mar del Plata (37°S), Christiansen and Scelzo (1971) observed highly seasonal breeding and spawning in *A. longinaris* with high percentages of mature females from October to January, whereas breeding apparently ceases during the rest of the year. For this species, the classical paradigm of continuous reproduction

in the tropics and seasonal reproduction at higher latitudes, increasingly restricted in time with an increase in latitude, is supported by the results of the present study.

A. longinaris can be considered as a typical cold-temperate species. Boschi (1969), Ruffino and Castello (1992), Fransozo *et al.* (2004) and Costa *et al.* (2005) stated that the species occurs in a temperature range from 15 to 21°C. Off southeastern Brazil, the upwelling current of the SACW is responsible, among other changes in bottom-water characteristics, for the cooling of coastal water during summer (Castro-Filho *et al.* 1987). The intrusion of the SACW was detected in this study during spring and summer, when mean water temperatures decreased (Negreiros-Fransozo *et al.* 1991, Mantelatto and Fransozo 1999, Bertini *et al.* 2001, Costa and Fransozo 2004). This may explain the lack of a significant correlation between the relative frequency of breeding females and bottom-water temperature. The shrimps *A. longinaris* and *P. muelleri* both migrate to the northern coast of São Paulo during the intrusions of cold SACW (Costa *et al.* 2004, 2005). We assume that the largest individuals captured in spring had migrated from other stocks located at higher latitudes.

Temperature was a specific environmental stimulus for the ovary development cycle, with a significant correlation between water temperature and the frequency of mature females. Petriella and Bridi (1992) observed the same relation in Mar del Plata, where high percentages of mature females of *A. longinaris* were present in months with higher temperatures. Christiansen and Scelzo (1971) and Petriella and Bridi (1992) demonstrated that spawning in *A. longinaris* in Mar del Plata was usually centered in the warmer months with sea-water temperatures higher than 20°C. However, off a tropical coast such as São Paulo state, a smaller percentage of spawning females was found in the warmer months (March) when the mean bottom water temperature of 28°C is 8°C higher than at Mar del Plata.

Insemination in species whose females have a closed thelycum occurs immediately after ecdysis (spent females), and the ovarian development cycle is closely linked with the molt cycle (Dall *et al.* 1990). The intrusion of the SACW was responsible for the decrease in the water temperature and the increase in plankton production, suggesting that the end of spring and beginning of summer were the principal reproductive months and, with the higher water temperatures at the end of summer, spawning occurred, followed by molting.

Recruitment was interpreted as episodic, because there was no apparent correlation between the percentages of mature females and immature individuals. A similar phenomenon has been reported for *R. constrictus* (Bauer and Lin 1994, Costa and Fransozo 2004). Probably, the complex and variable stock-recruitment relationships in penaeid shrimps depend on the food supply (primary and secondary productivity), predators and physical conditions of each region.

The present results may be used to develop a more appropriate fishery policy in the study region. Local fishing grounds should be more wisely exploited to reduce the ongoing decline of stocks. Trawl fishing may severely disturb the benthic environment in the Ubatuba region, and future studies of latitudinal variations in populations of *A. longinaris* could answer many questions about the degree of their reproductive plasticity. A molecular and morphological study could measure the differentiation of the populations in each region.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP (#94/4878-8, #97/12108-6, #97/12106-3, #97/12107/0, and #98/3134-6) and the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq for financial support during collections and analyses. We thank many colleagues from the NEBECC

group who helped with sampling and laboratory analyses, to Janet Reid for her constructive comments on early drafts of the manuscript and great help with English language, to Maria Andrea Gavio for her constructive comments of the resumen and great help with Spanish language, and the Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) for granting permission to collect the shrimps.

Resumen: El objetivo del presente trabajo fue el estudio de la madurez sexual, la reproducción temporal y el reclutamiento del camarón *Artemesia longinaris*, en el litoral del estado de São Paulo (23°S), Brasil. El material fue recolectado mensualmente entre enero 1998 y junio 2003, hasta una profundidad de 45 m. La periodicidad de la madurez gonadal fue verificada en las hembras adultas. El reclutamiento se definió como porcentaje de camarones inmaduros sobre el total de individuos en cada mes y estación. Se obtuvo un total de 10 288 hembras y 5 551 machos. Las tallas de la madurez gonadal estimadas fueron 11.0 mm (machos) y 13.4 mm (hembras). En los cinco años y medio del estudio, el verano (enero-marzo) siempre tuvo mayor porcentaje de hembras con gónadas maduras. En la mayoría de los meses, se recolectaron camarones inmaduros. Estos resultados sugieren que *A. longinaris* se reproduce en forma continua, y que la temperatura es el estímulo ambiental para la duración del desarrollo gonadal. Eso es evidente en los periodos con mayor desarrollo gonadal (primavera y verano) en aguas más frías y mejor oferta de alimento ofrecido por la penetración de las Aguas Centrales del Atlántico Sur y por el aumento en la productividad planctónica. Para este camarón se aplica el paradigma del efecto latitudinal en la reproducción de especies marinas, donde en regiones tropicales se observa una continuidad en el desarrollo gonadal y en las zonas templado-frías una estacionalidad reproductiva.

Palabras clave: Penaeidae, *Artemesia longinaris*, reproducción, patrones reproductivos, reclutamiento, madurez sexual.

REFERENCES

- Aguillar A.T., Z.C. Malpica & B.V. Urbina. 1995. Dinámica de Poblaciones de Peces. Libertad, Lima, Peru. 304 p.
- Bauer, R.T. 1992. Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicroniid and caridean shrimp species. *Invertebr. Reprod. Dev.* 22: 139-202.

- Bauer, R.T. & L.W.R. Vega. 1992. Pattern of reproduction and recruitment in two sicyoniid shrimp species (Decapoda: Penaeoidea) from a tropical seagrass habitat. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 161: 223-240.
- Bauer, R.T. & J. Lin. 1994. Temporal patterns of reproduction and recruitment in populations of the penaeid shrimps *Trachypenaeus similis* (Smith) and *T. constrictus* (Stimpson) (Crustacea: Decapoda) from the north-central Gulf of Mexico. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 182: 205-222.
- Bertini, G., A. Fransozo & R.C. Costa. 2001. Ecological distribution of three species of *Persephona* (Brachyura: Leucosiidae) in the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. *Nauplius* 9: 31-42.
- Boschi, E.E. 1969. Estudio biológico pesquero del camarón *Artemesia longinaris* Bate de Mar del Plata. *Bol. Inst. Nac. Invest. Desarr. Pesq.* 18: 1-47.
- Boschi, E.E. 1997. Las pesquerías de crustáceos decápodos en el litoral de la República Argentina. *Invest. Mar.* 25: 19-40.
- Boschi, E.E. & M.A. Scelzo. 1977. Desarrollo larval y cultivo del camarón comercial de Argentina *Artemesia longinaris*. *FAO Inf. Pesca.* 159: 287-327.
- Castilho, A.L. 2004. Dinâmica populacional do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda: Penaeidae) no litoral Norte do estado de São Paulo. Master Thesis, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brazil. 80 p.
- Castro, R.H., R.C. Costa, A. Fransozo & F.L.M. Mantelatto. 2005. Population structure of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. *Sci. Mar.* 69: 105-112.
- Castro-Filho, B.M., L.B. Miranda & S.Y. Myao. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Bol. Inst. Oceanogr.* 35: 135-151.
- Christiansen, H.E. & M.A. Scelzo. 1971. Ciclo de maduración sexual y observaciones sobre la morfología del aparato genital del camarón *Artemesia longinaris* Bate. *Carpas* 16 (5/D):1-22.
- Costa, R.C. & A. Fransozo. 2004. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda: Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *J. Crust. Biol.* 24: 274-281.
- Costa, R.C., A. Fransozo & A.P. Pinheiro. 2004. Ecological distribution of the shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, Gab-Alla, A.A.F.A., R.G. Hartnoll, A.F. Ghobashy & S.Z. Mohammed. 1990. Biology of penaeid prawns in the Suez Canal Lakes. *Mar. Biol.* 107: 417-426.
- García, S. 1985. Reproduction, stock assessment models and populations parameters in exploited penaeid shrimp populations, p. 139-158. *In* Rothlisberg, P.C., B.J. Hill & D.J. Staples (eds). Second Australian National Prawn Seminar. Cleveland, Brisbane, Australia.
- Gavio, M.A. & E.E. Boschi. 2004. Biology of the shrimp *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) from Mar del Plata coast, Argentina. *Nauplius* 12: 83-94.
- Leal-Gaxiola, A., J. López-Martínez, E.A. Chávez, S. Hernández-Vázquez & F. Méndez-Tenorio. 2001. Inter-annual variability of reproductive period of the brown shrimp, *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) (Decapoda, Natantia). *Crustaceana* 74:839-851.
- Mantelatto, F.L.M. & A. Fransozo. 1999. Characterization of the physical and chemical parameters of Ubatuba Bay, northern coast of São Paulo State, Brazil. *Rev. Bras. Biol.* 59: 23-31.
- Minagawa, M., S. Yasumoto, T. Ariyoshi, T. Umemoto & T. Ueda. 2000. Interannual, seasonal, local and body size variations in reproduction of the prawn *Penaeus (Marsupenaeus) japonicus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) in the Ariake Sea and Tachibana Bay, Japan. *Mar. Biol.* 136: 223-231.
- Nakagaki, J.M. & M.L. Negreiros-Fransozo. 1998. Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba bay, São Paulo, Brazil. *J. Shellfish Res.* 17: 931-935.
- Negreiros-Fransozo, M.L., A. Fransozo, M.A.A. Pinheiro, F.L.M. Mantelatto & S. Santos. 1991. Caracterização física e química da enseada da Fortaleza, Ubatuba, SP. *Rev. Bras. Geogr.* 21: 114-120.
- O'Connor, C. 1979. Reproductive periodicity of a *Penaeus esculentus* population near Low Islets, Queensland, Australia. *Aquaculture* 16: 153-162.
- Pérez Farfante, I. 1969. Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. *Fish. Bull.* 67: 461-590.
- Petriella, A.M. & R. J. Bridi. 1992. Variaciones estacionales del ciclo de muda y la maduración ovárica del camarón (*Artemesia longinaris*). *Frente Marítimo* 11:85-92.
- Pires-Vanin, A.M.S. & Y. Matsuura. 1993. Estrutura e função do ecossistema de plataforma continental da região de Ubatuba, Estado de São Paulo: uma introdução. *Publicação Esp. Inst. Oceanogr.* 10: 1-8.

- Rodrigues, E.S., J.B. Pita, R. Graça-Lopes, J.A. Coelho & A. Puzzi. 1993. Aspectos biológicos e pesqueiros do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) capturados pela pesca artesanal no litoral do Estado de São Paulo. Bolm. Inst. Pes. 19: 67-81.
- Ruffino, M.L. & J.P. Castello. 1992. Dinâmica poblacional del camarón (*Artemesia longinaris*) del sur de Brasil. Frente Marítimo 12 (A): 71-81.
- Vazzoler, A.E.A.M. 1996. Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teorias e Prática. Editora Eduem, Maringá, Brazil. 169p.
- Vega-Pérez, L.A. 1993. Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Pubção Esp. Inst. Oceanogr. 10: 65-84.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 663 p.

LATITUDINAL VARIATION IN POPULATION STRUCTURE AND REPRODUCTIVE PATTERN OF THE ENDEMIC SOUTH AMERICAN SHRIMP *ARTEMESIA LONGINARIS* (DECAPODA: PENAEOIDEA)

Antonio L. Castilho, María A. Gavio, Rogério C. Costa, Enrique E. Boschi, Raymond T. Bauer, and Adilson Fransozo

(ALC, AF) NEBECC, Depto de Zoologia, IB, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 18618-000, Botucatu, Brazil; (MAG) Depto de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNMDP), Funes 3350, 7600 Mar del Plata, Argentina; (RCC) NEBECC, Depto de Biología, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 17033-360, Bauru, Brazil; (EEB) Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Casilla de Correo 175, 7600, Mar del Plata; (RTB) University of Louisiana, Lafayette, Louisiana 70504-2451, U.S.A.
[corresponding author (ALC): castilho@ibb.unesp.br]

A B S T R A C T

Population structure and reproductive maturity of females were investigated in the shrimp *Artemesia longinaris* Bate, 1888 from coastal waters of northern São Paulo State (Brazil, 23°S) and Mar del Plata (Argentina, 38°S) from June 2001 to May 2002. Monthly collections were taken by commercial shrimp fishing boats equipped with bottom trawl nets. Population parameters from size frequency distributions and size (carapace length = CL) of female reproductive maturity were analyzed and compared from the two sampling areas. Latitudinal trends in reproductive parameters of *A. longinaris* were shown in overall body size and size of reproductive maturity, both of which were smaller in females from the tropical location than those from the cold-temperate sampling area. Largest females (> 30 mm CL) were collected in Argentina, while Brazilian specimens reached maximum size at 27 mm CL. The smallest size of female sexual maturity was estimated at 13.6 mm CL in Brazilian samples compared to 22.1 mm CL calculated for those from Argentina. Populations from both regions exhibited a bimodal size distribution in the spring, with the peak at small body size probably corresponding to recent recruits and the peak at larger body size to reproductive females or shrimps migrating in from deeper waters or other latitudinal regions. In late spring and summer, an intrusion of the cold South Atlantic Coastal Water mass was observed which lowered water temperature and stimulated plankton production, the primary food source for the larvae of a typically cold-temperate species such as *A. longinaris*. The trend of increasing body size and delay of sexual maturity with increasing latitude appears to be correlated with the decreasing water temperature and increasing plankton productivity at higher latitudes.

INTRODUCTION

One of the principal objectives in the study of the reproductive ecology of benthic invertebrates is to describe latitudinal trends in population structure and their reproductive seasonality. Description and analysis of such trends may reveal the causal factors responsible for these latitudinal trends (Bauer, 1992). Knowledge of the magnitude and scale of causal factors affecting reproduction and population structure is important for effective fisheries management of crustacean species (Bauer and Rivera Vega, 1992; Kuhlmann and Walker, 1999).

Latitudinal differences in benthic communities come about through evolutionary changes brought on by the movement, transport, isolation, and mixing of species caused mainly by ocean circulation patterns and tectonic activity. Factors that cause evolutionary changes are variation in hydrographics (temperature, salinity, and oxygen concentration), hydrodynamics (horizontal and vertical mixing), primary production, geological processes affecting terrestrial runoff, aeolian deposition, and sedimentation, as well as an array of other abiotic and biotic factors. At all latitudes, temporal and spatial variability in community patterns on ecological time scales is driven mainly by variation in primary production, sediment type, disturbances, and biotic interactions (Lenihan and Micheli, 2001).

Boschi (2000) stated that between the Argentinean and Brazilian Biogeographic Provinces there is a transitional region with mixture of water masses where euryhaline and eurythermal species have become established. In this latitudinal gradient (23°S to 43°S), the shrimps *Artemesia longinaris* Bate, 1888 and *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) have adapted to the different environmental conditions of the tropical-subtropical and temperate regions within these latitudes. The geographical distribution of *A. longinaris* is restricted to the Western Atlantic, from Rio de Janeiro, Brazil (23°S) to Rawson, Argentina (43°S). This shrimp lives exclusively in the marine environment throughout its life cycle (Boschi, 1997).

Beginning in 1965, several studies of this species were conducted in Argentinean waters where this species is important, not only for commercial fisheries, but also as a major component of marine food webs (Boschi, 1969; Boschi and Scelzo, 1977; Petriella and Bridi, 1992; Boschi, 1997 and Gavio and Boschi, 2004). However, still relatively little is known about the reproductive biology and population structure of *A. longinaris*. Fransozo et al. (2004), Castilho (2004), and Costa et al. (2005) studied aspects of its ecological distribution. In Brazil, studies of this species are increasing because of the decline in landings of commonly exploited crustacean species such as the pink shrimps

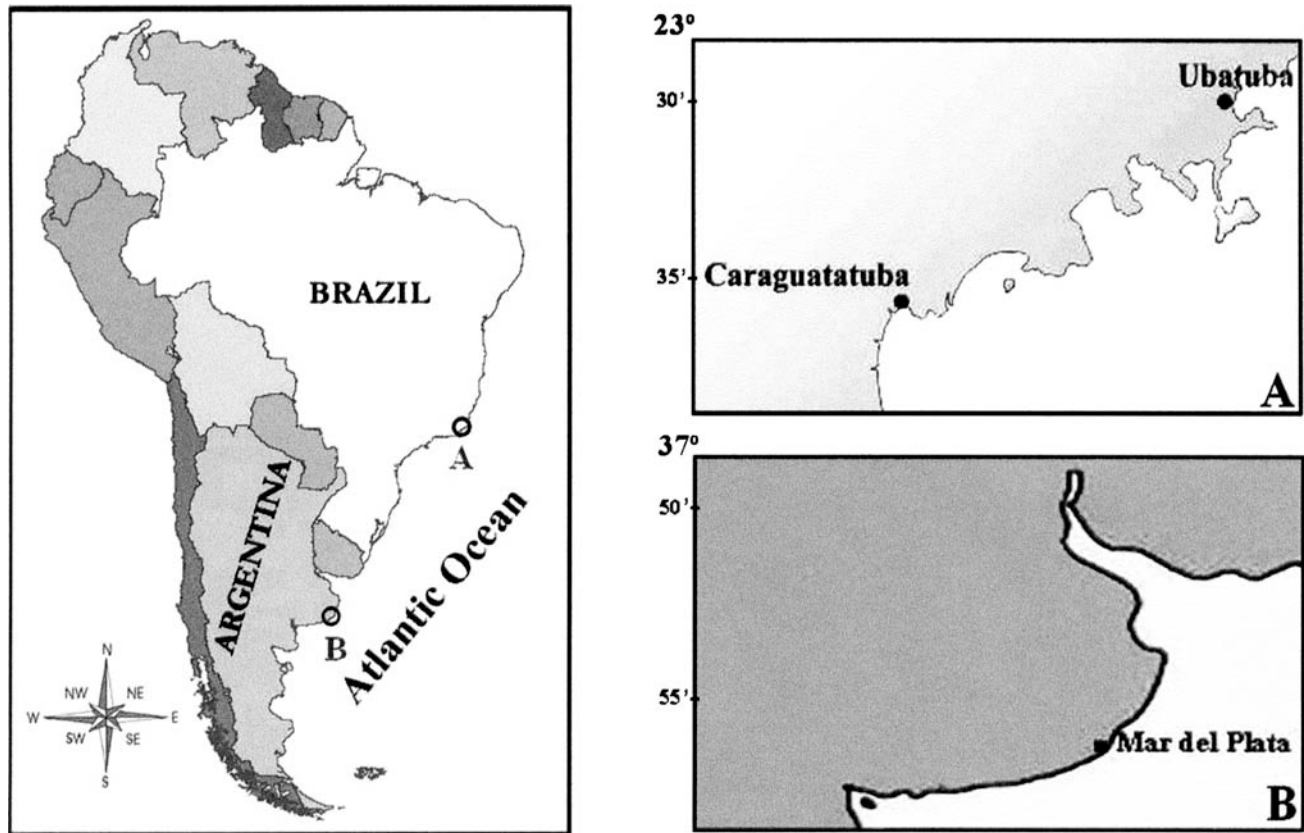


Fig. 1. Study areas: A, Northern coast of São Paulo state; B, Coast of Mar del Plata.

Farfantepenaeus brasiliensis (Latreille, 1817) and *F. paulensis* (Pérez-Farfante, 1967), the white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1938) and the “seabob,” *Xiphopenaeus kroyeri* Heller (1862) (D’Incao et al., 2002; Costa et al., 2005). Recently, Castilho et al. (in press) investigated the reproductive periodicity of *A. longinaris* from southeastern Brazil.

Thus, the objectives of the present study are to compare differences in the population structure and size of reproductive maturity in females of *A. longinaris*, as well as to discuss probable causal factors, or selective pressures, affecting the population dynamics of this species in the Brazilian and Argentinean coasts.

MATERIALS AND METHODS

Artemesia longinaris was collected monthly from June 2001 to May 2002 along the northern coast of São Paulo State, located in Ubatuba (23°30’S) and Caraguatatuba (23°37’S) (Fig. 1A). During each month, seven 2-km transects were trawled over a 30-min period in depths between 5–35 m. Trawling was done from a shrimp fishing boat equipped with two double rig nets (mesh size 20 mm and 15 mm in the cod end). At Mar del Plata (37°59’S) (Fig. 1B), shrimp were caught by commercial fishing boats of 9–12 m length equipped with bottom trawl nets at 5–10 m depth. A mesh size of 20 mm in the cod end used by fishermen was utilized for this study. Fishermen, in general, retain shrimp that attain commercial size, but here all specimens collected were kept for further analyses and for comparison of both populations.

Carapace length (CL), a standard measure of body size in shrimps, was measured to the nearest 0.1 mm in females, and is defined as the distance between the posterior margin of the eye orbit and the posterior margin of the carapace. Size frequency distributions were constructed using 1 mm CL size classes. Parameters from size frequency distributions were calculated

using the method of MacDonald and Pitcher (1979) with the program MIX, which identifies modes in overlapping polymodal size distributions using maximum likelihood to calculate the components of each distribution.

Adult females were determined by macroscopic observation of the degree of ovarian development (color and volume occupied by the gonads). Ovaries categorized as immature varied from thin, transparent strands to thicker strands. The reproductive status of males was assessed by examining the shape of the petasma, which is fused in adult individuals (Boschi and Scelzo, 1977; Castilho et al., in press).

The relative frequency (%) of adult females in each size class were plotted and the logistic function $y = 1 / (1 + e^{r(CL - CL_{50})})$ was fitted to data, where $CL_{50\%}$ corresponds to the size at which 50% of the individuals are considered mature and r stands for the slope of the curve. Fitting to the curve was carried out following the least squares method (Aguillar et al., 1995; Vazzoler, 1996), which reveals a size range overlap of adults and young of at least two size classes. The hypothesis of no difference in the proportion of females between two populations was tested with the Kolmogorov-Smirnov two-sample test (Sokal and Rohlf, 1995).

RESULTS

A total of 3202 females were analyzed in this study, from which 2423 were sampled in the northern coast of São Paulo State (Brazil) and 779 in the Mar del Plata coast (Argentina). Overall, largest individuals up to 30 mm carapace length (CL) were collected in Argentina, while Brazilian specimens reached maximum size at 27 mm CL. The smallest adult female from Brazilian samples was 6.3 mm CL while the smallest from Argentina was 8.0 mm CL.

The proportion of adult females in 1 mm size classes increased logarithmically with carapace length in both regions studied (Fig. 2). The estimated onset of sexual maturity was markedly different at regions increasing further south. It

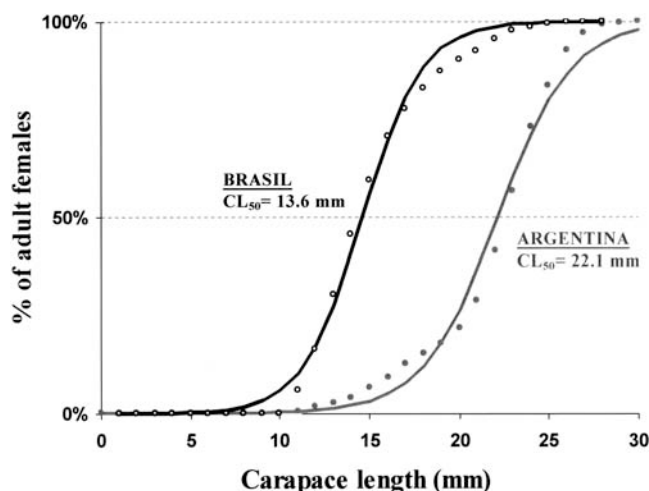


Fig. 2. *Artemesia longinaris*. Sexual maturity based on the $CL_{50\%}$ (carapace length) of females sampled in northern coast of Sao Paulo State (Brazil) and Mar del Plata coast (Argentina), from fall/2001 to summer/2002.

clearly occurred at smaller sizes in Brazilian waters with $CL_{50\%} = 13.6$ mm, while in samples from Argentina $CL_{50\%} = 22.1$ mm (Fig. 2).

The overall size-frequency distributions of *A. longinaris* from the two sampling areas were significantly different (Kolmogorov-Smirnov two-sample test; $d_{\max} = 0.73$, $P < 0.01$). The Argentinean population showed a modal peak at 24–25 mm CL, 11 mm larger than that of the Brazilian population, which peaked at 13–14 mm (Fig. 3). Both populations exhibited a unimodal size-frequency distribution in autumn and summer. However, size frequency distributions were bimodal in spring samples (Fig. 4). The peak of smaller individuals in the spring size-frequency distributions is indicative of a recruitment event. A marked increase in carapace length of modes was observed from autumn to winter, indicating growth in size (Fig. 4, Table 1), but largest Brazilian's individuals corresponding to the older size class disappeared from spring to summer (Fig. 4).

DISCUSSION

Several authors have suggested a paradigm of latitudinal trends in the population dynamics of penaeoidean shrimps (Bauer, 1992; Bauer and Rivera Vega, 1992; Boschi, 1997; Gavio and Boschi, 2004; Costa and Fransozo, 2004; Costa et al., 2005; Castilho, 2004; Castilho et al., in press). In Chubut Province, Argentina (43°S), Boschi and Mistakidis (1966) found females as large as 37 mm CL, 7 mm larger than the largest specimens collected in Mar del Plata waters (37°S) (Boschi, 1997). In contrast, females taken along the Brazilian coast at Rio Grande do Sul (32°S) reached 28 mm CL (Dumont, 2003), while the largest specimens of *A. longinaris* captured in Northern Littoral of São Paulo state (23°S) were even yet smaller (27 mm CL).

A similar trend in decreasing body size with decreasing latitude was observed in the size of sexual maturity, which was estimated at 22.1 mm CL at 37°S, 17 mm CL at Rio Grande do Sul (32°S) (Dumont, 2003), and 13.6 mm CL at 23°S. Bauer (1992) compared the longevity and size of

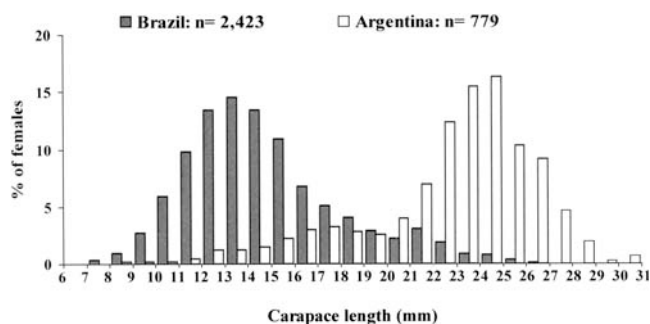


Fig. 3. *Artemesia longinaris*. Size frequency distributions of females sampled in northern coast of Sao Paulo State (Brazil) and Mar del Plata coast (Argentina).

females of *Sicyonia* spp. from tropical, subtropical, and cold-temperate regions, and found that cold-temperate females live longer and grow larger than tropical sicyoniids. Based on our results, we confirm that Bauer's hypothesis on female body size and sexual maturity applies to *A. longinaris*. In a tropical region (São Paulo State), females are smallest and mature at smaller sizes compared to a more southern temperate region as Mar del Plata. Life span was calculated to last 20–22 months in this coastal area (Boschi, 1969), but we have as yet no age estimates for the northern (lower latitude) Brazilian population. However, we suggest that variations in life history parameters such as longevity, body size and size at sexual maturity are modified by habitat conditions correlated with latitude, such as water temperature, nutrient supply, and resultant primary productivity that forms the basis of the larval food supply.

The bimodal structure of both populations in spring is predictable and related to the reproductive and migratory behavior of this species. In a 5.5 year study on *A. longinaris* from the northern littoral of São Paulo State, Castilho et al. (in press) describe, from changes in size frequency distributions, one peak at smaller body size that corresponds to recruitment events and another peak composed of larger individuals migrating from deeper waters and other latitudinal regions. On other hand, the unimodal peak verified only in the Ubatuba region confirms the hypothesis of Costa et al. (2005) that *A. longinaris* migrates farther north along the Brazilian coast (like Rio de Janeiro littoral) during the intrusions of the SACW in summer.

In coastal marine animals, spawning events typically coincide with springtime production of phytoplankton upon which the newly spawned larvae feed. From the point of view of chronobiology, repeatability of annual spawning dates is of interest by suggesting that crustaceans and fish possess endogenous circa-annual biological clocks that control spawning (Naylor, 2005). These biological clocks, along with abiotic factors such as photoperiod and temperature which may constrain them, are proximate factors controlling spawning while the ultimate factor to which spawning is timed is the annual cycle of larval food supply (spring plankton bloom).

Studies done on *A. longinaris* suggest that this species can be considered a typical warm-temperate marine species. Boschi (1969), Ruffino and Castello (1992), Fransozo et al. (2004), Costa et al. (2005) and Castilho et al. (in press)

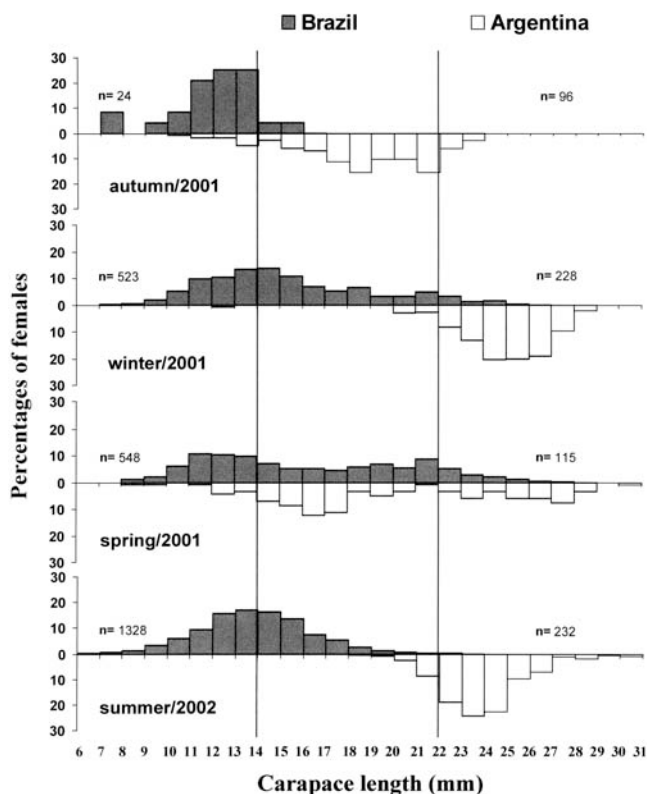


Fig. 4. *Artemesia longinaris*. Seasonal size frequency distributions of females sampled in the northern coast of Sao Paulo state (Brazil), and females collected in Mar del Plata coast (Argentina; inverted bars). Lines: estimated sexual maturity (CL₅₀).

showed that this species prefers temperatures ranging from 15–21°C. In laboratory studies, Lopez and Fenucci (1988) reported that those temperatures were optimal for best growth and longevity, while the intermolt period decreased at higher temperatures.

In southeastern Brazil, the upwelling current of the South Atlantic Central Water (SACW) is responsible for the decrease of the coastal water temperature during spring and the first months of summer, with minimum values of 15°C, among other changes in the bottom water characteristics (Castro-Filho et al., 1987). According to Vega-Pérez (1993), during the intrusion of SACW in the Ubatuba region, there are higher values of chlorophyll, reflecting increases in phytoplankton production. This increased primary production may stimulate subsequent production of herbivorous zooplankton. Highest densities of planktonic organisms was found during summer, while lowest values were observed during winter.

In the Mar del Plata coast, Christiansen and Scelzo (1971) and Petriella and Bridi (1992) observed a highly seasonal breeding and spawning period in *A. longinaris*, from which the percentage of mature females was high from October to January (spring to early summer) while breeding apparently ceases during the rest of the year. Sea surface water temperature increases from November peaking in February at 21°C, with the highest chlorophyll concentration present in the area in spring (Carreto et al., 1995; Hoffmann et al., 1997).

Table 1. Parameters obtained by the MIX program from size frequency distributions of *Artemesia longinaris* females from the northern coast of Sao Paulo state (Brazil) and from Mar del Plata coast (Argentina). Prop: proportion, SD standard deviation, d.f. degrees of freedom. χ^2 : Chi square test. A, autumn; W, winter; Sp, spring; S, summer.

Season	Prop.	Mean	SD	Prop.	Mean	SD	χ^2	d.f.	P
Brazil									
A/2001	1.00	11.03	1.98				8.92	6	0.18
W/2001	0.74	12.72	2.14	0.26	19.15	2.36	16.64	13	0.22
Sp/2001	0.50	11.56	1.79	0.50	19.13	2.78	11.57	14	0.64
S/2002	1.00	12.90	2.34				11.41	14	0.65
Argentina									
A/2001	1.00	17.52	3.05				13.42	11	0.27
W/2001				1.00	23.97	1.80	11.51	6	0.07
Sp/2001	0.63	15.34	2.67	0.37	24.81	0.40	19.27	20	0.31
S/2002	1.00	22.80	1.70				11.73	13	0.23

The variation of plankton production is correlated with high and low frequencies of females with mature gonads, suggesting that food availability for protozoal larvae (indicated by phytoplankton production) may be an important selective factor shaping the seasonal breeding pattern in this species (Castilho et al., in press). We suggest that the population structure and size of female maturity in *A. longinaris* are a result of reproductive adaptations to environmental factors, mainly temperature, nutrient supply, and subsequent plankton production as constrained by intrinsic physiological limitations.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP (#94/4878-8, #97/12108-6, #97/12106-3, #97/12107/0, and #98/3134-6) and the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq for financial support during collections and analyses. We thank many colleagues from the NEBECC group who helped with sampling and laboratory analyses, and the Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) for granting permission to collect the shrimps. In Mar del Plata, data analyses was done at the Crustacean Research Lab A at the Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP, Argentina). This is Contribution # 116 of the University of Louisiana's Laboratory of Crustacean Research.

REFERENCES

- Aguilar, A. T., Z. C. Malpica, and B. V. Urbina. 1995. Dinámica de Poblaciones de Peces. Primera Edición. Ed. Libertad, Peru. 304 pp.
- Bate, C. S. 1888. Report on the Crustacea Macrura collected by the H.M.S. Challenger during the years 1873-76. Reports on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger during the years 1873-76. 24: 1-942, plates 1-150 in separate volume.
- Bauer, R. T. 1992. Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species. *Invertebrate Reproduction and Development* 22: 193-202.
- _____, and L. W. Rivera Vega. 1992. Pattern of reproduction and recruitment in two sicyoniid shrimp species (Decapoda: Penaeoidea) from a tropical seagrass habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 161: 223-240.
- Boschi, E. E. 1969. Estudio biológico pesquero del camarón *Artemesia longinaris* Bate de Mar del Plata. *Boletín del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero* 18: 1-47.
- _____. 1997. Las pesquerías de crustáceos decápodos en el litoral de la República Argentina. *Investigaciones Marinas* 25: 19-40.
- _____. 2000. Species of decapod crustaceans and their distribution in the marine zoogeographic provinces. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 13: 7-136.

- , and M. Mistakidis. 1966. Resultados preliminares de las campañas de pesca exploratoria del langostino y el camarón en Rawson, 1962-1963. CARPAS. FAO. Technical Report 6: 1-15.
- , and M. A. Scelzo. 1977. Desarrollo larval y cultivo del camarón comercial de Argentina *Artemesia longinaris*. FAO Informe de Pesca 159: 287-327.
- Burkenroad, M. D. 1938. The Templeton Crocker expedition XIII. Penaeidae from the region of Lower California and Clarion Island, with descriptions of four new species. *Zoologica*, New York 23(1)3: 55-91.
- Carreto, J. I., V. A. Lutz, M. O. Carignan, A. D. C. Colleoni, and S. G. Marco. 1995. Hydrography and chlorophyll a in a transect from the coast to the shelf-break in the Argentinian Sea. *Continental Shelf Research* 15: 315-336.
- Castilho, A. L. 2004. Dinâmica populacional do camarão *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae) no litoral Norte do estado de São Paulo. Master's Thesis, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brazil. 80 pp.
- , R. C. Costa, A. Fransozo, and E. E. Boschi. (in press.) Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae), off the coast of São Paulo state, Brazil. *Revista de Biología Tropical*.
- Castro-Filho, B. M., L. B. Miranda, and S. Y. Myao. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico* 35: 135-151.
- Costa, R. C., and A. Fransozo. 2004. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda, Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *Journal of Crustacean Biology* 24: 274-281.
- , A. Fransozo, A. L. Castilho, and F. A. M. Freire. 2005. Annual, seasonal and spatial variation of abundance of the shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeoidea) in a southeastern region of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85: 107-112.
- Christiansen, H. E., and M. A. Scelzo. 1971. Ciclo de maduración sexual y observaciones sobre la morfología del aparato genital del camarón *Artemesia longinaris*. Bate. *Carpas* 16: 1-22.
- D'Incao, F., H. Valentini, and L. F. Rodrigues. 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Atlântica* 24: 103-116.
- Dumont, L. F. C. 2003. Biología e pesca artesanal do camarão barba-ruça *Artemesia longinaris* Bate, 1888 no litoral do Rio Grande do Sul. Master's Thesis, Fundação Universidade de Rio Grande, Rio Grande, Brazil. 152 pp.
- Fransozo, A., R. C. Costa, A. L. Castilho, and F. L. M. Mantelatto. 2004. Ecological distribution of the shrimp "Barba-ruça" *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeidae) in Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 16: 45-53.
- Gavio, M. A., and E. E. Boschi. 2004. Biology of the shrimp *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) from Mar del Plata coast, Argentina. *Nauplius* 12: 83-94.
- Heller, C. 1862. Beiträge zur näheren Kenntnis der Macrouren. Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der kaiserliche Academie der Wissenschaften, Wien 45: 389-426.
- Hoffmann, J. A., M. N. Núñez, and M. C. Piccolo. 1997. Características climáticas del océano Atlántico Sudoccidental. El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros. *Mar del Plata* 1: 163-193.
- Kuhlmann, M. L., and R. E. Walker II. 1999. Geographic variation in size structure and size at maturity in the crab *Pilumnus sayi* (Crustacea: Decapoda: Xanthidae) in the northern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* 64: 535-541.
- Latreille, P. A. 1817. Penae. *Penaeus*. *Nouveau Dictionnaire d'Histoire Naturelle* 25: 152-156.
- Lenihan, H. S., and F. Micheli. 2001. Soft-sediment communities, pp. 253-287. In, M. D. Bertness, S. M. Gaines, and M. E. Hixon (eds.), *Marine Community Ecology*. Sinauer Associates, Massachusetts.
- López, A. V., and J. L. Fenucci. 1988. Acción de la temperatura y algunos contaminantes en el crecimiento del camarón *Artemesia longinaris*. Bate. *Revista Latinoamericana de Acuicultura* 38: 109-116.
- Mac Donald, P. D., and T. J. Pitcher. 1979. Age-groups from size frequency data: A versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 36: 987-1001.
- Naylor, E. 2005. Chronobiology: implications for marine resource exploitation and management. *Scientia Marina* 69: 157-167.
- Perez Farfante, I. 1967. A new species and two new subspecies of shrimp of the genus *Penaeus* from the western Atlantic. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 80: 83-100.
- Petriella, A. M., and R. J. Bridi. 1992. Variaciones estacionales del ciclo de muda y la maduración ovárica del camarón (*Artemesia longinaris*). *Frente Marítimo* 11: 85-92.
- Ruffino, M. L., and J. P. Castello. 1992. Dinámica poblacional del camarón (*Artemesia longinaris*) del sur de Brasil. *Frente Marítimo* 12: 71-81.
- Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1995. *Biometry*. W. H. Freeman and Company, New York. 887 pp.
- Vazzoler, A. E. A. M. 1996. *Biología da Reprodução de peixes teleósteos: teorias e prática*. Editora Eduem, Maringá, Brazil. 169 pp.
- Vega-Pérez, L. A. 1993. Estudio do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. *Publicação especial do Instituto Oceanográfico* 10: 65-84.

RECEIVED: 14 August 2006.

ACCEPTED: 24 February 2007.