

ALEXANDRE RIBEIRO DA SILVA

**Maturidade, reprodução e estrutura populacional do
caranguejo *Anomura Aegla marginata* Bond-Buckup & Buckup,
1994 (Crustacea: Decapoda)**

ASSIS

2015

ALEXANDRE RIBEIRO DA SILVA

**Maturidade, reprodução e estrutura populacional do
caranguejo *Anomura Aegla marginata* Bond-Buckup & Buckup,
1994 (Crustacea: Decapoda)**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências e Letras de Assis – UNESP
– Universidade Estadual Paulista para a
obtenção do título de Mestre em
Biotecnologia (Área de Conhecimento:
Caracterização da Diversidade
Biológica)

Orientador: Antonio Leão Castilho

ASSIS

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Silva, Alexandre Ribeiro da.

Maturidade, reprodução e estrutura populacional do caranguejo *Anomura Aegla marginata* Bond-Buckup & Buckup, 1994 (Crustacea: Decapoda) / Alexandre Ribeiro da Silva. - Botucatu, 2015

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Antonio Leão Castilho

Capes: 20402007

1. Caranguejo - Crescimento. 2. Decapode (Crustáceo).
3. Reprodução animal. 4. Dimorfismo sexual (Animais). 5. Alometria.

Palavras-chave: Crescimento alométrico; Dimorfismo sexual; Efeito latitudinal; Período reprodutivo; Recrutamento.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a minha família, meu pai Gilberto, minha mãe Daisy e minha irmã Lara, por todo o suporte e apoio durante esta etapa da minha vida. Gostaria de agradecer a minha namorada, Mariana, por todo o apoio na reta final da dissertação.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado durante o período de pesquisa. E ao ICMBio e ao COTEC pela licença de coleta. Ao Parque Estadual Intervales e seus funcionários pelo apoio e suporte oferecido durante as coletas.

Gostaria de agradecer o professor Antonio L. Castilho pela oportunidade que me foi dada, também agradeço aos professores Pitágoras e Ciro da UNESP de Assis que sempre foram para mim grandes exemplos como cientistas, professores e pessoas.

Agradeço a todos os companheiros de LABIA que sempre me ajudaram durante a graduação e durante o mestrado: Paciencia, Gustavo, Pirikito, Carneiro, Ricardo, Bob, Tadeu, Carla, Moacyr, Vanessa, Fresco.

A todos os meus amigos de departamento (Ana Maria, Carolzinha, Jorge, Danilo, Alemão, Spock, Mara, Bárbara, Paloma) e NEBECC (João, Rapha, Milena, Geslaine, Joyce, Ana, Gilson, Isa, Douglas, Samara, Gari, Mariana, Bolla, Marciano, Cabelo, Professora Maria Lúcia e Professor Adilson) que me receberam bem em Botucatu, e a todos os amigos da graduação que sempre estiveram comigo.

Agradeço também a todos os amigos e colegas do LABCAM – Bauru (Chuck, Woody, Abnã, Sarah, Daphine, Nelito, Aninha, Régis Tesouro, Sabrina, Cebola) e

do LABZOO – Unitau (Daniel e Cobo) que sempre estiveram presente para dúvidas científicas bem como para confraternizações descontraídas.

Silva, Alexandre Ribeiro da. Maturidade, reprodução e estrutura populacional do caranguejo *Anomura Aegla marginata* Bond-Buckup & Buckup, 1994 (Crustacea: Decapoda). 2015. 70 f. **Dissertação (Mestrado em Biociências).** – Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Assis, 2015.

Resumo Geral

O objetivo deste trabalho é verificar a maturidade, reprodução e estrutura populacional de *Aegla marginata* no Parque Estadual de Intervales, estado de São Paulo. Características morfométricas quanto ao dimorfismo sexual e crescimento alométrico foram investigadas através de material obtido em coletas nos anos 1999, 2000 e 2006. Os aspectos da biologia populacional de *A. marginata* foram analisados a partir de coletas de outubro/2013 a dezembro/2014 utilizando armadilhas. O período reprodutivo foi determinado pela observação de fêmeas ovígeras (portando ovos fecundados ou embriões aderidos aos pleópodos), e o recrutamento foi determinado a partir da observação de indivíduos diminutos (juvenis) na população. Fêmeas ovígeras foram levadas ao laboratório onde tiveram os ovos contados para a análise da fecundidade. Quinze ovos foram separados aleatoriamente e fotografados com um sistema de imagem para a mensuração dos eixos para mensurar o volume dos mesmos. Posteriormente, os ovos e as fêmeas foram levados à estufa para a obtenção do peso seco para o cálculo do investimento reprodutivo. Foi observada uma tendência latitudinal nas espécies de eglídeos em relação a sua reprodução e fecundidade, bem como uma relação do período reprodutivo com a temperatura. Os machos e fêmeas apresentam dimorfismo sexual dado a diferença de alocação de energia ao longo do crescimento. Os machos tem um crescimento hiperalométrico para medidas da quela potencializando assim a obtenção de parceiras para a cópula bem como o comportamento agonístico entre machos. As fêmeas apresentaram hiperalometria para as medidas do abdômen, aumentando assim a eficiência reprodutiva. *Aegla marginata* apresentou um período reprodutivo de aproximadamente 8 meses com um pico durante o final do outono e inverno, o que corrobora o padrão latitudinal quando comparado com as espécies congêneres. A maturidade sexual funcional baseada no CC50 foi de 9,28 mm de comprimento da carapaça para fêmeas. Trinta e duas fêmeas ovígeras foram analisadas, sendo 17 com os embriões em estágio inicial, 10 intermediário, e cinco estágio final. O número de ovos variou de 40 a 146, com o investimento reprodutivo médio de 10,8%. Relações positivas foram observadas quanto ao número e volume de ovos com o tamanho da fêmea (ANCOVA, $p < 0,05$). Com método de crescimento proposto por Von Bertalanffy foi estimado a longevidade de 2,43 e 2,49 anos para machos e fêmeas, respectivamente.

Palavras-chave: crescimento alométrico, dimorfismo sexual, período reprodutivo, recrutamento, efeito latitudinal.

Silva, Alexandre Ribeiro da. **Maturity, reproduction and population structure of the anomuran crab *Aegla marginata* Bond-Buckup & Buckup, 1994 (Crustacea: Decapoda)**. 2015. 70 f. Dissertation (Master in Biociências). – Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Assis, 2015.

General Abstract

This work's objective consists in to verify the maturity, reproduction and population structure of *Aegla marginata* sampled in Intervales State Park, São Paulo state. Morphometric characteristics such as sexual dimorphism and allometric growth were investigated from a material sampled in the years of 1999, 2000 and 2006. The population aspects of its biology were analyzed from monthly samples of October 2013 from December 2014 using baited traps. The reproductive period was determined through observation of ovigerous females (bearing impregnated eggs or bearing embryos added to the pleopods), and the recruitment was determined from the observation of small individuals (juveniles) in the population. Ovigerous females were taken to the laboratory where its eggs were counted for fecundity purposes. Fifteen eggs were randomly selected and photographed through an image system for measurement of its axis with the intent to obtain its volume, and finally both eggs and females were dried for reproductive output purposes. It was observed a latitudinal trend in eglids species related to its reproduction and fecundity, was also seen a relationship between reproductive period and temperature. Males and females presented sexual dimorphism due energy allocation during its ontogenetic growth. Males showed a hyperallometric growth for chelae measures, this is because their agonistic behavior and also larger males are favored in mating. Females showed hyperallometry for abdomen measures, increasing its reproductive efficiency. *Aegla marginata* had a reproductive period of eight months with a peak during the late autumn and winter, which corroborates the latitudinal pattern for the species of the same genus. Sexual maturity base in CC50 was 9.28 of carapace length for females. Thirty and two ovigerous females were analysed, being 17 with embryos in initial stage, 10 intermediary and five in final stage. The number of embryos varied between 40 and 146, with a mean reproductive output of 10.8%. Positive relationships were observed related to the egg number and volume to the female size (ANCOVA, $p < 0.05$). With the of Von Bertalanffy's growth method we estimated longevity of 2.43 and 2.49 years for males and females respectively.

Key-words: allometric growth, sexual dimorphism, reproductive development, recruitment, latitudinal effect.

Sumário

Agradecimentos	1
Resumo Geral	3
General Abstract.....	4
Introdução Geral.....	6
Referências	10
Allometry of a freshwater anomuran <i>Aegla marginata</i> in São Paulo state, Brazil (Crustacea: Anomura: Aeglidae).....	13
Abstract.....	13
Introduction	14
Material and methods	17
Results.....	20
Discussion	21
Acknowledgements.....	24
References	24
Captions.....	28
Dinâmica reprodutiva, crescimento e longevidade do crustáceo endêmico da América do Sul <i>Aegla marginata</i> (Anomura: Aeglidae)	34
Resumo	34
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e Métodos	37
Resultados.....	43
Discussão	46
Agradecimentos.....	51
Referências.....	51
Legendas e figuras	62
Conclusões Gerais.....	73

Introdução Geral

A família de crustáceos anomúros Aeglidae Dana, 1852 é composta por três gêneros, sendo que dois deles estão extintos: *Haumuriaegla* Feldmann, 1984 e *Protaegla* Feldmann et al. 1998 (Feldmann 1984, Feldmann et al.1998). O único gênero vivente, *Aegla* Leach, 1820, é representado atualmente por 75 espécies sendo encontradas no Brasil, Uruguai, Paraguai, Argentina, Bolívia e Chile (Martin & Abele 1988, Santos et al. 2014). Juntamente com uma espécie de pagurídeo *Clibanarius fonticola* McLaughlin & Murray (1990) são os únicos anomúros de águas continentais.

Os eglídeos vivem em arroios, riachos tanto em correntezas como em remansos, lagos e cavernas (Bond-Buckup & Buckup 1994). A distribuição geográfica dos eglídeos é restrita à região neotropical da América do Sul, desde o sul do estado de Minas Gerais, no Brasil (Bueno & Shimizu 2008), até a ilha de Duque de York, no Chile (Oyanedel et al. 2011), vivendo em profundidades de até 320m em lagos chilenos (Jara 1977) até 4500m de altitude nas cordilheiras ao noroeste da Argentina (Bond-Buckup & Buckup 1994).

Os ambientes de águas continentais vêm sendo rapidamente degradados por atividades rurais, barragens, espécies invasoras entre outras perturbações (Pérez-Losada et al. 2002), o que prejudica os eglídeos por serem restritos a apenas uma bacia hidrográfica ou a bacias conjuntas e, portanto, endêmicos de uma determinada região e com uma preservação frágil. De acordo com a portaria nº 445 de 17 de dezembro de 2014 do Ministério do Meio Ambiente atualmente existem 26 espécies de eglídeos ameaçados. Portanto, informações sobre a biologia do grupo são de

fundamental importância para priorizar áreas de preservação e elaboração de planos efetivos de manejo e conservação.

Os eglídeos são importantes no nicho de ambientes límnicos, se alimentando tanto de organismos produtores quanto de larvas de insetos, podendo assim ocupar diferentes níveis tróficos (Bueno & Bond-Buckup 2004). Além disso, também acabam servindo de presa para animais vertebrados (Pardini 1998).

Através de análises moleculares foi proposto que a família Aeglidae possui origem marinha, sendo que o gênero *Aegla* se originou há aproximadamente 60 milhões de anos atrás (Pérez-Losada et al. 2004). Os gêneros irmãos já extintos também foram encontrados em camadas de sedimento marinho ao sul do México e na Nova Zelândia (Feldmann 1984, Feldmann et al. 1998), reforçando a origem do grupo no ambiente marinho.

No Brasil, os eglídeos têm distribuição limitada às regiões sul e sudeste do país (Bond-Buckup & Buckup 1994). Na região sudeste, tem-se 10 espécies registradas, sendo que quatro destas apresentam uma distribuição geográfica relativamente ampla (*Aegla castro* Schmitt, 1942; *Aegla paulensis* Schmitt, 1942; *Aegla marginata* Bond-Buckup & Buckup, 1994; e *Aegla schmitti* Hobbs III, 1979), enquanto as outras seis apresentam maior grau de endemismo (*Aegla cavernicola* Türkay, 1972; *Aegla strinatii* Türkay, 1972; *Aegla perobae* Hebling & Rodrigues, 1977; *Aegla microphthalma* Bond-Buckup & Buckup, 1994; e *Aegla leptochela* Bond-Buckup & Buckup, 1994 e *Aegla franca* Schmitt, 1942) (Bueno et al. 2007).

Em crustáceos decápodos, o estudo sobre a maturidade sexual, ciclo reprodutivo, razão sexual, recrutamento e crescimento é uma fonte importante na compreensão da biologia das espécies fornecendo subsídios no manejo e, portanto, na conservação das espécies de maneira adequada (Cohen et al. 2011).

A maturidade sexual em crustáceos é geralmente definida pela habilidade de produzir gametas maduros em machos ou oócitos vitelogênicos nas fêmeas (maturidade gonadal), e pelo desenvolvimento de caracteres sexuais secundários (maturidade morfométrica) (Conan et al. 2001). O momento ao qual ocorre o desenvolvimento destes caracteres é chamado de muda da puberdade (Hartnoll 1969). Os caracteres sexuais secundários, geralmente utilizados em estudos estão relacionados à cópula e à encubação dos embriões, como a largura do abdômen nas fêmeas e o tamanho dos quelípodos nos machos, pois são utilizados para combate, display e coorte (Viau et al. 2006; Almerão et al. 2010).

A maturidade funcional envolve a capacidade efetiva de ambos os sexos participarem efetivamente no processo reprodutivo. A principal característica para a determinação da maturidade funcional é a observação de fêmeas no estado ovígera (portando embriões no abdômen) e para machos a presença de espermatozoides ou espermatóforo no vaso deferente bem como marcas de cópula (Hartnoll 1969, Conan et al. 2001; Viau et al. 2006).

De acordo com o padrão latitudinal de reprodução em eglídeos as espécies de latitudes elevadas tendem a possuir reprodução contínua, enquanto as que habitam regiões de menores latitudes apresentam a reprodução de maneira sazonal (Bueno & Shimizu 2008).

O estudo da razão sexual pode revelar diferenças comportamentais, pois machos e fêmeas tendem a apresentar padrões de atividade diferentes durante o período reprodutivo (Cohen et al. 2011).

Aegla marginata ocorre desde a região sul do estado de São Paulo até a região noroeste de Santa Catarina (Bond-Buckup & Buckup 1994) e, apesar de sua ampla distribuição, existe pouca informação sobre os aspectos de sua estrutura

populacional. Dentre os poucos trabalhos realizados com essa espécie, tem-se no Parque Estadual Intervales os trabalhos de Fernandes et al. (2010) sobre anormalidades no formato da carapaça de *A. marginata* que vive em rios de regiões cavernosas, e Rocha & Bueno (2004) sobre ocorrências de populações epígeas e hipógeas. Trevisan et al. (2012) verificou a presença de dimorfismo sexual nas quelas e na carapaça através de técnicas de morfometria geométrica.

O material analisado foi coletado no Parque Estadual Intervales (PEI) situado entre o vale do Paranapanema e o vale do Ribeira, sendo os rios que correm dentro do parque pertencem a bacia hidrográfica do rio Ribeira do Iguape.

As informações acerca da biologia reprodutiva, populacional bem como maturidade, razão sexual e recrutamento podem contribuir para o manejo e conservação da espécie *A. marginata*, bem como pode tornar esta espécie modelo para estudos laboratoriais com enfoque em comportamento (Palaoro et al. 2013, Siqueira et al. 2013).

Segundo a classificação climática de Arthur Strahler, o PEI pertence ao clima subtropical úmido, com predomínio da Massa Tropical e Polar atlânticas.

De acordo com o plano de manejo do parque foi realizado um mapeamento da pluviosidade média anual para o entorno do PEI e observou-se que a área do parque apresenta uma média anual de precipitação entre 1600 mm a aproximadamente 1700 mm. E em relação a sua vegetação, o parque possui uma mata do tipo ombrófila densa.

Todas as informações relacionadas ao Parque Estadual Intervales foram retiradas do plano de manejo do mesmo disponível no site da Fundação Florestal (<http://fflorestal.sp.gov.br/>).

Como proposto pelo programa de pós-graduação, o presente trabalho foi dividido em dois artigos, construídos e organizados conforme as revistas em que serão submetidos.

O primeiro artigo intitulado “**Allometry and sexual dimorphism of the freshwater anomuran *Aegla marginata* (Crustacea: Anomura: Aeglidae)**” está de acordo com as normas da revista *Zoomorphology*. O segundo artigo “**Reprodução e recrutamento juvenil do crustáceo endêmico da América do Sul *Aegla marginata* (Anomura: Aeglidae)**” está de acordo com as normas da revista *Invertebrate Reproduction and Development*.

Referências

- Almerão, M., Bond-Buckup, G., & S. Mendonça, M. (2010). Mating behavior of *Aegla platensis* (Crustacea, Anomura, Aeglidae) under laboratory conditions. *Journal of Ethology*. 28: 87–94.
- Bond-Buckup G, & Buckup L. 1994. A família Aeglidae (Crustacea, Decapoda, Anomura). *Arquivos de Zoologia*. 32: 159–346.
- Bueno AAP, Bond-Buckup G. 2004. Natural Diet of *Aegla platensis* Schmitt and *Aegla ligulata* Bond-Buckup & Buckup (Crustacea, Decapoda, Aeglidae) from Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 16(2), 115–127.
- Bueno SLS, Shimizu RM, Rocha SS. 2007. Estimating the population size of *Aegla franca* (decapoda : anomura : aeglidae) by mark-recapture technique from an isolated section of barro preto stream, county of claraval, state of Minas Gerais , southeastern Brazil. *Journal of Crustacean Biology*. 27: 553–559.

- Bueno SLS, Shimizu, RM. 2008. Reproductive biology and functional maturity in females of *Aegla franca* (DECAPODA: ANOMURA: AEGLIDAE). J. Crustac. Biol. 28(4): 652–662.
- Cohen FPA, Takano BF, Shimizu RM, Bueno SLS. 2011. Life Cycle and Population Structure of *Aegla paulensis* (Decapoda: Anomura:Aeglidae). Journal of Crustacean Biology. 31: 389-395.
- Conan GY, Comeau M, Moriyasu M. 2001. Are morphometrical approaches appropriate to establish size at maturity for male american lobster, *Homarus americanus*? Journal of crustacean biology. 21: 937–947.
- Feldmann RM. 1984. *Haumuriaegla glaessneri* n. gen. and sp. (Decapoda ; Anomura ; Aeglidae) from Haumurian (Late Cretaceous) rocks near Cheviot , New Zealand. New Zealand Journal of Geology and Geophysics. 27: 37–41.
- Feldmann RM, Vega FJ, Applegate SP, Bishop GA. 1998. Early cretaceous from the tlayua formation arthropods at Tepexi de Rodriguez , Puebla, México. Journal of Paleontology. 72: 79–90.
- Fernandes C, Gregati R, Bichuette ME. 2010. The first record of external abnormalities in the subterranean *Aegla marginata* Bond-Buckup & Buckup, 1994 (Crustacea: Decapoda: Aeglidae), from a karst area of Southeastern Brazil. Subterranean Biology. 8: 33–38.
- Hartnoll RG. 1969. Mating in the Brachyura. Crustaceana. 16: 161–181.
- Jara CG. 1977. *Aegla rostrata* n. sp. (Decapoda, Aeglidae), nuevo crustáceo dulceacuícola del sur de Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment. 12: 165-176.
- Martin JW, Abele LG. 1988. External morphology of the genus *Aegla* (Crustacea, Anomura, Aeglidae). Smithsonian Contributions to Zoology. 453: 1–46.

- Mclaughlin PA, Murray T. 1990. *Clibanarius fonticola* , new species (anomura: paguridea: diogenidae), from a freash-water pool on Espiritu Santo, Vunuatu. *Journal of Crustacean Biology*. 10: 695–702.
- Oyanedel A, Moya C, Kiessling G, Salvo J, Olmos V, Valdovinos C, Sandoval N. 2011. The Southernmost Freshwater Anomurans of the World: Geographic Distribution and New Records of Patagonian Aeglids (Decapoda: Aeglidae). *Journal of Crustacean Biology*. 31: 396–400.
- Palaoro AV, Ayres-Peres L, Santos S. 2013. Modulation of male aggressiveness through different communication pathways. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 67(2): 283–292.
- Pardini R. 1998. Feeding ecology of the neotropical river otter *Lontra longicaudis* in an Atlantic Forest stream, south-eastern Brazil. *Journal of Zoology*. 245: 385–391.
- Pérez-losada, M, Jara CG, Bond-buckup G, Crandall KA. 2002. Phylogenetic relationship among the species of *Aegla* (ANOMURA: AEGLIDAE) freshwater crabs from chile. *Journal of Crustacean Biology*. 22: 304–313.
- Pérez-losada M, Bond-Buckup G, Jara CG, Crandall KA. 2004. Molecular systematics and biogeography of the southern South american freshwater “crabs” *Aegla* (decapoda: Anomura: Aeglidae) using multiple heuristic tree search approaches. *Systematic Biology*. 53: 767–80.
- Rocha SS, Bueno SLS. 2004. Crustáceos decápodes de água doce com ocorrência no Vale do Ribeira de Iguape e Rios Costeiros adjacentes, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 21: 1001-1010.
- Santos S, Bond-Buckup G, Buckup L, Loureiro TG, Gonçalves AL, Verdi A, Scarabino F, Clavijo C. 2014. The Aeglidae in Uruguay (Decapoda, Anomura), with the

- description of a new species of *Aegla*. In: Yeo, D., Cumberlidge, N. & Klaus, S. *Advances in Freshwater Decapod Systematics and Biology*. Brill, 302p.
- Siqueira AF, Palaoro AV, Santos S. 2013. Mate preference in the neotropical freshwater crab *Aegla longirostri* (Decapoda: Anomura): does the size matter? *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*.
- Trevisan A, Marochi MZ, Costa M, Santos S, Masunari S. 2012. Sexual dimorphism in *Aegla marginata* (Decapoda: Anomura). *Nauplius*. 20: 75-86.
- Viau VE, Greco LSL, Bond-Buckup G, Rodríguez RM. 2006. Size at the onset of sexual maturity in the anomuran crab, *Aegla uruguayana* (Aeglidae). *Acta Zoologica*. 87: 253–264.

**Allometry of a freshwater anomuran *Aegla marginata* in São Paulo state, Brazil
(Crustacea: Anomura: Aeglidae)**

Abstract: Allometry describes how the characteristics of living creatures change with size and usually is applied to the phenomenon of relative growth. Allometric data of *Aegla marginata* specimens sampled in Intervales State Park (State of São Paulo) were obtained with the objective to answer the following question: body structures exposed to sexual can have difference in the relative growth? We found in our results hyperallometry in the abdomen and chelae measures for females and males, respectively. We also found that there are two morphotypes of males, this pattern is related to sexual maturity, which means, they will reach functional maturity at the second change in the allometric growth of the chelae (morphotype II). The results suggest that much of the shape changes during ontogeny of *Aegla*

aims to improve reproductive efficiency at sexual maturity. As males invest its energy mainly in the increase of the chelipeds, which provides advantages in the searching for females for mating and preventing another male to conquer its partner. Otherwise, females invest its energy mainly in the increase of abdomen improving the reproductive efficiency. Males attain bigger sizes than females and this may be a reflection of the agonistic interactions between males and male-female manipulation, which benefit larger males; and/or higher energy expenditure of females during the reproductive process.

Keywords: Multivariate Allometric Coefficient, relative growth, energy investment, mating behaviour

Introduction

The final form (size and shape) of adult organism is result of interaction of genetic and environmental factors. The morphological structures usually have different growth rates generating allometric relationships that result in change of form among: 1) individuals of different age groups (ontogenetic allometry); 2) individuals of the same species after completing growth (static allometry), and 3) individuals of different species in the same stage of development (phylogenetic or evolutionary allometry) (Shingleton 2010). These three types of allometry may explain part of morphological variability observed in individuals of different species, ages, sexes, or casts. During the growth, there is the occurrence of morphological and functional changes, thus, understanding how the ontogenetic allometry works can aid to explain the final form of the adult and identify the characters especially subject to different selective pressures (Fairbairn 1997).

Sexual dimorphism of size and shape is a pattern in the animal world and is the result of different selective pressures on males and females (Eberhard 2008). Morphological differences between and within the sexes involves different ways of habitat use, behavioral strategies and reproductive investment. As males and females use different strategies to achieve the highest fitness, body structures involved in courtship rituals, fighting among males and fecundity should be especially subject to differential selection between the sexes, amplifying the sexual dimorphism. Part of this sexual dimorphism is processed during growth, therefore, identify the main structures with allometric growth can provide relevant information to understand which structures are particularly susceptible to sexual selection. Still regarding dimorphism, for the genus *Aegla* has already been reported a dimorphism within the adult males (morphotypes) in the chelae size (Bueno & Shimizu 2009). In crustaceans this dimorphism suggests that each morphotype has different functions in the population (Moraes-Riodades & Valenti 2004).

In this context, evaluation of ontogenetic allometry of morphological characters is a fundamental step to understand the energetic investment towards reproduction and how this investment differs between males and females (Fairbairn 1997; Eberhard 2008; Shingleton 2010).

Crustaceans can be good models in order to understand the morphological variability observed between males and females, and within males during the growth. As these organisms have moults, it is possible to evaluate the allometry and the effects of selection on clearly delimited structures. A more efficient analytical strategy to evaluate ontogenetic allometry is to use a multivariate principle, assessing simultaneously many morphological structures in relation to generalized body size (Paciencia et al. 2012). This procedure facilitates the

identification of morphological structures with isometry, hyperallometry (positive allometry) or hypoallometry (negative allometry) (Shingleton 2010).

The genus *Aegla* Leach, 1820 is represented for 75 species and is exclusively fresh water inhabitants, being found in creeks, rivers, lakes and caves (Santos et al. 2014) in the south of South America (Bond-Buckup 2003). In this paper we evaluate the ontogenetic allometry, sexual dimorphism and a possible presence of two male morphotypes in a species of *Aegla*: *Aegla marginata* Bond-Buckup and Buckup, 1994. The latter species is geographically distributed from the south of the state of São Paulo to the northeast region of Santa Catarina (Bond-Buckup 1994). Although its relatively wide distribution this species is still poorly studied (as exception see Fernandes et al. 2010; Trevisan et al. 2012). Trevisan et al. (2012) found that the shape of the carapace and shape and size of cheliped present sexual dimorphism in this species. However, the size of the carapace is not different between sexes. Although the study of Trevisan et al. (2012) provides relevant information on sexual dimorphism of isolated structures (carapace and chelipede), still lack an assessment considering the analysis of multiple variables simultaneously during growth. In this context, the present study analyzes seven morphometric variables in individuals of different size classes of *A. marginata* in order to test the following hypotheses: 1) as males usually engage in conflict (Ayres-peres et al. 2011), those with larger size should be positively selected, so we expect a sexual dimorphism in multivariate size male-biased; 2) we expect that morphological structures important for reproduction, court and dispute of territories present ontogenetic hyperallometry; 3) we expect that dimorphism increases during growth; and 4) we expect to found dimorphism among adult males (morphotypes).

Material and methods

Sampling and Identification

The individuals were sampled in the Intervalles State Park (ISP). The specimens were sampled mainly monthly from May/1999 to September/2000. Additionally, sporadic samples were conducted in different moments in 2006. The individuals were sampled mainly in four streams inside the IEP: 1) Roda d'Água stream (24°16'18,4"S; 048°25'29,3"O), 2) Mirante stream (24°16'39,4"S; 48°24'50"), 3) Bocaina stream (24°16'14,4"S; 48°27'23,5"O), 4) Água Comprida stream (24°17'38"S, 48°25'04"O). In every stream, the biological material was collected in the rocky substrate with a Surber sampler (0,250 mm mesh).

The individuals were fixed and conserved in 80% alcohol. For identification we used Bond-Buckup and Buckup (1994). Females were identified by the presence of pleopods in development in the juvenile forms or well developed in the adults, being also identified by the position of the gonopore in the coxa of the third pair of pereopods. The males were recognized by the absence of pleopods, structure that they do not have in all its life, and the presence of the gonopore in the coxa of fifth pair of pereopods (Martin and Abele 1988; Bueno and Shimizu 2008).

Morphometric

The specimens were measured using a 0.01 mm precision digital caliper, and the small individuals were measured using a stereoscopic microscope with morphometric software. The following morphological structure were measured: carapace length (CL) (from the tip of the rostrum to the posterior margin of the carapace) and carapace width (CW) (the widest transversal dimension of the

cephalothorax); length of the chelae, right (RCL) and left (LCL); height of the chelae, right (RCH) and left (LCH); and the abdomen length (ABL) (measure of the somits 5 and 6 including the telson) (Colpo et al. 2005; Teodósio and Masunari 2009; Trevisan and Santos 2012).

The morphometric variables were log-transformed before the analysis. The sexual dimorphism of multivariate size was tested using the Hotelling test (Gotelli and Ellison 2004). Canonical Discriminant Analysis was used to obtain the scores of the individuals of two sexes in a discriminant axis. In order to test if that dimorphism increases during growth, an ANCOVA based in these scores was used to test the differences between sexes and the interaction with the generalized body size (first axis of Principal Component Analysis using the criterion of variance-covariance) (Paciência et al. 2012).

The allometry was evaluated using a Principal Component Analysis (PCA) to determine the "generalized body size" (Legendre & Legendre 1998) associated to Jolicouer's Multivariate Allometric Coefficient (Jolicouer 1963). According to this method: 1) allometric coefficient larger than one, hyperallometry and structure growing at higher rate than the generalized body size; 2), allometric coefficient smaller than one, hypoallometry and structure growing at shorter rate than the generalized body size; and 3) allometric coefficient equal one, isometry and structure growing at same rate than the generalized body size. The confidence intervals of the multivariate allometric coefficients estimates were obtained using the bootstrapping method (Paciência et al. 2012). The multivariate allometry was analysed using de Past Software (Hammer et al. 2001).

Heterochely

Prior to verifying the possible presence of male morphotypes we assessed heterochely and handedness using the chelae height dimension, since this one presented positive allometry (see results). We test heterochely and handedness for both males and females. To test the presence of heterochely we used the Wilcoxon test to see if the measures of the chelae height differed, and after to assess handedness we used the chi-square test for an expected ratio of 1:1 (left : right) (Zar 1996, Trevisan and Santos 2012). All results were evaluated using a significance level of 5%.

Male morphotypes

Prior to any of the next tests all data was log-transformed. In males to avoid the heterochely and handedness (see results) we used the relationship between $\ln MCH \times \ln CL$, where MCH stands for major cheliped height. We inspected the $\ln MCH \times \ln CL$ scatter plots that showed a marked variability increase in specimens with $\ln CL > 2.4$ (> 10.98 mm). This pattern showed the possible presence of two groups of large males (morphotype I and II) (Bueno and Shimizu, 2009).

Then, before separating the juveniles and adult, we tried to separate the two adults morphotypes using the procedures described in Bueno and Shimizu (2009). We used the data from the specimens with $\ln CL > 2.4$ to separate the adults in two morphotypes. For it we applied the K-means clustering method data (Legendre and Legendre 1998) set consisting of the standardized residuals of the $\ln MCH$ vs. $\ln CL$ regression (variable 1) and $\ln CL$ (variable 2). After that we applied the discriminant analysis to re-allocate any misclassified data. Then we used and one-way ANCOVA to determine if the two groups were distinct (Bueno and Shimizu 2009).

After the adults were separated in two groups, we then conducted the procedure to separate the adults (morphotype I) and juveniles using all the remaining data along the ones already classified in morphotype I in the prior analyses. First we applied a K-means clustering method for the relationship of $\ln\text{MCH}$ vs $\ln\text{CL}$. After was applied a discriminant analysis to identify and re-allocate any misclassified data and afterwards and ANCOVA were performed to see if the groups obtained were in fact different. To estimate the size where the growth rates changed we applied a logistic regression, first for morphotype I (0) vs morphotype II (1) and second for the morphotype I (0) vs juveniles (1) (Rocha et al. 2010).

Results

We measured 78 females and 146 males from the sampled material. Females ranged (CL) from 3.71 to 16.58 mm and males ranged from 3.8 to 18.92 mm.

A higher heterochely of the chelae height dimension was observed in males than females (Wilcoxon test, $p < 0.05$, Figure 1), and handedness was also observed for both sexes (Chi-square test, $p < 0.05$) in a proportion of 2.5:1 in females and 1.7:1 (left : right).

The first axis of the principal component analysis explained 96.29% of the variables. Both sexes were morphometrically different as observed through the Hotteling's test ($T_2 = 93.742$; $F = 13.03$; $p < 0.05$); and interaction between sexes and the generalized body size (first axis of PCA) showed that the morphometric differences between them increased during ontogenetic growth (Table 1, Figure 2). The smaller individuals (low First Component Principal values) are more similar, as they grow males and females will become more differentiated (Figure 2).

The females had the following growth pattern: hypoallometry for the measures of CL, CW, RCL; isometry for LCL and RCH; and hyperallometry for ABL and LCH (Figure 3A); and the males presented hypoallometry for CL, CW and ABL; isometry for the RCL and LCL, and finally hyperallometry for RCH and LCH (Figure 3B).

In males specimens, we found the presence of two adults morphotypes (ANCOVA $p < 0.05$), and the juveniles x adults (morphotype I) separation was also verified (ANCOVA $p < 0.05$). Morphotype I males are represented by adult males with undifferentiated chelae, and morphotype II males are represented by bigger adult males with more pronounced differentiated chelae.

Therefore the average size where the juveniles become a morphotype I was estimated in 7.88 mm and then when they had the second change in the cheliped growth, they become morphotype II at size estimated in 14.54 mm (Figure 4).

Discussion

Relative growth is a rule among animals and results of the different growth rates of body structures. Males and females are subject to different selective pressures, which may reflect different growth patterns (Fairbairn 1997).

The two morphotypes found in adult males were also reported for *Aegla franca* Schmitt, 1942 by Bueno and Shimizu (2009). It was proposed by the same authors that morphotype I can be related to morphometric maturity and morphotype II to functional maturity. In *Aegla uruguayana* Schmitt, 1942 Viau et al. (2006) reported three stages of males regarding the change in the length and angle of the sexual tube on the fifth pereopod pair. This could also be related to morphotype I and II found here.

On the other hand, as seen in some majoid crabs (Rotlant et al. 2000, Sal-Moyano et al. 2011) there are three groups of males: smaller individuals morphometrically immature which have not produced spermatophores; individuals with undifferentiated cheliped with bigger sizes which produce spermatophores and are morphometrically mature; and bigger individuals with differentiated cheliped which always bear spermatophores and are also morphometrically mature. Perhaps in *Aegla* species with two adult morphotypes (*A. franca*, *A. marginata* so far) (Bueno and Shimizu 2009), we have the same pattern as majoids, where the gonadal maturity occur in between the two adult phases of life. But further studies with histological and behavioural focus can elucidate this question.

The pronounced hyperallometry for chelae measures along with the presence of heterochely and handedness in males obtained in this study allows us to propose that the size of this structure is specially affected by selection. In male of *Aegla*, the cheliped is used in agonistic display towards the female in the pre-copulatory phase (Almerão et al. 2010). It is suggested that the larger size of the male chelipeds during the reproductive period increases its opportunity to attract the female and make the mating practical (López Greco and Rodriguez 1999). In *Aegla platensis* Schmitt, 1942 Almerão et al. (2010) described that superior sizes of the males make it easier to handle the female when the male holds and rises the female in the supine position, and then rotates its partner approximately 90° and places itself under the latter for the mate occur. The agonistic interactions between males (Ayres-Peres et al. 2011) may benefit larger male due sexual size dimorphism. During the post-copulatory phase the male guards the female, so the male with pronounced cheliped can protect the female (Almerão et al. 2010).

Although females presented also heterochely and handedness it is less pronounced when compared to males, since the female chelae measures showed hyperallometry only for the left chelae height.

Otherwise, the females presented hyperallometry for the abdomen length measures. This result suggests that the size of the abdomen is specially subjected to selective pressure in female of *Aegla*. The positive growth of the female abdomen is related to size of the incubatory chamber, because besides protecting the embryos in development, the juveniles newly hatched stay with the female in the abdomen for 3 to 4 days, as described in *Aegla uruguayana* Schmitt, 1942 (López-Greco et al. 2004) and we have seen this pattern for *A. marginata* under laboratory conditions (Unpublished data). Gonçalves et al. (2006) and Bueno and Shimizu (2008) showed that as the females increase in size their number of eggs also increases. Therefore larger females have larger abdomens and it would probably increase the number of eggs potentiating the reproductive efficiency. Additionally, during reproduction the females undergo a heavy stress when the energy is allocated towards reproductive purposes in detriment to growth, which may lead the latter to attain smaller sizes when compared to males (Swiech-Ayoub and Masunari 2001).

Also the hyperallometry for female's abdomen corresponds with the enlarged carapace in females of this species found by Trevisan et al. (2012), therefore our results gives insight in the ontogenetic growth that lead to a sexual dimorphism of the abdomen.

The sexual dimorphism increases as the animals increase in size; this can be justified by differential energy allocation during its development. The males invest specially increasing the size of chelipeds, which provides them advantages

when searching for females for mating and preventing another male to conquer its partner. On the other hand, the females invest energy specially increasing the size of the abdomen which improves the reproductive efficiency (Hartnoll 1969; Hartnoll 2001). The results suggest that much of the shape changes during ontogeny of *Aegla* aim to improve reproduction efficiency at sexual maturity.

Acknowledgements

We would like to thank the Laboratory of Aquatic Biology of the UNESP - Assis and also the park-guides of Intevales State Park for their help during the sampling period. We thank Dr. Roberto M. Shimizu of the Institute of Biosciences of USP for his valuable suggestions. We thank IBAMA and COTEC – SP for allowing our work at the park. At last we would like to give acknowledgements to all of the members of our research group.

References

- Almerão M, Bond-Buckup G, Mendonça, MS (2010) Mating behavior of *Aegla platensis* (Crustacea, Anomura, Aeglidae) under laboratory conditions. *J Ethol* 28(1): 87–94
- Ayres-Peres L, Araújo PB, Santos S (2011) Description of the Agonistic Behavior of *Aegla longirostri* (Decapoda: Aeglidae). *J Crust Biol* 31(3): 379–388
- Bond-Buckup G, Buckup L (1994) A família *Aeglidae* (Crustacea, Decapoda, Anomura). *Arq. Zool* 32: 159-346
- Bueno SLS, Shimizu, RM (2008) Reproductive biology and functional maturity in females of *Aegla franca* (DECAPODA: ANOMURA: AEGLIDAE). *J Crust Biol* 28(4): 652–662

- Bueno SLS, Shimizu RM (2009) Allometric Growth, Sexual Maturity, and Adult Male Chelae Dimorphism in *Aegla Franca* (Decapoda: Anomura: Aeglidae). *J Crust Biol* 29(3): 317–328
- Colpo KD, Ribeiro LO, Santos S (2005) Population Biology of the Freshwater Anomuran *Aegla Longirostri* (Aeglidae) from South Brazilian Streams. *J Crust Biol* 25(3): 495–499
- Eberhard, WG (2008) Static allometry and animal genitalia. *Evolution* 63:48–66
- Fairbairn DJ (1997) Allometry for sexual size dimorphism: Pattern and Process in the Coevolution of Body Size in Males and Females. *Annu Rev Ecol Syst* 28(1): 659–687
- Fernandes CS, Gregati RA, Bichuette ME (2010) The first record of external abnormalities in the subterranean *Aegla marginata* Bond-Buckup and Buckup, 1994 (Crustacea: Decapoda: Aeglidae), from a karst area of Southeastern Brazil. *Subterr Biol* 8: 33-38
- Gonçalves RS, Castiglioni DS, Bond-Buckup G (2006) Ecologia populacional de *Aegla franciscana* (Crustacea, Decapoda, Anomura) em São Francisco de Paula, RS, Brasil. *Iheringia* 96: 109-114
- Gotelli NJ, Ellison AM (2004) A primer of ecological statistics, Massachusetts
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol Electron* 4
- Hartnoll RG (1969) Mating in the Brachyura. *Crustaceana* 16(2): 161–181
- Hartnoll RG (2001) Growth in Crustacea – twenty years on. *Hydrobiologia* 449: 111–122
- Jolicoeur P (1963) The Multivariate Generalization of the Allometry Equation. *Biometrics* 1(3): 497–499

- Legendre P, Legendre L (1998) Numerical Ecology: developments in environmental modeling, Amsterdam
- López-Greco LS, Rodríguez EM (1999) Mating behaviour in *Chasmagnathus granulata*, DANA, 1851 (Brachyura, Grapsidae). Comparison with other grapsid crabs. *Nauplius* 7: 179–181
- López-Greco LS, Viau V, Lavolpe M, Bond-Buckup G Rodríguez, EM (2004) Juvenile hatching and maternal care in *Aegla uruguayana* (Anomura, Aeglidae). *J Crust Biol* 24 (2): 309–313
- Martin JQ, Abele LG (1988) External morphology of the genus *Aegla* (Crustacea: Anomura: Aeglidae). *Smithson Contrib to Zool* 453: 1-46
- Moraes-Riodades PM, Valenti WC (2004) Morphotypes in male Amazon River Prawns, *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture* 236: 297–307
- Paciencia GP, Yokoyama E, Bispo PC, Crisci-Bispo VL, Takebe, IV (2011) Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em corredeiras de riachos do Parque Estadual Intervales, Estado de São Paulo. *EntomoBrasilis* 4: 114-118
- Paciencia GP, Bispo PC, Cortezzi SS (2012) Allometric growth of two species of Ephemeroptera from Neotropical mountains streams. *Ann Limnol* 48: 145-150
- Rocha SS, Shimizu RM, Bueno SLS (2010) Reproductive Biology in Females of *Aegla strinatii* (Decapoda: Anomura: Aeglidae). *J Crust Biol* 30(4): 589-596
- Rotllant G, Takac P, Liu L, Scott GL, Laufer H (2000) Role of ecdysteroids and methyl farnesoate in morphogenesis and terminal moult in polymorphic males of the spider crab *Libinia emarginata*. *Aquaculture* 190: 103–118
- Sal-Moyano MP, Gavio MA, Maggi MD (2011) Morphometric and gonad maturity of the spider crab *Libinia spinosa* (Crustacea: Brachyura: Majoidea: Epialtidae) in Argentina. *J Mar Biol Ass UK* 91(04), 837–844.

- Santos S, Bond-Buckup G, Buckup L, Loureiro TG, Gonçalves AL, Verdi A, Scarabino F, Clavijo C (2014) The Aeglidae in Uruguay (Decapoda, Anomura), with the description of a new species of *Aegla*. In: Yeo D, Cumberlidge N, Klaus S (ed) *Advances in Freshwater Decapod Systematics and Biology*. Brill, 320p.
- Shingleton A (2010) Allometry: The Study of Biological Scaling. *Nat Educ Knowledge* 3(10):2
- Swiech-Ayoub BP, Masunari S (2001) Flutuação temporal e espacial de abundância e composição de tamanho de *Aegla castro* Schmitt (Crustacea, Anomura, Aeglidae) no Buraco do Padre, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Rev Bras Zool* 18: 1003-1017
- Teodósio ÉAO, Masunari S (2009) Estrutura populacional de *Aegla schmitti* (Crustacea: Anomura: Aeglidae) nos reservatórios dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, Brasil. *Zoologia* 26(1): 19–24
- Trevisan A, Santos S (2012) Morphological sexual maturity, sexual dimorphism and heterochely in *Aegla manuinflata* (Anomura). *J Crust Biol* 32(4): 519–527
- Trevisan A, Marochi MZ, Costa M, Santos S, Masunari, S (2012) Sexual dimorphism in *Aegla marginata* (Decapoda: Anomura). *Nauplius* 20(1): 75-86
- Viau VE, Greco LSL, Bond-Buckup G, Rodríguez RM (2006) Size at the onset of sexual maturity in the anomura crab *Aegla uruguayana* (Aeglidae). *Acta Zool-Stockholm* 87: 253-264
- Zar JH (1996) *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey.

Captions

Figure 1: Graph showing heterochely in both sexes through subtraction of the values of the chelipeds measures (Left – Right).

Figure 2: Relationship between the scores and the generalized size (first principal component) in individuals of both sexes of *Aegla marginata*. The scores were obtained using canonical discriminant analysis.

Figure 3: Multivariate allometric coefficient calculated for the crab *Aegla marginata* female (A) and male (B). Carapace Length (CL), carapace width (CW), Length of the right (RCL) or left (LCL) cheliped, height of the right (RCH) or the left (LCH) cheliped, abdomen length (ABL).

Figure 4: Separation of the three male groups: juveniles (circles), adult morphotype I (crosses) and adult morphotype II (triangles).

Table 1: *Aegla marginata*. ANCOVA of the scores for males and females individuals (sex), using the generalized body size (first axis of the principal component analysis, PC1) as a covariate. The scores were obtained using canonical discriminant analysis. SS: Sum of Squares; DF: Degrees of Freedom; MS: Mean Squares.

Effect	SS	DF	MS	F	p
Sex	115,23	1	115,23	74,88	<0,05
PC1	64,24	1	64,24	41,75	<0,05
Sex x PC1	42,03	1	42,03	27,31	<0,05

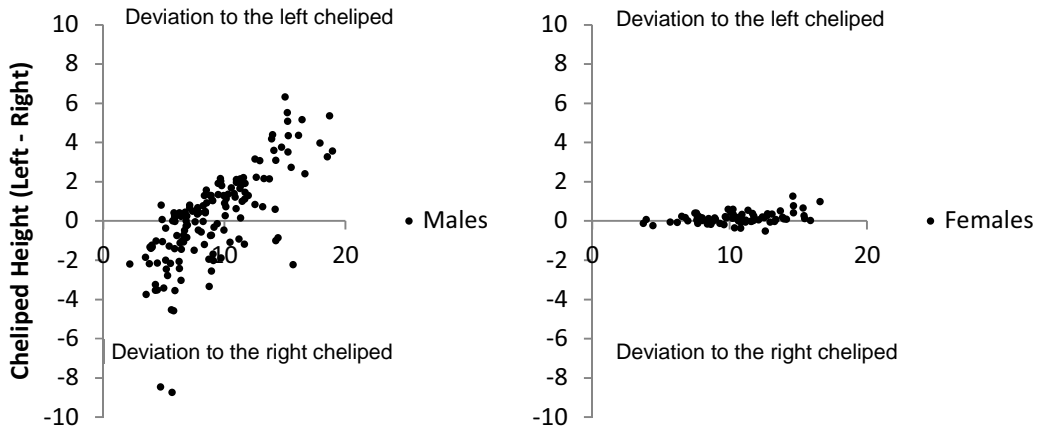


Fig. 1

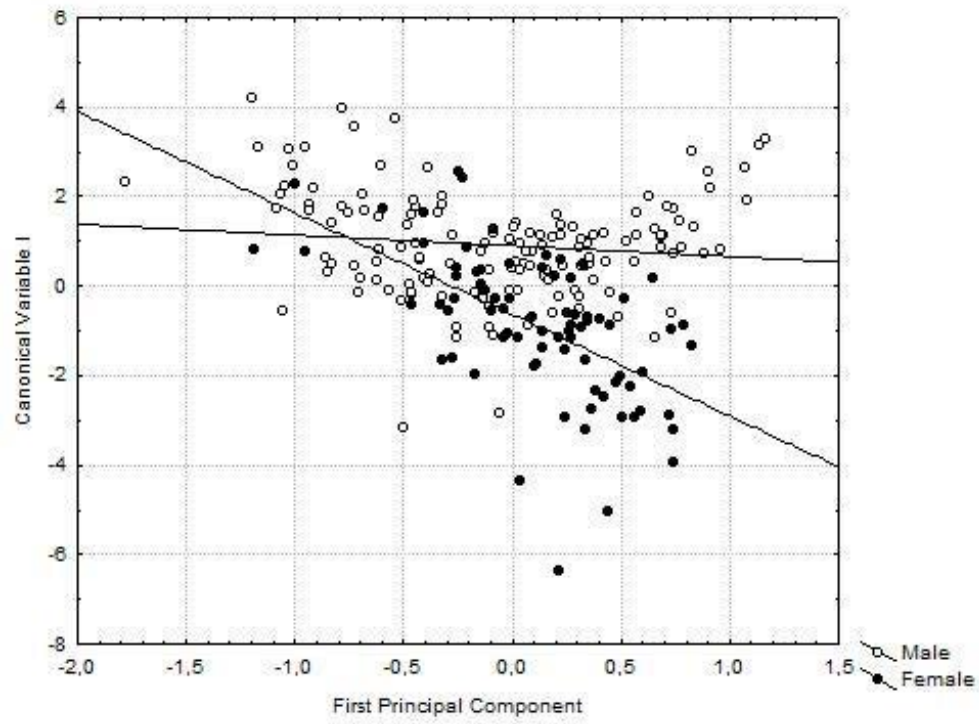


Fig. 2

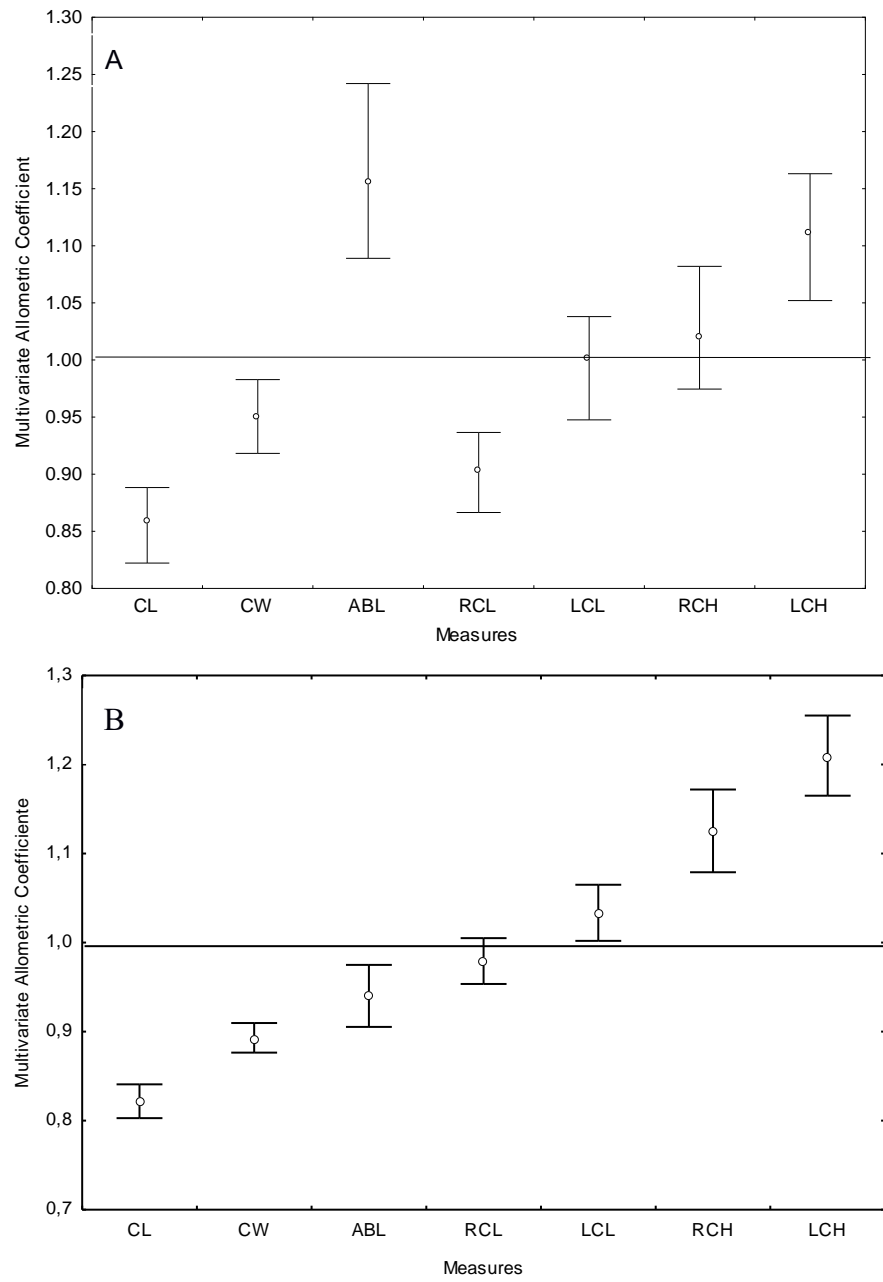


Fig. 3

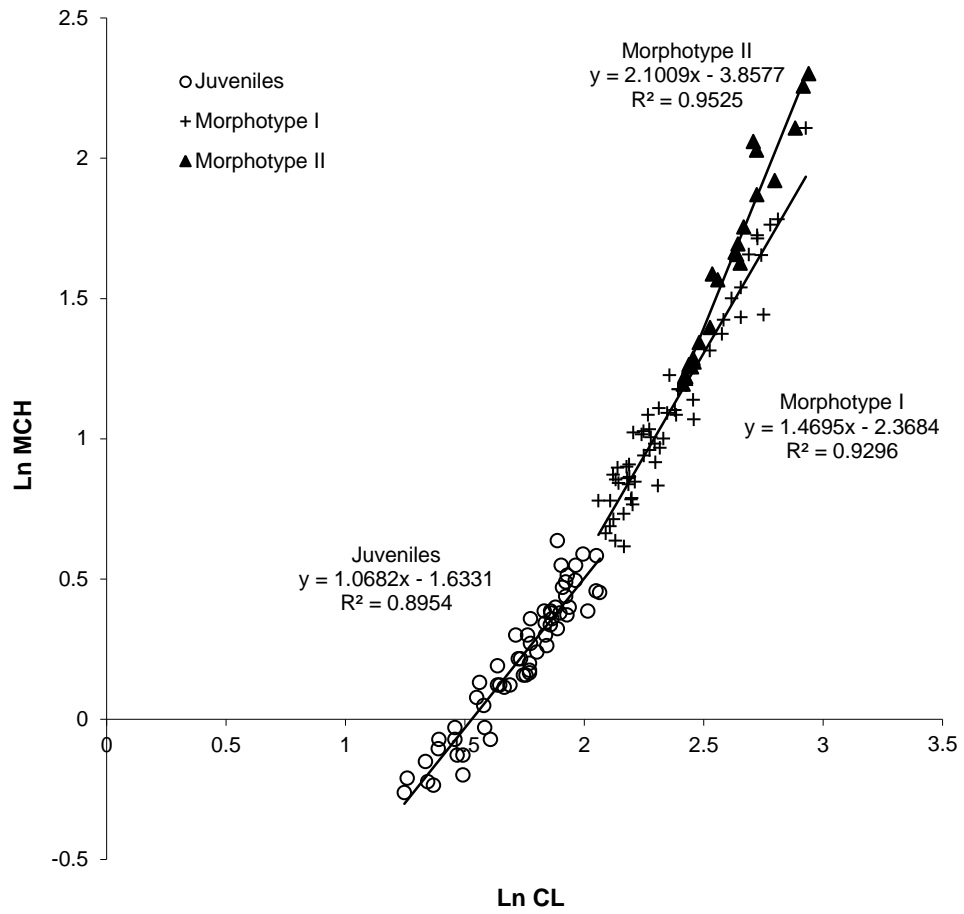


Fig. 4

Dinâmica reprodutiva, crescimento e longevidade do crustáceo endêmico da América do Sul *Aegla marginata* (Anomura: Aeglidae)

Resumo

Os eglídeos são animais exclusivamente de águas continentais, com a distribuição geográfica restrita à América do Sul. O presente trabalho tem como objetivo o estudo sobre a dinâmica reprodutiva, crescimento e longevidade de *Aegla marginata*. O padrão encontrado para os dados obtidos foi comparado à tendência latitudinal em relação às demais espécies congêneres. Os indivíduos foram coletados com armadilhas no Parque Estadual de Intervalos de out/2013 a dez/2014 e as fêmeas ovígeras foram levadas ao laboratório, onde tiveram seus ovos contados e classificados quanto ao estágio de desenvolvimento embrionário. A maturidade sexual funcional baseada no CC50 foi de 9,28 mm de comprimento da carapaça para fêmeas. O período reprodutivo foi determinado pela observação de fêmeas ovígeras, totalizando uma periodicidade de oito meses com um pico durante o inverno, similar a periodicidade reprodutiva registrada para *Aegla schmitti*, espécie de latitude próxima (25°29'). Trinta e duas fêmeas ovígeras foram analisadas, sendo 17 com embriões em estágio inicial, 10 intermediário, e cinco estágio final. O número de ovos variou de 40 a 146, com o investimento reprodutivo médio de 10,8%. Relações positivas foram observadas quanto ao número e volume de ovos com o tamanho da fêmea (ANCOVA, $p < 0,05$). A proporção de machos foi significativamente maior que a das fêmeas (Qui-quadrado, $p < 0,05$), especialmente no período reprodutivo, cuja as fêmeas passam a apresentar comportamento críptico, permanecendo por um longo período abrigada. Em contrapartida, o número de fêmeas tendeu a se aproximar ao dos machos no período de recrutamento juvenil subsequente à desova e nos meses que antecedem a reprodução. Com método de crescimento proposto por Von Bertalanffy foi calculado a longevidade de 2,43 e 2,49 anos para machos e fêmeas, respectivamente.

Palavras-chave: desova, periodicidade reprodutiva, razão sexual, comportamento críptico

Reproductive dynamics, growth and longevity of the South American endemic crustacean *Aegla marginata* (Anomura: Aeglidae)

Abstract

Eglids are animals that exclusively inhabit continental waters, with geographical distribution restricted to South America. The present work has the objective the study of reproductive dynamics, growth and longevity of *Aegla marginata*. The pattern found was compared in a latitudinal trend with the other species of the same genus. The individuals were sampled with traps in Intervales State Park from September 2013 to December 2014 and ovigerous females were taken to the laboratory, where had its eggs counted and had its developmental embryos stage classified. Functional sexual maturity was determined in 9.28 mm of carapace length based in the CC50. The reproductive period was determined through observation of ovigerous females, totalizing an eight month periodicity, mainly during winter season, similar to the reproductive pattern registered with *Aegla schmitti*, species living in near latitudes (25°29'). Thirty and two ovigerous females were analyzed, being 17 embryos in initial stage, 10 intermediary and five in the final stage. The number of eggs varied between 40 and 146, with a mean reproductive output of 10.8%. Positive relationships were observed for egg number and volume and female carapace length (ANCOVA, $p < 0.05$). Sex ratio was significant skewed toward males (Chi-Square, $p < 0.05$), specially during the reproductive period, in which females tend a cryptic behavior, being sheltered for a long period. On the other hand, the number of females were close to males during the recruitment period and in the months before reproduction. With the method proposed by Von Betalanffy we calculated longevity of 2.43 and 2.49 years for males and females, respectively.

Key-words: spawning, reproductive periodicity, sex ratio, cryptic behavior

Introdução

A família Aeglidae Dana, 1852 (Crustacea: Anomura) apresenta apenas um único gênero vivo, *Aegla* Leach, 1820, representado atualmente por mais de 75 espécies adaptadas exclusivamente aos ambientes dulcícolas (Santos et al. 2013, Santos et al. 2014). A distribuição geográfica dos eglídeos é restrita à região neotropical da América do Sul, desde o sul do estado de Minas Gerais (Brasil), até a ilha de Duque de York (Chile) (Bond-Buckup & Buckup 1994; Oyenedel et al. 2011, Santos et al. 2012).

Os eglídeos possuem um padrão latitudinal reprodutivo cujas espécies de maiores latitudes apresentam reprodução contínua ao passo que as espécies que vivem em regiões de menores latitudes apresentam reprodução sazonal (Bueno & Shimizu 2008).

Aegla marginata Bond-Buckup & Buckup, 1994 ocorre desde a região sul do estado de São Paulo até a região noroeste de Santa Catarina (Bond-Buckup & Buckup 1994) e, apesar de sua ampla distribuição, existe pouca informação sobre os aspectos de sua biologia populacional. Em trabalhos exclusivos com esta espécie temos apenas Trevisan et al. (2012) que utilizou técnicas de morfometria geométrica a fim de verificar a presença de dimorfismo sexual.

O presente trabalho tem como objetivo o estudo sobre a dinâmica reprodutiva, crescimento e longevidade de *A. marginata* no Parque Estadual de Intervales, estado de São Paulo. Especificamente foi investigado a periodicidade reprodutiva e recrutamento, razão sexual, investimento reprodutivo, crescimento, longevidade e a possível presença de senescência. Ademais, o padrão encontrado foi comparado à tendência latitudinal proposta, comparando a espécie em questão às demais espécies congêneres. Este trabalho é pioneiro com *A. marginata*, um conhecimento

gerado que proporcionará informações úteis para a conservação do grupo (Pérez-Losada et al. 2009) pois existem atualmente 26 espécies de eglídeos ameaçados de extinção (ICMBio). Como *A. marginata* possui distribuição ampla, os resultados aqui obtidos poderão auxiliar futuras pesquisas com outras populações da mesma espécie. Estudos como este proposto também fornece informações que subsidiarão possíveis modelos biológicos para estudos comportamentais em laboratório (Palaoro et al. 2013; Siqueira et al. 2013).

Material e Métodos

Os animais foram amostrados mensalmente no córrego Mirante das Antas (24°16'S e 48°24'W) localizado dentro do Parque Estadual Intervales (PEI) de outubro de 2013 a dezembro de 2014. Dezesesseis armadilhas de plásticos contendo isca (ração para gato sabor peixe) foram posicionadas aleatoriamente conforme a metodologia proposta por Rocha & Bueno (2004), sendo colocadas no fim da tarde e recolhidas na manhã seguinte, visto que a família Aeglidae apresenta um comportamento exploratório maior durante o período noturno (Bueno & Shimizu 2008; Sokolowicz et al. 2007).

Os parâmetros ambientais foram obtidos junto ao Parque Estadual, sendo disponibilizados até então informações em escala diária de temperatura do ar e pluviosidade no período de outubro/13 a agosto/14 (11 meses). Portanto, as análises dos parâmetros reprodutivos com os ambientais foram desenvolvidas no período de outubro/2013 a agosto de 2014. Antes da submissão para publicação os parâmetros de setembro a dezembro de 2014 serão incluídos.

O comprimento de carapaça dos animais foi mensurado *in situ* da margem pós-orbital até a margem posterior da carapaça (CC) (Bueno & Shimizu 2008).

Depois de realizar as observações e mensurações necessárias os animais foram soltos de volta no riacho.

Os animais também foram mensurados da ponta do rostro até a borda médio-posterior, atrás da área areolar (CCR) (Bueno & Shimizu 2008), a fim de comparação com estudos que utilizaram esta metodologia (Bahamonde & López 1961; López 1965; Jara 1989; Rodrigues & Hebling 1978; Swiech-Ayoubi & Masunari 2001; Fransozo et al. 2003; Viau et al. 2006). A relação CC versus CCR foi dada para machos através da função $CCR = 1,0910CC + 0,8152$ ($r^2 = 0,95$), e para fêmeas pela função $CCR = 1,101496CC + 0,755623$ ($r^2=0,96$).

O período reprodutivo foi determinado por meio da observação do número de fêmeas ovígeras (= fêmeas portando ovos fecundados ou embriões no abdômen) na população (Bueno & Shimizu, 2008; Grabowski et al. 2013) ao longo dos meses amostrados. O recrutamento foi analisado a partir do aparecimento de indivíduos menores que 5 mm na população. Devido à dificuldade de observar o sexo *in situ* dos mesmos, estes não foram sexados, sendo classificados apenas como juvenis.

Para avaliar possível presença de senescência na espécie foram feitas análises exploratórias a partir de gráficos de distribuição de fêmeas ovígeras ou com gônadas desenvolvidas por classe de tamanho, bem como a observação da fecundidade através das classes de tamanho de fêmeas.

Análises exploratórias de Séries Temporais (Correlações Cruzadas) foram utilizadas para verificar uma possível correlação entre o período reprodutivo (número de fêmeas ovígeras) e a variação da temperatura mensal (Hirose & Negreiros-Fransozo 2008), bem como a correlação entre o período reprodutivo e a variação da pluviosidade mensal. As séries temporais variaram com “lag” de três meses (antecessores e sucessores) sendo aquelas com relações significativas com

coeficiente de associação igual a 1 classificadas como perfeitas; entre 0,99-0,7 classificadas como forte; 0,69-0,4 moderada; e 0,4-0,1 fracas (maiores detalhes Grabowski et al. 2014 e Castilho et al. 2015).

As armadilhas tendem a capturar os indivíduos mais ativos e, portanto, não representam a proporção sexual real, tendo em vista que coletará uma predominância maior de machos (mais ativos). Por outro lado, as armadilhas fornecerão informações importantes em escala temporal de atividades dos indivíduos, especialmente das fêmeas em período reprodutivo. Assim, a proporção sexual foi testada temporalmente com o intuito de investigar a atividade das fêmeas nos períodos que antecedem a reprodução e durante a mesma, quando as fêmeas carregam seus embriões no abdômen. Para avaliar se houve diferenças significativas entre o número de indivíduos por sexo foi utilizado o teste do Qui-Quadrado (Zar 2010).

Fêmeas com gônadas desenvolvidas foram observadas pela avaliação macroscópica da coloração das mesmas, uma vez que estas são visíveis a olho nu. Fêmeas com gônadas de coloração alaranjada forte foram identificadas no campo, referentes aos estágios 2, 3 e 4 como proposto por Bueno & Shimizu (2008):

_ Estágio 2: Lobos posteriores estão vermelho forte e claramente visível no formato de duas listras paralelas, pelo menos uma delas alcançando ou passando o segundo par de pleópodos.

_ Estágio 3: Não há mudança na cor, pelo menos um dos lobos posteriores alcançando o terceiro par de pleópodos.

_ Estágio 4: Não há mudança na cor, pelo menos um dos lobos posteriores alcançando o quarto par de pleópodo, indicando a iminente ovoposição.

O estágio 1 não foi considerado pois indica que as fêmeas não estão se reproduzindo (Bueno & Shimizu 2008).

As fêmeas ovígeras foram transportadas ao laboratório onde tiveram o seu comprimento da carapaça medido. Os ovos foram cuidadosamente removidos dos pléopodos e contados utilizando um contador manual. Para cada fêmea foram separados aleatoriamente 15 ovos que foram fotografados no sistema de imagem do estereomicroscópio ZEISS Stemi V6, ao qual foi possível mensurar o eixo maior e menor para o cálculo do volume do ovo conforme a fórmula:

$$VO = \frac{1}{6(a \times b^2 \times \pi)}$$

Onde *a* representa o eixo menor e *b* representa o eixo maior do ovo (Terossi et al. 2010; Hernáez & Wehrmann 2011).

Os ovos foram diferenciados em três estágios de desenvolvimento embrionário de acordo com Bueno & Shimizu (2008) (Figura 1):

- _ Estágio 1 (Inicial): embriões sem nenhum sinal de desenvolvimento de olhos compostos, vitelo ocupando mais de 80% do volume do ovo;
- _ Estágio 2 (Intermediário): embriões com sinais de desenvolvimento de olhos compostos, vitelo ocupando de 50% a 80% do volume do ovo;
- _ Estágio 3 (Final): embriões claramente discerníveis, e vitelo ocupando menos de 50% do volume do ovo.

Para análise de fecundidade e investimento reprodutivo foram utilizadas fêmeas com embriões no estágio 1 apenas, visto que os crustáceos tendem a perder ovos durante o desenvolvimento embrionário (Bueno & Shimizu 2008; Hernáez & Wehrmann 2011).

Após a contagem dos ovos, os mesmos e as fêmeas foram levados separadamente à estufa, onde permaneceram durante 48h a uma temperatura de

60°C para a obtenção do peso seco (Terossi et al. 2010). Para o cálculo de investimento reprodutivo foi utilizado a equação baseada na massa seca dos ovos como os embriões em 1 e na massa seca das fêmeas sem embriões (Clarke et al. 1991):

$$IV = \left(\frac{MASSA\ TOTAL\ DE\ OVOS}{MASSA\ DAS\ FÊMEAS\ SEM\ A\ MASSA\ DE\ OVOS} \right) \times 100$$

Previamente as análises, todas as variáveis quantitativas foram logaritmizadas na base 10.

Uma análise de covariância (ANCOVA) foi aplicada entre o número de ovos e o comprimento da carapaça (usando estágio embrionário como co-variável) para estimar possível perda de ovos durante o desenvolvimento (Hernández & Wehrtmann 2011).

Para detectar a relação entre volume dos ovos e estágio de desenvolvimento foi realizada uma ANCOVA usando CC como co-variável para verificar também uma possível relação entre o volume dos ovos e o tamanho da fêmea (Hernández & Wehrtmann 2011). Como no presente estudo não foi realizado experimentos de cópula em laboratório, tampouco foi observado em campo “cicatrices de cópula”, a maturidade funcional foi calculada apenas para as fêmeas em que se observou a presença de ovos fecundados aderidos aos pléopodos (Bueno & Shimizu 2008). Para este cálculo foram utilizadas apenas as fêmeas das épocas com maior intensidade reprodutiva. Foi adotado como maturidade funcional o tamanho em que 50% (CC50) das fêmeas estão reprodutivas, sendo realizada uma regressão logística (Rocha et al. 2010).

As análises de crescimento foram realizadas separadamente para machos e para fêmeas. Para esta análise foi utilizada a progressão modal, a partir do método de Von Bertalanffy (1938) que correlaciona idade com o tamanho dos animais (Simões et al. 2013). Este método acompanha o crescimento de coortes individuais na população e posteriormente é feita uma estimativa média da coorte completa. Os animais foram distribuídos em classes de tamanho de 1 mm ao longo dos meses. Para a obtenção das modas mensais foi utilizado o software “Peakfit”, versão 4.0. Os picos modais que ficaram sobrepostos foram descartados, pois representam grupos etários não reais. As progressões modais foram obtidas através da plotagem de um gráfico de dispersão de idade em dias versus CC (Simões et al. 2013).

Através do “Solver”, ferramenta inclusa no Microsoft Excel, foram obtidos os parâmetros de crescimento (CC^∞ : comprimento assintótico, k : constante de crescimento e t_0 : idade teórica em que o organismo encontra-se com tamanho igual a zero) (Simões et al. 2013).

Os resultados de crescimento e longevidade obtidos por Noro & Buckup (2003) para *Aegla leptodactyla* Buckup & Rossi, 1977 foram utilizados como valores-semente, por apresentarem valores próximos aos observados em campo para a espécie em estudo.

Dentre as coortes observadas foram selecionadas as que apresentaram valores de CC^∞ , k e t_0 biologicamente coerentes para o observado em campo, bem como comparados com a literatura (Bahamonde & Lopes 1961, Bueno & Bond-Buckup 2000, Swiech-Ayoub & Masunari 2001, Noro & Buckup 2003, Boos Jr et al. 2006, Silva-Castiglioni et al. 2006, Silva-Gonçalves et al. 2009, Cohen et al. 2011, Trevisan & Santos 2011).

Foi realizada uma correção das idades obtidas através do intervalo entre as coletas e os valores de t_0 obtidos. Os resultados, juntamente com os comprimentos modais foram utilizados no cálculo da curva de crescimento média de acordo com a equação proposta por Von Bertalanffy (1938): $CC_t = CC_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$. Onde CC_t corresponde ao tamanho atingido pelo indivíduo na idade “t” (Simões 2013). Depois de obtidas as curvas médias para machos e fêmeas, os resultados foram submetidos ao teste “F” para a comparação das mesmas (Cerrato 1990). A análise de longevidade dos indivíduos foi realizada a partir da fórmula inversa de Von Bertalanffy (1938) com uma adaptação sugerida por D’Incao & Fonseca (1999), sendo $t_0=0$ e $CC_i/CC_\infty=0,99$. Logo a equação é dada por: $t_{max} = 0 - (1/k)\text{Ln}[1 - (CC_i/CC_\infty)]$.

Resultados

No total foram amostrados 1325 machos e 877 fêmeas ao longo dos meses. Os machos amostrados apresentaram o comprimento da carapaça variando de 5,5 mm a 20 mm, enquanto as fêmeas variaram de 5,2 mm até 19,67 mm.

Fêmeas ovígeras foram coletadas em 2013 durante outubro e novembro, sendo o último mês coletado apenas um indivíduo. Já em 2014, as fêmeas ovígeras foram registradas em maio a setembro e dezembro (um único indivíduo). Portanto, estima-se um período reprodutivo de 8 meses com maior intensidade durante o final do outono e inverno (junho – agosto), quando houve uma queda na temperatura da região (Figuras 2 e 3). Portanto, a periodicidade reprodutiva de *A. marginata* foi de 6 meses, retirando aqueles com a captura de apenas uma fêmea ovígera. Nos meses antecedentes ao período reprodutivo observou-se um aumento no número de fêmeas em relação ao número de machos na população (Figura 2).

A análise de correlação cruzada mostrou uma relação negativa forte ($r > 0,7$), entre a temperatura e o número de fêmeas ovígeras. Esta relação se mostrou significativa no tempo lag 0 (time lag 0, $r = - 0,88$) e no tempo lag 1 (time lag 1, $r = - 0,78$) (Figura 4). Portanto, o período reprodutivo surge simultaneamente à queda na temperatura (Figura 3). Em relação à pluviosidade, foi constatado uma relação negativa moderada ($0,4 < r < 0,7$) no instante atual (time lag 0) (Figura 5).

As fêmeas em estágio gonadal desenvolvido foram registradas em abril, maio e junho de 2014. A menor fêmea ovígera apresentou 8,60 mm de comprimento de carapaça, enquanto a maior foi 17,9 mm ($t = 14,7$ meses). A maturidade funcional populacional (CC50) das fêmeas foi obtida em 9,28 mm. A razão sexual foi significativa (Qui-quadrado, $p < 0,05$) com mais machos do que fêmeas nos meses de outubro de 2013 e de maio a dezembro de 2014. Apenas em fevereiro, a razão sexual foi significativamente ($p < 0,05$) desviada a favor das fêmeas (Figura 2).

O recrutamento juvenil foi identificado a partir de dezembro de 2013 se estendendo até setembro 2014 (Figura 6). No entanto, o aparecimento dos jovens ocorreu de fato em dezembro/2013 (primavera), quando foram amostrados os primeiros indivíduos juvenis (Figura 6). Nos meses subsequentes foi possível verificar o crescimento dos mesmos (Figura 6).

O número de ovos variou de 40 a 146, com uma média de fecundidade de $95 \pm 31,5$ ovos. O investimento reprodutivo variou de 2,7% a 20,9% do peso total da fêmea, com uma média de 10,8%.

Durante o período de desenvolvimento embrionário foi constatado uma relação positiva entre o número de ovos com o tamanho da fêmea (ANCOVA, $F=9,95$; $p < 0,05$), porém não foi detectada perda significativa de ovos (ANCOVA, $F=0,48$; $p > 0,05$).

O volume do ovo apresentou uma relação positiva com o tamanho da fêmea (ANCOVA, $F=41,90$; $p<0,001$), porém não foi verificada diferença entre o volume dos ovos e os estágios de desenvolvimento embrionário (ANCOVA, $F=1,12$; $p>0,05$). O volume médio dos ovos foi de $1,32\pm 0,29 \text{ mm}^3$ (Volume \pm DP).

As fêmeas ovígeras estão concentradas (71,43%) entre as classes de tamanho de 10-12,9mm, enquanto as fêmeas com a gônada desenvolvida estão concentradas (63,77%) entre as classes de tamanho de 11-13,9mm (Figura 7). Do total dessas fêmeas, 17 apresentaram embriões no estágio inicial, 10 no estágio intermediário, e cinco no estágio final. Como não houve perda significativa de ovos e há uma relação positiva entre o número de ovos e o tamanho da carapaça, ovos em todos os estágios embrionários foram utilizados para a inspeção de possível senescência (figura 8).

A partir das modas obtidas foram selecionadas 8 coortes para machos e 6 coortes para fêmeas (Figura 9). As curvas de crescimento médio foram construídas pelo agrupamento das coortes de machos e fêmeas separadamente (Figura 10). A partir destas curvas foram determinadas as fórmulas de crescimento e a longevidade. Para machos a fórmula gerada é representada por $CC_{\infty} = 20,66 [1 - e^{-0,0051(t + 0,116)}]$ com uma longevidade de 2,43 anos ($r^2 = 0,94$). Para fêmeas a fórmula gerada é dada por $CC_{\infty} = 20,04 [1 - e^{-0,005(t - 0,131)}]$ com uma longevidade de 2,49 anos ($r^2 = 0,95$). O teste de comparação “F” mostrou diferença significativa entre as duas curvas ($p = 0,03$), logo uma única curva não pode ser utilizada para ambos os sexos.

Discussão

A periodicidade reprodutiva de oito meses identificada até então para *A. marginata* é similar à outra espécie localizada em latitude próxima: *Aegla schmitti* Hobbs III, 1979 (25°29'S) (Tabela 1). A maior intensidade reprodutiva restrita aos períodos mais frios do outono e inverno corroboram a proposta de origem do grupo em regiões com altas latitudes (Pérez-Losada et al. 2004), justificando o padrão encontrado de reprodução sazonal em baixas latitudes (Cohen et al. 2011), enquanto que as espécies localizadas em regiões mais frias (latitudes superiores) a reprodução tende a ser contínua devido à manutenção da temperaturas baixas no ano todo (Bueno & Shimizu 2008).

Em eglídeos, o recrutamento é visto geralmente na primavera (Bueno & Bond-Buckup 2000; Dalosto et al. 2014). No presente estudo, provavelmente a eclosão dos jovens oriundos do pico reprodutivo de 2013 ocorreu em outubro e novembro (primavera), entretanto, o recrutamento, de fato, foi registrado na coleta de dezembro de 2013, sendo encontrado juvenis (5 mm) até agosto-setembro do ano seguinte, reforçando o longo período reprodutivo. A maior concentração de juvenis durante fevereiro a abril de 2014 deve estar relacionado ao pico reprodutivo mais intenso da espécie durante o inverno do ano anterior. Gonçalves et al. (2006) também observou o recrutamento para *Aegla franciscana* Buckup & Rossi, 1977 no mesmo período do presente estudo com a identificação de juvenis com porte similar (5 mm).

Durante o período reprodutivo a razão sexual foi desviada para machos, devido a diferenças comportamentais entre os sexos, onde as fêmeas passam a apresentar comportamento críptico quando estão carregando seus embriões,

permanecendo por um longo período em abrigos e refúgios (Cohen et al. 2011) e, portanto, sendo coletadas em baixa quantidade no método de amostragem por armadilha, que captura os indivíduos mais ativos.

Em abril e maio foram encontradas na população fêmeas com gônadas desenvolvidas. Este pico de atividade nos meses antecedentes ao período reprodutivo sugere que as fêmeas estão a procura de alimento para armazenar energia para o próximo período reprodutivo onde passarão a apresentar comportamento críptico descrito acima. De acordo com López Greco & Rodriguez (1999), a menor fêmea ovígera pode ser considerada o “tamanho funcional mínimo”, enquanto o valor obtido CC50 corresponde com o “tamanho funcional populacional”.

Os trabalhos envolvendo os aspectos de produção de ovos com *Aegla* ainda são escassos na literatura e comparações feitas com demais trabalhos devem ter cautela uma vez que metodologias e análises diferentes foram empregadas nos estudos (López 1965; Burns 1972; Jara 1977; Noro & Buckup 2002; Lizardo-Daudt & Bond-Buckup 2003; Gonçalves et al. 2006; Bueno & Shimizu 2008; Rocha et al. 2010). No entanto, é visível um padrão latitudinal para a fecundidade e tamanho dos ovos, onde em latitudes maiores há animais com uma maior quantidade de ovos de um tamanho reduzido, enquanto em latitudes menores notam-se animais com uma menor quantidade de ovos, porém estes apresentam dimensões superiores (Tabela II).

A tendência latitudinal na quantidade e tamanho dos ovos pode estar relacionada à origem do grupo, uma vez que os eglídeos provavelmente colonizaram as águas continentais a aproximadamente 75 milhões de anos, oriundos do Pacífico (Pérez-Losada et al. 2004). De acordo com os mesmos autores, as espécies mais

próximas do Pacífico e ao sul do América do Sul são mais primitivas comparadas com as demais. Logo essa tendência de maior número de ovos e em menores volumes registrados nas espécies de maior latitude pode ser um reflexo evolucionário (Vogt 2013), pois ao longo da conquista do ambiente dulcícola por parte dos eglídeos, as espécies mais derivadas foram se adaptando para ter um menor número de ovos de tamanhos maiores, aumentando assim a eficiência reprodutiva.

A relação positiva observada entre o número de ovos e o tamanho do animal também foi descrita nas espécies *Aegla leptodactyla* Buckup & Rossi, 1977 (Noro & Buckup 2002); *Aegla franciscana* Buckup & Rossi, 1977 (Gonçalves et al. 2006) e *Aegla franca* Schmitt, 1942 (Bueno & Shimizu 2008). Logo, o crescimento alométrico positivo para o abdômen de fêmeas de *Aegla* (Capítulo 1) possibilita que o animal tenha um maior número de ovos, aumentando a eficiência reprodutiva.

No presente trabalho não foi observado nenhum tipo de perda significativa de ovos pelas fêmeas e entre os estágios de desenvolvimento embrionário. Martin & Felgenhauer (1986) estudaram o hábito de “grooming” em *Aegla platensis* Schmitt, 1942 e *Aegla uruguayana* Schmitt, 1942. Este hábito tem como objetivo a limpeza de partículas sólidas e a remoção de organismos prejudiciais. Foi visto nas espécies acima que as fêmeas utilizam o quinto par de pereiópodo na limpeza da massa de ovos.

Provavelmente, a limpeza constante dos ovos, junto à câmara abdominal fechada e ao fato das fêmeas ovígeras geralmente se abrigarem em ambientes de baixa correnteza, proporcionem que não haja perda de ovos durante o período incubatório.

A diminuição de fêmeas ovíferas e com gônadas desenvolvidas em tamanhos superiores (>14 mm), sendo que as mesmas apresentaram um menor número de ovos, é um indicativo que as fêmeas desta população contribuam de maneira menos efetiva com a reprodução conforme crescem. Independente da espécie é possível que a seleção natural favoreça reprodutivamente os indivíduos durante o primeiro ciclo de reprodução (Charlesworth 1993, Rocha et al. 2010). Propomos, portanto, a ocorrência de senescência em *A. marginata*, cujas fêmeas adultas conforme crescem possuem um declínio na sobrevivência e na eficiência reprodutiva (Charlesworth 1993), fenômeno já identificado para *Aegla strinatii* Türkay, 1972 (Rocha et al. 2010).

Estudos com volume de ovos demonstram aumento no tamanho de ovos ao longo da embriogênese (Bueno & Shimizu 2008; Rocha et al. 2010). Em contrapartida, Verdi (1985) e Lizardo-Daudt & Bond-Buckup (2003) não encontraram diferenças significativas no volume dos ovos nos diferentes estágios de desenvolvimento, o que corrobora ao presente trabalho, porém, são necessários futuros estudos focados na produção de ovos de eglídeos para elucidar melhor esta questão do volume do ovo ao longo da embriogênese.

O investimento reprodutivo médio de 10,8% encontrado para *A. marginata* é próximo aos valores encontrados para outros anomúros que variam de 3 a 10% (Lardies & Wehrtmann 1996, Hernáez & Palma 2003, Hernáez & Wehrtmann 2011). Apesar desses valores serem relativamente baixos, a quantidade de energia é o suficiente para garantir o sucesso do desenvolvimento embrionário (Hernáez & Wehrtmann 2011).

O maior macho (20 mm) e a maior fêmea (19,67 mm) estão muito próximos dos valores obtidos para o crescimento máximo dos indivíduos: 20,66 e 20,04 para

machos e fêmeas, respectivamente. Deste modo, é possível afirmar que a população foi amostrada como um todo.

Quando comparado latitudinalmente em relação ao crescimento e longevidade (Tabela III) não há um padrão latitudinal claro. Porém na maioria das espécies os machos tem um crescimento ligeiramente maior que as fêmeas, exceto para *A. platensis* (Bueno & Buckup 2000), a qual a fêmea cresce mais que o macho. Em relação à longevidade, as fêmeas tendem a viver um pouco mais que os machos, exceto em *A. manuinflata* (Trevisan & Santos 2011).

Em *A. platensis* (Bueno & Buckup 2000), os autores atribuíram esta diferença no crescimento devido às amostragens que capturaram poucos machos de tamanhos grandes. Em *A. manuinflata* (Trevisan & Santos 2011), os autores atribuíram esta diferença na longevidade devido a uma taxa maior de mortalidade das fêmeas durante o período de incubação dos ovos.

Os valores de CC_{∞} , k , t_0 e longevidade encontrados para machos e fêmeas de *A. marginata* são muito próximos. Provavelmente, por tais animais viverem em condições ambientais como fotoperíodo e temperaturas semelhantes, tendem a apresentar o crescimento similar (Trevisan & Santos 2011).

Os machos tendem a ter um crescimento maior que as fêmeas devido à alocação diferenciada de energia, pois investem no crescimento ontogenético enquanto as fêmeas investem boa parte de sua energia para a reprodução (Silva-Gonçalves 2009).

Por fim, a partir das análises dos dados podemos propor que em *A. marginata* o padrão de crescimento é similar entre os sexos. Um único pico reprodutivo anual seguido por um pico de recrutamento foi registrado sazonalmente, corroborando ao padrão latitudinal proposto ao gênero *Aegla* por diversos autores (Buenos & Shimizu

2008; Rocha et al. 2010; Cohen et al. 2011). Este mesmo padrão latitudinal também foi verificado para as análises de fecundidade, investimento reprodutivo e volume dos ovos.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a toda equipe de trabalho do nosso laboratório pelo auxílio nas coletas bem como a toda equipe do Parque Estadual Intervales. A CAPES pela concessão da bolsa de fomento. Ao ICMBio e ao COTEC pela licença de coleta. E por fim agradecer pelos conselhos dos pesquisadores Dr. Gustavo Monteiro Teixeira, Dra. Sabrina Morilhas Simões e Dr. Sérgio L. S. Bueno.

Referências

- Bahamonde N, López M. T. 1961. Estudios biológicos en la población de *Aegla laevis laevis* (Latreille) de el Monte (Crustacea, Decapoda, Anomura). Investigaciones Zoológicas Chilenas. 7: 19-58.
- Bond-Buckup G, Buckup L. 1994. A família *Aeglidae* (Crustacea, Decapoda, Anomura). Arquivos de Zoologia. 32: 159-346.
- Boos Jr, H, Silva-castiglioni D, Schacht K, Buckup L, Bond-Buckup G. 2006. Crescimento de *Aegla Jaraí* Bond-Buckup & Buckup (Crustacea, Anomura, Aeglidae). Revista Brasileira de Zoologia. 23(2): 490–496.
- Bueno AAP, Bond-Buckup G. 2000. Dinâmica populacional de *Aegla platensis* Schmitt (Crustacea, Decapoda, Aeglidae). Revista Brasileira de Zoologia. 17: 43–49.

- Bueno SLS, Shimizu RM. 2008. Reproductive biology and functional maturity in females of *Aegla franca* (DECAPODA: ANOMURA: AEGLIDAE). *Journal of crustacean biology*. 28: 652–662.
- Burns JW. 1972. The distribution of South American freshwater crabs (*Aegla*) and their role in trout streams and lakes. *Transactions of the American Fisheries Society*. 101: 595-607.
- Castilho AL, Bauer RT, Freire FAM, Fransozo V, Costa RC, Grabowski RC, Fransozo A. (2015). Lifespan and reproductive dynamics of the commercially important sea bob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Penaeoidea): synthesis of a 5-year study. *Journal of Crustacean Biology*.
- Cerrato RM. 1990. Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*: 47: 1416–1426.
- Clarke A, Hopkins CC, Nilssen EM. 1991. Egg size and reproductive output in the deep water prawn *Pandalus borealis* Kroyer, 1838. *Functional ecology*. 5: 724–730.
- Cohen FPA, Takano BF, Shimizu RM, Bueno SLS. 2011. Life Cycle and Population Structure of *Aegla paulensis* (Decapoda: Anomura:Aeglidae). *Journal of Crustacean Biology*. 31: 389-395.
- Charlesworth B. 1993. Evolutionary mechanisms of senescence. *Genetica*. 91: 11–19.
- Dalosto MM, Palaoro AV, Oliveira DD, Samuelsson E, Santos S. 2014. Population biology of *Aegla platensis* (Decapoda : Anomura : Aeglidae) in a tributary of the Uruguay River , state of Rio Grande do Sul , Brazil. *Zoologia*. 31: 215–222.

- D'Incao F, Fonseca, DB. 1999. Performance of the von Bertalanffy growth curve in penaeid shrimp: a critical approach. Proceedings of the fourth international crustacean congress, Amsterdam, The Netherlands. 5 p.
- Fransozo A, Costa RC, Reigada ALD, Nakagaki JM. 2003. Population structure of *Aegla castro* Schmitt, 1942 (Crustacea : Anomura : Aeglidae) from Itatinga (SP), Brazil . Acta Limnologica Brasiliensia. 15: 13–20.
- Gonçalves RS, Castiglioni DS, Bond-Buckup G. 2006. Ecologia populacional de *Aegla franciscana* (Crustacea, Decapoda, Anomura) em São Francisco de Paula, RS, Brasil. Inheringia, Serie de Zoologia. 96: 109–114.
- Grabowski RC, Santos S, Castilho AL. 2013. Reproductive ecology and size of sexual maturity in the anomuran crab *Aegla parana* (Decapoda: Aeglidae). Journal of Crustacean Biology. 33: 332–338.
- Grabowski RC, Simões SM, Castilho AL. 2014. Population structure, sex ratio and growth of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda, Penaeidae) from coastal waters of southern Brazil. Zookeys. 457: 253-269.
- Hernández P, Palma S. 2003. Fecundidad , volumen del huevo y rendimiento reproductivo de cinco especies de porcelánidos intermareales del norte de Chile (Decapoda , Porcellanidae). Investigaciones Marinas. 31(2): 35–46.
- Hernández, P, Wehrtmann IS. 2011. Sexual maturity and egg production in an unexploited population of the red squat lobster *Pleuroncodes monodon* (Decapoda, Galatheidae) from Central America. Fisheries Research. 107: 276–282.
- Hirose GL, Negreiros-Fransozo ML. 2008. Population biology of *Uca maracoani* Latreille 1802-1803 (Crustacea , Brachyura , Ocypodidae) on the south-eastern coast of Brazil. Pan-American Journal of Aquatic Sciences: 3: 373–383.

- Jara CG. 1977. *Aegla rostrata* n. sp. (Decapoda, Aeglididae), nuevo crustáceo dulceacuícola del sur de Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 12: 165-176.
- Jara CG. 1989. *Aegla denticulata lacustris*, new subspecies, from Lake Rupanco, Chile (Crustacea: Decapoda: Anomura: Aeglididae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 102: 385-393.
- Lardies MA, Wehrtmann IS. 1996. Aspects of the reproductive biology of *Petrolisthes laevigatus* (Guérin, 1835) (Decapoda, Anomura, Porcellanidae). I: Reproductive output and chemical composition of eggs during embryonic development. *Archives of Fishery and Marine Research*. 43, 121–135
- Lizardo-daudt HM, Bond-buckup G. 2003. Morphological aspects of the embryonic development of *Aegla platensis* (Decapoda, Aeglididae). *Crustaceana*. 76: 13–25.
- López MT. 1965. Estudos biológicos em *Aegla oderbrechtti paulensis*, Schmitt. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, série Zoologia*. 25: 301-314.
- López-Greco LS, Rodríguez EM. 1999. Size at the onset of sexual maturity in *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851 (Grapsidae, Sesarminae): a critical overall view about the usual criteria for its determination. *Crustacean and the biodiversity crisis*. Leiden, Brill. p 675-689.
- Martin, J. W. & Felgenhauer, B. E. 1986. Grooming behaviour and the morphology of grooming appendages in the endemica South American crab genus *Aegla* (Decapoda, Anomura, Aeglididae). *Journal of Zoology*. 209: 213–224.

- Noro CK, Buckup L. 2002. Biologia reprodutiva e ecologia de *Aegla leptodactyla* Buckup & Rossi (Crustacea, Anomura, Aeglidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 19: 1063–1074.
- Noro CK, Buckup L. 2003. O crescimento de *Aegla leptodactyla* Buckup & Rossi (Crustacea, Anomura, Aeglidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 20(2): 191–198.
- Oyanedel A, Moya C, Kiessling G, Salvo J, Olmos V, Valdovinos C, Sandoval N. 2011. The Southernmost Freshwater Anomurans of the World: Geographic Distribution and New Records of Patagonian Aeglids (Decapoda: Aeglidae). *Journal of Crustacean Biology*. 31: 396–400.
- Palaoro AV, Ayres-Peres L, Santos S. (2013). Modulation of male aggressiveness through different communication pathways. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 67: 283–292.
- Pérez-losada M, Bond-Buckup G, Jara CG, Crandall KA. 2004. Molecular systematics and biogeography of the southern South American freshwater “crabs” *Aegla* (Decapoda: Anomura: Aeglidae) using multiple heuristic tree search approaches. *Systematic Biology*. 53: 767–80.
- Pérez-Losada, M., Bond-Buckup, G., Jara, C. G., & Crandall, K. a. (2009). Conservation assessment of southern South American freshwater ecoregions on the basis of the distribution and genetic diversity of crabs from the genus *Aegla*. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 23(3), 692–702. doi:10.1111/j.1523-1739.2008.01161.x
- Rocha SS, Bueno SLS. 2004. Crustáceos decápodes de água doce com ocorrência no Vale do Ribeira de Iguape e Rios Costeiros adjacentes, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 21: 1001-1010.

- Rocha SS, Shimizu RM, Bueno SLS. 2010. Reproductive Biology in Females of *Aegla strinatii* (Decapoda: Anomura: Aeglidae). *Journal of Crustacean Biology*. 30: 589–596.
- Rodrigues W, Hebling NJ. 1978. Estudos biológicos em *Aegla perobae* Hebling and Rodrigues, 1977 (Decapoda, Anomura). *Revista Brasileira de Biologia*. 38: 383-390.
- Santos S, Bond-Buckup G, Buckup L, Pérez-Losada M, Finley M, Crandall KA. 2012. Three new species of *Aegla* (Anomura) freshwater crabs from the upper Uruguay River hydrographic basin in Brazil. *Journal of Crustacean Biology*. 32: 529-540.
- Santos S, Jara C, Bartholomei-Santos ML, Pérez-Losada M, Crandall KA. 2013. New species and records of the genus *Aegla* Leach, 1820 (Crustacea, Anomura, Aeglidae) from the West-Central region of Rio Grande do Sul, Brazil. *Nauplius*. 21: 211–223.
- Santos S, Bond-Buckup G, Buckup L, Loureiro TG, Gonçalves AL, Verdi A, Scarabino F, Clavijo C. 2014. The Aeglidae in Uruguay (Decapoda, Anomura), with the description of a new species of *Aegla*. In: Yeo, D., Cumberlidge, N. & Klaus, S. *Advances in Freshwater Decapod Systematics and Biology*. Brill, 302p.
- Silva-Castiglioni D, Barcelos DF, Santos S. 2006. Crescimento de *Aegla longirostri* Bond-Buckup & Buckup (Crustacea, Anomura, Aeglidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 23(2): 408–413.
- Silva-Gonçalves R, Bond-Buckup G, Buckup L. 2009. Crescimento de *Aegla itacolomiensis* (Crustacea, Decapoda) em um arroio da Mata Atlântica no sul do Brasil. *Inheringia, Serie de Zoologia*. 99(4): 397–402.

- Simões SM, D’Incao F, Fransozo A, Castilho AL, Costa RC. 2013. Sex ratio, growth and recruitment of the pelagic shrimp *Acetes americanus* on the southeastern coast of Brazil. *Journal of Crustacean Biology*. 33(1): 1–9.
- Siqueira AF, Palaoro AV, Santos S. 2013. Mate preference in the neotropical freshwater crab *Aegla longirostri* (Decapoda: Anomura): does the size matter? *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*.
- Sokolowicz CC, Ayres-Perez L, Santos S. 2007. Atividade nictimeral e tempo de digestão de *Aegla longirostri* (Crustacea, Decapoda, Anomura). *Inheringia, Série Zoologia*. 97: 235-238.
- Swiech-Ayoub BDP, Masunari S. 2001. Biologia reprodutiva de *Aegla castro* Schmitt (Crustacea , Anomura , Aeglidae) no Buraco do Padre , Ponta Grossa, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18: 1019–1030.
- Terossi MR, Wehrtmann IS, Mantelatto FL. 2010. Interpopulation Comparison of Reproduction of the Atlantic Shrimp *Hippolyte obliquimanus* (Caridea: Hippolytidae). *Journal of Crustacean Biology*. 30: 571-579
- Trevisan A, Santos S. 2011. Crescimento de *Aegla manuinflata* (Decapoda, Anomura, Aeglidae) em ambiente natural. *Inheringia, Serie de Zoologia*. 101(4): 336–342.
- Trevisan A, Marochi MZ, Costa M, Santos S, Masunari S. 2012. Sexual dimorphism in *Aegla marginata* (Decapoda: Anomura). *Nauplius*. 20: 75-86.
- Verdi, A. C. 1985. Estudio del desarrollo embrionario en *Aegla prado* Schmitt (Crustacea, Decapoda, Anomura). *Actas de las Jornadas de Zoología del Uruguay*. 36-37.

Viau VE, López-Greco LS, Bond-Buckup G, Rodríguez EM. 2006. Size at the onset of sexual maturity in the anomuran crab, *Aegla uruguayana* (Aeglidae). *Acta Zoologica*. 87: 253-264.

Vogt, G. (2013). Abbreviation of larval development and extension of brood care as key features of the evolution of freshwater Decapoda. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 88(1), 81–116. doi:10.1111/j.1469-185X.2012.00241.x

von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* 10: 181-213

Zar J. 2010. *Biostatistical analysis*. New Jersey, 5th ed., Prentice Hall.

Tabela I: Período reprodutivo de eglídeos em diferentes localidades geográficas. Adaptada de Bueno & Shimizu (2008).

Espécie	Latitude (S)	Período Reprodutivo (meses)	Referência
<i>A. franca</i>	20°18'	Maio-Agosto (4)	Bueno & Shimizu, 2008
<i>A. perobae</i>	22°37'	Abril-Agosto (5)	Bueno <i>et al.</i> , 2014
<i>A. perobae</i>	22°33"	Abril-Outubro (7)	Rodrigues & Hebling, 1978
<i>A. castro</i>	23°08'	Maio-Junho (2)	Fransozo <i>et al.</i> , 2003
<i>A. paulensis</i>	23°27'	Março-Julho possivelmente Agosto(5-6)	Cohen <i>et al.</i> , 2011
<i>A. paulensis</i>	23°47'	Maio-possivelmente Junho-Outubro (2-6)	López, 1965
<i>A. marginata</i>	24°16'	Maio-Outubro (6)	Presente estudo
<i>A. strinatii</i>	24°38'	Maio-Setembro (5)	Rocha <i>et al.</i> , 2010
<i>A. parana</i>	25°05'	Abril-Agosto (5)	Grabowski <i>et al.</i> , 2013
<i>A. schmitti</i>	25°29'	Abril-Novembro (8)	Teodósio & Masunari, 2009
<i>A. castro</i>	25°5'	Maio-Outubro (6)	Swiech-Ayoub & Masunari, 2001
<i>A. platensis</i>	27°25'	Janeiro-Dezembro (12)	Dalosto <i>et al.</i> , 2014
<i>A. leptodactyla</i>	28°38'	Abril-Setembro (6)	Noro & Buckup, 2002
<i>A. longirostri</i>	29°24'	Julho-Março (9)	Colpo <i>et al.</i> , 2005
<i>A. franciscana</i>	29°26'	Junho-Outubro (5)	Gonçalves <i>et al.</i> , 2006
<i>A. platensis</i>	29°46'	Janeiro-Dezembro (12)	Bueno & Bond-Buckup, 2000
<i>A. laevis</i>	33°42'	Março-Outubro (8)	Bahamonde & Lopez, 1961
<i>A. uruguayana</i>	34°14'	Janeiro-Dezembro (12)	Viau <i>et al.</i> , 2006
<i>A. denticulata lacustris</i>	40°49'	Março-Outubro (8)	Jara, 1989

Tabela II: Compilação de dados de fecundidade, tamanho de ovo e tamanho da menor fêmea ovígera (CC = comprimento da carapaça sem o rostro, CCR = comprimento da carapaça com o rostro) em diferentes espécies de eglídeos de diferentes regiões. Adaptada de Bueno & Shimizu 2008.

Espécie	Latitude (S)	Fecundidade (n° de ovos)	Menor Fêmea Ovígera (mm)	Tamanho médio dos ovos (\pm DP mm)	Referência
<i>A. franca</i>	20°18'	57-193	12,06(CC)	1,34 \pm 0,11	Bueno & Shimizu, 2008
<i>A. perobae</i>	22°33'	-	11,8 (CCR)	1,336	Rodrigues & Hebling, 1978
<i>A. paulensis</i>	23°47'	64-113	11,5(CCR)	1,299 \pm 0,006	López, 1965
<i>A. marginata</i>	24°16'	42-146	8,60(CC)	1,32 \pm 0,29	Presente Estudo
<i>A. strinatii</i>	24°38'	1-325	15,63(CC)	-	Rocha et al., 2010
<i>A. leptodactyla</i>	28°38'	115-368	14,09(CC)	-	Noro & Buckup, 2002
<i>A. franciscana</i>	29°26'	28-210	9,19(?)	1,35	Gonçalves et al., 2006
<i>A. laevis</i>	33°42'	120-400	12,5(CCR)	1,075	Bahamonde & López, 1961
<i>A. rostrata</i>	39°46'	699-1043	-	1,2 \pm 0,003	Jara, 1977

Tabela III: Compilação dos dados de crescimento e longevidade de espécies de églideos. CC_{∞} em mm, Longevidade em anos.

Espécie	Latitud e (S)	$CC_{\infty}^{\text{♂}}$ (mm)	Long. ♂ (anos)	$CC_{\infty}^{\text{♀}}$ (mm)	Long. ♀ (anos)	Referência
<i>A. paulensis</i>	23°27'	21,25	2,82	16,52	3,35	Cohen et al. 2011
<i>A. marginata</i>	24°16'	20,66	2,43	20,04	2,49	Presente estudo
<i>A. castro</i>	25°05'	-	2	-	2	Swiech-Ayoub & Masunari 2001
<i>A. jarai</i>	27°7'	25,11	2	23,56	2	Boos Jr et al. 2006
<i>A. leptodactyla</i>	28°38'	19,83	-	18,96	-	Noro & Backup 2003
<i>A. longirostri</i>	29°	27,9	1,9	21,45	2	Silva-Castiglioni et al. 2006
<i>A. itacolomiensis</i>	29°33'	23,21	2,2	19,49	2,5	Silva-Gonçalves et al. 2009
<i>A. manuinflata</i>	29°37'	28	3	25,13	2,5	Trevisan & Santos 2011
<i>A. platensis</i>	29°46'	17,39	2,5	19,12	2,5	Bueno & Backup 2000
<i>A. laevis laevis</i>	33°	-	3	-	3	Bahamonde & Lopes 1961

Legendas e figuras

Figura 1: Estágios de desenvolvimento dos embriões de *Aegla marginata* coletados no Parque Estadual de Intervales (São Paulo). I) Estágio inicial; II) Estágio Intermediário; e III) Estágio Final.

Figura 2: *Aegla marginata*. Frequência de fêmeas discriminando as não ovígeras (F) e as ovígeras (F Ov.). A linha apresenta a razão sexual, sendo calculada pelo número de fêmeas dividido pelo número total de indivíduos por mês (machos+fêmeas) e, portanto, > que 50% a razão esta desviada a favor das fêmeas e < que 50% a favor dos machos.

Figura 3: Média da temperatura (\pm desvio padrão °C) e número de fêmeas ovígeras de *Aegla marginata* capturas ao longo dos meses de coleta.

Figura 4: Análise das Séries Temporais (correlação cruzada) entre a média mensal de temperatura e o número de fêmeas ovígeras de *Aegla marginata* ($\alpha = 5\%$).

Figura 5: Análise das Séries Temporais (correlação cruzada) entre a média mensal da pluviosidade e o número de fêmeas ovígeras de *Aegla marginata* ($\alpha = 5\%$).

Figura 6: *Aegla marginata*. Número de juvenis não sexados e tamanho médio (\pm desvio padrão mm) dos mesmos ao longo do período de coleta.

Figura 7: *Aegla marginata*. Frequência (%) de fêmeas ovígeras e com a gônada desenvolvida (DE) por classes de tamanho.

Figura 8: Número médio de ovos (\pm DP) considerando todos os estágios de desenvolvimento por classe de tamanho de fêmeas.

Figura 9: *Aegla marginata*. Histogramas de frequência do comprimento da carapaça de machos e fêmeas coletados de setembro de 2013 a dezembro 2014. Linhas representam as coortes observadas durante o estudo que descrevem o crescimento individual. Números seguidos de * indicam continuação da coorte.

Figura 10: *Aegla marginata*. Curva média de crescimento (meio) estimada para machos e fêmeas da região coletada de setembro de 2013 a dezembro de 2014, baseada no modelo de crescimento de von Bertalanffy. Curvas de fora: Intervalo de confiança de 95%.



Figura 1

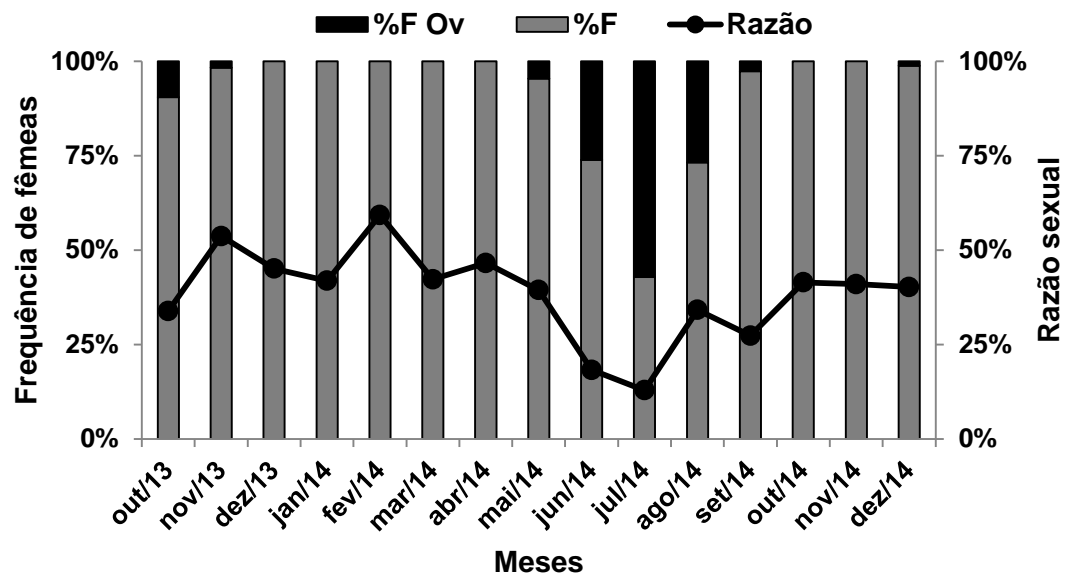


Figura 2

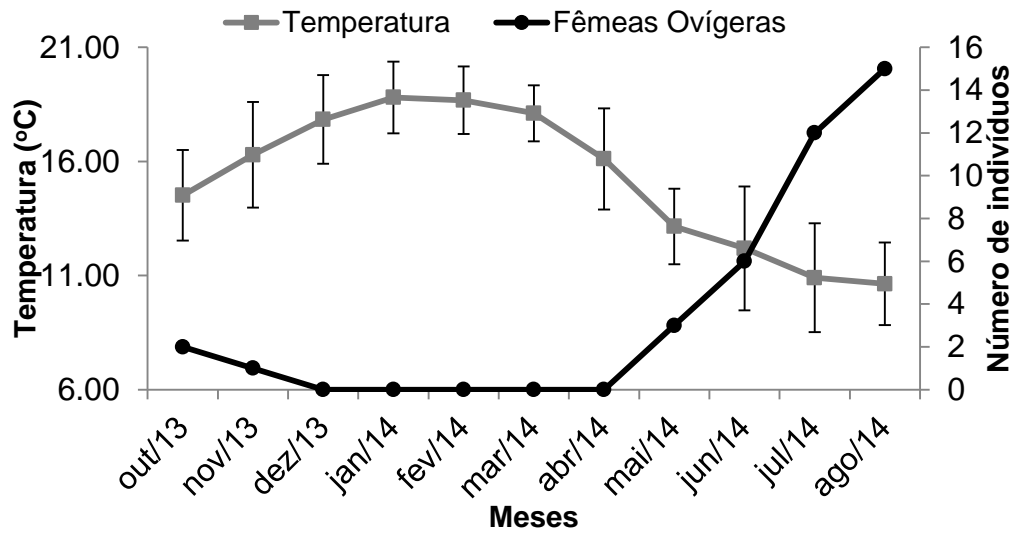


Figura 3

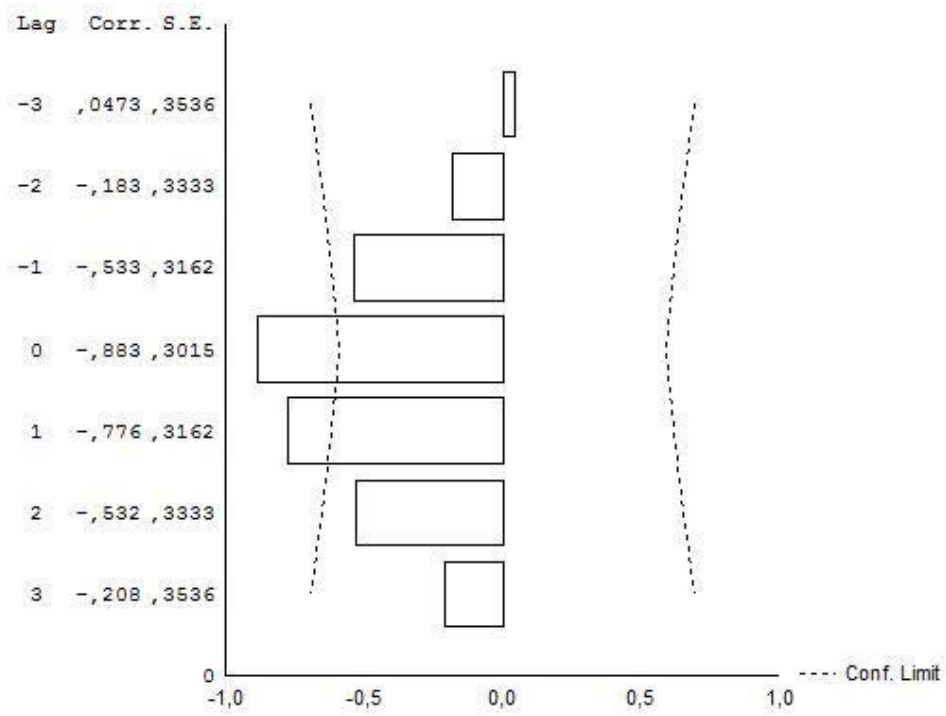


Figura 4

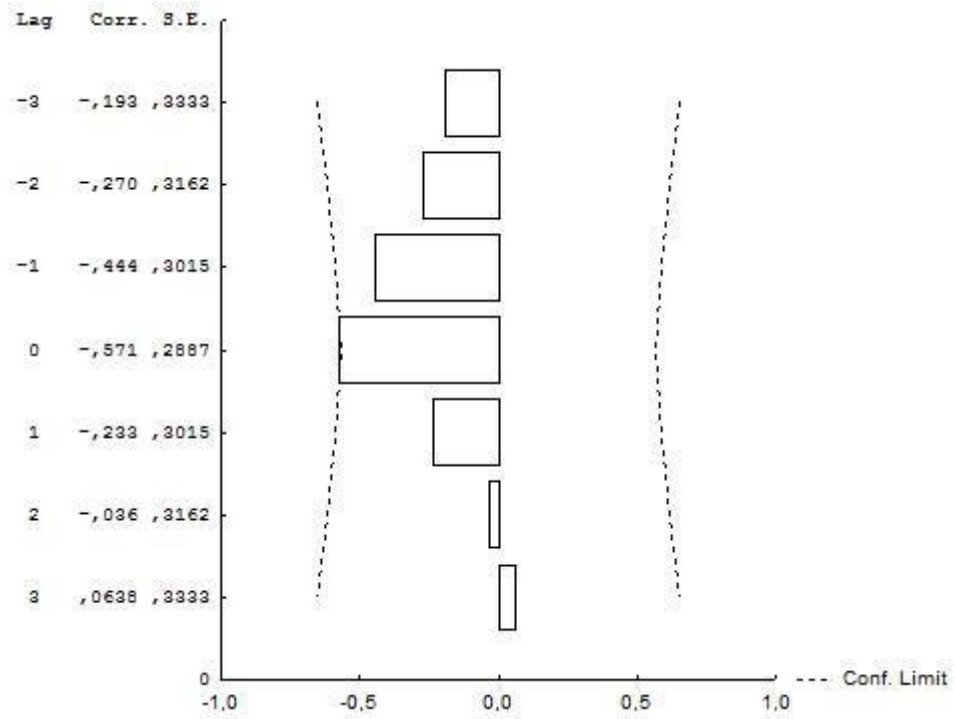


Figura 5

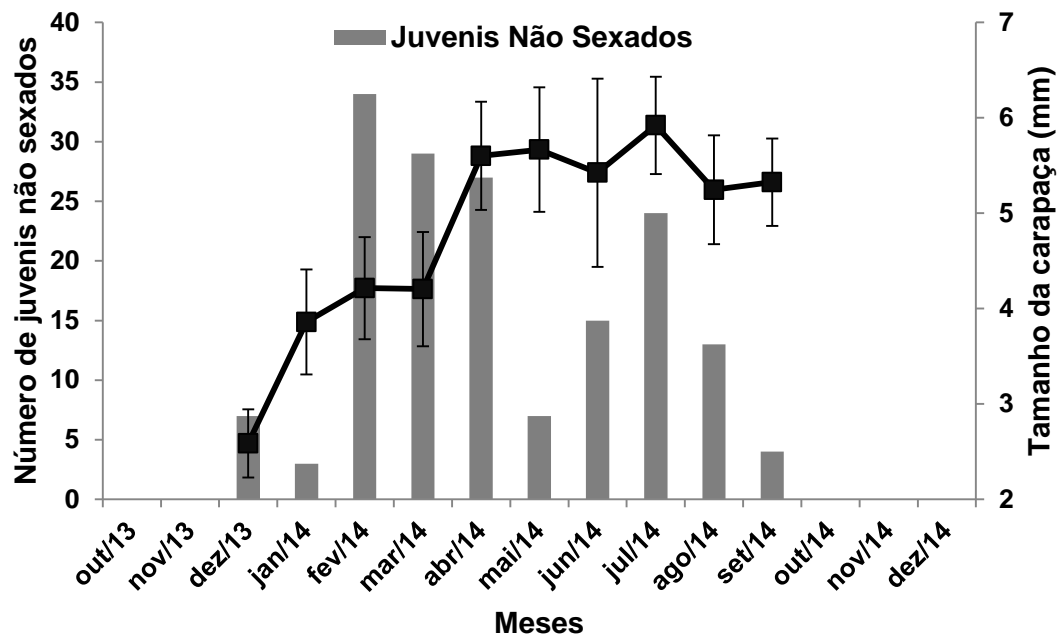


Figura 6

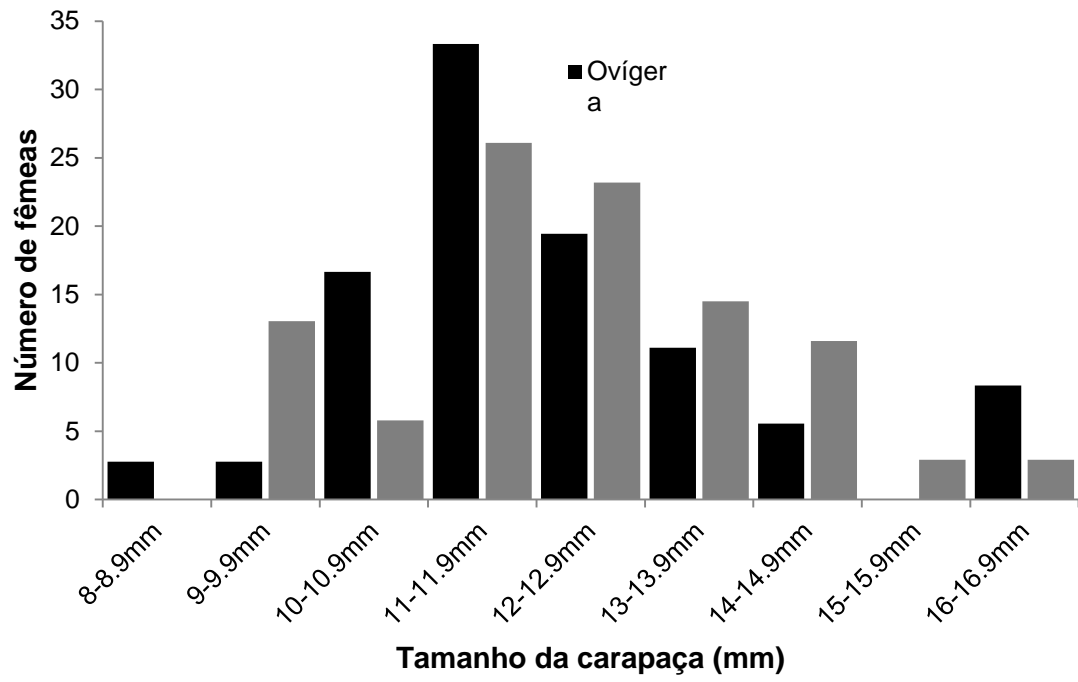


Figura 7

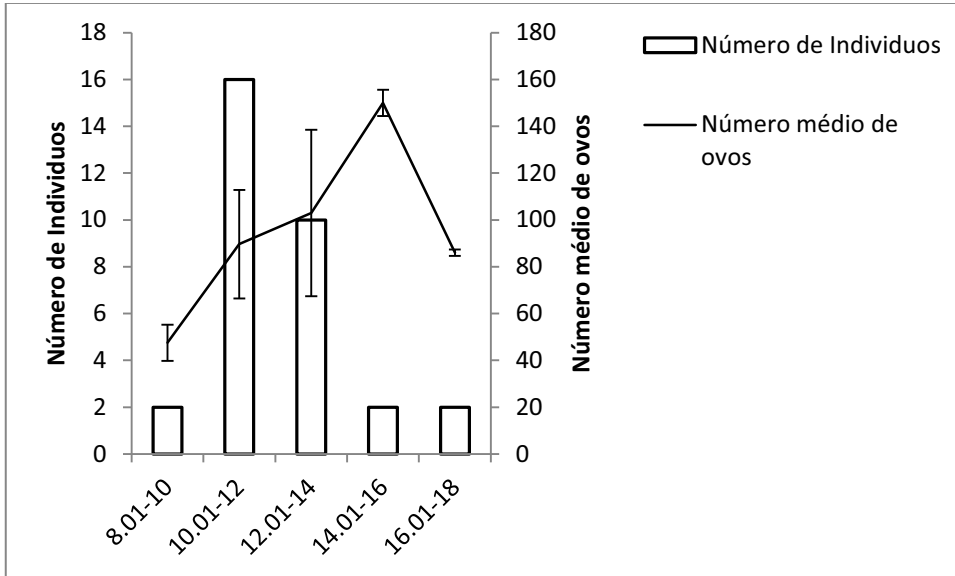


Figura 8

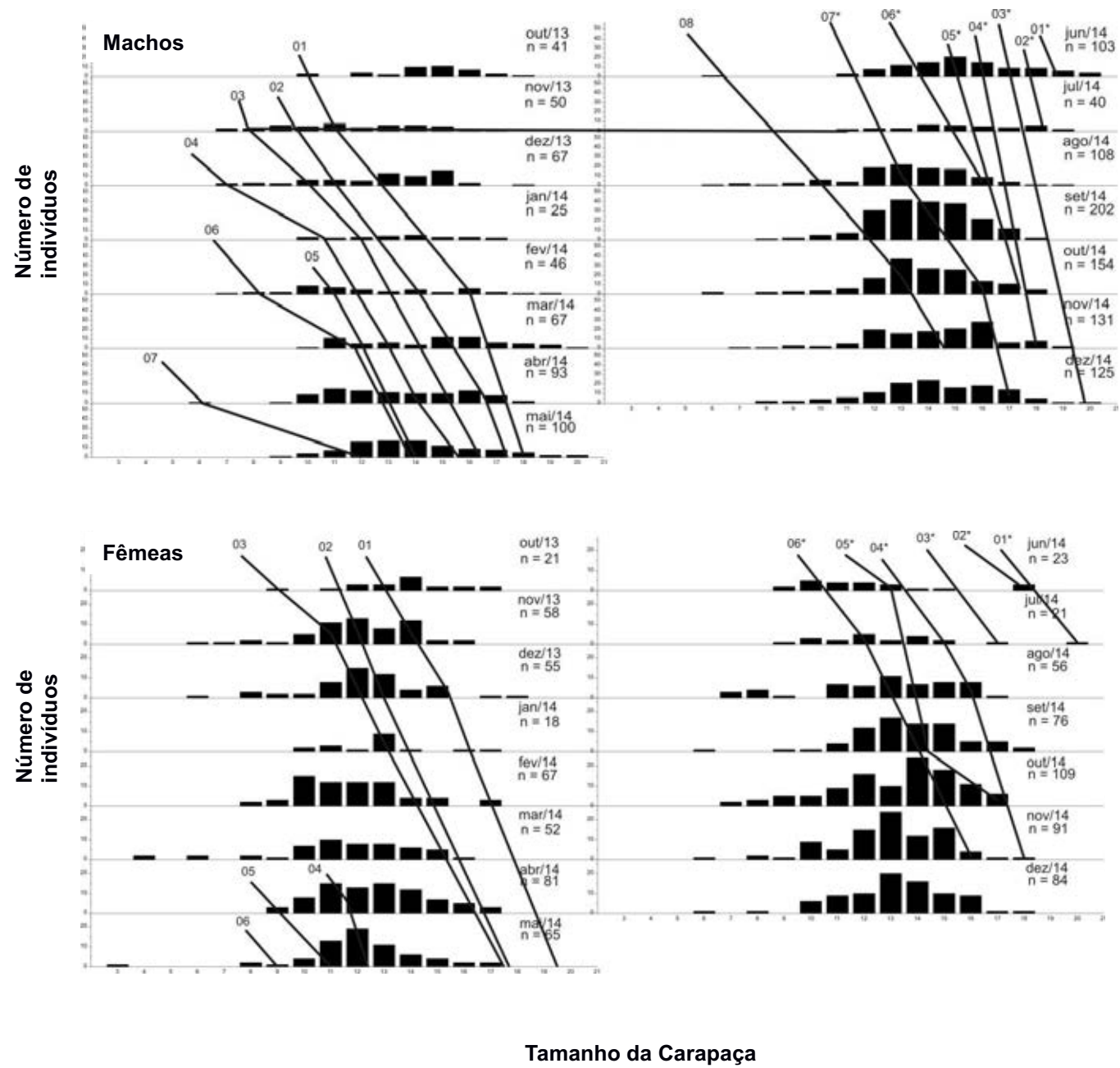


Figura 9

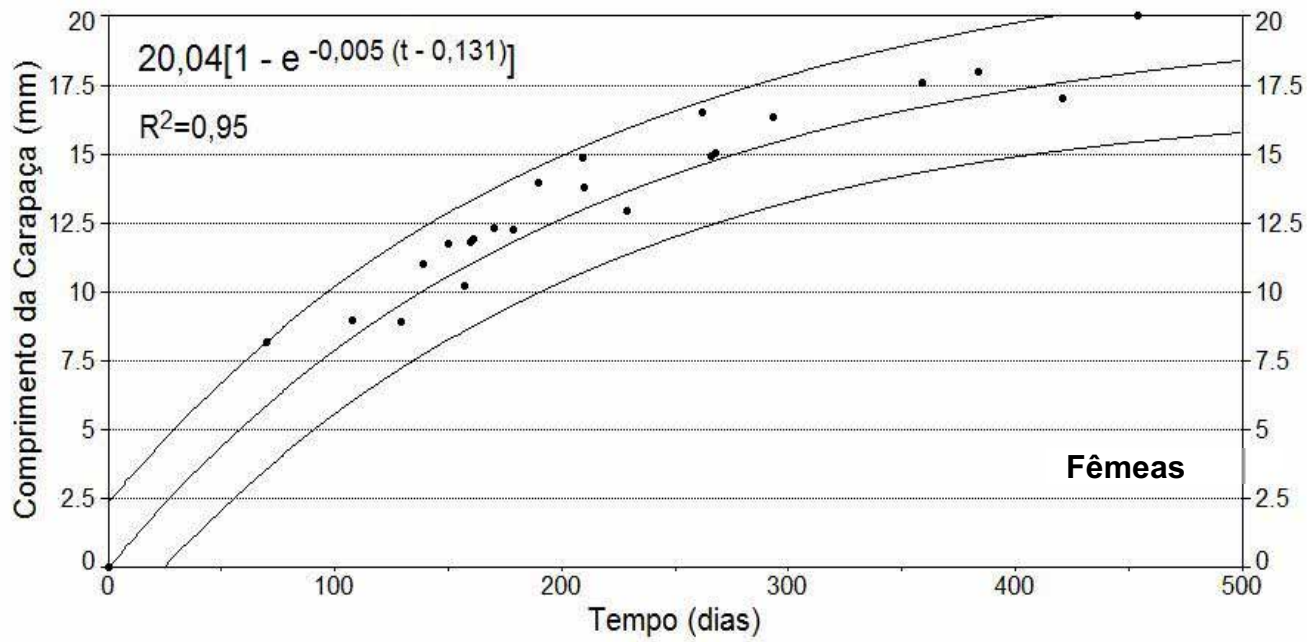
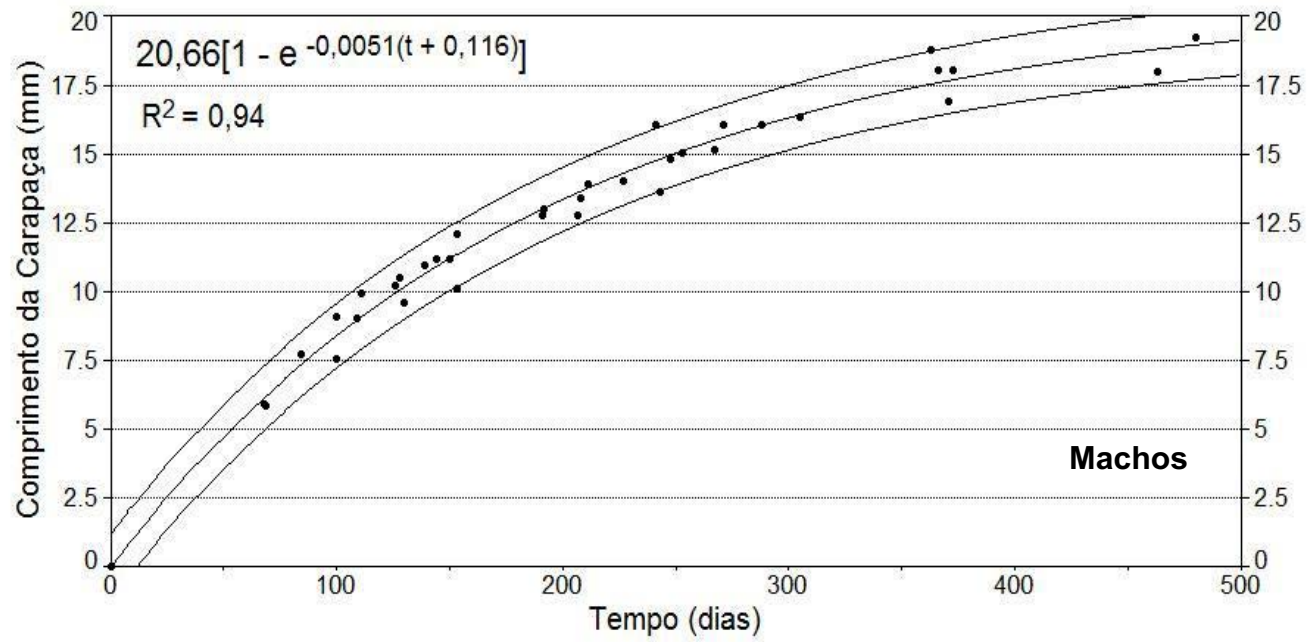


Figura 10

Conclusões Gerais

Em suma concluímos que a espécie *Aegla marginata* Bond-Buckup & Buckup, 1994 apresenta dimorfismo sexual entre machos e fêmeas, e o dimorfismo aumenta de acordo com o desenvolvimento ontogenético dos animais.

Este dimorfismo está relacionado à alocação diferenciada de energia tanto por machos como fêmeas. Machos utilizam a energia para o crescimento somático, e também crescimento das quelas, pois estas estruturas conferem aos mesmos vantagens reprodutivas. Ao passo que para fêmeas o crescimento hiperalométrico do abdômen as confere uma eficiência reprodutiva maior, podendo alocar assim uma maior quantidade de ovos.

Para machos foi constatado também a presença de dois morfotipos nos indivíduos adultos, que podem estar ligados à maturidade sexual ou à algum tipo de presença de castas dentro da espécie.

Para *A. marginata* é proposto um período reprodutivo de 6 meses, com um pico durante os meses de temperatura mais fria (outono-inverno). As análises mostraram que o período reprodutivo encontra-se intimamente ligado com a queda da temperatura na região.

Logo após o período reprodutivo foi observado o recrutamento juvenil a partir da primavera-verão, porém, devido ao método de coleta estes indivíduos diminutos provavelmente eclodiram durante a primavera.

Não foram verificados perda significativa de ovos tampouco aumento no volume dos mesmos ao longo do desenvolvimento embrionário, porém há uma relação do tamanho e número de ovos com o tamanho da fêmea. Isto são reflexos evolutivos e adaptativos do grupo para a conquista ao meio aquático dulcícola. Juntamente ao pequeno número de ovos, abreviação do estágio larval e cuidado

parental, as características de investimento reprodutivo contribuíram para que o gênero se adaptasse ao ambiente de água doce.

Foi identificada uma tendência latitudinal para o período reprodutivo, bem como para o investimento reprodutivo e fecundidade, sendo que, as espécies de alta latitude apresentam reprodução contínua e grande número de ovos em tamanhos menores, e as espécies de menores latitudes apresentam características opostas (informações obtidas e compiladas na bibliografia). Por fim, concluímos que há claramente um padrão latitudinal dentro do gênero, e que as diferenças entre os sexos (dimorfismo) estão relacionadas ao comportamento e alocação diferenciada de energia.