

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “ JÚLIO DE MESQUITA FILHO ”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – CAMPUS DE BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BIOLOGIA POPULACIONAL DO CARANGUEJO ARANHA *Libinia spinosa* Guérin, 1832 (CRUSTACEA, DECAPODA, MAJOIDEA) NO LITORAL NORTE PAULISTA

MATEUS PEREIRA SANTOS

Orientadora: Prof^a. Tit. Dr^a. Maria Lucia Negreiros Fransozo

Botucatu – SP

2021

BIOLOGIA POPULACIONAL DO CARANGUEJO ARANHA *Libinia spinosa* Guérin, 1832 (CRUSTACEA, DECAPODA, MAJOIDEA) NO LITORAL NORTE PAULISTA

MATEUS PEREIRA SANTOS

Orientadora: Prof^a. Tit. Dr^a. Maria Lucia Negreiros Fransozo

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Ciências Biológicas: Zoologia, do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP- Campus de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas – Área de Concentração: Zoologia.

Botucatu – SP

2021

S237b	Santos, Mateus Pereira Biologia populacional do caranguejo aranha <i>Libinia spinosa</i> Guérin, 1832 (Crustacea, Decapoda, Majoidea) no litoral norte paulista / Mateus Pereira Santos. -- Botucatu, 2021 84 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Botucatu Orientadora: Maria Lucia Negreiros Fransozo 1. Ecologia. 2. biologia populacional. 3. Majoidea. 4. Reprodução. 5. Distribuição ecológica. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

EPÍGRAFE

“Presentemente eu posso me considerar um sujeito de sorte
Porque apesar de muito moço, me sinto são e salvo e forte
E tenho comigo pensado: Deus é brasileiro e anda do meu lado
E assim já não posso sofrer no ano passado”

(Belchior)

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a Telma Ribeiro (*in memoriam*), minha avó, que sempre me incentivou a lutar pelos sonhos e foi a grande responsável para que eu pudesse chegar até aqui. Nossa ligação transcende o plano material.

TE AMO, INFINITAMENTE!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à **Deus** e todas as outras forças espirituais das quais acredito, por permitirem que eu chegasse até aqui com alegria e saúde.

Agradecer à minha orientadora **Dra. Maria Lucia Negreiros-Fransozo**, que me recebeu de braços abertos como orientando e com toda certeza agregou muito na minha formação enquanto pesquisador. Obrigado pelo imenso privilégio de ter sido seu aluno. Sempre digo que a prof. Lucia (como a chamo carinhosamente) é um exemplo como profissional e como ser humano, sempre disposta a te ouvir e te ajudar em qualquer situação. Levarei nossa relação com muito carinho por toda a vida. Obrigado, mais uma vez, por tudo, professora!

Ao professor **Dr. Adilson Fransozo**, pelo grande apoio concedido, desde a disponibilidade dos dados usados no presente trabalho à todas as conversas científicas trocadas, que foram tão valiosas. Com toda certeza, este trabalho não seria possível sem a colaboração do professor Adilson. Meu muito obrigado!

À minha eterna professora e amiga **Dra. Vivian Fransozo**, por sempre me incentivar a correr atrás dos meus objetivos, criando pontes para que eu pudesse chegar até aqui. Obrigado pela parceria de sempre.

Agradeço também a **MSc. Aline Nonato**, que muito me ajudou nas análises estatísticas e sempre paciente, me deu ideias importantes para realização desta dissertação.

À **Dra. Geslaine Gonçalves** por ter oferecido parte de seus dados e a **Dra. Mariana Antunes**, que juntas me ajudaram nas correções, com relevantes contribuições no preparo dos capítulos.

Ao **Departamento de Zoologia** do Instituto de Biociências da UNESP pelo apoio concedido.

Ao **CNPq** (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão da bolsa de estudo e à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo financiamento do projeto e veículos utilizados (proc.: 94/4878-8 e 98/031134-6).

Ao **ICMBio** (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) por concederem a licença para a coleta do material nas áreas estudadas.

Ao **NEBECC** (Núcleo de Estudos em Biologia, Ecologia e Cultivo de Crustáceos) por toda infraestrutura e materiais disponibilizados e aos integrantes deste grupo de pesquisa que participaram das difíceis coletas, sem as quais seria impossível a realização desta dissertação.

Aos pescadores **Djalma Rosa** (Passarinho) e **Édson Ferreti** (Dedinho) comandantes da embarcação *Progresso*, a qual foi utilizada para as coletas em 1998 e 1999, pela dedicação e competência.

Ao meu amigo de laboratório **Lucas Galiotti** pela parceria de sempre. Obrigado pelos momentos especiais, Binho. Com toda certeza, você fez com que essa jornada fosse mais leve e divertida. Espero levar sua amizade pra sempre! Aproveito para agradecer a todos os alunos do NEBECC dos quais tive a honra de conhecer e de poder compartilhar experiências profissionais na área da carcinologia. Momentos como estes são fundamentais para o crescimento de qualquer cientista.

À minha família, em especial, minha mãe **Rosineide Pereira**, minha tia **Marta Ribeiro** e minha avó **Telma Ribeiro** (*in memoriam*) por todo suporte emocional e financeiro durante toda minha trajetória de vida. Sem estas mulheres, eu não teria conquistado absolutamente nada.

Aos meus amigos de Vitória da Conquista, em especial **Cata**, **Manu**, **Mi** e **Gabi** e aos meus amigos daqui de Botucatu, que me acolheram de uma forma única. Também não posso deixar de mencionar minhas amigas **Bruna**, **Day**, **Aninha** e **Nonato**.

Meu muito obrigado a todos (as) vocês!

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	7
Referências bibliográficas	12

CAPÍTULO I	18
-------------------------	----

**Crescimento relativo, maturidade sexual morfométrica e gonadal do caranguejo
aranha *Libinia spinosa* (Brachyura: Majoidea) proveniente da região de
Ubatuba, São Paulo**

Resumo	19
Introdução	20
Material e Métodos	23
Resultados	27
Discussão	36
Referências	41

CAPÍTULO II	50
--------------------------	----

**Biologia populacional do caranguejo aranha *Libinia spinosa* (Brachyura:
Majoidea), proveniente da região de Ubatuba, São Paulo**

Resumo	51
Introdução	52
Material e Métodos	54
Resultados	57
Discussão	67
Referências	73

CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
-----------------------------------	----

CONSIDERAÇÕES INICIAIS ¹

¹ As citações e referências bibliográficas do presente documento estão de acordo com as normas da revista *Crustaceana*, com pequenas modificações.

Entre todos os organismos atuais, o subfilo Crustacea detém a maior diversidade morfológica (Martin & Davis, 2001) e estima-se que para este táxon exista mais de 70 mil espécies descritas, distribuídas em mais de 1.000 famílias (Brusca *et al.*, 2018). Este subfilo é representado por 6 classes, 13 subclasses e 47 ordens (Martin & Davis, 2001; Fransozo & Negreiros Fransozo, 2016).

As classes do subfilo Crustacea são: Remipedia, Cephalocarida, Branchiopoda, Maxillopoda, Ostracoda e Malacostraca (Martin & Davis, 2001). A Classe Malacostraca constitui um grupo expressivo de crustáceos, bem conhecidos, como caranguejos, lagostas, siris e camarões; além de número abundante de outras espécies de tamanho reduzido, mas ecologicamente importantes. Esta classe é representada por sete ordens principais: Leptostraca, Stomatopoda, Decapoda, Syncarida, Euphausiacea, Pancarida e Peracarida (Martin & Davis, 2001).

A Ordem Decapoda inclui aqueles crustáceos comumente chamados de camarões, lagostas, caranguejos, siris, ermitões, tatuíras e lagostins e possui cerca de 18.000 espécies vivas (Ng *et al.*, 2008). Os crustáceos decápodes têm sido amplamente estudados, quando comparados a outros grupos, devido a sua diversidade e importância econômica (Martin & Davis, 2001, 2006). Desto desta ordem são apresentas duas subordens: Dendrobranchiata Bate, 1888 e Pleocyemata Burkenroad, 1963 (Martin & Davis, 2001). A subordem Pleocyemata dispõe de representantes diversificados quanto à forma, as brânquias se apresentam como tricobrânquias ou filobrânquias, o desenvolvimento embrionário pleopodial e larva típica é zoea, sendo esta subordem subdividida em onze infraordens. Entre estas, a infraordem Brachyura Linnaeus, 1758 (Fransozo & Negreiros Fransozo, 2016; Brusca *et al.*, 2018), que inclui os crustáceos chamados popularmente de caranguejos, possui cerca de 7.000 espécies descritas (Ng *et al.*, 2008; De Grave *et al.*, 2009; Brusca *et al.*, 2018).

Entre os Brachyura, a superfamília Majoidea Samouelle, 1819, popularmente conhecida como caranguejos “aranha”, compreende o grupo com maior diversidade dentro de Brachyura, com mais de 900 espécies descritas (Ng *et al.*, 2008; Marco-Herrero *et al.*, 2013). No Brasil, são registradas cerca de 100 espécies de Majoidea; enquanto no estado de São Paulo são conhecidas cerca de 47 espécies (Melo, 1996). Seus representantes estão distribuídos em todos os tipos de habitats nos oceanos, desde a zona entre marés até grandes profundidades (De Grave *et al.*, 2009). Este táxon originou-se da antiga família Majidae, a qual foi elevada para o status de superfamília Majoidea (Hendrickx, 1995; Martin & Davis, 2001; McLaughlin *et al.*, 2005).

Segundo Martin & Davis (2001), os Majoidea estão organizados em sete famílias: Majidae Samouelle, 1819; Epialtidae MacLeay, 1838; Inachidae MacLeay, 1838; Inachoididae Dana, 1851; Pisidae Dana 1851; Tychidae Dana 1851 e Mithracidae Balss, 1929. Por outro lado, Ng *et al.* (2008) reconheceram seis famílias em Majoidea, como segue: Epialtidae; Hymenosomatidae MacLeay, 1838; Inachidae; Inachoididae; Majidae e Oregoniidae Garth, 1958. A seguir, Hultgren *et al.* (2009)

propuseram o reconhecimento das famílias propostas por Martin & Davis (2001), porém incluíram a família Oregoniidae.

Percebe-se que há controvérsias para a classificação do táxon, do qual tem recebido propostas de reagrupamentos, contudo, nem sempre são adotadas pela maioria dos especialistas (Hendrickx, 1995; Ng *et al.*, 2008; Guinot & Van Bakel, 2020). Atualmente, devido à incorporação de novas propostas taxonômicas, considera-se que Majoidea seja composta pelas seguintes famílias: Epialtidae, Inachidae, Inachoididae, Majidae, Mithracidae e Oregoniidae (Guinot *et al.*, 2013; Windsor & Felder, 2014; Davie *et al.*, 2015).

A monofilia da superfamília Majoidea, também, tem sido bem documentada pela morfologia larval e adulta (Hultgren & Stachowicz, 2008), embora sua classificação interna seja menos estável (Ng *et al.*, 2008; Hultgren *et al.*, 2009). Com base em dados moleculares (Porter *et al.*, 2005), características larvais (Rice, 1980, 1983) e evidências ultraestruturais de espermatozóides (Jamieson, 1994), acredita-se que este táxon se ramificou próximo à base da árvore dos Brachyura, sendo portanto uma das linhagens de caranguejos braquiúros mais antigos. Os Majoidea compartilham duas sinapomorfias morfológicas: a muda terminal e o desenvolvimento larval, com somente dois estágios de zoea e um de megalopa (Boschi & Scelzo, 1968; Rice, 1980, 1983; Tsang *et al.*, 2014).

Dentre as famílias reconhecidas para a superfamília Majoidea, a família Epialtidae MacLeay, 1838 é a mais diversificada, incluindo cerca de 87 gêneros. A subfamília Pisinae incluem espécies do gênero *Libinia* Leach, 1815 no qual são descritas 10 espécies válidas (Tavares & Santana, 2012), porém no litoral brasileiro ocorre somente *L. spinosa* e *L. ferreirae* Brito Capello, 1871, de acordo com Ng *et al.* (2008) e Tavares & Santana (2011). O caranguejo aranha *Libinia spinosa* Guérin, 1832, foco deste estudo, distribui-se ao longo da costa sudoeste do Oceano Atlântico, do Espírito Santo (Brasil) ao sul do Uruguai e Argentina, podendo ser encontrado em profundidades de 10 a 130 metros em fundos lodosos (Melo, 1996, 2008; Tavares & Santana, 2012).

A importância ecológica de *L. spinosa* está relacionada a suas interações ecológicas na teia trófica, devido ao seu hábito alimentar generalista, alimentando-se de algas, poríferos, cnidários, moluscos, poliquetas, outros crustáceos e pequenos peixes (Barros *et al.*, 2008), além de ser predada por polvos e tartarugas (Iribarne *et al.*, 1991). Bem como suas relações simbióticas como hospedeiro de epibiontes e simbiote da medusa *Lychnorhiza lucerna* Haeckel, 1880 (Zamponi, 2002; Acuña *et al.*, 2003; Nogueira Jr *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2006; Cordeiro & Costa, 2010; Sal Moyano *et al.*, 2012; Sal Moyano & Gavio, 2012; Gonçalves *et al.*, 2016, 2020). Além disso, de acordo com Braga *et al.* (2005), *L. spinosa* está entre as três espécies de braquiúros mais abundantes na região do litoral norte paulista.

A espécie *L. spinosa* tem sido foco de vários estudos, sendo a maior parte deles realizados na América Latina, em especial, no Brasil e Argentina. Tais estudos incluem temas sobre desenvolvimento larval (Boschi & Scelzo, 1968; Clark *et al.*, 1998; Hereu & Calazans, 1999, 2001), biologia reprodutiva (Sal Moyano *et al.*, 2010; Sal Moyano *et al.*, 2011a, 2011b; González-Pisani *et al.*, 2012; Sal Moyano & Gavio, 2012; González-Pisani *et al.*, 2013; González-Pisani & López-Greco, 2014), taxonomia (Tavares & Santana, 2012; Low *et al.*, 2013), hábitos alimentares (Barros *et al.*, 2008), interações ecológicas (Zamponi, 2002; Acuña *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2006; Nogueira Jr. *et al.*, 2006; Cordeiro & Costa, 2010; Sal Moyano *et al.*, 2012) e distribuição (Braga *et al.*, 2007; Gonçalves *et al.*, 2020).

Para a região de Ubatuba, litoral norte de São Paulo, a pesca de arrasto é utilizada para a captura de camarões com interesse comercial. Embora haja um esforço para que a pesca seja dirigida a uma espécie alvo, a baixa seletividade das redes de arrasto acabam capturando outros organismos, que não possuem interesse comercial (denominados de fauna acompanhante ou “*by catch*”) (Alverson *et al.*, 1994; Broadhurst & Kennelly, 1996; Graça-Lopes *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2016). Dentre as espécies que compõe esta fauna acompanhante está o caranguejo aranha *L. spinosa* (Severino-Rodrigues *et al.*, 2002; Fransozo *et al.*, 2016; Mantelatto *et al.*, 2016).

A pesca de arrasto tem sido considerada uma atividade pesqueira que afeta e modifica habitats, devido aos seus impactos na composição e abundância de espécies bentônicas, alterando a estrutura e função do ecossistema e, como consequência, gerando perda da biodiversidade (Alverson *et al.*, 1994; Dernie *et al.*, 2003; Caddy, 2007; Herrera-Valdivia *et al.*, 2016).

O laboratório NEBECC (Núcleo de Estudos em Biologia, Ecologia e Cultivo de Crustáceos), o qual está sediado no Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP, têm se dedicado desde a década de 1980 em estudar os crustáceos decápodes nos diferentes ambientes litorâneos (estuário, manguezal, entre marés, além das regiões do infralitoral consolidado e não consolidado) do estado de São Paulo, especialmente no litoral norte deste estado. De acordo com Fransozo *et al.* (2016), ao longo de quarenta anos de estudos na região de Ubatuba têm-se aumentado a frota pesqueira artesanal o que gera significativa diminuição da riqueza e abundância das espécies de decápodes da fauna acompanhante. Tal fato deve-se, principalmente, à pesca de arrasto e à expansão imobiliária na região (Castilho *et al.*, 2008). Além disso, verificou-se um processo de sedimentação na plataforma sudeste do Brasil incluindo a região de Ubatuba, devido à circulação natural de massas de água, correntes de maré e processos hidrodinâmicos (Mahiques *et al.*, 2002, 2005). A exemplo do artigo de Bernardo *et al.* (2018), que constatarem mudanças como o aumento da sedimentação e diminuição da abundância de duas espécies de camarão (*Artemesia longinaris* e *Pleoticus muelleri*) no intervalo de 20 anos (1998/1999 –

2008/2009), na enseada de Fortaleza (Ubatuba). Segundo esses autores, as alterações verificadas podem estar associadas aos fenômenos naturais das massas de água e/ou atividades antropogênicas (desenvolvimento urbano, turístico e intensa exploração dos recursos naturais).

A região do presente estudo inclui três enseadas: Ubatumirim, Ubatuba e Mar Virado, na região de Ubatuba (SP), as quais pertencem à Área de Proteção Ambiental (APA) Marinha do Litoral Norte - Setor Cunhambebe (Decreto n ° 53525 de 2008). Entretanto, as atividades de campo referente a esta dissertação foram desenvolvidas em três períodos, sendo os dois primeiros períodos de janeiro/1998 a dezembro/1999 e de janeiro/2000 a setembro/2000 (antes da criação da APA Marinha), por meio de um projeto de pesquisa financiado pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), que abrangeu a biodiversidade dos crustáceos decápodes nas três enseadas citadas, anteriormente e o terceiro período de julho a novembro de 2013 nesta mesma região.

Neste âmbito, a presente dissertação intitulada “Biologia populacional do caranguejo aranha *Libinia spinosa* Guérin, 1832 (Crustacea, Decapoda, Majoidea) no litoral norte Paulista”, contribui com informações acerca dos aspectos populacionais da espécie nos períodos estabelecidos anterior a criação da APA. Tais informações serão úteis em comparação com dados obtidos posteriormente ao decreto, podendo revelar a eficiência de tal medida de preservação, ao menos em relação a espécie *L. spinosa*.

Esta dissertação apresenta dois capítulos, como segue:

- *Capítulo I*

- Maturidade sexual morfométrica e gonadal de *L. spinosa*;
- Crescimento relativo de *L. spinosa* com os dados referentes ao período de 2000 e 2013.

- *Capítulo II*

- Estrutura populacional com a distribuição de frequência em classes de tamanho, razão sexual e período reprodutivo de *L. spinosa*;
- Distribuição espacial e temporal, bem como a associação das variáveis ambientais na abundância dos indivíduos (temporalmente e espacialmente) nas enseadas da região de Ubatuba, utilizando os dados referentes aos períodos de 1998 e 1999.

REFERÊNCIAS

- ACUÑA, F.H.; EXCOFFON, A.C. & SCELZO, M.A. 2003. Mutualism between the sea anemone *Antholoba aches* (Drayton, 1846) (Cnidaria: Actiniaria: Actinostolidae) and the spider crab *Libinia spinosa* Milne-Edwards, 1834 (Crustacea: Decapoda, Majidae). *Belgian Journal of Zoology*, 133: 85–87.
- ALVERSON, D.L.; FREEBERG, M.H.; MURAWSKI, S.A. & POPE, J.G. 1994. *A global assessment of fisheries bycatch and discards*. Roma, FAO Fisheries Technical Paper. 2330p.
- BARROS, S. DE P.; COBO, V.J. & FRANSOZO, A. 2008. Feeding habits of the spider crab *Libinia spinosa* H. Milne Edwards, 1834 (Decapoda, Brachyura) in Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51: 413–417, doi:10.1590/s1516-89132008000200023.
- BEATLEY, T. 1991. Protecting biodiversity in coastal environments: introduction and overview. *Coastal Management*, 19: 1–19, doi:10.1080/08920759109362128.
- BERNARDO, C.H.; SANCINETTI, G.S.; TADDEI, F.G.; HIROKI, K.A.N.; DE ALMEIDA, A.C. & FRANSOZO, A. 2018. Abundance and spatio-temporal distribution of two Southwest Atlantic endemic shrimps: changes after 20 years. *Biologia*, 73: 589–598, doi:10.2478/s11756-018-0066-x.
- BOSCHI, E.E. & SCELZO, M.A. 1968. Larval development of the spider crab *Libinia spinosa* H. Milne Edwards, reared in the laboratory. *Crustaceana*, 170–180.
- BRAGA, A.A.; FRANSOZO, A.; BERTINI, G. & FUMIS, P.B. 2005. Composição e abundância dos caranguejos (Decapoda, Brachyura) nas regiões de Ubatuba e Caraguatatuba, litoral norte paulista, Brasil. *Biota Neotropica*, 5: 45–78, doi:10.1590/s1676-06032005000300004.
- BRAGA, A.A.; FRANSOZO, A.; BERTINI, G. & FUMIS, P.B. 2007. Bathymetric distribution and recruitment of the spider crab *Libinia spinosa* H. Milne Edwards 1834 in the Ubatuba and Caraguatatuba regions, northern coast of São Paulo, Brazil (Crustacea, Brachyura, Majoidea, Pisidae). *Senckenbergiana biologica*, 7–16.
- BROADHURST, M.K. & KENNELLY, S.J. 1996. Effects of the circumference of cod ends and a new design of square- mesh panel in reducing unwanted by-catch in the New South Wales oceanic prawn-trawl fishery, Australia. *Fisheries Research*, 27: 203–214, doi:10.1016/0165-7836(95)00469-6.
- BRUSCA, R.; MOORE, W. & SHUSTER, S. 2018. *Invertebrates*. 3rd ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan. 1032p.
- CADDY, J.F. 2007. *Marine habitat and cover: their importance for productive coastal fishery resources*. Paris, UNESCO. 630p.
- CASTILHO, A.L.; PIE, M.R.; FRANSOZO, A.; PINHEIRO, A.P. & COSTA, R.C. 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community

(Crustacea: Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88: 119–123, doi:10.1017/S0025315408000313.

- CLARK, P.F.; CALAZANS, D.K. & RODRIGUES, S.S. 1998. *Libinia spinosa* H. Milne Edwards, 1834 (Crustacea: Majidae: Pisinae): A reappraisal of larval characters from laboratory reared material. *Invertebrate Reproduction and Development*, 33: 145–157, doi:10.1080/07924259.1998.9652628.
- CORDEIRO, C.A.M.M. & COSTA, T.M. 2010. Infestation rates of the pedunculated barnacle *Octolasmis lowei* (Cirripedia: Poecilasmatidae) on the spider crab *Libinia spinosa* (Decapoda: Majoidea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90: 315–322, doi:10.1017/S0025315409990506.
- DAVIE, P.J.F.; GUINOT, D. & NG, P.K.L. 2015. Systematics and classification of Brachyura In: Castro, P.; Davie, P. J. F.; Guinot, D.; Schram, F. & Klein, C.V.V. (Eds.). *Treatise on Zoology-Anatomy, Taxonomy, Biology. The Crustacea, Vol. 9. Part C-II*. Brill, Leiden and Boston. p. 921–979.
- DE GRAVE, S.; PENTCHEFF, N.D.; AHYONG, S.T.; CHAN, T.; CRANDALL, K.A.; DWORSCHAK, P.C.; FELDER, D.L.; FELDMANN, R.M.; FRANSEN, C.H.J.M.; GOULDING, L.Y.D.; LEMAITRE, R.; LOW, M.E.Y.; MARTIN, J.W.; NG, P.K.L.; SCHWEITZER, C.E.; TAN, S.H.; TSHUDY, D. & WETZER, R. 2009. A Classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *Raffles Bulletin of Zoology*, 21: 1–109.
- DERNIE, K.M.; KAISER, M.J.; RICHARDSON, E.A. & WARWICK, R.M. 2003. Predicting recovery of soft sediment communities following physical disturbance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 286: 415–434.
- FRANSOZO, A. & NEGREIROS FRANSOZO, M.L. 2016. *Zoologia dos invertebrados*. São Paulo, Roca. 716p.
- FRANSOZO, A.; DE SOUSA, A.N.; RODRIGUES, G.F.B.; TELLES, J.N.; FRANSOZO, V. & NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. 2016. Crustáceos decápodes capturados na pesca do camarão-sete-barbas no sublitoral não consolidado do litoral norte do Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42: 369–386, doi:10.20950/1678-2305.2016v42n2p369.
- GONÇALVES, G.R.L.; PALOMARES, L.F. DA S.; SOUSA, A.N.; STANSKI, G.; SANCINETTI, G.; COSTA, R.C. DA & CASTILHO, A.L. 2020. Geographical ecology of the symbiotic crabs *Libinia ferreirae* and *Libinia spinosa*: Distributional patterns in south and south-eastern coast of Brazil. *Marine Ecology*, 1–12, doi:10.1111/maec.12606.
- GONÇALVES, G.R.L.; WOLF, M.R.; DA COSTA, R.C. & CASTILHO, A.L. 2016. Decapod crustacean associations with scyphozoan jellyfish (Rhizostomeae: Pelagiidae) in the Southeastern Brazilian coast. *Symbiosis*, 69: 193–198, doi:10.1007/s13199-016-0395-x.
- GONZÁLEZ-PISANI, X.; BARÓN, P. & LÓPEZ GRECO, L.S. 2012. Functional anatomy of the female reproductive systems of two spider crabs (Decapoda, Majoidea). *Invertebrate Biology*, 131: 61–74, doi:10.1111/j.1744-7410.2011.00252.x.

- GONZÁLEZ-PISANI, X.; DELLATORRE, F.G. & LÓPEZ-GRECO, L. 2013. Embryology of the spider crabs *Leurocyclus tuberculosus* (H. Milne-Edwards & Lucas 1842) and *Libinia spinosa* (H. Milne-Edwards 1834) (Brachyura, Majoidea). *Zootaxa*, 3718: 301–316, doi:10.11646/zootaxa.3718.4.1.
- GONZÁLEZ-PISANI, X. & LÓPEZ-GRECO, L. 2014. Comparative reproductive effort and fecundity in the spider crabs, *Leurocyclus tuberculosus* and *Libinia spinosa* (Majoidea, Brachyura). *Zoological Science*, 31: 244–250, doi:10.2108/zs130089.
- GRAÇA-LOPES, R. G.; GOMES TOMÁS, A.R.; LUIZ, S.; TUTUI, S.; RODRIGUES, E.S. & PUZZI, A. 2002. Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 28: 173–188.
- GUINOT, D. & VAN BAKEL, B. 2020. Extraordinary majoid crabs: the genus *Esopus* A. Milne-Edward, 1875 in the new subfamily Esopinae subfam. nov., and erection of Paulitinae subfam. nov. (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Majoidea, Inachoididae Dana, 1851). *Zootaxa*, 4766: 101–127.
- GUINOT, D.; TAVARES, M. & CASTRO, P. 2013. Significance of the sexual openings and supplementary structures on the phylogeny of brachyuran crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura), with new nomina for higher-ranked Podotreme taxa. *Zootaxa*, 3665: 1–414, doi:10.11646/zootaxa.3665.1.1.
- HENDRICKX, M.E. 1995. Checklist of brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda) from the eastern tropical Pacific. *Bulletin de L'institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 65: 125–150.
- HEREU, C.M. & CALAZANS, D. 1999. The effect of salinity on larval development of the spider crab *Libinia spinosa* reared in the laboratory. In: Klein, C V. K. & Frederick, R. S. (Eds.). *The Biodiversity Crisis and Crustacea: Proceedings of the fourth international Crustacean congress, Amsterdam, Rotterdam*. Rotherdam, A.A. Balkema. p. 605-609.
- HEREU, C.M. & CALAZANS, D. 2001. Larval distribution of *Libinia spinosa* Milne-Edwards, 1834 (Decapoda, Brachyura, Majidae) off southern Brazil. *Nauplius*, 9: 1–10.
- HERRERA-VALDIVIA, E.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; VARGASMACHUCA, S.C. & GARCÍA-JUÁREZ, A.R. 2016. Diversidad taxonómica y funcional en la comunidad de peces de la pesca de arrastre de camarón en el Norte del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 64: 587–602, doi:10.15517/rbt.v63i3.15852.
- HULTGREN, K.M.; GUERAO, G.; MARQUES, F.P.L.L.; PALERO, F.P. & KOENEMANN, S. 2009. Assessing the contribution of molecular and larval morphological characters in a combined phylogenetic analysis of the superfamily Majoidea. In: Martin, J.W, Crandall, K.A. & Darryl, L.F. (Eds.). *Decapod Crustacean Phylogenetics*, New York, Taylor & Francis Group Boca Raton. p.437-455.
- HULTGREN, K.M. & STACHOWICZ, J.J. 2008. Molecular phylogeny of the brachyuran crab superfamily Majoidea indicates close congruence with trees based on larval morphology. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 48: 986–996, doi:10.1016/j.ympev.2008.05.004.

- IRIBARNE, O.O.; MIRIAM E. FERNADEZ & HUGO ZUCCHINI. 1991. Prey selection by the small Patagonian octopus *Octopus tehuelchus* d'Orbigny. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 148: 375–390, doi:10.1016/0165-7836(91)90020-G.
- JAMIESON, B.G.M. 1994. Phylogeny of the Brachyura with particular reference to the Podotremata: evidence from a review of spermatozoal ultrastructure (Crustacea, Decapoda). *Philosophical Transactions the Royal Society B.*, 345: 373–393, doi:10.1098/rstb.1994.0116.
- LOW, M.E.Y.; NG, P.K.L. & EVENHUIS, N.L. 2013. Names and publication dates of the Brachyura. in F.É. Guérin (Guérin-Méneville) (Crustacea: Decapoda). *Zootaxa*, 3736: 101–127, doi:10.11646/zootaxa.3736.2.1.
- MAHIQUES, M.M.; BÍCEGO, M.C.; SILVEIRA, I.C.A.; SOUSA, S.H.M.; LOURENÇO, R.A. & FUKUMOTO, M.M. 2005. Modern sedimentation in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazilian shelf. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 77: 535–548, doi:10.1590/s0001-37652005000300013.
- MAHIQUES, M.M.; SILVEIRA, I.C.A.; SOUSA, S.H.M. & RODRIGUES, M. 2002. Post-LGM sedimentation on the outer shelf-upper slope of the northernmost part of the São Paulo Bight, southeastern Brazil. *Marine Geology*, 181: 387–400, doi:10.1016/S0025-3227(01)00225-0.
- MANTELATTO, F.L.; BERNARDO, C.H.; SILVA, T.E.; BERNARDES, V.P.; COBO, V.J. & FRANSOZO, A. 2016. Composição e distribuição de crustáceos decápodes associados à pesca do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) no litoral norte do Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42: 307–326, doi:10.20950/1678-2305.2016v42n2p307.
- MARCO-HERRERO, E.; TORRES, A.P.; CUESTA, J.A.; GUERAO, G.; PALERO, F. & ABELLÓ, P. 2013. The systematic position of *Ergasticus* (Decapoda, Brachyura) and allied genera, a molecular and morphological approach. *Zoologica Scripta*, 42: 427–439, doi:10.1111/zsc.12012.
- MARTIN, J.W. & DAVIS, G.E. 2001. *An updated classification of the recent Crustacea*. Los Angeles, Natural History Museum of Los Angeles. p. 129.
- MARTIN, J.W. & DAVIS, G.E. 2006. Historical trends in crustacean systematics. *Crustaceana*, 79: 1347–1368.
- MCLAUGHLIN, P.A.; CAMP, D.K.; ANGEL, M. V; BOUSFIELD, E.L.; BRUSCA, R.C.; CADIEN, D.; COHEN, A.C.; CONLAN, K.; ELDREDGE, L.G.; FELDER, D.L.; GOY, J.W.; HANEY, T.; HANN, B.; HEARD, R.W.; HENDRYCKS, E.A.; HI, H.H.H.; HOLSINGER, J.R.; KENSLEY, B.; LAUBITZ, D.R.; LECROY, S.E.; LEMAITRE, R.; MADDOCKS, R.F.; MARTIN, J.W.; MIKKELSEN, P.; NELSON, E.; NEWMAN, W.A.; OVERSTREET, R.M.; POLY, W.J.; PRICE, W.W.; REID, J.W.; ROBERTSON, A.; ROGERS, D.C.; ROSS, A.; SCHOTTE, M.; SCHRAM, F.R.; SHIH, C.; WATLING, L. & WILSON, G.D.F. 2005. Crustaceans. *American Fisheries Society special publication*, 31: 1–545.
- MELO, G.A.S. 2008. The Brachyura (Decapoda) of Ilha Grande Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Nauplius*, 16: 1–22.

- MELO, G.A.S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo, Editora.Plêiade. 603p
- NG, P.K.L.; DANIELE GUINOT & DAVIE, P. 2008. Systema Brachyurorum: Part 1. An Annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 1–286.
- NOGUEIRA JR., M.; ROBERT, M.D.C. & HADDAD, M.A. 2006. *Calliactis tricolor* (Anthozoa, Acontiarina) epibionte em Brachyura (Crustacea, Decapoda) no litoral sul do Paraná e norte de Santa Catarina. *Acta Biológica Paranaense*, 35: 233–248, doi:10.5380/abpr.v35i0.7260.
- PORTER, M.L.; PÉREZ-LOSADA, M. & CRANDALL, K.A. 2005. Model-based multi-locus estimation of decapod phylogeny and divergence times. *Molecular Biology and Evolution*, 37: 355–369, doi:10.1016/j.ympev.2005.06.021.
- RICE, A.L. 1980. Crab zoeal morphology and its bearing on the classification of the Brachyura. *Transactions of the Zoological Society of London*, 35: 271–424.
- RICE, A.L. 1983. Zoeal evidence for brachyuran phylogeny. In: Schram, F. R. (Ed). *Crustacean Phylogeny*. Rotterdam, A.A. Balkema. p. 313–329.
- SAL MOYANO, M.P. & GAVIO, M.A. 2012. Comparison of mating behavior and copulation in male morphotypes of the spider crab *Libinia spinosa* (Brachyura: Majoidea: Epialtidae). *Journal of Crustacean Biology*, 32: 31–38, doi:10.1163/193724011X615307.
- SAL MOYANO, M.P.; GAVIO, M.A. & CUARTAS, E.I. 2010. Morphology and function of the reproductive tract of the spider crab *Libinia spinosa* (Crustacea, Brachyura, Majoidea): pattern of sperm storage. *Helgoland Marine Research*, 64: 213–221, doi:10.1007/s10152-009-0180-9.
- SAL MOYANO, M.P.; GAVIO, M.A. & CUARTAS, E.I. 2011A. Copulatory system of the spider crab *Libinia spinosa* (Crustacea: Brachyura: Majoidea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91: 1617–1625, doi:10.1017/S0025315411000257.
- SAL MOYANO, M.P.; GAVIO, M.A. & MAGGI, M.D. 2011B. Morphometric and gonad maturity of the spider crab *Libinia spinosa* (Crustacea: Brachyura: Majoidea: Epialtidae) in Argentina. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91: 837–844, doi:10.1017/S0025315410001657.
- SAL MOYANO, M.P.; SCHIARITI, A.; GIBERTO, D.A.; DIAZ BRIZ, L.; GAVIO, M.A. & MIANZAN, H.W. 2012. The symbiotic relationship between *Lychnorhiza lucerna* (Scyphozoa, Rhizostomeae) and *Libinia spinosa* (Decapoda, Epialtidae) in the Río de la Plata (Argentina-Uruguay). *Marine Biology*, 159: 1933–1941, doi:10.1007/s00227-012-1980-z.
- SANTOS, C.; BUENO, S.L.S. & NORENBURG, J.L. 2006. Infestation by *Carcinonemertes divae* (Nemertea: Carcinonemertidae) in *Libinia spinosa* (Decapoda: Pisidae) from São Sebastião Island, SP, Brazil. *Journal of Natural History*, 40: 999–1005, doi:10.1080/00222930600834105.

- SANTOS, L.O.; CATTANI, A.P. & SPACH, H.L. 2016. Ictiofauna acompanhante da pesca de arrasto para embarcações acima de 45 hp no litoral do Paraná, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42: 816–830, doi:10.20950/1678-2305.2016v42n4p816.
- SEVERINO-RODRIGUES, E.; GUERRA, D. & GRAÇA-LOPES, R. 2002. Carcinofauna acompanhante da pesca dirigida ao camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) desembarcada na praia do Perequê, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 28: 33–48.
- TAVARES, M. & SANTANA, W. 2011. A new genus for *Libinia rostrata* Bell, 1835, with comments on the validity of *Libinia bellicosa* Oliveira, 1944 (Crustacea, Brachyura, Majoidea, Epialtidae). *Zootaxa*, 68: 61–68.
- TAVARES, M. & SANTANA, W. 2012. On the morphological differentiation between *Libinia spinosa* and *L. ferreirae* (Crustacea: Brachyura: Majoidea: Epialtidae). *Zoologia*, 29: 577–588, doi:10.1590/S1984-46702012000600009.
- TSANG, L.M.; SCHUBART, C.D.; AHYONG, S.T.; LAI, J.C.Y.; AU, E.Y.C.; CHAN, T.; NG, P.K.L. & CHU, K.H. 2014. Evolutionary history of true crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) and the origin of freshwater crabs. *Molecular Biology and Evolution*, 31: 1173–1187, doi:10.1093/molbev/msu068.
- WINDSOR, A.M. & FELDER, D.L. 2014. Molecular phylogenetics and taxonomic reanalysis of the family Mithracidae MacLeay (Decapoda: Brachyura: Majoidea). *Invertebrate Systematics*, 28: 145–173.
- ZAMPONI, M.O. 2002. The association between medusa *Lychnorhiza lucerna* (Scyphomedusae, Rhizostomeae) and decapod *Libinia spinosa* (Brachyura, Majidae) recorded for the first time in neritic waters of Argentina. *Russian Journal of Marine Biology*, 28: 267–269, doi:10.1023/A:1020229328660.

CAPÍTULO I

Crescimento relativo, maturidade sexual morfométrica e gonadal do caranguejo
aranha *Libinia spinosa* (Brachyura: Majoidea) proveniente da região de Ubatuba, São
Paulo

Resumo: A taxa de crescimento de determinadas partes do corpo de crustáceos braquiúros, ao longo do desenvolvimento ontogenético, pode ser diferente daquela do cefalotórax (carapaça), particularmente, durante a transição da fase juvenil para a adulta. Além disso, a região de Ubatuba tem sofrido ao longo dos últimos anos um intenso impacto antrópico devido a sobrepesca na região. Por esta razão, os objetivos deste estudo foram os seguintes: estimar a maturidade sexual morfometria e gonadal através do crescimento relativo e desenvolvimento gonadal, além de investigar mudanças no tamanho dos indivíduos em dois períodos distintos (antes e pós criação da Área de Proteção Ambiental). Os indivíduos foram coletados na região de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. Para os indivíduos machos, a largura da carapaça (LC) variou de 5,6 mm a 86,6 mm; enquanto, nas fêmeas não ovígeras de 10,0 mm a 60,0 mm e nas fêmeas ovígeras de 33,7 mm a 62,4 mm. Não houve diferença no tamanho das fêmeas em machos entre os dois períodos. A relação da largura do abdômen (LA) vs. a largura da carapaça (LC) permitiu diferenciar as fêmeas, em dois grupos, juvenis e adultas, ambos demonstrando um crescimento alométrico positivo em ambos os casos. Nos machos foram diferenciados três grupos, juvenis, adolescentes e adultos, através da relação do comprimento do própodo do maior quelípodo (CPM) vs. LC. Para estes grupos dos machos, o crescimento relativo foi alométrico positivo. Estimamos a maturidade sexual morfométrica a partir de 27,2 mm de LC (menor fêmeas adulta), enquanto que a o tamanho no qual 50% das fêmeas atingem a maturidade gonadal $LC_{50} = 36,9$ mm. Nos machos, a transição de juvenis para adolescentes, de acordo com a morfometria, ocorreu em 27,6 mm de LC, similar ao tamanho estimado pela maturidade gonadal $LC_{50} = 33,7$ mm. Contudo, a maturidade morfométrica observada para os machos foi de $LC_{50} = 50,1$ mm. Devido a não diferença de tamanho entre os dois períodos, é possível inferir que a população de *L. spinosa* seja resistente frente as alterações ambientais e impactos da sobrepesca na região. A presença dos machos adolescentes indica diferentes estratégias reprodutivas na população estudada, e devido a maioria deste possuírem gônadas maduras, os adolescentes podem copular oportunamente as fêmeas e dessa forma, evitar a competição com machos adultos.

Palavras chaves: alometria, desenvolvimento gonadal, maturidade sexual, plasticidade fenotípica, variação de tamanho

INTRODUÇÃO

Em crustáceos, o crescimento é caracterizado por um processo descontínuo, no qual diferentes partes do corpo dos indivíduos apresentam diferentes taxas de crescimento. Este processo é denominado crescimento relativo ou alométrico (Hartnoll, 1978), permitindo determinar as diferentes taxas de crescimento de certas estruturas (variáveis dependentes) em relação a outra dimensão do corpo do animal (variável independente), as quais promovem mudanças nas proporções do corpo do animal como um todo (Hartnoll, 1978, 1982, 1985). Em Brachyura, os caracteres sexuais secundários (abdômen e quelípodo) apresentam taxas de crescimento diferenciais antes e após a maturação, podendo apresentar um significado adaptativo em termos de função na reprodução da espécie, como movimentos de corte, agonísticos ou na incubação dos ovos (Hartnoll, 1974, 1978, 1982, 1985). Por esta razão, análises de crescimento relativo são essenciais para determinar a maturidade sexual morfométrica e/ou dimorfismo sexual em estudos com Brachyura (López-Greco & Rodríguez, 1999; Sampedro *et al.*, 1999; Castiglioni & Negreiros-Fransozo, 2004; Mura *et al.*, 2005; Öndes *et al.*, 2017; Pralon *et al.*, 2019; Pescinelli *et al.*, 2020).

A maturidade sexual é uma característica importante no ciclo vida do grupo, além de ser um dos principais fatores para determinar a capacidade reprodutiva de determinada espécie (Hartnoll & Gould, 1988; Hines, 1989). Esta pode ser acessada com base em três critérios de evidência/ponto de vista (Hartnoll, 1969, 1974; López-Greco & Rodríguez, 1999; Viau *et al.*, 2006), como segue: (a) maturidade morfométrica relacionada às mudanças no crescimento relativo dos caracteres sexuais secundários, tais como tamanho dos quelípodos e/ou abdômen; (b) maturidade gonadal, pela presença de gametas maduros nas gônadas e (c) maturidade funcional, caracterizada pela capacidade de copular e produzir embriões ou proles viáveis.

Os caranguejos representantes da superfamília Majoidea apresentam dois tipos de muda: a pré-puberal e a muda puberal (ou muda terminal), além de possuírem crescimento determinado após a muda puberal, caracterizando a maturidade e o final do crescimento (Hartnoll, 1963, 1974, 1982; Sampedro *et al.*, 1999). Vários estudos (Conan *et al.*, 1988; Sainte-Marie *et al.*, 1995; Sampedro *et al.*, 1999; Carmona-Suarez, 2003; Gonçalves *et al.*, 2017) têm mostrado três fases de crescimento possíveis para os caranguejos majóideos (machos): imaturos, adolescentes (após a muda pré puberal) e adultos (após a muda terminal). Para os caranguejos, as mudanças morfológicas nos quelípodos dos machos e no abdômen das fêmeas caracterizam a transição dos indivíduos morfológicamente imaturos para maduros, a qual pode ser representada pela muda puberal (Hartnoll, 1974)

Diferentes critérios são usados para estabelecer o tamanho no qual as espécies de majóideos estão sexualmente maduras e aptas à reprodução. Entretanto, segundo Corgos & Freire (2006), a maturidade

morfométrica e a maturidade gonadal podem ocorrer de maneiras diferentes, como segue: a) maturação gonadal e morfométrica sincrônica; b) maturação gonadal precedendo a morfométrica; ou ainda, c) maturação morfométrica precedendo a gonadal.

Para a espécie *L. spinosa*, no que diz respeito à biologia reprodutiva, pesquisas têm sido realizadas, principalmente, na Argentina, gerando conhecimento sobre morfologia funcional do sistema reprodutor (Sal Moyano *et al.*, 2010, 2011a; González-Pisani *et al.*, 2012), maturidade morfométrica e gonadal (Sal Moyano *et al.*, 2011b), comportamento reprodutivo (Sal Moyano & Gavio, 2012), desenvolvimento embrionário (González-Pisani *et al.*, 2013) e esforço reprodutivo e fecundidade (González-Pisani & López Greco, 2014).

Nas águas rasas da região norte do litoral paulista, *L. spinosa* está entre as três espécies de braquiúros mais abundantes (Braga *et al.*, 2005), possuindo uma relevante importância ecológica devido a sua associação com águas vivas, principalmente na fase juvenil (Gonçalves *et al.*, 2020), como também podem hospedar organismos epibiontes como algas, esponjas e cnidários, beneficiando a expansão da distribuição geográfica destes organismos enquanto ganha proteção contra predadores (Nogueira Jr. & Haddad, 2005; Hultgren & Stachowicz, 2011). Além disso, *L. spinosa* possui uma dieta diversificada na qual a coloca como um importante elo na cadeia alimentar no ambiente marinho (Barros *et al.*, 2008).

Contudo, a região de Ubatuba se destaca pela pesca exploratória de espécies de camarões de importância econômica como por exemplo: camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *F. paulensis* (Pérez-Farfante, 1967), camarão-sete barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) e o camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Costa *et al.*, 2008; Mantelatto *et al.*, 2016). Estas espécies são capturadas com barcos equipados com redes de arrasto e, devido à baixa seletividade desta modalidade de pesca, uma grande quantidade de fauna acompanhante ou “bycatch” sem valor comercial são obtidas (Britten *et al.* 2016), como é o caso de *L. spinosa* (Scelzo *et al.* 2002; Severino-Rodrigues *et al.*, 2002; Fransozo *et al.*, 2016; Mantelatto *et al.*, 2016,).

Como consequência, a pesca de arrasto diminui a riqueza e abundância de espécies, além de desestabilizar as relações tróficas nas comunidades bentônicas, bem como afetar a estrutura populacional alterando os padrões de distribuição das espécies, diminuindo as taxas de crescimento corporal e o tamanho do início da maturidade sexual modificando assim a capacidade reprodutiva e, até mesmo podendo provocar a extinção local de algumas espécies (Kaiser *et al.*, 2002; Thrush & Dayton, 2002).

De acordo com Fransozo *et al.* (2016), ao longo de quarenta anos de estudos na região de Ubatuba têm-se aumentado a frota pesqueira artesanal e dragagem, bem como o processo de urbanização, com a expansão imobiliária e aumento populacional na região (Castilho *et al.*, 2008; Teles *et al.*, 2020).

Além disso, verificou-se um processo de sedimentação na plataforma sudeste do Brasil incluindo a região de Ubatuba, devido à circulação natural de massas de água, correntes de maré e processos hidrodinâmicos (Mahiques *et al.*, 2002, 2005).

Devido à importância ecológica de *L. spinosa* mencionada anteriormente e a intensificação dos fatores antrópicos na região Ubatuba, estudos populacionais com enfoque reprodutivo (tamanho e maturidade sexual, por exemplo), podem subsidiar informações relevantes que visem monitorar determinada população ao longo do tempo em ambientes com forte ação antrópica, sendo estas informações úteis para o manejo e conservação de espécies (Almeida *et al.*, 2011; Andrade *et al.*, 2015). Por exemplo, Teles *et al.*, (2020), analisando parâmetros populacionais de *Hepatus pudibundus* (Herbst, 1785) na região de Ubatuba ao longo de 20 anos, concluíram que para esta espécie não houve mudanças no tamanho e abundância de indivíduos maduros, indicando alta resiliência de *H. pudibundus* frente aos impactos antrópicos na região. Em contrapartida, Bernardo *et al.* (2019) verificaram mudanças no tamanho médio do camarão *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 em Ubatuba, no intervalo de 20 anos. Notabiliza-se que, atualmente, a região de Ubatuba pertence à Área de Proteção Ambiental (APA) Marinha do Litoral Norte - Setor Cunhambebe (Decreto n ° 53525 de 2008).

Neste âmbito, nosso estudo visa contribuir significativamente com informações sobre o status da espécie *L. spinosa* na região de Ubatuba antes e após a criação da APA, afim de averiguar a eficácia de tal política ambiental conservacionista. Portanto, como objetivos, esta investigação analisou o crescimento relativo e estimou o tamanho da maturidade sexual morfométrica e gonadal do caranguejo aranha *L. spinosa* na região de Ubatuba, litoral norte do estado de São Paulo, Brasil, em um período pós a criação da APA, como também identificar uma possível plasticidade fenotípica através da comparação do tamanho dos indivíduos maduros em dois períodos distintos: antes e após a criação da APA. As seguintes hipóteses foram levantadas: (a) as taxas de crescimento de determinadas estruturas corpóreas entre os grupos etários (levando também em consideração o sexo dos indivíduos) sejam diferentes e (b) as taxas de maturidade sexual morfométrica e gonadal dos machos não ocorram sincronicamente, já para as fêmeas, ambas maturidades ocorrem sincronicamente, baseando-se em estudos que observam castas distintas em machos de *Libinia* spp. e (c) existe plasticidade fenotípica dos indivíduos maduros nos períodos anterior e posterior da APA.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem biológica

Os caranguejos foram coletados, mensalmente, de janeiro a dezembro de 2000 e de julho a novembro de 2013, na região de Ubatuba (23° 26' 45" 02' W), litoral norte do Estado de São Paulo, Brasil. Um barco de pesca camaroeiro, equipado com rede de arrasto do tipo “*double-rig*”, foi utilizado durante a coleta dos caranguejos, que ocorreram tanto no período diurno, quanto noturno por aproximadamente trinta minutos. Os arrastos foram realizados em profundidades, que variaram desde os 3 até 40 metros. Posteriormente, o material biológico coletado foi alocado em caixas térmicas, devidamente etiquetados e mantido congelados até o momento das análises.

Em laboratório, os caranguejos foram identificados ao menor nível taxonômico de acordo com Melo (1996). Para cada exemplar observado, determinou-se o sexo (macho/fêmea) pela morfologia do abdômen (arredondado nas fêmeas e, alongado e estreito nos machos) e, a presença de ovos nos pleópodes das fêmeas, também, foi registrada (Melo, 1996; Almeida *et al.*, 2013).

Posteriormente, a avaliação do estágio de muda dos caranguejos foi realizada através de uma pequena pressão com pinça sobre a carapaça de cada indivíduo afim de analisar a maleabilidade da mesma, bem com observações macroscópicas (**tabela 1**). Desta maneira, cinco estágios de muda foram determinados, sendo que os estágios I, II, IV e V considerados como atividade de muda e o estágio III como intermuda.

Tabela 1 – Estágios de muda, baseado em características morfológicas do corpo do caranguejo de acordo com Warner (1977), Skinner (1985) e Abelló (1989).

Estágio de muda	Características morfológicas
I - Pós muda recente	Carapaça muito flexível e sem nenhuma calcificação
II - Pós muda avançada	Início da calcificação, carapaça quebradiça, porém mais resistente.
III - Intermuda	Carapaça totalmente calcificada, apresentando consistência coriácea.
IV - Pré-muda	Presença de um novo exoesqueleto internamente ao antigo e surgimento das linhas de muda na região pterigostomial
V - Muda	Momento exato da troca ou saída do animal do exoesqueleto antigo.

Variação de tamanho entre os períodos

Afim de averiguar variações no tamanho dos indivíduos machos e fêmeas entre os períodos antes e pós criação da APA, empregou-se o teste de Mann-Whitney.

Crescimento relativo e maturidade sexual morfométrica

Para as análises morfométricas, os exemplares foram mensurados quanto à largura da carapaça (LC), largura do abdômen (LA), comprimento do própodo do maior quelípodo (CPM) e largura do própodo do maior quelípodo (LPM) com um paquímetro digital, precisão 0.01 mm (**figura 1**).

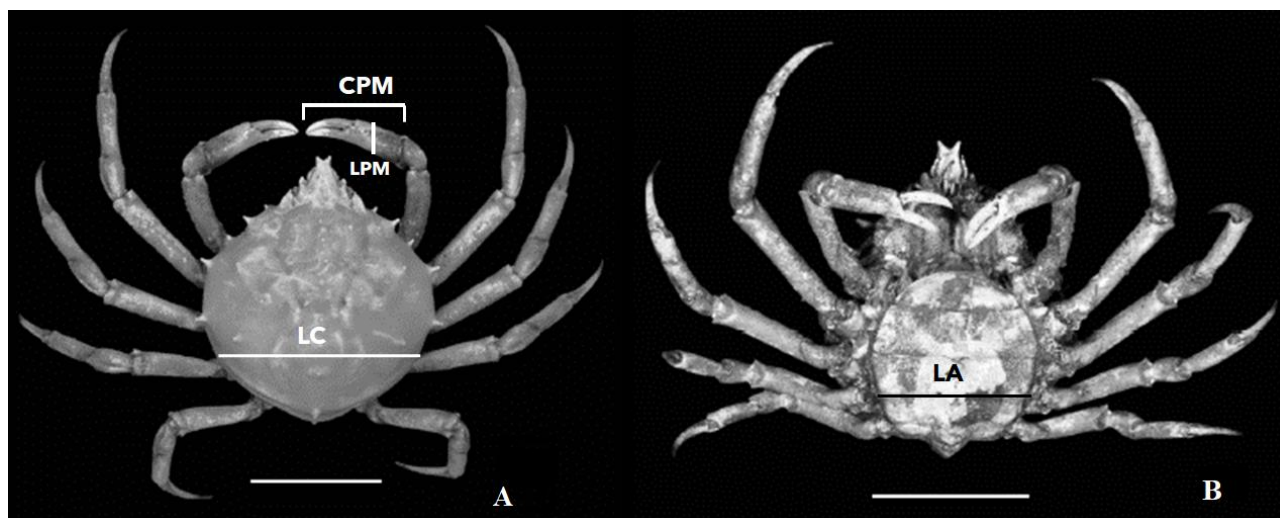


Figura 1: *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Mensurações morfométricas das estruturas corpóreas para as análises de crescimento relativo. (A) vista dorsal de um exemplar macho (escala: 30 mm) e (B) vista ventral de um exemplar fêmea (escala: 20 mm). LC: largura da carapaça; LA: largura do abdômen; CPM: comprimento do própodo do maior quelípodo e LPM: largura do própodo do maior quelípodo. Modificado de Tavares & Santana, 2012.

Previamente aos testes estatísticos, os dados foram testados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Levene) (Zar, 2010). Em seguida, a fim de verificar diferença estatística do tamanho de LC entre machos e fêmeas, utilizou-se o teste de Mann –Whitney (nível de 5% de significância).

Para averiguar a presença dos grupos etários entre machos e fêmeas, utilizamos a diferenciação do tamanho de caracteres morfológicos sexuais secundários (machos = CPM; fêmeas = LA; em relação à variável independente = LC). A princípio a análise de componentes principais (PCA) foi empregada com duas variáveis alométricas (X = variável independente e Y = variável dependente) na base 10 logarítmica, permitindo distinguir as categorias etárias que, nos machos foram três categorias (MMJ= machos morfometricamente juvenis, MMAd= machos morfometricamente adolescentes e MMA= machos morfometricamente adultos) e, nas fêmeas, duas categorias etárias (FMJ= fêmeas morfometricamente juvenis e FMA= fêmeas morfometricamente adultas). Para cada um destes grupos

etários em ambos os sexos, os indivíduos foram atribuídos por meio do método “Hierarchical Clustering” (Corgos & Freire, 2006)

De acordo com Corgos & Freire (2006), este método é baseado no estabelecimento predeterminado dos grupos (juvenis, adolescentes e adultos) e na distribuição dos indivíduos a cada um destes grupos etários de acordo com a carga nos eixos da PCA, por processo iterativo que minimiza a variância dentro dos grupos e maximiza a variância entre os grupos. Este procedimento foi empregado em outros estudos realizados para crustáceos decápodes (Sampedro *et al.*, 1999; Hirose *et al.*, 2010; Gonçalves, *et al.*, 2017).

Baseado nos resultados da classificação (PCA + “Hierarchical Clustering”), aplicou-se uma análise discriminante linear para obter a função discriminante. Após a classificação, estimou-se o tamanho no qual 50% dos indivíduos (machos e fêmeas) atingem a maturidade sexual morfométrica (LC₅₀), por meio da frequência relativa dos adultos (%) em classes de tamanho, ajustado a uma curva sigmoide, baseada na seguinte equação logística:

$$Pcs = \frac{1}{(1 + e^{-(\widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x)})}; \text{ onde } Pcs \text{ é a probabilidade de um indivíduo ser maturo determinado}$$

pela largura da carapaça (LC); $\widehat{\beta}_0$ (intersecção) e $\widehat{\beta}_1$ (retas) são os parâmetros estimados. Em seguida, foi calculado L₅₀ baseado na seguinte equação: $L_{50} = \frac{-\widehat{\beta}_0}{\widehat{\beta}_1}$. O pacote utilizado para estas análises foi o ‘sizeMat’ (Torrejon-Magallanes, 2016).

Mudanças no crescimento de diferentes estruturas corporais em relação à variável independente (LC) foram verificadas usando a análise de crescimento relativo. Os dados foram logaritmizados e ajustados à equação logística $\log(y) = \alpha + \beta \times \log(x)$, onde y é tamanho de determinada estrutura corporal (variável dependente); x, variável independente; α , o valor de y em que a reta corta o eixo das abscissas e β , coeficiente alométrico (angular) que reflete a angulação da curva (Hartnoll, 1974, 1978, 1982).

As análises de crescimento relativo foram realizadas com o pacote “Smatr” (Warton *et al.*, 2012), que utiliza o procedimento baseado no ajuste de linhas bivariadas na alometria usando o eixo principal (major axis - MA), além de fazer inferências por meio de teste para uma inclinação ou elevação comum entre várias linhas alométricas. No MA, ou também conhecida como “modelo II de regressão”, diferentemente do modelo clássico de regressão linear ou “modelo I de regressão”, os resíduos são medidos perpendicularmente à linha de regressão, estimando-se o melhor ajuste para descrever a relação entre duas variáveis. Por esta razão, têm-se dado preferência em utilizar MA ao invés de regressão linear em estudos morfométricos (Warton & Weber, 2002; De Giosa & Czerniejewski, 2011b; a).

A regressão MA testa, no presente estudo, os seguintes aspectos estatísticos:

1. A diferenciação entre a inclinação das retas (b) entre os grupos etários, sendo os parâmetros de inclinação das linhas da MA iguais ($H_0: b \text{ juvenis} = b \text{ adultos}$) ou significativamente diferentes ($H_1: b \text{ juvenis} \neq b \text{ adultos}$) a nível de significância de 5% ($\alpha = 0.05$) (Warton & Weber, 2002).

2. A alometria dos grupos etários, sendo H_0 : retas (b) não diferem de 1 (isométrico) e H_1 : retas (b) diferem de 1, sendo o valor de b exposto no teste a fim de classificar em alométrico positivo ($b > 1$) ou alométrico negativo ($b < 1$), ao nível de significância de 5% ($\alpha = 0.05$).

Ressalta-se que apenas os indivíduos no estágio de intermuda foram utilizados nas análises de crescimento relativo e estimativa da maturidade sexual morfométrica; considerando que, no referido estágio, as mensurações morfométricas são mais confiáveis devido ao maior enrijecimento do exoesqueleto.

Desenvolvimento e maturidade sexual gonadal

Os caranguejos foram dissecados e seu desenvolvimento gonadal foi classificado, de acordo com características macroscópicas das gônadas, levando em consideração o tamanho do hepatopâncreas em relação à cavidade torácica e coloração das gônadas (Abelló, 1989; Costa & Negreiros-Fransozo, 1998).

Em fêmeas, as gônadas foram classificadas em quatro estágios com as seguintes características: Imatura (IM) = gônada não diferenciada e associada à morfologia juvenil; Rudimentar (RU) = gônada não desenvolvida e ovário com aspecto de um filamento delgado esbranquiçado; Em desenvolvimento (ED) = gônadas em início de maturação, ovário bem de cor laranja claro podendo apresentar aspecto granular, tamanho menor que o hepatopâncreas; e Desenvolvida (DE) = ovário ocupa a maior parte da cavidade torácica e a parte anterior do abdômen, além de apresentar uma cor laranja brilhante.

Para machos, semelhante às fêmeas, as gônadas foram classificadas em quatro estágios, sendo IM = gônada indiferenciada, associada à morfologia juvenil; RU = testículos reconhecidos por ampliação e o vaso deferente filamentoso é incolor; ED = gônada pouco volumosa, menor que o hepatopâncreas e apresenta coloração translúcida e branca; e DE = gônada muito volumosa, ocupando grande parte da cavidade torácica e de coloração branca translúcida.

A distribuição dos indivíduos quanto ao estágio de desenvolvimento gonadal em classes de tamanho referente a largura da carapaça foi realizada através meio da equação de Sturges (1999): $K = 1 + 3.322 \times \log(N)$, onde K é o número de classes e N é o número de espécimes coletadas. Posteriormente, a amplitude de cada classe foi calculada por meio da fórmula: $A = (LC \text{ max} - LC$

min) / **K**, onde **A** é a amplitude, e **LC max** e **LC min** é o tamanho máximo e mínimo da largura da carapaça obtidos durante o estudo, respectivamente.

Este procedimento de classificação das gônadas têm sido aplicado em estudos para espécies do gênero *Libinia* (Sal Moyano *et al.*, 2011; Gonçalves *et al.*, 2017). Diferentemente da análise realizada na maturidade sexual morfométrica, na qual apenas os indivíduos em estágio de intermuda foram utilizados, na análise da maturidade sexual gonadal foram incluídos todos os estágios de muda.

Consideramos os indivíduos como imaturos aqueles que possuíam estágio gonadal IM. Os indivíduos com gônadas RU, ED e DE foram classificados como maduros (Sal Moyano *et al.*, 2011; Gonçalves *et al.*, 2017). Para calcular o tamanho relativo no qual machos e fêmeas atingem a maturidade sexual gonadal (LC_{50}), utilizamos o mesmo procedimento aplicado para determinar a maturidade sexual morfométrica. Todas as análises estatísticas foram realizadas no Software R (versão 3.0.2) (Team, 2019).

RESULTADOS

No total, foram amostrados 749 indivíduos. No período de 2000 (antes da criação da APA), foram coletados 662 indivíduos (324 machos, 174 fêmeas não ovígeras e 164 fêmeas ovígeras), enquanto no período de 2013 (pós criação da APA), 87 indivíduos foram amostrados (27 machos, 8 fêmeas não ovígeras e 52 fêmeas ovígeras).

Variação morfométrica entres os dois períodos

Devido à ausência de indivíduos com gônadas imaturas coletados durante o período de 2013, apenas indivíduos com gônadas maduras foram consideradas durante o período de 2000 para esta análise. Portanto, o número de indivíduos maturos amostrados em 2000 foi de 560 indivíduos (270 machos, 126 fêmeas não ovígera e 164 fêmeas ovígeras). A menor fêmea ovígera em 2013 mediu 40,9 mm de LC, sendo maior que a menor fêmea ovígera coletada no período de 2000 ($LC = 33,7$) (**tabela 2**). Este mesmo padrão foi encontrado em todos os grupos demográficos, onde o tamanho mínimo dos indivíduos por grupo demográfico em 2000 é menor que em 2013 (**tabela 2**). Contudo, ao comparar a média de tamanho entre machos e fêmeas (F + FO) nos dois períodos, não foi verificado diferença estatística (Mann-Whitney rank sum test, $p = 0,06$ e $p = 0,18$ dos machos e fêmeas, respectivamente).

Tabela 2. *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Número de indivíduos, valores máximos e mínimos, média e desvio padrão da largura da carapaça (LC) por grupos demográficos nos períodos anterior (2000) e posterior (2013) a criação da APA.

Grupos demográficos	2000			2013		
	N	Min - Max (mm)	$\bar{x} \pm SD$	N	Min - Max (mm)	$\bar{x} \pm SD$
Machos (M)	270	27, 9 - 86,6	49,1 $\pm$ 11,1	27	38,0 - 76,2	50, 1 $\pm$ 11,6
Fêmeas não ovígeras (F)	126	30,7 - 60,0	42,8 $\pm$ 5, 9	8	44,4 - 58,3	48, 5 $\pm$ 5, 0
Fêmeas ovígeras (FO)	164	33,7 - 62, 4	48, 4 $\pm$ 5,9	52	40,9 - 56,7	48,4 $\pm$ 4,1
Fêmeas (F + FO)	290	30,7 - 62,4	47,4 $\pm$ 6,28	60	40,9 - 58,3	48,4 $\pm$ 11,2

N= número total de indivíduos; Min= tamanho mínimo; Max- tamanho máximo; $\bar{x}$ = média e SD= desvio padrão.

Crescimento relativo e maturidade sexual morfométrica

Considerando apenas os indivíduos em estágio de intermuda coletados no período de 2000, foram contabilizados 560 indivíduos, sendo 270 machos, 126 fêmeas não ovígeras e 164 fêmeas ovígeras. A largura da carapaça (LC) nos machos variou de 5,6 mm a 86,6 mm com média ($\bar{x}$) de 42,1 mm e desvio padrão (SD) de 15,3. As fêmeas não ovígeras tiveram uma variação de tamanho de 10,0 mm a 60,0 mm de LC ($\bar{x}$ = 30,8 mm; SD= 11,1) e fêmeas ovígeras de 33,7 mm a 62,4 mm ($\bar{x}$ = 48,1 mm; SD= 5,9). A média dos machos foi maior que das fêmeas (F + FO, $\bar{x}$ = 40,7 mm). Entretanto, não houve diferença significativa no tamanho de machos e fêmeas (Mann-Whitney rank sum test, p = 0,83).

A análise de “Hierarchical Clustering” permitiu distinguir e agrupar os machos, do ponto de vista morfométrico, em juvenis (MMJ), adolescentes (MMAd) e adultos (MMA) através da relação morfométrica da LC *versus* CPM, enquanto que nas fêmeas, distingue-se em juvenis (FMJ) e adultas (FMA) (**figura 2 e 4**) pela relação morfométrica LC vs. LA.

Nos MMJ, o menor indivíduo mediu 5,6 mm de LC e o maior 26,7 mm, enquanto que nos MMAd, o tamanho mínimo foi de 27,6 mm, e o máximo de 50,2 mm de LC. Com base nestes resultados, o tamanho estimado no qual os indivíduos adolescentes (MMAd) atingem a maturidade sexual morfométrica foi de LC = 27,6 mm (destaca-se que não houve sobreposição dos pontos entre MMJ e MMAd, **figura 2**), enquanto que nos machos adultos (MMA) o tamanho no qual 50% destes atingem a maturidade sexual morfométrica foi de LC_{50} = 50,1 mm, com intervalo de confiança entre 48,5 mm a 51.7 mm (**figura 3**). Tanto os MMJ, MMAd e MMA apresentaram crescimento alométrico positivo

do comprimento do maior quelípodo (CPM) em relação a LC (**tabela 3**), enquanto que na relação LC vs. LPM, os MMJ apresentaram crescimento isométrico e MMAd e MMA, alométrico positivo (**tabela 3, figura 5**).

Embora MMJ, MMAd e MMA tenham apresentado alometria positiva quanto ao LC vs. CPM, percebe-se uma diferenciação alométrica entre estes grupos etários evidenciada pelo valor de *b* (inclinação da reta), sendo este valor menor nos indivíduos juvenis (*b* de LC vs. CPM = 1,04) do que nos adolescentes (*b* de LC vs. CPM = 1,46) e adultos *b* de LC vs. CPM = 2,19) (**tabela 3**).

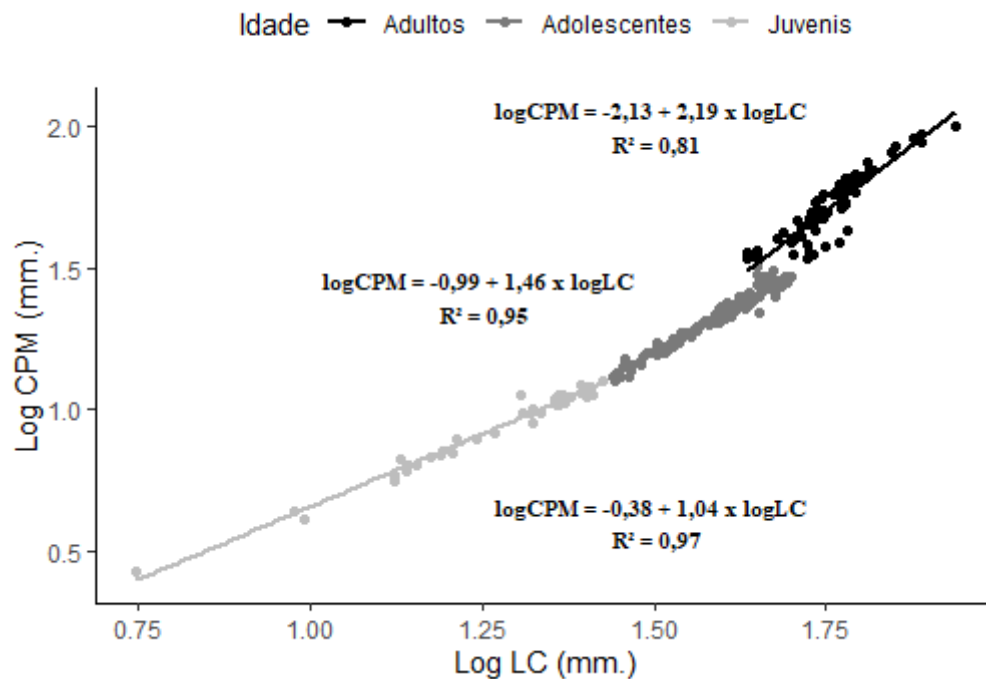


Figura 2. *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Relação da largura da carapaça (LC) vs. o comprimento do própodo do maior quelípodo (CPM), em escala logarítmica, nos machos. Machos juvenis, adolescentes e adultos estão representados por um círculo com preenchimento cinza claro, cinza escuro e preto, respectivamente.

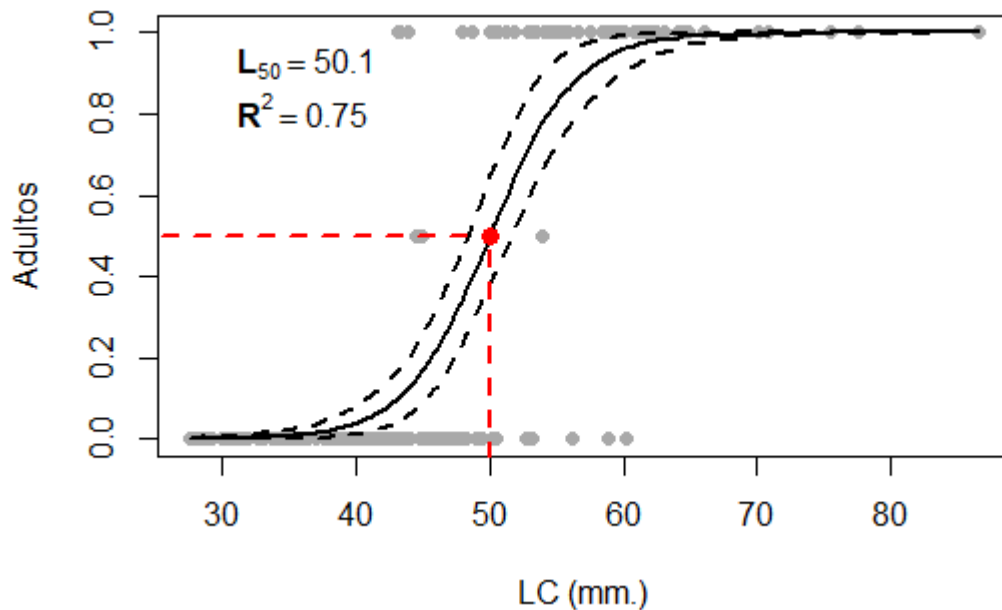


Figura 3. *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Maturidade sexual morfoométrica dos machos. O ponto em vermelho indica o tamanho estimado, no qual 50% dos machos atingem a maturidade sexual morfoométrica (LC_{50}) e o R^2 , coeficiente de angulação da curva logística.

Nas FMJ, o tamanho de LC variou de 10 mm a 26,4 mm ($\bar{x} = 18,2$ mm; $SD = 4,5$), enquanto que nas FMA, a variação foi de 27,2 mm a 62,4 mm de LC. Similar aos MMJ e MMAd, não houve sobreposição no tamanho das FMJ e FMA e, deste modo, a maturidade sexual morfoométrica estimada para as fêmeas foi de $LC = 27.2$ mm, embora a menor fêmea ovígera encontrada mediu 33,7 mm de LC. (**figura 3**). A relação LC vs. LA evidenciou um padrão de crescimento alométrico positivo para as juvenis (FMJ) e adultas (FMA). Neste caso, em ambos grupos etários, o abdômen das fêmeas juvenis cresce numa taxa maior que o comprimento da carapaça, sendo o coeficiente alométrico nas FMA maior que nas FMJ ($b = 1,94$ e $b = 1,13$ nas adultas e juvenis, respectivamente). Embora para as relações LC versus CPM e LPM não tenham apresentado diferenciação das retas (valor de b) entre as FMJ e FMA (**tabela 3**), tais relações estão representadas na **figura 6**.

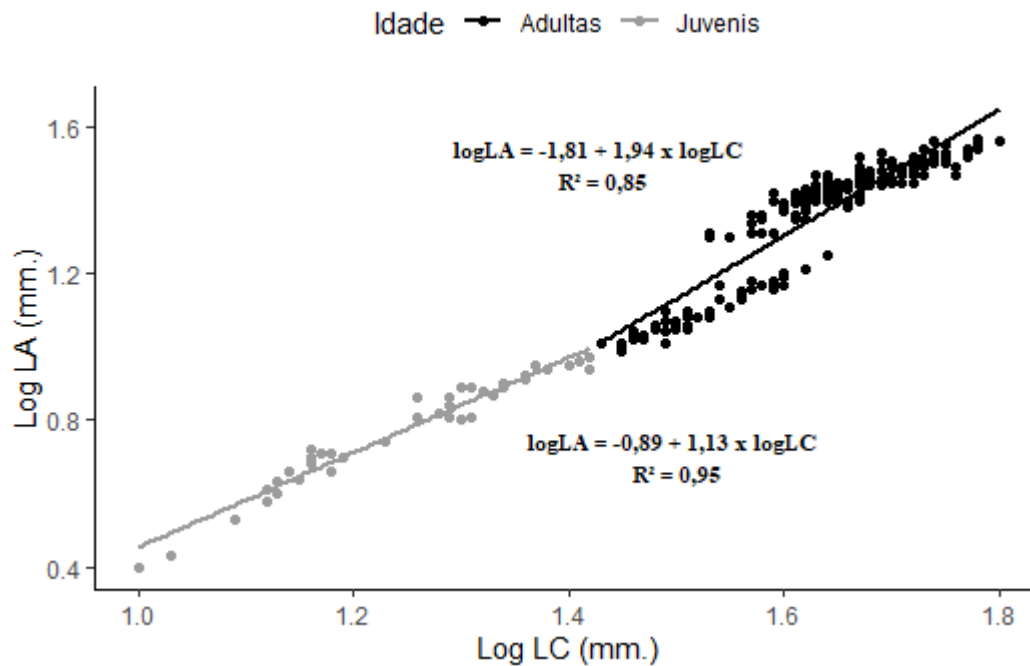


Figura 4. *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Relação entre largura da carapaça (LC) e largura do abdômen (LA), em escala logarítmica, das fêmeas. Fêmeas adultas e juvenis estão representadas por um círculo com preenchimento preto e cinza, respectivamente.

Tabela 3: *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Análise do crescimento relativo dos machos e fêmeas de acordo com a classificação etária.

Relações morfométricas	Grupos etários	N	Equação linear: $\log Y = \alpha + \beta \cdot \log X$		R ²	Inclinação das retas	Teste alométrico	p teste alométrico
			α	β				
LC vs. LA	FMA	245	-1,81	1,94	0,85	$p < 0.05$	+	$p < 0,05$
	FMJ	41	-0,89	1,13	0,95		+	$p < 0,05$
	MMA	132	-0,66	0,92	0,77	$p > 0.05$	=	$p > 0,05$
	MMAd	106	-0,52	0,82	0,88		-	$p < 0,05$
	MMJ	26	-0,64	0,91	0,91		=	$p > 0,05$
LC vs. CPM	FMA	221	0,42	0,92	0,96	$p > 0.05$	-	$p < 0,05$
	FMJ	38	0,34	0,99	0,92		=	$p > 0,05$
	MMA	74	-2,13	2,19	0,81	$p < 0.05$	+	$p < 0,05$
	MMAd	107	-0,99	1,46	0,95		+	$p < 0,05$
	MMJ	37	-0,38	1,04	0,97		=	$p > 0,05$
LC vs. LPM	FMA	229	-1,00	1,03	0,92	$p > 0.05$	+	$p < 0,05$
	FMJ		-0,97	1,01	0,92		=	$p > 0,05$
	MMA	114	-3,51	2,61	0,82	$p < 0.05$	+	$p < 0,05$
	MMAd	86	-1,57	1,44	0,87		+	$p < 0,05$
	MMJ	42	-0,87	0,96	0,96		=	$p > 0,05$

Abreviaturas: LC, largura da carapaça; LA, largura do abdômen; CPM, comprimento do própodo do maior quelípodo; LPM, largura do própodo do maior quelípodo; FMA, fêmeas adultas; FMJ, fêmeas juvenis; MMA, machos adultos, MMAd, machos adolescentes e MMJ, machos juvenis.

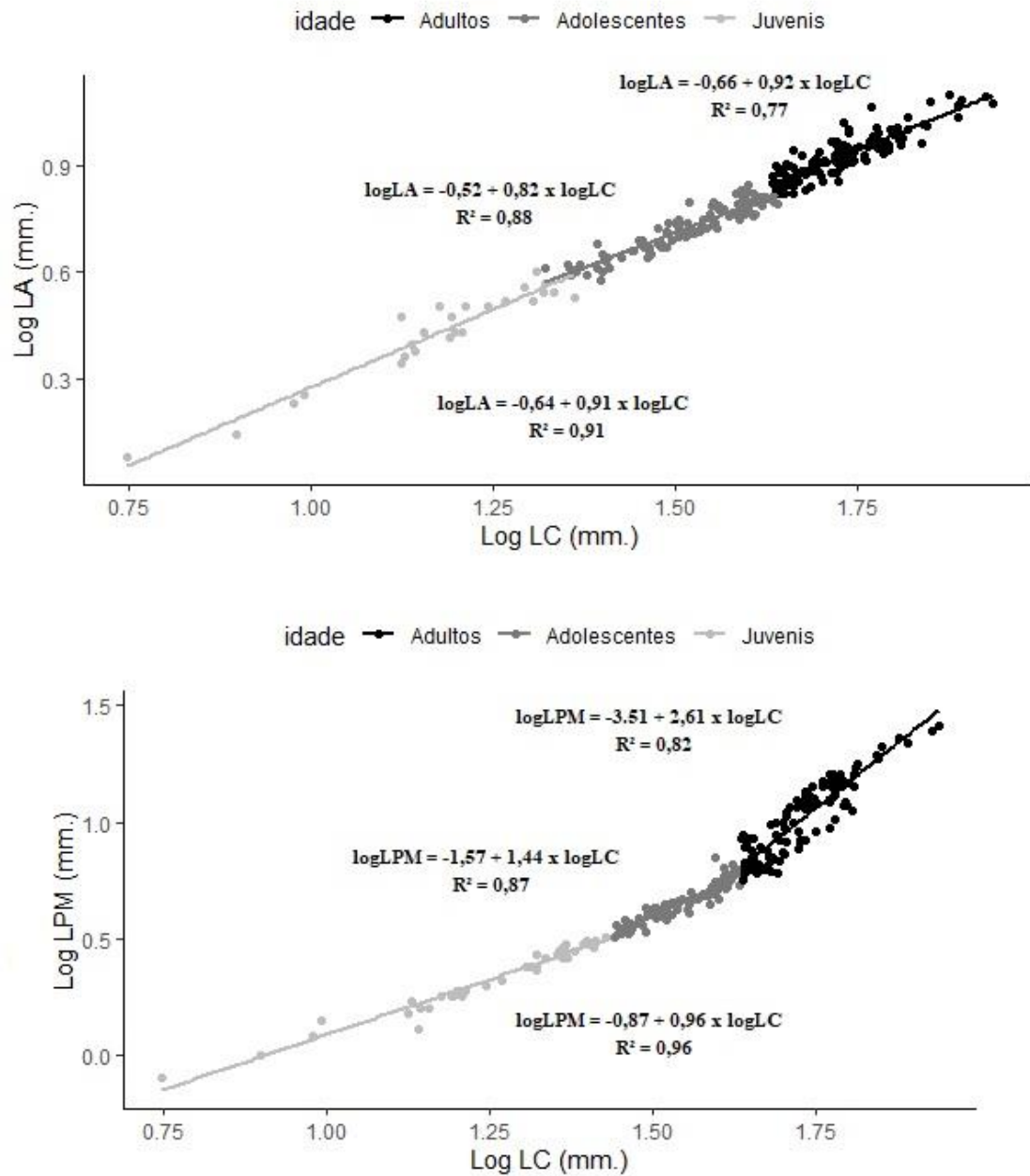


Figura 5. *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Relação entre a largura da carapaça (LC), largura do abdômen (LA) e largura do própodo do maior quelípodo (LPM), em escala logarítmica, nos machos. Machos juvenis, adolescentes e adultos estão representados por um círculo com preenchimento cinza claro, cinza escuro e preto, respectivamente.

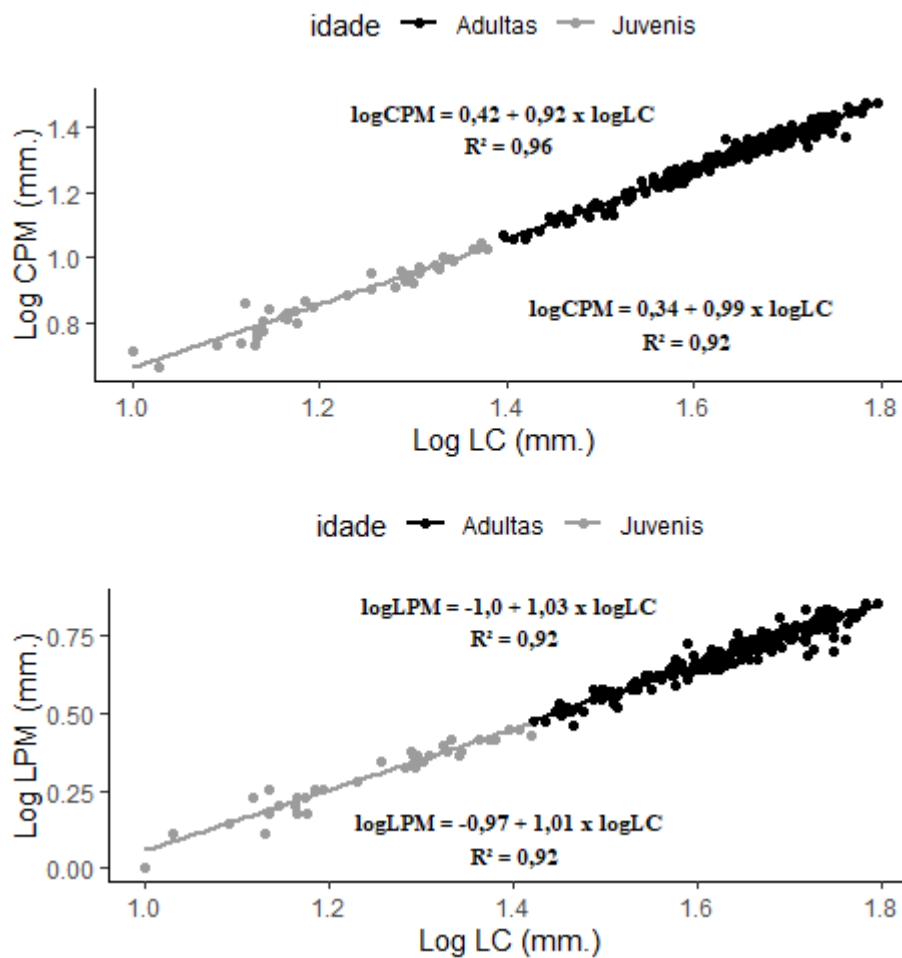


Figura 6. *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Relação entre largura da carapaça (LC), comprimento do própodo do maior quelípodo (CPM) e largura do própodo do maior quelípodo (LPM), em escala logarítmica, das fêmeas. Fêmeas adultas e juvenis estão representadas por um círculo com preenchimento preto e cinza, respectivamente.

Desenvolvimento e maturidade sexual gonadal

Nos machos, os indivíduos foram agrupados em 10 classes de tamanho com amplitude de 9 mm (**figura 9**). Dentre os quatro estágios de desenvolvimento gonadal observados, os indivíduos imaturos foram mais frequentes nas três primeiras classes de tamanho, sendo o menor macho IM com CW = 5,60 e maior com CW = 40,40 mm. À medida que aumenta a classe de tamanho, a porcentagem de indivíduos com gônadas IM diminui. Os indivíduos com gônadas RU variaram de 27,90 mm a 78,30 mm de CW, ED de 30,9 mm a 75,50 mm e DE de 34,60 mm a 86,60 mm de CW. Todos os machos, a partir da classe de tamanho de 50 –| 59 mm de LC, representaram apenas indivíduos maduros. Na última classe de tamanho foram registrados somente indivíduos com gônadas desenvolvidas (**figura 9**). De acordo com a equação logística, o tamanho no qual 50% dos machos atingem a maturidade

sexual gonadal foi de $LC_{50} = 33,7$ mm, com intervalo de confiança entre 32,3 mm a 35,1 mm (**figura 10**).

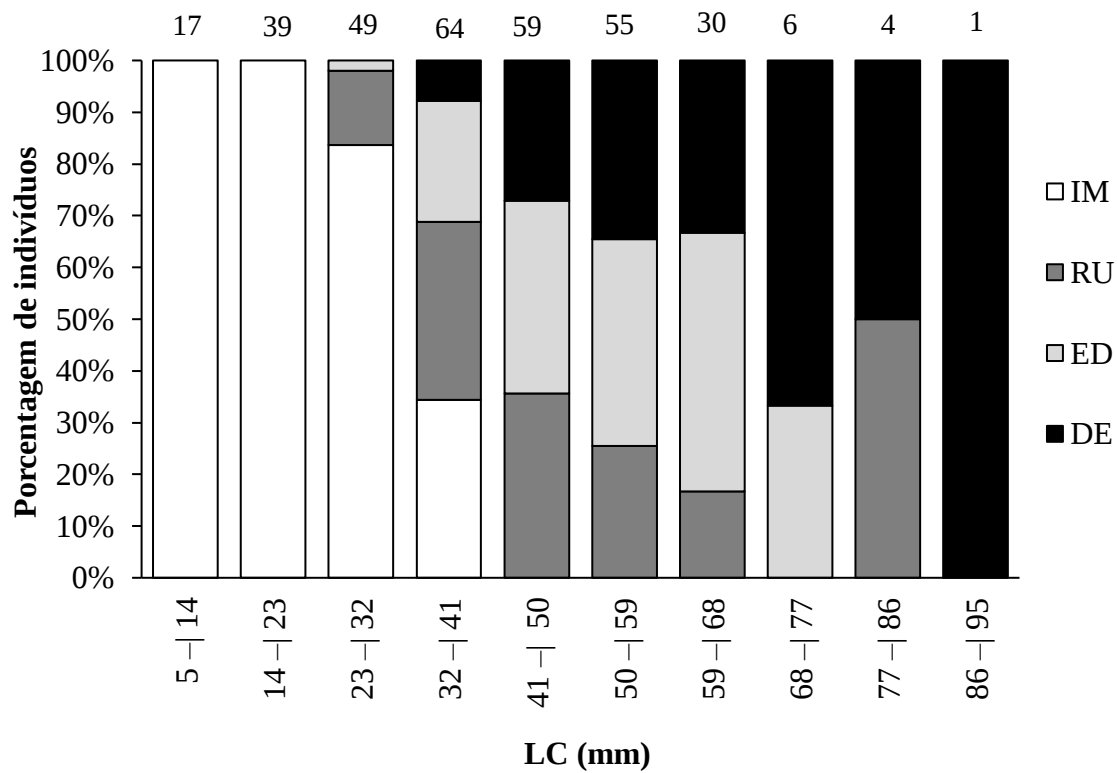


Figura 7. *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Porcentagem de indivíduos machos distribuídos em classes de tamanho, de acordo com o desenvolvimento gonadal. Abreviaturas: IM= imaturo; RU= rudimentar; ED= em desenvolvimento; DE= desenvolvido. O número localizado na parte superior das barras indica o número total de indivíduos pertencente a classe de tamanho.

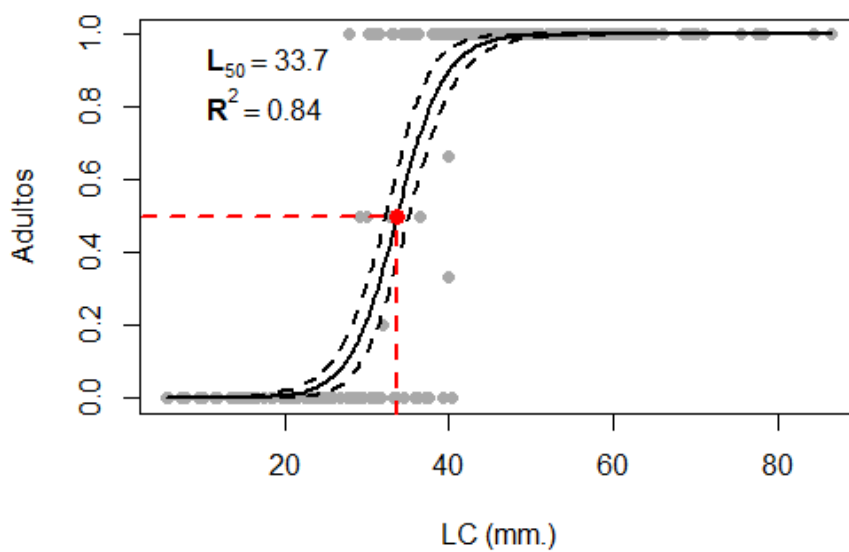


Figura 8. *Libinia spinosa* Guérin, 1832 Maturidade gonadal dos machos. O ponto em vermelho indica o tamanho estimado no qual 50% dos machos atingem a maturidade gonadal (L_{50}) e R^2 o coeficiente de determinação da equação.

Em relação as fêmeas, estas foram agrupadas em 9 classes de tamanho com amplitude de 10 mm (**figura 9**). Semelhante aos machos, foram observados quatro estágios de desenvolvimento gonadal (IM, RU, ED e DE). Fêmeas com gônadas imaturas (IM) foram mais frequentes nas primeiras classes de tamanho, estas variaram de 10,0 mm a 43,60 de LC, em estágio RU variaram de 30,7 mm a 55,4 mm de LC, ED de 34,1 a 60,7 mm de LC e DE de 33,7 mm a 62,4 mm de LC. A partir da classe de tamanho 46 –| 52 mm de LC, foram encontradas somente fêmeas maduras (**figura 9**). O tamanho estimado, no qual 50 % das fêmeas atingem a maturidade sexual gonadal foi de $LC_{50} = 36,9$ mm, com intervalo de confiança entre 35,7 mm a 37,9 mm (**figura 10**).

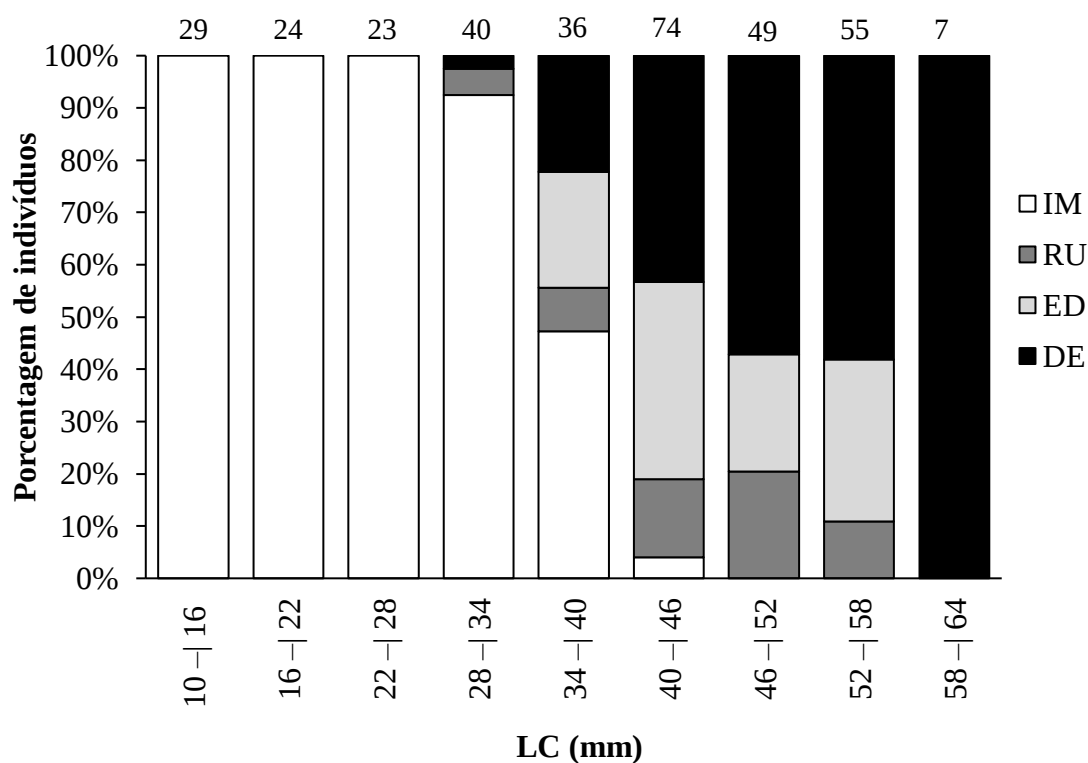


Figura 9. *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Porcentagem de indivíduos (fêmeas) distribuídos em classes de tamanho, de acordo com o desenvolvimento gonadal. Abreviaturas: IM= imaturo; RU= rudimentar; ED = em desenvolvimento e DE= desenvolvido. O número localizado na parte superior das barras indica o número total de indivíduos pertencente a classe de tamanho.

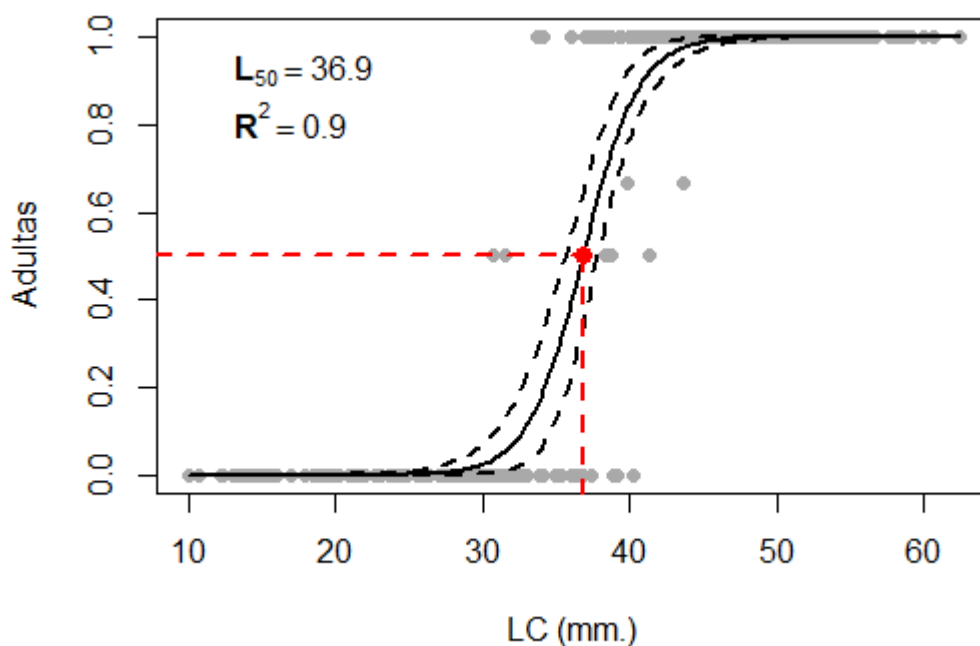


Figura 10. *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Maturidade gonadal das fêmeas (LC_{50}). O ponto em vermelho indica o tamanho estimado no qual 50% das fêmeas atingem a maturidade gonadal (L_{50}) e R^2 o coeficiente de determinação da equação.

DISCUSSÃO

Em nosso estudo, não foi verificada variação no tamanho dos indivíduos machos e fêmeas com gônadas maduras antes e pós criação da APA na região de Ubatuba, nos anos de 2000 e 2013, respectivamente. Tal resultado indica que nesta região, durante o intervalo de 13 anos, é possível que *L. spinosa* apresente algum grau de resistência frente aos impactos ambientais registrados em Ubatuba. Contudo, estas inferências precisariam ser melhor investigadas, visto que a metodologia de coleta entre os dois períodos do presente estudo não seguiram uma padronização que permita afirmar tal hipótese. Entretanto, estudos recentes mostram que durante um intervalo de 20 anos (entre 1995 a 2016), houve alteração na abundância e distribuição espacial de *Hepatus pudibundus* na região de Ubatuba possivelmente devido as variações das variáveis ambientais como por exemplo o aumento de sedimento fino (Teles *et al.*, 2020). Além disso, no segundo período (2016), o tamanho médio dos indivíduos e do início da maturidade sexual de *H. pudibundus* foi menor quando comparado com o primeiro período (1995) podendo estas mudanças estarem associadas à intensificação da pesca na região (Teles *et al.* 2021). Estas variações morfométricas, quando acontecem, podem ser resultados

da plasticidade fenotípica dos organismos frente as mudanças ambientais (Campbell & Eagles, 1983; West-Eberhard, 2003; Angilletta Jr & Angilletta, 2009).

Foram reconhecidos, com base na relação da largura da carapaça e do comprimento do própodo do maior quelípodo, três fases: machos jovens (MMJ), adolescentes (MMAd) e adultos (MMA) do ponto de vista morfométrico, como também observado em outras espécies de Majoidea (Conan *et al.*, 1988; Sainte-Marie *et al.*, 1995; Sampedro *et al.*, 1999; Carmona-Suárez, 2003; Gonçalves *et al.*, 2017). Em nossa amostragem, o menor e maior tamanho de largura da carapaça (LC) reportado para os machos adolescentes foi de 27,6 mm e 50,2 mm, respectivamente; considerando que os machos atingem a maturidade gonadal em 33,7 mm LC, a maioria dos adolescentes são maduros do ponto de vista gonadal. Sal Moyano & Gavio (2012), ao distinguirem três morfotipos de machos em *L. spinosa*, verificaram um morfotipo que, embora morfometricamente imaturo, apresentavam espermatóforos, indicando possível capacidade de cópula. A existência destes morfotipos pode ser explicada como parte do processo ontogenético para atingirem a maturidade sexual e garantir o sucesso reprodutivo (Hartnoll, 1963; Laufer & Ahl, 1995).

A presença destes morfotipos em uma população podem indicar diferentes estratégias reprodutivas como já reportadas para outras espécies de Majoidea como em *Chionoecetes opilio* (Conan & Comeau, 1986) e *L. emarginata* (Homola *et al.*, 1991), incluindo *L. spinosa* (González-Pisani & López-Greco, 2020) visto que, existe competição intraespecífica entre MMAd e MMA por fêmeas. Além disso, diferenças fenotípicas entre estes grupos etários podem acarretar diferentes padrões comportamentais de luta e guarda pré e pós copulatória (Rondeau & Sainte-Marie, 2001; González-Pisani & López-Greco, 2020). De acordo com Laufer & Ahl (1995), os machos morfometricamente imaturos de *L. emarginata*, porém maduros do ponto de vista gonadal são oportunistas e na presença dos MMA “imitam” o comportamento das fêmeas, copulando-as. Desta forma, essa estratégia evita o confronto entre MMAd e MMA, uma vez que os machos adultos são maiores e, conseqüentemente, melhores competidores, aumentando as chances de acasalamento e sucesso reprodutivo (Laufer & Ahl, 1995; Sal Moyano & Gavio, 2012).

Considerando-se o crescimento relativo de várias espécies de caranguejos Majoidea, verifica-se que para machos, as relações entre a largura da carapaça e o tamanho dos quelípodos caracterizam as fases imaturas e maduras, as quais são evidenciadas pela muda puberal (Watson, 1970; Hartnoll, 1982; Conan & Comeau, 1986). Nossas análises de crescimento relativo mostraram que tanto os MMJ, MMAd e MMA, apresentaram alometria positiva em relação do comprimento do própodo do maior quelípodo (CPM) vs. largura da carapaça (LC), sendo este padrão alométrico similarmente reportado para *L. spinosa* por Sal Moyano *et al.* (2011b) bem como para outras espécies de Majoidea (Sampedro *et al.*, 1999; Corgos *et al.*, 2006). Entretanto, o nível alométrico nos MMA (evidenciado pelo valor de

b, tabela 2) foi maior quando comparado com os MMJ e MMA_d. Tal resultado pode indicar uma maior alocação energética para o crescimento dessa estrutura antes de sofrerem a muda terminal, uma vez que o quelípodo é uma estrutura importante na reprodução desses organismos, pois além de atuar como característica decisiva na seleção do macho pelas fêmeas, é utilizado no combate com outros machos por uma fêmea receptiva ou para protegê-la durante o acasalamento (Sal Moyano & Gavio, 2012).

Foi distinguido a presença de duas fases morfométricas nas fêmeas: juvenis (imatura) e adultas (madura), separadas pela muda puberal e evidenciadas pelas mudanças alométricas na relação LC vs. LA. Resultados semelhantes foram reportados para *Maja squinado* (Herbst, 1788) por Sampedro *et al.* (1999), *Maja crispata* Risso, 1827 in [Risso, 1826-1827] por Carmona-Suaréz (2003), *Lidiboclea granaria* H. Milne Edwards & Lucas, 1842 [in H. Milne Edwards & Lucas, 1842-1844] por Schejter & Spivak (2005), *Leurocyclus tuberculosus* (H. Milne Edwards & Lucas, 1842 [in H. Milne Edwards & Lucas, 1842-1844]) por Barón *et al.* (2009), *L. spinosa* por Sal Moyano *et al.* (2011b) e *L. ferreirae* por Gonçalves *et al.* (2017). Nas fêmeas, a muda puberal traz mudanças morfológicas importantes que afetam, entre outras partes corpóreas, o abdômen (Hartnoll, 1969). Em nossas análises de crescimento relativo, tanto as FMJ quanto FMA apresentaram alometria positiva na relação LC x LA, sendo o coeficiente alométrico nas FMA maior que nas FMJ. Tal resultado pode se justificar pelo fato de que o crescimento e alargamento do abdômen junto ao desenvolvimento dos pleópodos permite a fixação e incubação dos ovos após a desova, evidenciado principalmente nas fêmeas morfometricamente adultas (Hartnoll, 1969, 1974).

Quanto à maturidade gonadal, nos machos a mesma antecedeu a maturidade sexual morfométrica ($LC_{50} = 33,7$ mm e $LC_{50} = 50,1$ mm, respectivamente), a estimativa destas maturidades são robustas, uma vez que nos MMA o menor indivíduo possui 43,2 mm de LC enquanto que o menor macho com gônadas maduras medindo 27,9 mm, ou seja, valores próximos das estimativas na qual leva em consideração 50% da população. Em estudos realizados com *L. spinosa* e outras espécies de Majoidea nos quais a existência de machos adolescentes é reportado, geralmente encontra-se a maturidade gonadal antecedendo a maturidade gonadal (**tabela 4**). Como já mencionado, este padrão de maturidade pode beneficiar os MMA_d oportunistas no momento da cópula (Sampedro *et al.*, 1999; Gonçalves *et al.*, 2017).

Já nas fêmeas, a maturidade gonadal e morfométrica ocorreram em tamanhos próximos ($LC_{50} = 36,9$ mm e 27,2 mm, respectivamente) e, mais uma vez, os resultados são robustos uma vez que o tamanho da menor fêmea com gônada madura foi de 30,7 mm enquanto que a menor fêmea ovígera mediu 33,7 mm de LC. O padrão de maturidade que encontramos corrobora com outros estudos realizados em Majoidea, inclusive para *L. spinosa* (**tabela 4**).

Tabela 4 - *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Quadro comparativo referente às maturidades morfométrica e gonadal registradas na literatura.

Espécie/sexo	Maturidade morfométrica	Maturidade gonadal	Localidade	Latitude	Referências
Libinia spinosa					
Machos	49,3 mm	33,5 mm	Ubatuba, SP, Brasil	23° 26 'S	Presente estudo
	58,9 mm	33,6 mm	Mar del Plata, Argentina	38° 33' S	Sal-Moyano <i>et al.</i> (2011b)
	36,0 mm	40,0 mm	Chubut, Argentina	43° 17' S	González-Pisani (2011)
Fêmeas	37,3 mm	36,8 mm	Ubatuba, SP, Brazil	23° 26' S	Presente estudo
	40,6 mm	40,3 mm	Mar del Plata, Argentina	38° 33' S	Sal-Moyano <i>et al.</i> (2011b)
	42,0 mm	46,0 mm	Chubut, Argentina	43° 17'S	González-Pisani (2011)
Libinia ferrera					
Machos	53,25 mm	34, 86 mm	Cananéia-Iguape, SP, Brasil	25° 04' S	Gonçalves <i>et al.</i> (2017)
Fêmeas	39,43 mm	38, 77 mm			
Maja brachydactyla					
Machos	136, 5 mm	96,2 mm	Península de O Grove, Galícia, Espanha	NF	Corgos & Freire (2006)*
Fêmeas	96, 2 mm	-			

NF = não informado pelos autores.

* As maturidades são referentes ao tamanho da largura da carapaça, diferentemente dos outros estudos (incluindo o presente estudo) que não possuem * pois os cálculos de maturidades foram realizados com base no comprimento do escudo cefalotóracico (LC).

Indivíduos da mesma espécie, mas que vivem em ambientes diferentes podem apresentar taxas de maturidade morfométrica distintas. Sal Moyano *et al.* (2014), ao comparar as taxas de maturidade sexual da espécie *Microphrys bicornutus* (Latreille, 1825) com outros estudos realizados em diferentes localidades, os autores sugerem que a diferença nas taxas de maturidade podem estar associadas com as diferentes latitudes e condições ambientais nas quais a população de *M. bicornutus*

estão inseridas. Estas variações ambientais poderiam influenciar na disponibilidade de alimentos e, consequentemente, influenciar em processos reprodutivos como por exemplo, a taxa de maturidade sexual (Sal Moyano *et al.*, 2012).

Entretanto, tal inferência precisa ser mais investigada, pelo menos em relação a *L. spinosa*, devido a algumas particularidades da espécie que podem influenciar nas taxas de crescimento diferencial, como por exemplo a relação simbiótica dos indivíduos juvenis com medusas (Zamponi, 2002; Sal Moyano *et al.*, 2012; Gonçalves *et al.*, 2017). Nesta relação, é possível que exista conectividade das populações de *L. spinosa* ao longo de sua distribuição espacial promovida pelo transporte desta espécie pelas medusas, caracterizando-se como uma metapopulação (Gonçalves *et al.*, 2020b). Outro aspecto relevante está relacionado com a presença de epibiontes, no qual pode influenciar no tamanho dos indivíduos e, consequentemente no tamanho em que estes atingem a maturidade sexual (Abelló, 1990; Negreiros-Fransozo *et al.*, 1995). Segundo Cordeiro & Costa (2009), a intensidade de infestação do epibionte *Octolasmis lowei* (Stebbing, 1984) apresentou correlação positiva com o tamanho do hospedeiro, neste caso *L. spinosa*, sendo este padrão observado em outras espécies que apresentam muda terminal e que o tempo em que o indivíduo permanece a intermuda é um importante fator para o estabelecimento dos epibiontes.

Estudos sobre genética populacional são necessários para melhor compreender o quanto estas populações de *L. spinosa* podem estar conectadas, ao longo da sua distribuição na América do Sul bem como investigar a plasticidade fenotípica da espécie ao longo dos anos, levando em consideração dados anteriores e/ou futuros que tenham sido coletado com metodologias semelhantes, garantindo assim maior robustez na comparação de aspectos morfológicos e reprodutivos da espécie em um determinado intervalo de tempo proposto. Sugerimos também a realização de estudos comportamentais e histológicos das populações de *L. spinosa* na região de Ubatuba afim de melhor elucidar melhor as estratégias reprodutivas dos machos adolescentes.

REFERÊNCIAS

- ABELLÓ, P., 1989. Reproductive biology of *Macropipus tuberculatus* (Roux, 1830) (brachyura: Portunidae) in the Northwestern Mediterranean. *Ophelia*, **30**: 47–53. <https://doi.org/10.1080/00785326.1989.10430835>
- ABELLÓ, P., R. VILLANUEVA & J. M. GILI, 1990. Epibiosis in deep-sea crab populations as indicator of biological and behavioural characteristics of the host. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, **70**: 687–695
- ALMEIDA, A. C., V. FRANSOZO, G. M. TEIXEIRA, M. FURLAN, K. A. N. HIROKI & A. FRANSOZO, 2011. Population structure and reproductive period of whitebelly prawn *Nematopalaemon schmitti* (Holthuis 1950) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) on the southeastern coast of Brazil. *Invertebr. Reprod. Dev.*, **55**: 30–39. <https://doi.org/10.1080/07924259.2010.548641>
- ALMEIDA, A. C., C. M. HIYODO, V. J. COBO, G. BERTINI, V. FRANSOZO & G. M. TEIXEIRA, 2013. Relative growth, sexual maturity, and breeding season of three species of the genus *Persephona* (Decapoda: Brachyura: Leucosiidae): a comparative study. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*: 1581–1591
- ANDRADE, L. S. de, I. F. FRAMESCHI, R. C. da COSTA, A. L. CASTILHO & A. FRANSOZO, 2015. The assemblage composition and structure of swimming crabs (Portunoidea) in continental shelf waters of southeastern Brazil. *Cont. Shelf Res.*, **94**: 8–16
- ANGILLETTA JR, M. J. & M. J. ANGILLETTA, 2009. Thermal adaptation: a theoretical and empirical synthesis
- BARÓN, P. J., A. P. QUIROGA, G. A. LEAL & X. GONZÁLEZ-PISANI, 2009. Morphological maturity of the knobbed spider crab, *Leurocyclus tuberculatus* (H. Milne Edwards & Lucas, 1842) (Brachyura, Majidae) in the Northern Patagonian Gulfs. *Crustaceana*, **82**: 267–273. <https://doi.org/10.1163/156854008X390407>
- BARROS, S. de P., V. J. COBO & A. FRANSOZO, 2008. Feeding habits of the spider crab *Libinia spinosa* H. Milne Edwards, 1834 (Decapoda, Brachyura) in Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil. *Brazilian Arch. Biol. Technol.*, **51**: 413–417. <https://doi.org/10.1590/s1516-89132008000200023>
- BERNARDO, C. H., G. S. SANCINETTI, F. G. TADDEI, K. A. N. HIROKI, A. C. DE ALMEIDA & A.

- FRANSOZO, 2018. Abundance and spatio-temporal distribution of two Southwest Atlantic endemic shrimps: changes after 20 years. *Biol.*, **73**: 589–598. <https://doi.org/10.2478/s11756-018-0066-x>
- BRAGA, A. A., A. FRANSOZO, G. BERTINI & P. B. FUMIS, 2005. Composição e abundância dos caranguejos (Decapoda, Brachyura) nas regiões de Ubatuba e Caraguatatuba, litoral norte paulista, Brasil. *Biota Neotrop.*, **5**: 45–78. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032005000300004>
- CAMPBELL, A. & M. D. EAGLES, 1983. Size at maturity and fecundity of rock crabs, *Cancer irroratus*, from the Bay of Fundy and southwestern Nova Scotia. *Fish. Bull.*, **81**: 357–362
- CARMONA-SUÁREZ, C. A., 2003. Reproductive biology and relative growth in the spider crab *Maja crispata* (Crustacea: Brachyura: Majidae). *Sci. Mar.*, **67**: 75–80. <https://doi.org/10.3989/scimar.2003.67n175>
- CASTIGLIONI, D. da S. & M. L. NEGREIROS-FRANSOZO, 2004. Comparative analysis of the relative growth of *Uca rapax* (Smith) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in São Paulo, Brazil. *Rev. Bras. Zool.*, **21**: 137–144. <https://doi.org/10.1590/s0101-81752004000100023>
- CASTILHO, A. L., M. R. PIE, A. FRANSOZO, A. P. PINHEIRO & R. C. COSTA, 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, **88**: 119–123. <https://doi.org/10.1017/S0025315408000313>
- CONAN, G. Y. & M. COMEAU, 1986. Maturity and termina molt of male snow crab *Chionoecetes opilio*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **43**: 1710–1719
- CONAN, G. Y., M. MORIYASU, M. COMEAU, P. MALLET, R. CORMIER, Y. CHIASSON & H. CHIASSON, 1988. Growth and maturation of snow crab (*Chionoecetes opilio*). In: G. S. JAMIELSON & W. D. MCKONE (eds.): *Proceedings of the International Workshop on Snow Crab Biology*, December 8-19, 1987. 45–66. (Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences, Montréal, Québec).
- CORDEIRO, C. A. M. M. & T. M. COSTA, 2010. Infestation rates of the pedunculated barnacle *Octolasmis lowei* (Cirripedia: Poecilasmatidae) on the spider crab *Libinia spinosa* (Decapoda: Majoidea). *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, **90**: 315–322. <https://doi.org/10.1017/S0025315409990506>

- CORGOS, A. & J. FREIRE, 2006. Morphometric and gonad maturity in the spider crab *Maja brachydactyla*: a comparison of methods for estimating size at maturity in species with determinate growth. ICES J. Mar. Sci., **63**: 851–859. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.03.003>
- COSTA, T. M. & M. L. NEGREIROS-FRANZOZO, 1998. The reproductive cycle of *Callinectes Danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, Brazil. Crustaceana, **71**: 616–627
- DAVID, I. W. & C. W. NEVILLE, 2002. Common slope tests for bivariate errors-in-variables models. Biometrical J., **44**: 161–174
- FRANZOZO, A., A. N. DE SOUSA, G. F. B. RODRIGUES, J. N. TELLES, V. FRANZOZO & M. L. NEGREIROS-FRANZOZO, 2016. Crustáceos decápodes capturados na pesca do camarão-sete-barbas no sublitoral não consolidado do litoral norte do estado de São Paulo, Brasil. Bol. do Inst. Pesca, **42**: 369–386. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n2p369>
- DE GIOSA, M. & P. CZERNIEJEWSKI, 2011a. Major axis approach to the statistical analysis of the relative growth of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in the Odra estuary (Poland). Oceanol. Hydrobiol. Stud., **40**: 36–45. <https://doi.org/10.2478/s13545-011-0005-8>
- DE GIOSA, M. & P. CZERNIEJEWSKI, 2011b. The relative growth of walking legs of adult Chinese mitten crabs, *Eriocheir sinensis* in the Odra estuary (Poland). the major axis statistical modeling. Oceanol. Hydrobiol. Stud., **40**: 61–67. <https://doi.org/10.2478/s13545-011-0030-7>
- GONÇALVES, G. R. L., E. A. BOLLA JÚNIOR, M. L. NEGREIROS-FRANZOZO & A. L. CASTILHO, 2017. Morphometric and gonad maturity of the spider crab *Libinia ferreirae* Brito Capello, 1871 (Decapoda: Majoidea: Epialtidae) on the south-eastern Brazilian coast. J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom, **97**: 289–295. <https://doi.org/10.1017/S0025315416000370>
- GONÇALVES, G. R. L., M. L. NEGREIROS-FRANZOZO, A. FRANZOZO & A. L. CASTILHO, 2020a. Feeding ecology and niche segregation of the spider crab *Libinia ferreirae* (Decapoda, Brachyura, Majoidea), a symbiont of *Lychnorhiza lucerna* (Cnidaria, Scyphozoa, Rhizostomeae). Hydrobiologia, **847**: 1013–1025. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04158-0>
- GONÇALVES, G. R. L., L. F. da S. PALOMARES, A. N. SOUSA, G. STANSKI, G. SANCINETTI, R. C. da COSTA & A. L. CASTILHO, 2020b. Geographical ecology of the symbiotic crabs *Libinia ferreirae* and *Libinia spinosa*: Distributional patterns in south and south-eastern coast of Brazil. Mar. Ecol.: 1–12. <https://doi.org/10.1111/maec.12606>

- GONÇALVES, G. R. L., M. R. WOLF, R. C. DA COSTA & A. L. CASTILHO, 2016. Decapod crustacean associations with scyphozoan jellyfish (Rhizostomeae: Pelagiidae) in the Southeastern Brazilian coast. *Symbiosis*, **69**: 193–198. <https://doi.org/10.1007/s13199-016-0395-x>
- GONZÁLEZ-PISANI, X., 2011. Biología reproductiva de los cangrejos araña *Leurocyclus tuberculosus* y *Libinia spinosa* (Brachyura, Majoidea) del norte de Patagonia. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
- GONZÁLEZ-PISANI, X., P. BARÓN & L. S. LÓPEZ GRECO, 2012. Functional anatomy of the female reproductive systems of two spider crabs (Decapoda, Majoidea). *Invertebr. Biol.*, **131**: 61–74. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7410.2011.00252.x>
- GONZÁLEZ-PISANI, X., F. G. DELLATORRE & L. LÓPEZ-GRECO, 2013. Embryology of the spider crabs *Leurocyclus tuberculosus* (H. Milne-Edwards & Lucas 1842) and *Libinia spinosa* (H. Milne-Edwards 1834) (Brachyura, Majoidea). *Zootaxa*, **3718**: 301–316. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3718.4.1>
- GONZÁLEZ-PISANI, X. & L. L. GRECO, 2014. Comparative reproductive effort and fecundity in the spider crabs, *Leurocyclus tuberculosus* and *Libinia spinosa* (Majoidea, Brachyura). *Zoolog. Sci.*, **31**: 244–250. <https://doi.org/10.2108/zs130089>
- GONZÁLEZ PISANI, X. & L. S. LÓPEZ GRECO, 2020. Male reproductive strategies in two species of spider crabs, *Leurocyclus tuberculosus* and *Libinia spinosa*. *Zoology*, **143**. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.125847>
- HARTNOLL, R. G., 1963. the Biology of manx spider crabs. *Proc. Zool. Soc. London*, **141**: 423–496. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1963.tb06096.x>
- HARTNOLL, R. G., 1969. Mating in the Brachyura. *Crustaceana*, **16**: 161–181
- HARTNOLL, R. G., 1974. Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda Brachyura). *Crustaceana*, **27**: 131–136
- HARTNOLL, R. G., 1978. The determination of relative growth in crustacea. *Crustaceana*, **34**: 281–293
- HARTNOLL, R. G., 1982. Growth. In: L. G. ABELE (ed.): *The biology of Crustacea, embryology, morphology and genetics*. 440. (Academic Press, New York).
- HARTNOLL, R. G., 1985. Growth, sexual maturity and reproductive output. In: A. M. WENNER & A.

- A. ROTTERDAM (eds.): Factors in adult growth. 101–129. (Balkema Publishers).
- HARTNOLL, R. G. & P. GOULD, 1988. Brachyuran life history strategies and the optimization of egg production. Symposia of the zoological society of London. 1–9.
- HINES, A. H., 1989. Geographic variation in size at maturity in brachyuran crabs. Bull. Mar. Sci., **45**: 356–368
- HIROSE, G. luis, E. antonio BOLLA & M. L. NEGREIROS-FRANSOZO, 2010. Post-larval morphology, growth, and development of *Uca cumulanta* Crane, 1943 (crustacea, decapoda, ocypodidae) under laboratory conditions. Invertebr. Reprod. Dev., **54**: 95–109. <https://doi.org/10.1080/07924259.2010.9652321>
- HOMOLA, E., A. SAGI & H. LAUFER, 1991. Relationship of claw form and exoskeleton condition to reproductive system size and methyl farnesoate in the male spider crab, *Libinia emarginata*. Invertebr. Reprod. Dev., **20**: 219–225
- HULTGREN, K. & J. STACHOWICZ, 2011. 12 Camouflage in decorator crabs. Anim. Camoufl. Mech. Funct.: 212
- KAISER, M. J., J. S. COLLIE, S. J. HALL, S. JENNINGS & I. R. POINER, 2002. Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. Fish Fish., **3**: 114–136
- LAUFER, H. & J. S. B. AHL, 1995. Mating behavior and methyl farnesoate levels in male morphotypes of the spider crab, *Libinia emarginata* (Leach). J. Exp. Mar. Bio. Ecol., **193**: 15–20. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(95\)00107-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(95)00107-7)
- LÓPEZ GRECO, L. S. & E. M. RODRÍGUEZ, 1999. Size at the onset of sexual maturity in *Chasmagnathus granulatus* Dana, 1851 (Grapsidae, Sesarminae): a critical overall view about the usual criteria for its determination. Proc. Fourth International Crustacean Congress, Leiden. 675–689.
- MAHIQUES, M. M., M. C. BÍCEGO, I. C. A. SILVEIRA, S. H. M. SOUSA, R. A. LOURENÇO & M. M. FUKUMOTO, 2005. Modern sedimentation in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazilian shelf. An. Acad. Bras. Cienc., **77**: 535–548. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652005000300013>
- MAHIQUES, M. M., I. C. A. DA SILVEIRA, S. H. DE MELLO E SOUSA & M. RODRIGUES, 2002. Post-LGM sedimentation on the outer shelf-upper slope of the northernmost part of the São Paulo Bight, southeastern Brazil. Mar. Geol., **181**: 387–400. <https://doi.org/10.1016/S0025->

3227(01)00225-0

- MANTELATTO, F. L., C. H. BERNARDO, T. E. SILVA, V. P. BERNARDES, V. J. COBO & A. FRANSOZO, 2016. Composição e distribuição de crustáceos decápodes associados à pesca do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (heller, 1862) no litoral norte do estado de São Paulo. Bol. do Inst. Pesca, **42**: 307–326. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n2p307>
- MELO, G. A. S. P. P.-S. P., 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. (Plêiade, São Paulo).
- MURA, M., F. ORRÙ & A. CAU, 2005. Size at sexual maturity of the spider crab *Anamathia rissoana* (Decapoda: Majoidea) from the sardinian sea. J. Crustac. Biol., **25**: 110–115. <https://doi.org/10.1651/C-2520>
- NEGREIROS-FRANSOZO, M. L., T. M. COSTA & A. FRANSOZO, 1995. Epibiosis and molting in two species of *Callinectes* (Decapoda: Portunidae) from Brazil. Rev. Biol. Trop.: 257–264
- NOGUEIRA JÚNIOR, M. & M. A. HADDAD, 2005. *Lychnorhiza lucerna* Haeckel (Scyphozoa, Rhizostomeae) and *Libinia ferreirae* Brito Capello (Decapoda, Majidae) association in southern Brazil. Rev. Bras. Zool., **22**: 908–912
- ÖNDES, F., M. J. KAISER & L. G. MURRAY, 2017. Relative growth and size at onset of sexual maturity of the brown crab, *Cancer pagurus* in the Isle of Man, Irish Sea. Mar. Biol. Res., **13**: 237–245. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1248849>
- PESCINELLI, R. A., F. L. MANTELATTO & R. C. COSTA, 2020. Population features, sexual dimorphism and handedness of the primary freshwater crab *Trichodactylus cf. fluviatilis* (Brachyura: Trichodactylidae) from southeastern Brazil. Invertebr. Reprod. Dev., **64**: 95–105. <https://doi.org/10.1080/07924259.2019.1699176>
- PRALON, B. G. N., J. S. PINHEIRO, V. E. S. DAMASCENO, J. G. F. CAVALCANTE & D. F. R. ALVES, 2019. Relative growth and onset of morphological sexual maturity of the freshwater crab *Sylviocarcinus pictus* in a river of the Caatinga of northeastern Brazil. Invertebr. Reprod. Dev., **63**: 23–29. <https://doi.org/10.1080/07924259.2018.1513874>
- RONDEAU, A. & B. SAINTE-MARIE, 2001. Variable mate-guarding time and sperm allocation by male snow crabs (*Chionoecetes opilio*) in response to sexual competition, and their impact on the mating success of females. Biol. Bull., **201**: 204–217

- SAINTE-MARIE, B., S. RAYMOND & J. C. BRETHERS, 1995. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae). Can. J. Fish. Aquat. Sci., **52**: 903–924. <https://doi.org/10.1139/f95-091>
- SAL-MOYANO, M. P., A. M. LAGOS-TOBIAS, D. L. FELDER & F. L. MANTELATTO, 2014. Relative growth and reproductive parameters in a population of *Microphrys bicornutus* (Brachyura, Majoidea) from Bocas del Toro, Caribbean Sea, Panama. Rev. Biol. Mar. Oceanogr., **49**: 81–90. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572014000100009>
- SAL MOYANO, M. P. & M. A. GAVIO, 2012a. Comparison of mating behavior and copulation in male morphotypes of the spider crab *Libinia spinosa* (Brachyura: Majoidea: Epialtidae). J. Crustac. Biol., **32**: 31–38. <https://doi.org/10.1163/193724011X615307>
- SAL MOYANO, M. P. & M. A. GAVIO, 2012b. Comparison of mating behavior and copulation in male morphotypes of the spider crab *Libinia spinosa* (Brachyura: Majoidea: Epialtidae). J. Crustac. Biol., **32**: 31–38. <https://doi.org/10.1163/193724011X615307>
- SAL MOYANO, M. P., M. A. GAVIO & E. I. CUARTAS, 2010. Morphology and function of the reproductive tract of the spider crab *Libinia spinosa* (Crustacea, Brachyura, Majoidea): pattern of sperm storage. Helgol. Mar. Res., **64**: 213–221. <https://doi.org/10.1007/s10152-009-0180-9>
- SAL MOYANO, M. P., M. A. GAVIO & E. I. CUARTAS, 2011a. Copulatory system of the spider crab *Libinia spinosa* (Crustacea: Brachyura: Majoidea). J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom, **91**: 1617–1625. <https://doi.org/10.1017/S0025315411000257>
- SAL MOYANO, M. P., M. A. GAVIO & M. D. MAGGI, 2011b. Morphometric and gonad maturity of the spider crab *Libinia spinosa* (Crustacea: Brachyura: Majoidea: Epialtidae) in Argentina. J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom, **91**: 837–844. <https://doi.org/10.1017/S0025315410001657>
- SAL MOYANO, M. P., A. SCHIARITI, D. A. GIBERTO, L. DIAZ BRIZ, M. A. GAVIO & H. W. MIANZAN, 2012. The symbiotic relationship between *Lychnorhiza lucerna* (Scyphozoa, Rhizostomeae) and *Libinia spinosa* (Decapoda, Epialtidae) in the Río de la Plata (Argentina-Uruguay). Mar. Biol., **159**: 1933–1941. <https://doi.org/10.1007/s00227-012-1980-z>
- SAMPEDRO, M. P., GONZÁLEZ-GURRIARÁN, J. FREIRE & R. MUIÑO, 1999. Morphometry and sexual maturity in the spider crab *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in Galicia, Spain. J. Crustac. Biol., **19**: 578–592

- SCELZO, M., J. MARTINEZ ARCA & N. LUCERO, 2002. Diversidad, densidad y biomasa de la macrofauna componente de los fondos de pesca “camaron-langostino”, frente a Mar del Plata, Argentina (1998-1999). *Rev. Invest. Desarr. Peq.*, **65**: 43–65
- SCHEJTER, L. & E. SPIVAK, 2005. Morphometry, sexual maturity, fecundity and epibiosis of the South American spider crab *Libidoclaea granaria* (Brachyura: Majoidea). *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, **85**: 857–863. <https://doi.org/10.1017/S0025315405011811>
- SEVERINO-RODRIGUES, E., D. GUERRA & R. GRACA-LOPES, 2002. Carcinofauna acompanhante da pesca dirigida ao camarao-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) desembarcada na praia do Pereque, Estado de Sao Paulo, Brasil. *Bol. do Inst. Pesca*, **28**: 33–48
- SKINNER, D. M., 1985. Interacting factors in the control of the crustacean molt cycle. *Amer. Zool.*, **25**: 275–284. <https://doi.org/10.1093/icb/25.1.275>
- STURGES, H. A., 1926. The choice of a class interval. *J. Am. Stat. Assoc.*, **21**: 65–66
- TAVARES, M. & W. SANTANA, 2012. On the morphological differentiation between *Libinia spinosa* and *L. ferreirae* (Crustacea: Brachyura: Majoidea: Epialtidae). *Zoologia*, **29**: 577–588. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702012000600009>
- TEAM, R. C., 2019. R: a language and environment for statistical computing, version 3.0. 2. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2013
- TELES, J. N., F. L. MANTELATTO, A. L. CASTILHO, A. FRANSOZO & G. BERTINI, 2020. Assessing the factors driving the changes in the spatio-temporal distribution of *Hepatus pudibundus* (Decapoda, Brachyura) over a 20-year interval in a region under the influence of El Niño (ENSO). *Mar. Ecol.*, **41**: 1–13. <https://doi.org/10.1111/maec.12617>
- TELES, J. N., F. L. MANTELATTO, L. F. MIAZAKI, A. FRANSOZO & G. BERTINI, 2021. A 20-year gap evaluation of the population biology of the crab *Hepatus pudibundus* in an area overexploited by fisheries. *Biologia (Bratisl.)*, **76**: 147–158
- THRUSH, S. F. & P. K. DAYTON, 2002. Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: implications for marine biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, **33**: 449–473
- TORREJON-MAGALLANES, J., 2016. sizeMat: Estimate size at sexual maturity. R Packag. version 0.1. 0 [<https://CRAN.R-project.org/package=sizeMat>]

- VIAU, V. E., L. S. LÓPEZ GRECO, G. BOND-BUCKUP & E. M. RODRÍGUEZ, 2006. Size at the onset of sexual maturity in the anomuran crab, *Aegla uruguayana* (Aeglidae). *Acta Zool.*, **87**: 253–264. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.2006.00239.x>
- WARNER, G. F., 1977. The biology of crabs. (Scientific Books Ltd., London).
- WARTON, D. I., R. A. DUURSMA, D. S. FALSTER & S. TASKINEN, 2012. smatr 3- an R package for estimation and inference about allometric lines. *Methods Ecol. Evol.*, **3**: 257–259. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00153.x>
- WATSON, J., 1970. Maturity, mating and egg laying in the spider crab, *Chionoecetes opilio*. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **27**: 1607–1616
- WEST-EBERHARD, M. J., 2003. Developmental plasticity and evolution. (Oxford University Press).
- ZAMPONI, M. O., 2002. The association between medusa *Lychnorhiza lucerna* (Scyphomedusae, Rhizostomeae) and decapod *Libinia spinosa* (Brachyura, Majidae) recorded for the first time in neritic waters of Argentina. *Russ. J. Mar. Biol.*, **28**: 267–269. <https://doi.org/10.1023/A:1020229328660>
- ZAR, J. H., 1999. Biostatistical analysis. (Pearson Education India).

CAPÍTULO II

Biologia populacional do caranguejo aranha *Libinia spinosa* (Brachyura: Majoidea), proveniente da região de Ubatuba, São Paulo

Resumo: Compreender os aspectos populacionais, bem como sua distribuição ao longo do tempo e espaço é importante, principalmente em regiões sob influência da pesca exploratória. O presente estudo caracterizou a biologia populacional do caranguejo aranha *Libinia spinosa*, na região de Ubatuba, verificando a distribuição espacial e temporal, frequência em classes de tamanho, razão sexual, período reprodutivo, recrutamento juvenil bem como, a influência dos fatores ambientais sob a população. Os espécimes foram coletados, mensalmente, de janeiro de 1998 a dezembro de 1999. As amostragens ocorreram em três enseadas da região de Ubatuba (Ubatumirim, Ubatuba e Mar virado), usando um barco camaroeiro. Em cada enseada, a temperatura de fundo e de superfície (TF e TS, respectivamente), salinidade e matéria orgânica do sedimento (MO) foram amostrados. No total, foram coletados 794 indivíduos (448 juvenis, 194 fêmeas ovígeras, 131 machos adultos e 21 fêmeas adultas). Os machos foram maiores que as fêmeas, a população apresentou uma distribuição bimodal, provavelmente, devido aos pulsos de recrutamento juvenil. A presença de fêmeas ovígeras, machos com gônadas desenvolvidas e juvenis em todo o período amostral sugerem um padrão de reprodução contínuo. Na população estudada, a razão sexual de *L. spinosa* foi significativamente a favor das fêmeas (proporção de machos = 0,43, teste binomial $p < 0,05$). Do ponto de vista sazonal, os juvenis foram mais abundantes no verão, estação na qual foram registrados maiores valores TF. Em Ubatuba, o verão é caracterizado pela intrusão da ACAS (Água Central do Atlântico Sul), favorecendo a presença dos juvenis, devido à maior disponibilidade de alimento. Espacialmente, a TF e MO modulam a distribuição de fêmeas ovígeras e machos adultos, visto que estes grupos demográficos foram mais abundantes nas profundidades de 20 e 15 metros da região exposta, profundidades estas com os menores valores de TF e MO registados. Os juvenis ocorrem em todas as profundidades, sugerindo que a região de Ubatuba seja um local propício para o desenvolvimento da espécie.

Palavras chave: ACAS, distribuição espaço-temporal, grupos demográficos, razão sexual, *Majoidea*.

INTRODUÇÃO

A Superfamília Majoidea Samouelle, 1819, popularmente conhecida como caranguejos “aranha”, compreende o grupo com maior diversidade dentre os Brachyura, com cerca de 940 espécies descritas (Ng *et al.*, 2008; Marco-Herrero *et al.*, 2013). No Brasil, são registradas cerca de 100 espécies de Majoidea, das quais 47 espécies reportadas para o Estado de São Paulo (Melo, 1996). Seus representantes estão distribuídos em todos os tipos de habitats nos oceanos, desde a zona entre marés até grandes profundidades (De Grave *et al.*, 2009). O gênero *Libinia* (família Epialtidae) apresenta dez espécies válidas (Tavares & Santana, 2012), sendo que para o litoral brasileiro há registro de duas espécies deste gênero: *Libinia spinosa* e *L. ferreirae* Brito Capello, 1871 (Ng *et al.*, 2008; Tavares & Santana, 2011). Tais espécies ocupam habitats semelhantes e compartilham a mesma área de distribuição geográfica no Brasil (Gonçalves *et al.*, 2020).

Embora *L. spinosa* seja uma das espécies de Brachyura mais abundantes no litoral norte paulista (Braga *et al.*, 2005), poucos são os estudos que investigaram a estrutura populacional, distribuição temporal e espacial e a influência dos fatores ambientais na distribuição da mesma, dos quais podemos destacar os trabalhos de Gonzáles-Pisani (2011), no litoral da Argentina; e no litoral brasileiro por Braga *et al.* (2007), Gonçalves *et al.* (2020), ambos na região sudeste do Brasil. Nesse sentido, outros aspectos populacionais como período reprodutivo, recrutamento juvenil e razão sexual ainda não foram investigados para a espécie.

O período reprodutivo de caranguejos braquiúros pode ser determinado por meio da verificação da presença de fêmeas ovígeras e ou de fêmeas adultas com gônadas maduras ao longo de um intervalo de tempo numa população e pode ser classificado em dois tipos: (a) contínuo, quando as fêmeas se reproduzem durante todo o ano e, (b) sazonal, quando as fêmeas se reproduzem em um determinado período ou estação do ano (Sastry, 1983; Pinheiros & Fransozo, 2002). Os fatores ambientais, principalmente a temperatura, podem influenciar no tipo de período reprodutivo apresentado por determinadas espécies (Jones, 1980). Geralmente, nas regiões tropicais, nas quais as variáveis ambientais são mais estáveis, as fêmeas se reproduzem continuamente (Negreiros-Fransozo *et al.*, 2002).

A razão sexual constitui outro importante parâmetro em estudos populacionais. De acordo Fisher (1930), a razão sexual esperada para os crustáceos é, geralmente, de um macho para cada fêmea (1:1), favorecida pela seleção natural. Entretanto, desvios nessas proporções são comuns para este táxon, podendo favorecer mais um sexo do que outro (Willson & Pianka, 1963; Giesel, 1972). Padrões distintos para a razão sexual em crustáceos são estabelecidos de acordo com a porcentagem de machos ao longo das classes de tamanho, sendo: I – padrão normal ou “standard”, no qual não há diferença na

proporção 1:1 entre machos e fêmeas ao longo das classes de tamanho; II – padrão reverso, caracterizado por uma curva sigmoide; III – padrão intermediário, no qual os jovens são incorporados à população em diferentes proporções sexuais e por fim, IV – padrão anômalo, em que nas menores classes de tamanho a proporção se mantém-se 1:1, havendo um desvio desta proporção em favor das fêmeas nas classes intermediárias e, em favor dos machos, nas classes de maior tamanho (Wenner, 1972).

Complementar à estrutura populacional, as variações na abundância e distribuição dos crustáceos decápodes espacial e sazonalmente estão associadas a uma série de fatores ambientais (temperatura da água, salinidade, tipo de sedimento e teor de matéria orgânica), que podem determinar a presença ou exclusão de espécies em determinados locais (Bertini & Fransozo, 2004; Costa *et al.*, 2005; Hiroki *et al.*, 2011). Por exemplo, o teor de matéria orgânica associado com o tipo de sedimento são parâmetros essenciais na distribuição dos organismos, visto que muitos crustáceos decápodes de hábito bentônico utilizam do sedimento para se protegerem por meio do comportamento de escavação (Abele, 1974, Mantelatto *et al.*, 2004) e, também, como fonte de nutrição, uma vez que este decápodes se alimentam de organismo presentes no sedimento (Pinheiro *et al.*, 1996).

O caranguejo aranha *Libinia spinosa* distribui-se ao longo da costa sudeste Americana, do Espírito Santo (Brasil) ao sul do Uruguai e Argentina (Melo, 1996, 2008; Tavares & Santana, 2012), possuindo uma grande importância ecológica, devido as suas interações ecológicas na teia trófica, pois seu hábito alimentar é generalista, alimentando-se de algas, poríferos, cnidários, moluscos, poliquetas, outros crustáceos e pequenos peixes (Barros *et al.*, 2008), além de ser predada por polvos e tartarugas (Iribarne *et al.*, 1991). Além disso, sua importância está também, nas relações simbióticas como hospedeiro de epibiontes e simbiote da medusa *Lychnorhiza lucerna* Haeckel, 1880 (Zamponi, 2002; Sal Moyano & Gavio, 2012; Gonçalves *et al.*, 2020).

Vale ressaltar que existe um forte interesse comercial na captura de camarões, por meio da pesca de arrasto, na região Ubatuba (Mantelatto *et al.*, 2016), na qual outras espécies de decápodes são capturados. A técnica de pesca com redes de arrasto possui baixa seletividade o que culmina na captura de outros organismos sem interesse comercial, denominados de fauna acompanhante ou “*by catch*” (Alverson *et al.*, 1994; Broadhurst & Kennelly, 1996; Graça-Lopes *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2016). Entre as espécies que constituem a fauna acompanhante está o caranguejo aranha *L. spinosa* (Severino-Rodrigues *et al.*, 2002; Fransozo *et al.*, 2016; Mantelatto *et al.*, 2016). Os problemas ambientais decorrentes de diversas ações antrópicas como a pesca de arrasto e expansão imobiliária, ao longo dos anos, provocam alterações no habitat (devido a intensificação do processo de sedimentação) e, conseqüentemente, a perda da biodiversidade. Tais conseqüências foram documentadas anteriormente para a região de Ubatuba (Castilho *et al.*, 2008; Bernardo *et al.*, 2018).

Neste sentido, a caracterização estrutural e a distribuição ecológica de uma população, além de fornecer uma melhor compreensão dos processos que influenciam as interações intraespecíficas em uma escala espacial e temporal, também subsidia informações que podem ser utilizadas em políticas ambientais voltadas para conservação e monitoramento biológico de espécies inseridas em área com forte impacto antrópico (Mantelatto *et al.*, 2004; Almeida *et al.*, 2011). Como exemplo, os aspectos populacionais que são aqui analisados referem-se a um período anterior a criação da APA (área de proteção ambiental) na região de Ubatuba (instrução normativa do IBAMA nº 189/2008).

Nesse sentido, o nosso estudo poderá subsidiar estudos futuros que visem comparar a estrutura populacional de *L. spinosa* pós implementação da APA, afim de verificar a eficácia de tal medida de conservação. Portanto, no presente estudo, temos como objetivo investigar a distribuição espacial e temporal, relacionando a abundância dos grupos demográficos com os fatores ambientais, como também, caracterizar a biologia reprodutiva da população de *L. spinosa* (razão sexual, período reprodutivo e recrutamento juvenil) na região de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem biológica

Os caranguejos foram coletados, mensalmente, desde janeiro de 1998 até dezembro de 1999 nas enseadas de Ubatumirim (UBM), Ubatuba (UBA) e Mar virado (MV), na região de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. Em casa enseada, foram estabelecidos seis transectos (pontos amostrais), sendo três situados em áreas protegidas das ações das ondas, com batimetria de 5, 7,5 e 10 metros e os outros três transectos em áreas expostas a ações das ondas com batimetria de 10, 15 e 20 metros (**figura 1**). A amostragem foi realizada com um barco camaroeiro de pesca comercial, equipado com redes do tipo *double-rig*. Em cada profundidade estabelecida realizou-se um arrasto com duração de 30 minutos, amostrando-se uma área total de, aproximadamente, 18.000 m².

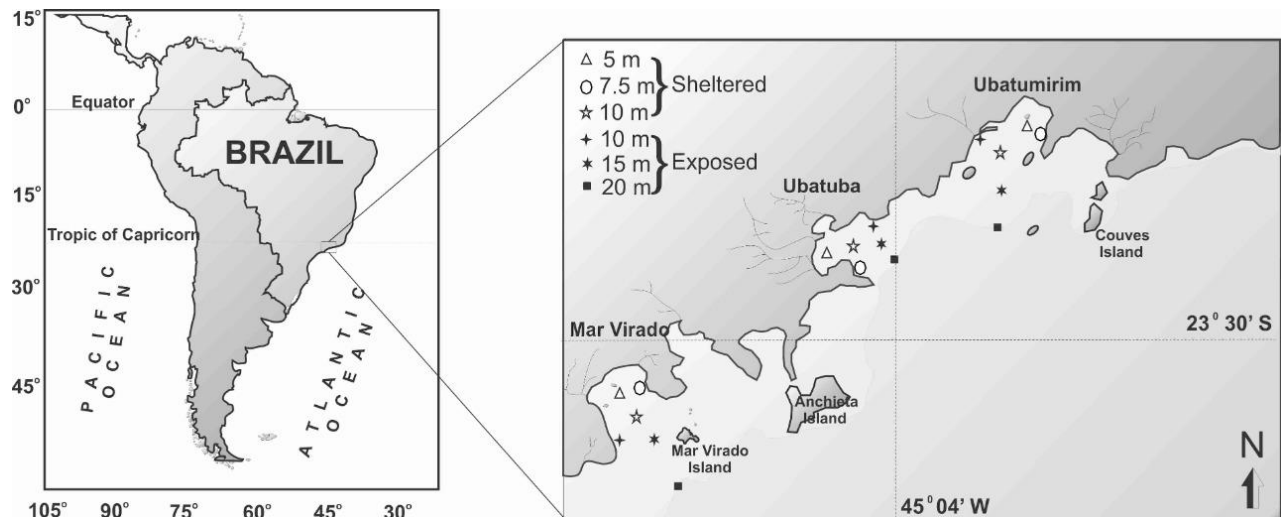


Figura 1 - Mapa da região de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. À direita do mapa, encontram-se esquematizados os locais de amostragens nas enseadas (Ubatumirim, Ubatuba e Ubatumirim), com transectos em diferentes profundidades nas regiões exposta e abrigada. Fonte: Sousa *et al.* (2020).

Em laboratório, os decápodes foram identificados ao menor nível taxonômico segundo Melo (1999). A seguir, os caranguejos da espécie *L. spinosa* foram separados para este estudo. Para cada exemplar da espécie alvo, determinou-se o sexo (macho/fêmea) pela morfologia do abdômen (arredondado nas fêmeas e, alongado e estreito nos machos) e selagem do mesmo (selado, considerado juvenis e não selados, considerados adultos) (Melo, 1999; Tavares & Santana, 2012). Além disso, a presença de ovos nos pleópodes das fêmeas, também, foi registrada. A largura da carapaça (LC) foi mensurada com um paquímetro digital, precisão 0.01 mm

Posteriormente, os caranguejos foram dissecados e seu desenvolvimento gonadal foi classificado, de acordo com características macroscópicas, levando em consideração o tamanho da gônada em relação ao do hepatopâncreas e também, em relação à cavidade torácica e coloração das gônadas (Abelló, 1989; Costa & Negreiros-Fransozo, 1998). Tanto em machos quanto em fêmeas, as gônadas foram classificadas em quatro estágios: imatura (IM), rudimentar (RU), em desenvolvimento (ED) e desenvolvida (DE) (a técnica empregada na descrição das características macroscópicas das gônadas foram apresentadas, anteriormente, no item material e métodos do capítulo I).

Como resultado da observação do sexo e estágio de desenvolvimento das gônadas, os indivíduos foram classificados nos seguintes grupos demográficos: J = juvenis (incluindo o somatório do número de indivíduos juvenis classificados como machos, fêmeas e não sexados), MA= machos adultos, FA = fêmeas adultas não ovígeras e FO = fêmeas ovígeras. Os indivíduos considerados imaturos possuíam estágio gonadal IM, enquanto que os indivíduos com gônadas RU, ED e IM foram classificados como

adultos. Convencionou-se chamar de indivíduos “não sexados (ns)” aqueles nos quais não foi possível determinar o sexo, por meio da presença e do número de pleópodos típicos de cada sexo.

Amostragens das variáveis ambientais

Em cada ponto amostral, as seguintes variáveis ambientais foram mensuradas: profundidade, temperatura de fundo (TF) e superfície da água (TS), salinidade e matéria orgânica (%MO). A profundidade foi obtida com um ecobatímetro acoplado a um GPS. As amostras de água foram coletadas com uma garrafa de Nansen e os valores de temperatura e salinidade obtidos com um termômetro e um refratômetro óptico, respectivamente.

Amostras de sedimento foram coletadas em cada transecto com um pegador de Van Veen (0.06 m²). Para quantificar o teor de matéria orgânica, 3 subamostras de 10g foram acondicionadas em cadinhos de porcelana e incineradas em uma mufla a 500 °C, durante 3 horas. A porcentagem do teor de matéria orgânica do sedimento foi obtida pelo peso livre das cinzas (Braga *et al.*, 2007).

Análise dos dados

Previamente às análises estatísticas, os dados foram testados quanto as premissas de normalidade (teste de Levene) e homoscedasticidade (teste de Shapiro-Wilk) (Zar, 1999). O teste de Mann Whitney Wilcoxon foi aplicado para comparar o tamanho de LC entre os machos adultos (MA) e fêmeas adultas (FA + FO).

A estrutura populacional de *L. spinosa* foi avaliada com base na distribuição dos indivíduos em classes de tamanho referente a largura da carapaça (LC), sendo o número de classes obtido por meio da equação de Sturges (1999): $K = 1 + 3.322 \times \log(N)$, onde **K** é o número de classes e **N** é o número de espécimes coletadas. Posteriormente, a amplitude de cada classe foi calculada por meio da fórmula: $A = (LC \text{ max} - LC \text{ min}) / K$, onde **A** é a amplitude, e **LC max** e **LC min** é o tamanho máximo e mínimo da largura da carapaça obtidos durante o estudo, respectivamente. Para verificar a existência de picos modais na distribuição total dos grupos demográficos em classes de tamanho de LC, utilizamos o software PeakFit, versão 4.12 (Sea Solve Software Inc. 1999).

A razão sexual foi obtida pela divisão do número de machos pelo número total de indivíduos em cada classe de tamanho. Para avaliar se a razão sexual diferiu da proporção 1:1 nas classes de tamanho empregou-se o teste binomial (Wilson & Hardy, 2002). Outros parâmetros populacionais como período reprodutivo (proporção de fêmeas com gônadas maduras (adultas + ovígeras) e fêmeas juvenis) e recrutamento juvenil (proporção de juvenis em relação ao total do número de indivíduos)

foram determinados sazonalmente (**verão** = janeiro a março; **outono** = abril a junho; **inverno** = julho a setembro e **primavera** = outubro a dezembro).

Os padrões de distribuição temporal (estações do ano) e espacial (transectos) foram analisadas por meio da análise de correspondência (CA) com a finalidade de comparar a abundância dos grupos demográficos entre as estações do ano e nas zonas batimétricas, delimitadas pelos transectos. Para esta análise, os valores de abundância absoluta dos grupos demográficos foram utilizados, considerando cada grupo demográfico como um conjunto independente de dados, gerando uma tabela de contingência. O teste de chi-quadrado de Pearson com valor de “p” simulado (n=2000) foi realizado com a finalidade de testar a significância do padrão de associação gerado.

Para verificar as correlações entre a abundâncias dos grupos demográficos com as variáveis ambientais mensuradas, utilizou-se uma análise de correlação canônica (CCA) (Morrison *et al.*, 1976). Esta análise mensura o grau de associação entre dois grupos variáveis, o primeiro grupo inclui as variáveis ambientais (TF, %MO e salinidade), enquanto o segundo grupo integra a abundâncias dos grupos demográficos. Esta análise multivariada resulta em escores finais de coordenação, que resumem a relação linear entre as variáveis explicativas e de resposta. A significância dos autovalores dos eixos da CCA foi determinada por meio de uma ANOVA, usando 999 execuções aleatórias para cada análise.

Com exceção do teste de identificação dos picos modais, as outras análises foram realizadas no software estatístico R, versão 4.0.0 (R Development Core Team). Os pacotes utilizados para a análise de correspondência (CA) e análise de correlação canônica (CCA) foram “ca” (Nenadic & Greenacre, 2007) e “vegan” (Oksanen *et al.*, 2013), respectivamente. O nível de significância estabelecido para todas as análises foi $\alpha = 0.05$ (Zar, 2010).

RESULTADOS

Variáveis Ambientais

As variáveis ambientais temperatura de fundo (TF), de superfície (TS) e salinidade foram analisadas quanto as suas variações entre as estações do ano, apresentando diferenças significativas constatadas pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Quanto a TF, os maiores valores foram reportados para o verão ($M_d = 26,8\text{ }^{\circ}\text{C}$), seguido do outono ($M_d = 23,3\text{ }^{\circ}\text{C}$), inverno ($M_d = 22,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) e primavera ($M_d = 21,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), sendo as estações do ano diferentes entre si quanto aos valores de TF (Dunn-Test, $p < 0,05$) (**figura 2**). Para a TS, os maiores valores foram reportados para o verão ($M_d = 29,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), seguido do outono ($M_d = 25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), primavera ($M_d = 23,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) e inverno ($M_d = 22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Contudo, os

valores de TF entre as duas últimas estações não foram estatisticamente diferentes (Dunn-Test, $p > 0,05$) (**figura 2**). Para salinidade, o menor valor foi na primavera ($M_d = 34,5$) e, entre as outras estações do ano (verão, outono e inverno), o valor mediado da salinidade foi de 35.0 (**figura 2**). Não houve diferença significativa na salinidade entre as estações da primavera e inverno (Dunn-Test, $p > 0,05$).

Entre os transectos, temperatura de fundo (TF) e o teor de matéria orgânica (MO) diferiram significativamente (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Os maiores valores de TF foram reportados para os transectos com menores profundidades, 5 metros e 7.5 metros da área exposta ($M_d = 23,45$ °C e $M_d = 23,15$ °C, respectivamente), enquanto que nas profundidades de 20 metros e 15 metros da região exposta apresentaram os menores valores de TF ($M_d = 21,5$ °C e $M_d = 22,0$ °C, respectivamente) (**figura 3**). O teste a posterior (Dunn-Test) indicou diferença estatística significativa dos valores da temperatura de fundo (TF) entre os transectos ($p < 0,05$). Quanto ao teor de matéria orgânica (MO), também, houve diferença significativa entre os transectos (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). No transecto de 20 metros da região exposta, houve diferença estatística da MO em relação aos outros transectos (Dunn-Test, $p < 0,05$), pelo fato de tal profundidade ter registrado o menor teor de MO ($M_d = 1,0$) (**figura 2**).

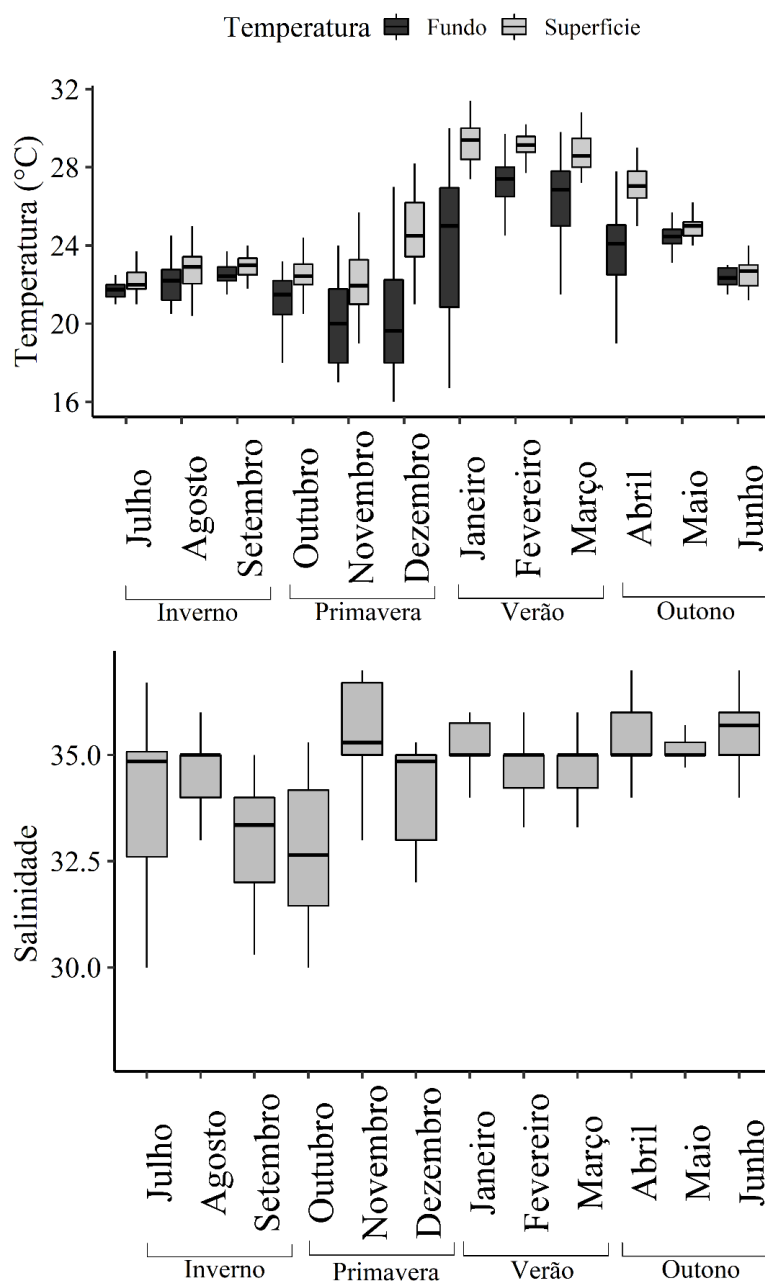


Figura 2 - Variação temporal dos valores de mediana, desvio padrão, mínimo e máximo para temperatura de fundo, temperatura de superfície e salinidade coletados, mensalmente, no período de janeiro de 1998 a dezembro de 1999 na região de Ubatuba, Estado de São Paulo, Brasil.

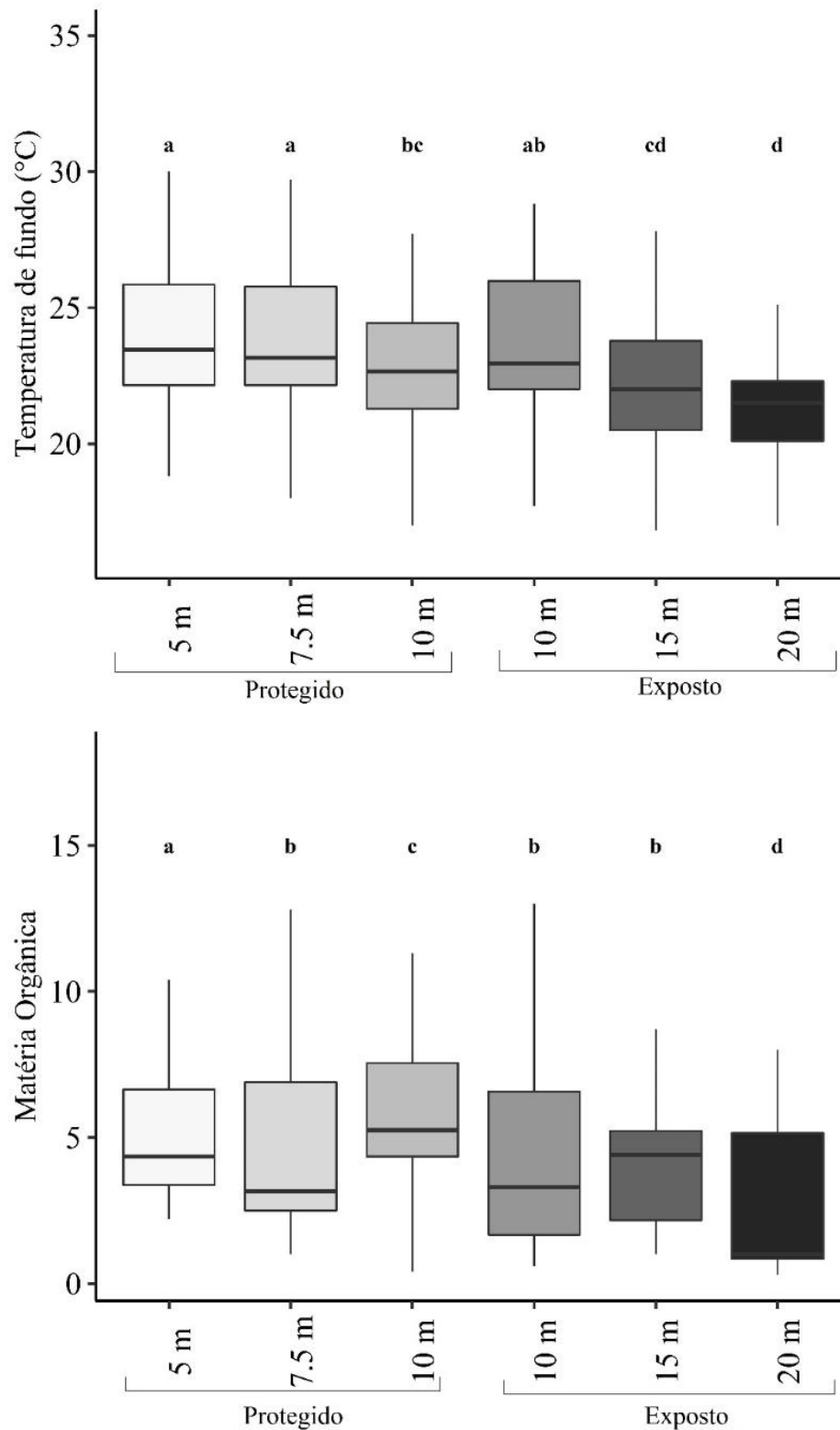


Figura 3 - Variação espacial dos valores de mediana, desvio padrão, mínimo e máximo para temperatura de fundo e matéria orgânica coletados, mensalmente, no período de janeiro de 1998 a dezembro de 1999 na região de Ubatuba, Estado de São Paulo, Brasil.

Estrutura populacional

A população de *L. spinosa* apresentou uma distribuição não normal e não homocedástica (Shapiro-Wilk e Levene test, $p < 0,05$).

No total, foram coletados 794 indivíduos (448 juvenis, 194 fêmeas ovígeras, 131 machos adultos e 21 fêmeas adultas). Os juvenis (J) apresentaram menor tamanho médio de largura da carapaça ($\bar{x} = 11,8$ mm), seguido por fêmeas adultas (FA) ($\bar{x} = 45,6$ mm), fêmeas ovígeras (FO) ($\bar{x} = 46,5$ mm) e machos adultos (MA) ($\bar{x} = 55,5$ mm) (**tabela 1**). Houve diferença significativa do tamanho de LC entre machos (MA) e fêmeas (FA + FO) (Wilcoxon rank-sum test: 6075, $p < 0,05$), sendo os machos maiores que as fêmeas.

Tabela 1 - *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Número de indivíduos, valores máximos e mínimos, média e desvio padrão da largura da carapaça (LC) por grupos demográficos.

Grupos demográficos	N	Min - Max (mm)	$\bar{x} \pm SD$ (mm)
Juvenis	448	2,2 - 40,2	$11,8 \pm 7,8$
Fêmeas ovígeras	194	23,0 - 64,6	$46,5 \pm 6,3$
Machos adultos	131	30,2 - 82,9	$55,5 \pm 10,3$
Fêmeas adultas	21	39,3 - 55,3	$45,6 \pm 4,2$

N = número de indivíduos; Min = mínimo; Max = máximo; $\bar{x}$ = média e SD = desvio padrão.

Ao distribuir os caranguejos em nove classes de tamanho de LC com intervalo de 9,0 mm, os juvenis tiveram maior abundância na primeira classe de tamanho (2,0 – 11,0 mm LC) (**figura 3**). O primeiro registro de fêmeas ovígeras ocorreu na classe 20,0 – 29,0 mm LC, embora a maior abundância deste grupo demográfico tenha sido nas classes de tamanho intermediário (38,0 – 47,0 mm e 47,0 – 56,0 mm), sendo estas mesmas classes as únicas com a presença de fêmeas adultas não ovígeras (**figura 3**). Os machos foram mais abundantes nas classes 47,0 – 56,0 mm. Nas duas últimas classes de tamanho, somente os machos adultos estiveram presentes. Nesta população, a distribuição dos indivíduos em classes de tamanho foi classificada como bimodal (o primeiro pico na classe de tamanho 2 – 11, a qual conteve os juvenis; e o segundo, na classe 47 – 56, contendo machos e fêmeas) (**figura 3**).

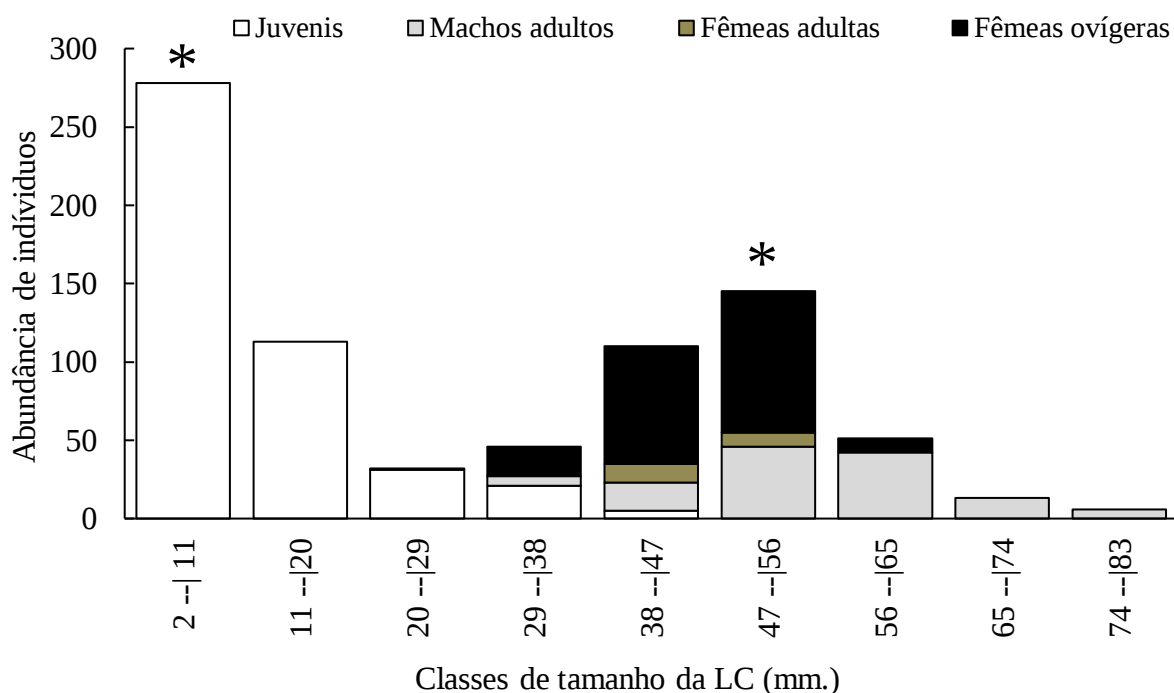


Figura 3 - *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Distribuição de frequência dos grupos demográficos de *Libinia spinosa* em classes de tamanho. * representa os picos modais identificados pelo software Peak-Fit.

Na população total, a razão sexual de *L. spinosa* foi significativamente a favor das fêmeas (proporção de machos = 0,43, teste binomial $p < 0,05$) (**tabela 2**). Para os jovens, a razão sexual foi favorável para as fêmeas na classe de tamanho 29,0 –| 38,0 mm (teste binomial, $p < 0,05$). Em relação aos adultos, as classes de tamanho intermediárias favoreceram as fêmeas (teste binomial, $p < 0,05$), enquanto que a partir da classe 56,0 –| 65,0 mm, os machos foram favorecidos (teste binomial, $p < 0,05$) (**tabela 2**).

Tabela 2 – *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Distribuição dos indivíduos em classes de tamanho (LC) e razão sexual.

Classes (LC)			Jovens		Adultos						Total	
	♂	♀	Teste binomial/ <i>p</i>	Proporção (♂ : ♀)	♂	♀	Teste binomial/ <i>p</i>	Proporção (♂ : ♀)	♂	♀	Teste binomial/ <i>p</i>	Proporção (♂ : ♀)
2 – 11	124	123	0,5/1,0	1: 0,99	0	0	-	-	124	123	1	1: 0,99
11 – 20	50	63	0,4/0,2	1: 1,26	0	0	-	-	50	63	0,2	1: 1,26
20 – 29	20	11	0,64/0,1	1: 0,55	0	1	1,0/1,0	-	20	12	0,6/0,2	1: 0,6
29 – 38	5	16	0,23/0,02*	1: 3,2	6	19	0,24/0,01*	1: 3,1	11	35	0,2/< 0,05*	1: 3,1
38 – 47	4	1	0,8/0,3	1: 0,25	18	87	0,1/< 0,05*	1: 4,8	22	88	0,2/< 0,05*	1: 4,0
47 – 56	0	0	-	-	46	99	0,31/< 0,05*	1: 2,15	46	99	0,31/< 0,05*	1: 2,15
56 – 65	0	0	-	-	41	9	0,82/< 0,05*	1: 0,21	41	9	0,82/< 0,05*	1: 0,21
65 – 74	0	0	-	-	14	0	1,0/< 0,05*	1: 0	14	0	1,0/< 0,05*	1: 0
74 – 83	0	0	-	-	6	0	1,0/0,03*	1: 0	6	0	1,0/0,03*	1: 0
Total	203	214	0,48/0,6	1: 1,05	131	215	0,37/<0,05*	1: 1,64	334	429	0,43/0,00*	1: 1,28

Valores em * são referentes a diferença significativa atestada pelo teste binomial para proporção sexual ($p < 0.05$).

Período reprodutivo e recrutamento

As fêmeas ovígeras foram observadas em todas as estações do ano, caracterizando o período reprodutivo como contínuo, porém, com maior incidência de fêmeas ovígeras no inverno (**figura 4, A**). Os machos, assim como as fêmeas, possuem contínua atividade reprodutiva visto que a presença deste grupo demográfico com gônadas maduras também foi reportada em todas as estações, embora os maiores picos de abundância ocorreram no outono e inverno (**figura 4, B**). Os indivíduos imaturos (tanto machos quanto fêmeas) foram mais abundantes durante o verão (**figura 4, A e B**).

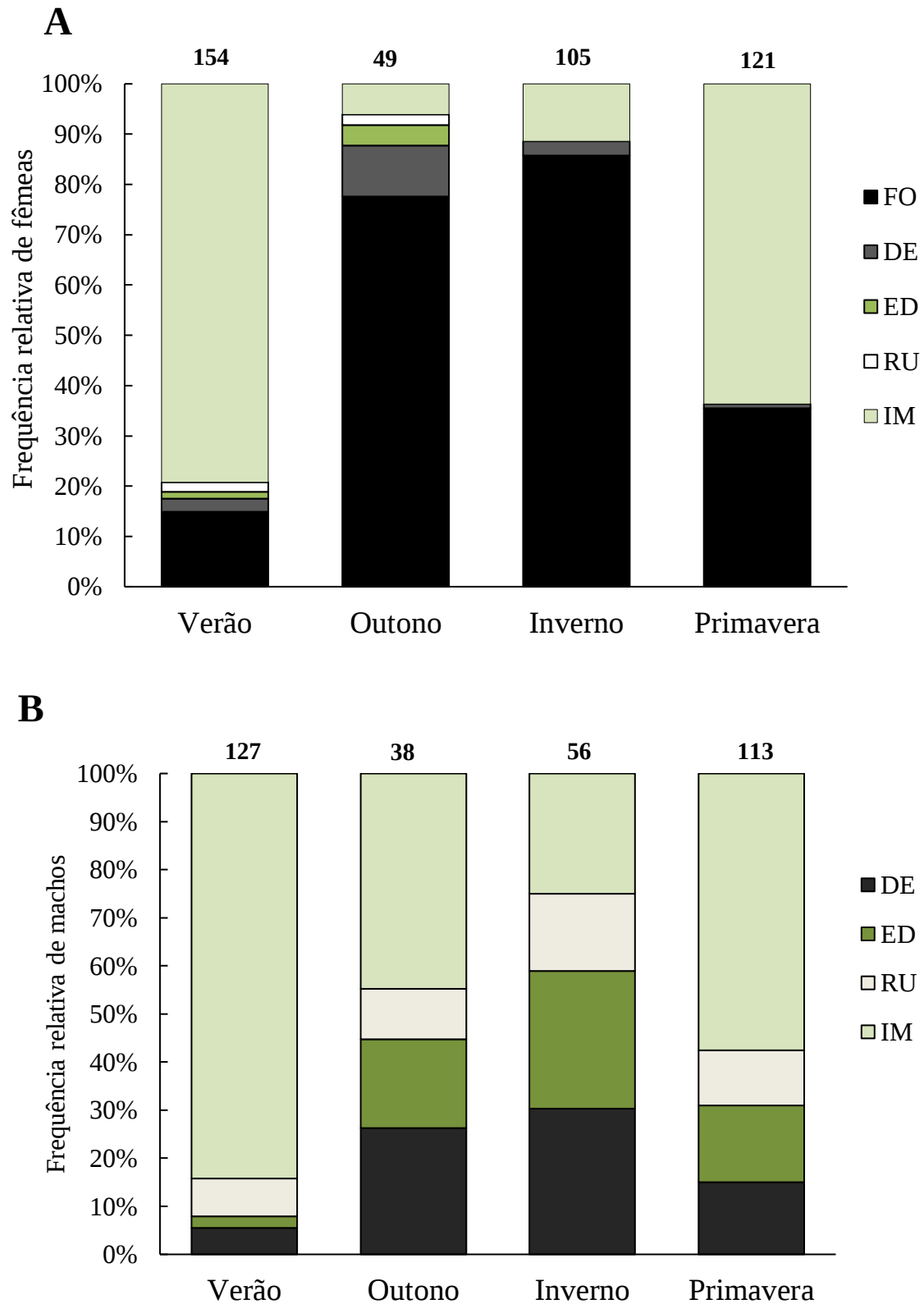


Figura 4 - *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Variação sazonal na abundância relativa de fêmeas (A) e machos (B) em diferentes estágios gonadais na região de Ubatuba. Legendas: FO = fêmeas ovígeras; DE = gônada desenvolvida; ED = gônada em desenvolvimento; RU = gônada rudimentar e IM =

gônada imatura. Acima da barra, indica o número dos indivíduos em seus diferentes estágios gonadais para cada estação do ano.

Distribuição espaço-temporal

Para a distribuição temporal, a análise de correspondência (CA) mostrou que existe associação da abundância dos grupos demográficos entre as estações do ano (teste do Chi quadrado de Pearson, $p < 0,05$), sendo que a abundância das fêmeas ovígeras e dos juvenis está relacionada com o inverno e verão, respectivamente (**figura 5**). Em relação a distribuição espacial, existe associação da abundância dos grupos demográficos entre os transectos (teste do Chi quadrado de Pearson, $p < 0,05$), com as fêmeas ovígeras mais relacionadas na profundidade de 20 metros região exposta (**figura 6**). Os resultados da CA complementam a distribuição da abundância dos grupos demográficos em diferentes profundidades (**figura 7, A**) e por estações do ano (**figura 7, B**), sendo perceptível que, na região exposta, a abundância dos grupos demográficos foi maior, em destaque para as fêmeas ovígeras, que foram mais abundantes nos 20 metros da região exposta. Especialmente, os juvenis foram mais abundantes no verão, seguido da primavera e as fêmeas ovígeras mais abundantes durante o inverno (**figura 6, B**).

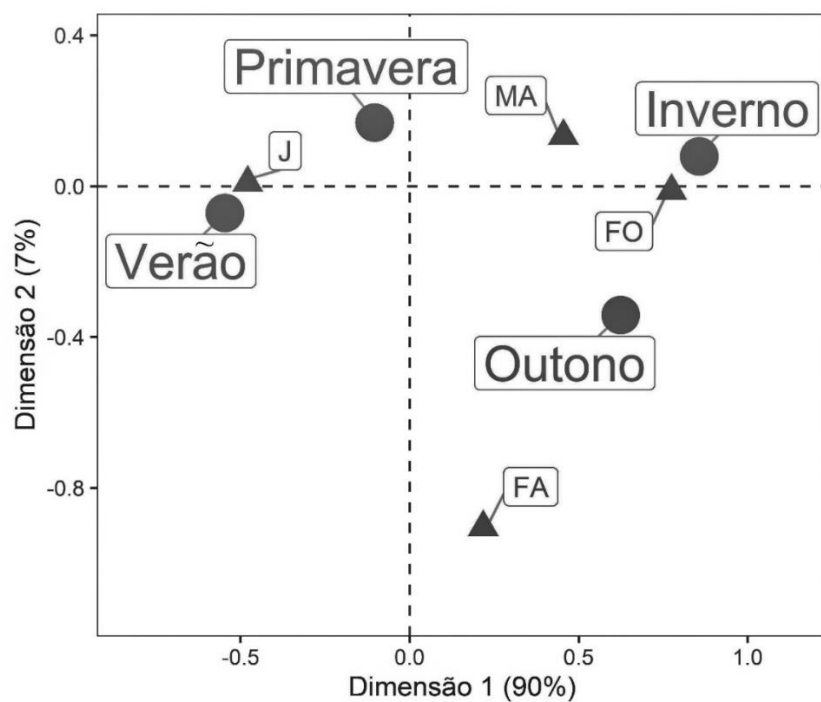


Figura 5 - *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Análise de correspondência (CA) da abundância dos grupos demográficos do caranguejo, por estação do ano. J = juvenis, MA = machos adultos, FA = fêmeas adultas não ovígeras, FO = fêmeas ovígeras.

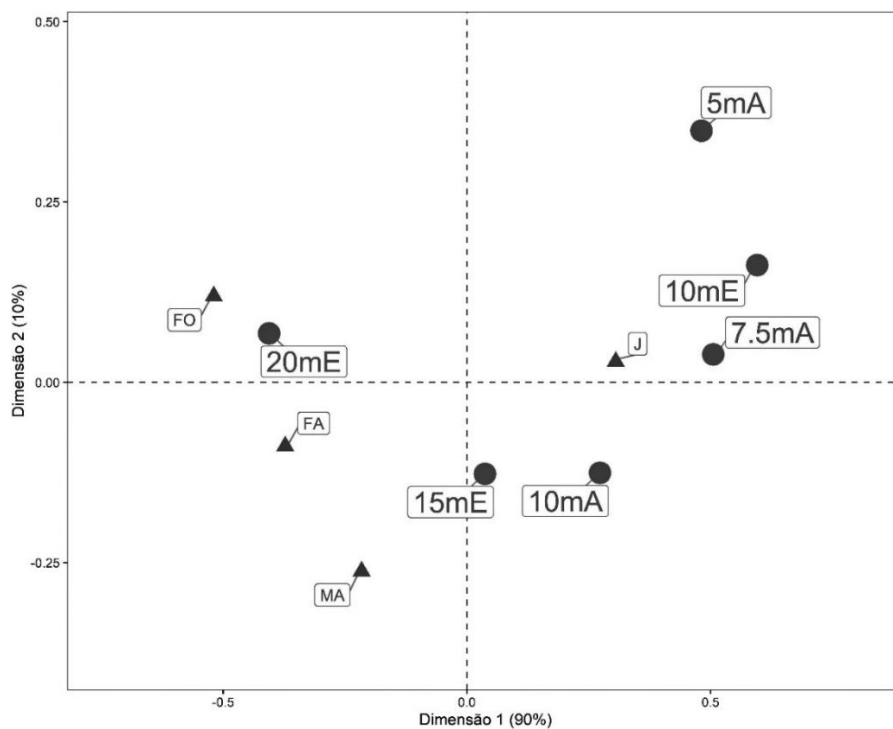


Figura 6 - *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Análise de correspondência (CA) da abundância dos grupos demográficos de *L. spinosa* por transectos. J = juvenis, MA = machos adultos, FA = fêmeas adultas não ovígeras, FO = fêmeas ovígeras. Sufixos A e E após a medida da profundidade se referem aos transectos em área abrigada (A) e exposta (E), respectivamente.

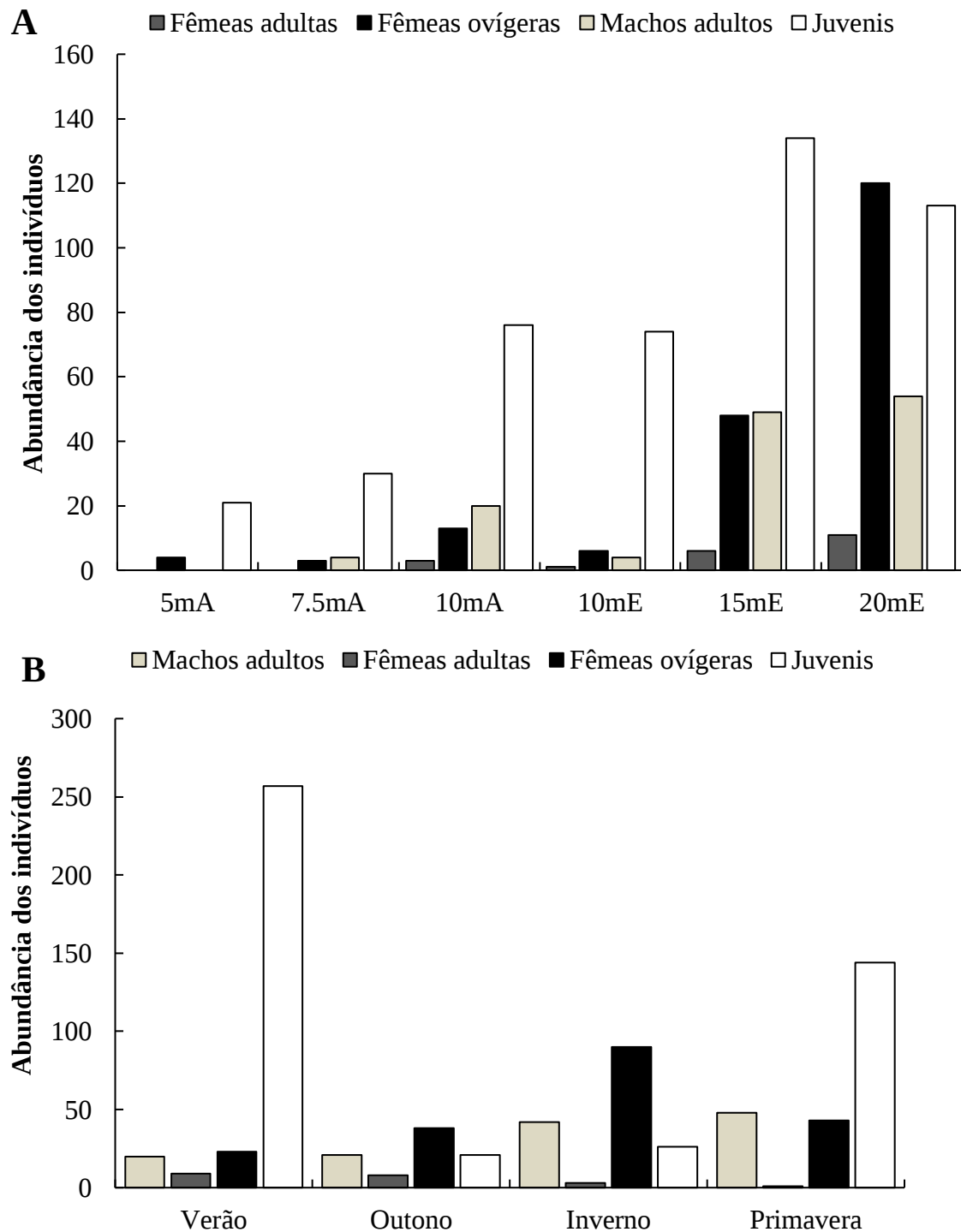


Figura 7 - *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Distribuição do número de indivíduos de cada grupo demográfico espacial (A) e temporalmente (B). Sufixos A e E após a medida da profundidade se refere aos transectos em área abriga e exposta, respectivamente.

A relação entre a abundância dos grupos demográficos e variáveis ambientais foram indicados pela análise de correlação canônica (CCA). O primeiro eixo explicou 84% da variância. O teste de ANOVA indicou que o modelo foi estatisticamente significativo, sendo que apenas o primeiro eixo

(CCA1) explica a variância dos dados (**tabela 3**). Além disso, a temperatura de fundo (TF) e o teor de matéria orgânica (MO) apresentaram-se significativamente correlacionadas. Baseando-se nesta análise, pode-se inferir que a TF e MO é inversamente proporcional à abundância de fêmeas ovígeras e machos adultos, ou seja, estes grupos demográficos são mais abundantes em ambientes com temperaturas de fundo mais baixas e com menor teor de matéria orgânica (**tabela 3**). Em contraste, juvenis e fêmeas adultas são mais abundantes em ambientes com temperaturas de fundo mais elevadas e com maior teor de matéria orgânica (**tabela 3**).

Tabela 3 - *Libinia spinosa* Guérin, 1832. Resultados estatísticos da análise de correlação canônica de (CCA) da abundância dos grupos demográficos e variáveis ambientais. Valores significativos estão destacados com * (ANOVA, $p < 0.05$).

	Eixo		ANOVA	
	CCA1	CCA2	F	p
Proporção explicada	0,8490*	0,11	13,87	0,001*
Abundância dos indivíduos				
Juvenis	-0,2628	0,0131	-	-
Machos adultos	0,2534	-0,2502	-	-
Fêmeas adultas	-0,2224	0,1728	-	-
Fêmeas ovígeras	0,4624	0,1180	-	-
Variáveis ambientais				
Temperatura de fundo	-0,4364	0,8848	4,188	0,008*
Matéria orgânica	-0,9719	0,70	10,53	0,001*
Salinidade (SA)	-0,2277	0,66	1,62	0,165

DISCUSSÃO

Estrutura populacional

Neste estudo, verificou-se dimorfismo sexual para a espécie *L. spinosa*, sendo os machos maiores que as fêmeas em relação a largura da carapaça. De acordo com Hartnoll (1982), crustáceos da infraordem Brachyura possuem crescimento diferencial entre os sexos, devido a alocação diferencial

de energia. Desse modo, os machos direcionam mais energia para o crescimento, enquanto que as fêmeas investem mais energia para maturação gonadal e produção de ovos. Este processo, também, está associado com aspectos comportamentais observados em muitas espécies de Brachyura, devido a competição intraespecífica entre os machos por fêmeas receptivas. Além disso, no acasalamento os machos protegem as fêmeas durante a cópula. O dimorfismo sexual é reportado para outras espécies de Brachyura *e.g.* *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Dalabona *et al.*, 2005), *Persephona mediterranea* (Herbst, 1794) e *P. punctata* (Linnaeus, 1758) (Almeida *et al.*, 2013); *Hepatus pudibundus* (Herbst, 1785) (Miazaki *et al.*, 2019); *Achelous spinimanus* (Latreille, 1819), bem como para outras espécies de Majoidea *e.g.* *Libinia dubia* H. Milne Edwards, 1834 e *L. emarginata* Leach, 1815 (O'Brien *et al.*, 1999, Rjiba-Bahri *et al.*, 2019), *Maja squinado* (Herbst, 1788) (Sampedro *et al.*, 1999), *Libidoclea granaria* H. Milne-Edwards & Lucas 1842 (Schejter & Spivak, 2005) e *L. ferreai* (Gonçalves *et al.*, 2016).

O dimorfismo sexual, bem como o uso dos quelípodos no processo de cópula em *L. spinosa* foi observado por González-Pisani & López-Greco (2020) que, através de experimentos laboratoriais, constatou-se que machos com maior tamanho apresentaram maior sucesso na conquista da fêmea, apresentando comportamento de luta com outros machos e o uso dos quelípodos para agarrar a fêmea durante a cópula. Além disso, o menor tamanho das fêmeas pode facilitar o acasalamento e o comportamento de guarda pós-copulatória pelos machos adultos, oferecendo melhor proteção para as fêmeas durante e depois da cópula (Conan & Comeau, 1986).

Em relação aos picos modais na distribuição dos indivíduos por grupos demográficos em classes de tamanho, *L. spinosa* apresentou um padrão bimodal, ou seja, com dois picos em duas classes de tamanho. De acordo com Díaz & Conde (1989), o padrão de bimodalidade encontrado nas distribuições de frequência, geralmente, sugerem a presença de dois e ou mais grupos demográficos, como observado no presente estudo em que houve dois picos modais em duas classes de tamanho, ou pode estar relacionado com pulsos de recrutamento, migração diferencial, mortalidade e taxa de natalidade (Silva *et al.*, 2018).

Na população geral, os nossos resultados mostraram que a razão sexual foi a favor das fêmeas, embora ao analisarmos a razão sexual por classe de tamanho, percebemos que nas classes de tamanho intermediárias de *L. spinosa*, a razão sexual favoreceu as fêmeas adultas, enquanto que nas últimas classes, os machos adultos foram favorecidos. De acordo com Wenner (1972), a razão sexual tende a ser 1:1, considerando que o custo energético na produção de ambos os sexos seja o mesmo (Fisher, 1930; Kolman, 1960). No entanto, desvios dessa proporção em crustáceos é comum e pode favorecer machos ou fêmeas (Willson & Pianka, 1963; Giesel, 1972), como observado para outras espécies de Majoidea como *L. dubia* e *L. emarginata* estudadas por Able *et al.* (1999), *Libidoclaea granaria* por

Schejter & Spivak (2005), *Epialtus brasiliensis* por Teixeira *et al.* (2008), *Acanthonyx scutiformis* por Teixeira *et al.* (2009) e *L. ferreirae* por Gonçalves *et al.* (2017b).

O tipo de padrão para a razão sexual identificado para *L. spinosa* neste estudo, segundo a classificação de Werner (1972), foi o anômalo. Este padrão é aquele cuja proporção de machos e fêmeas se mantém em 1:1 nas menores classes de tamanho, havendo um desvio desta proporção em favor das fêmeas nas classes intermediárias e, em favor dos machos, nas maiores classes de tamanho. Após o nascimento de indivíduos de uma população, a proporção entre machos e fêmeas tende a ser próxima de 1:1. Entretanto, ao longo do desenvolvimento ontogenético, fatores como longevidade, mortalidade, taxas de crescimento diferentes entre os sexos e migração podem afetar essa relação causando desvios na proporção sexual (Wenner, 1972; Hartnoll, 1982). Por exemplo, o tamanho no qual os machos de *L. spinosa* atingem a maturidade sexual morfométrica é maior do que nas fêmeas (Capítulo I) e, em *L. ferreirae*, a longevidade das fêmeas é menor do que nos machos (Gonçalves *et al.*, 2020a). Outros aspectos da biologia da espécie podem explicar a razão sexual em favor das fêmeas como a desova múltipla associado também com a reserva espermática, na qual estas fêmeas não necessitariam de cópulas periódicas (González-Gurriarán *et al.*, 1998; Sousa *et al.*, 2020).

Período reprodutivo e recrutamento

A presença de juvenis, fêmeas ovígeras e machos com gônadas desenvolvidas ocorreram durante todas as estações do ano, caracterizando o período reprodutivo como contínuo. Este padrão reprodutivo, também, foi reportado para outras espécies de Majoidea (*Maja crispata* Risso, 1827 in [Risso, 1826-1827] por Carmona-Suaréz, 2003; *L. spinosa* por González-Pisani, 2001; *L. ferreirae* por Gonçalves *et al.*, 2017 e Sousa *et al.*, 2020). De acordo com Negreiros-Fransozo *et al.* (2002), em regiões tropicais é comum a reprodução contínua em muitas espécies de crustáceos decápodes. Além disso, fatores ambientais como temperatura, salinidade e disponibilidade de alimento podem influenciar os padrões reprodutivos de muitas espécies de crustáceos (Bauer & Veja, 1992; Bauer & Lin, 1994). No presente estudo, a distribuição sazonal das fêmeas ovígeras, com maiores picos no inverno e primavera, pode estar associada com as baixas temperaturas de fundo registradas nestas estações. Além disso, após o pico reprodutivo de fêmeas ovígeras no inverno, observou-se picos subsequentes de indivíduos juvenis nas estações posteriores (primavera e verão), sendo este processo caracterizado como desova efetiva (Crocós & Van der Velde, 1995) e reportadas para outras espécies de Majoidea (Gonçalves *et al.*, 2017b) e Portunoidea (Pinheiro & Fransozo, 2002; Sousa *et al.*, 2020).

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que a distribuição espacial e temporal dos grupos ontogenéticos de *L. spinosa* na região de Ubatuba é diferenciada e modelada

por variáveis ambientais tais como TF e MO. Há indícios que a região seja um local propício para o desenvolvimento ontogenético da espécie, devido à alta abundância de jovens na região. Entretanto, como os resultados são referentes ao período anterior a criação da APA e, considerando o aumento dos impactos antrópicos na região de Ubatuba nos últimos anos, investigações futuras tornam-se necessárias, principalmente, uma comparação da estrutura populacional de *L. spinosa*, levantando informações importantes e úteis para planos de conservação da espécie.

Distribuição espaço-temporal

A distribuição dos grupos demográficos (J, MA, FA e FO) de *L. spinosa*, observada neste estudo, diferiu ao longo do espaço e tempo. Do mesmo modo, houve variação na associação dos fatores ambientais com abundância de *L. spinosa*. A maior abundância de fêmeas ovígeras (FO) e machos adultos (MA) esteve inversamente associada com as variáveis ambientais TF e MO, apresentando uma correlação inversamente proporcional (análise de correlação canônica, CCA). Quando se observa a distribuição espacial de FO e MA, verifica-se que estes foram mais abundantes nas profundidades de 20 metros (região exposta) e, justamente nesta profundidade, foram observados os menores valores de TF e MO, uma vez que a temperatura tende a cair à medida que a profundidade aumenta (Gonçalves *et al.*, 2020b). Este mesmo padrão foi observado para *L. spinosa* por Braga *et al.* (2007) e Gonçalves *et al.* (2020b) e por *L. ferreirae* (Sousa *et al.*, 2020). De acordo com tais autores, a maior abundância de indivíduos adultos em regiões mais profundas, também, pode estar relacionada ao tipo de sedimento mais fino contendo silte e argila. Este tipo de sedimento, além de facilitar a escavação no substrato (Melo, 1996) também pode conter microrganismo associados utilizados como recurso alimentar para a espécie (Braga *et al.*, 2007; Barros *et al.*, 2008; Gonçalves *et al.*, 2020b). Além disso, em crustáceos, as larvas são planctóricas e, em locais mais profundos, as condições ambientais são mais estáveis o que diminui o stress fisiológico e favorece a sobrevivência bem como a dispersão facilitada pelas correntes marinhas (Abelló, 1989; Andrade *et al.*, 2015, Sousa *et al.*, 2021).

Paralelamente, os juvenis, também, estiveram presentes em todos os transectos amostrados, sendo mais abundantes nas regiões de maiores profundidades (20 e 15 metros da região exposta). Em Ubatuba, a ampla distribuição de jovens em diferentes profundidades, também, foi observada para *Achelous spinimanus* por Bernardo *et al.* (2019). Hipoteticamente, sugerimos que os indivíduos jovens são generalistas por estarem em diferentes profundidades, indicando maior adaptação e tolerância a variações ambientais (Mc Naughton & Woulf, 1970). Por outro lado, a CCA evidenciou que as variáveis TF e MO estão correlacionadas positivamente com a abundância deste grupo demográfico.

Tais fatores ambientais podem explicar a distribuição temporal dos juvenis, devido a maior abundância durante o verão (estação com maiores valores de TF registrado).

Portanto, podemos inferir que a região de Ubatuba é um local de recrutamento juvenil, principalmente, durante o verão. Estes resultados, também, estão em consonância com os de Braga *et al.* (2007). Tal fato pode ser explicado devido a entrada da massa de água denominada ACAS (Água Central do Atlântico Sul) na região de Ubatuba, o que contribui para o enriquecimento de nutrientes devido ao aparecimento de fitoplâncton e crescimento do zooplâncton, ocasionando maior quantidade de alimento disponível para as larvas planctônicas e consequentemente, um maior número de indivíduos juvenis (Pires, 1992; Braga *et al.*, 2007). Outros estudos realizados em Ubatuba também têm atribuído a alta abundância de algumas espécies e/ou grupos demográficos de decápodes à intrusão da ACAS nesta região (Furlan *et al.*, 2013; Andrade *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2017, 2018).

Não somente a influência da ACAS pode explicar a alta abundância de indivíduos juvenis. De acordo com outros estudos, existe uma associação de indivíduos juvenis de *L. spinosa* com medusas da espécie *Lychnorhiza lucerna* (Sal Moyano *et al.*, 2012). Tal associação traz benefícios para os caranguejos, como por exemplo, maior disponibilidade de alimento capturados pelas medusas, além de proteção e dispersão passiva. Entretanto, de acordo Gonçalves *et al.* (2020), a geomorfologia da enseada de Ubatuba (uma das enseadas de amostragem do presente estudo) não favorece a presença dessas medusas em regiões não profundas até 20 metros e por isso, o alto número de juvenis, como também foi observado para *L. ferrerai* (Sousa *et al.*, 2021).

REFERÊNCIAS

- ABELE, L. G., 1974. Species diversity of decapod crustaceans in marine habitats. *Ecology*, **55**: 156–161
- ABELLÓ, P., 1989. Reproductive biology of *Macropipus tuberculatus* (Roux, 1830) (brachyura: Portunidae) in the Northwestern Mediterranean. *Ophelia*, **30**: 47–53. <https://doi.org/10.1080/00785326.1989.10430835>
- ABLE, K., M. LANDAU & S. B. O'BRIEN, 1999. Sex ratios of two species of spider crabs, *Libinia dubia* H. Milne Edwards, 1834 and *L. emarginata* Leach, 1815, in the area of Great Bay, New Jersey. *Crustaceana*, **72**: 187–192
- ALMEIDA, A. C., V. FRANSOZO, G. M. TEIXEIRA, M. FURLAN, K. A. N. HIROKI & A. FRANSOZO, 2011. Population structure and reproductive period of whitebelly prawn *Nematopalaemon schmitti* (Holthuis 1950) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) on the southeastern coast of Brazil. *Invertebr. Reprod. Dev.*, **55**: 30–39. <https://doi.org/10.1080/07924259.2010.548641>
- ALMEIDA, A. C., C. M. HIYODO, V. J. COBO, G. BERTINI, V. FRANSOZO & G. M. TEIXEIRA, 2013. Relative growth, sexual maturity, and breeding season of three species of the genus *Persephona* (Decapoda: Brachyura: Leucosiidae): a comparative study. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*: 1581–1591
- ALVERSON, D. L., M. H. FREEBERG, S. A. MURAWSKI & J. G. POPE, 1994. 339 A global assessment of fisheries bycatch and discards. (Food & Agriculture Org., Rome).
- ANDRADE, L. S., I. F. FRAMESCHI, R. C. COSTA, A. L. CASTILHO & A. FRANSOZO, 2015. The assemblage composition and structure of swimming crabs (Portunoidea) in continental shelf waters of southeastern Brazil. *Cont. Shelf Res.*, **94**: 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2014.12.005>
- BARROS, S. de P., V. J. COBO & A. FRANSOZO, 2008. Feeding habits of the spider crab *Libinia spinosa* H. Milne Edwards, 1834 (Decapoda, Brachyura) in Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil. *Brazilian Arch. Biol. Technol.*, **51**: 413–417. <https://doi.org/10.1590/s1516-89132008000200023>
- BAUER, R. T. & J. LIN, 1994. Temporal patterns of reproduction and recruitment in populations of the penaeid shrimps *Trachypenaeus similis* (Smith) and *T. constrictus* (Stimpson) (Crustacea: Decapoda) from the Northcentral Gulf of Mexico. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, **182**: 205–222
- BAUER, R. T. & L. W. R. VEGA, 1992. Pattern of reproduction and recruitment in two sicyoniid shrimp species (Decapoda: Penaeoidea) from a tropical seagrass habitat. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, **161**: 223–240
- BERNARDO, C. H., V. P. BERNARDES, A. N. DE SOUSA, G. F. B. RODRIGUES, T. E. DA SILVA & A. FRANSOZO, 2019. Environmental factors modulating the bathymetric distribution of the demographic groups of *Achelous spinimanus* (Crustacea). *Neotrop. Biol. Conserv.*, **14**: 13
- BERNARDO, C. H., G. S. SANCINETTI, F. G. TADDEI, K. A. N. HIROKI, A. C. DE ALMEIDA & A. FRANSOZO, 2018. Abundance and spatio-temporal distribution of two Southwest Atlantic endemic shrimps: changes after 20 years. *Biol.*, **73**: 589–598. <https://doi.org/10.2478/s11756-018-0066-x>

- BERTINI, G. & A. FRANSOZO, 2004. Bathymetric distribution of brachyuran crab (Crustacea, Decapoda) communities on coastal soft bottoms off southeastern Brazil. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **279**: 193–200
- BRAGA, A. A., A. FRANSOZO, G. BERTINI & P. B. FUMIS, 2005. Composição e abundância dos caranguejos (Decapoda, Brachyura) nas regiões de Ubatuba e Caraguatatuba, litoral norte paulista, Brasil. *Biota Neotrop.*, **5**: 45–78. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032005000300004>
- BRAGA, A. A., A. FRANSOZO, G. BERTINI & P. B. FUMIS, 2007. Bathymetric distribution and recruitment of the spider crab *Libinia spinosa* H. Milne Edwards 1834 in the Ubatuba and Caraguatatuba regions, northern coast of São Paulo, Brazil (Crustacea, Brachyura, Majoidea, Pisidae). *Senckenb. Biol.*: 7–16
- BROADHURST, M. K. & S. J. KENNELLY, 1996. Effects of the circumference of codends and a new design of square- mesh panel in reducing unwanted by-catch in the New South Wales oceanic prawn-trawl fishery, Australia. *Fish. Res.*, **27**: 203–214. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(95\)00469-6](https://doi.org/10.1016/0165-7836(95)00469-6)
- CARMONA-SUÁREZ, C. A., 2003. Reproductive biology and relative growth in the spider crab *Maja crispata* (Crustacea: Brachyura: Majidae). *Sci. Mar.*, **67**: 75–80. <https://doi.org/10.3989/scimar.2003.67n175>
- CASTILHO, A. L., M. R. PIE, A. FRANSOZO, A. P. PINHEIRO & R. C. COSTA, 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, **88**: 119–123. <https://doi.org/10.1017/S0025315408000313>
- CONAN, G. Y. & M. COMEAU, 1986. Maturity and termina molt of male snow crab *Chionoecetes opilio*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **43**: 1710–1719
- COSTA, R. C., A. FRANSOZO, A. L. CASTILHO & F. A. M. FREIRE, 2005. Annual, seasonal and spatial variation of abundance of the shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, **85**: 107–112. <https://doi.org/10.1017/S0025315405010908h>
- COSTA, T. M. & M. L. NEGREIROS-FRANSOZO, 1998. The reproductive cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, Brazil. *Crustaceana*, **71**: 616–627
- CROCOS, P. J. & T. D. VAN DER VELDE, 1995. Seasonal, spatial and interannual variability in the reproductive dynamics of the grooved tiger prawn *Penaeus semisulcatus* in Albatross Bay, Gulf of Carpentaria, Australia: the concept of effective spawning. *Mar. Biol.*, **122**: 557–570
- DALABONA, G. & M. A. A. PINHEIRO, 2005. Size at morphological maturity of *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763)(Brachyura, Ocypodidae) in the Laranjeiras Bay, southern Brazil. *Brazilian Arch. Biol. Technol.*, **48**: 139–145
- DÍAZ, H. & J. E. CONDE, 1989. Population dynamics and life history of the mangrove crab *Aratus pisonii* (Brachyura, Grapsidae) in a marine environment. *Bull. Mar. Sci.*, **45**: 148–163
- FISHER, R. A., 1930. The genetical theory of natural selection. (Рипол Классик).
- FRANSOZO, A., R. C. COSTA, A. L. CASTILHO & F. L. MANTELATTO, 2004. Ecological distribution of the shrimp “camarão serrinha” *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae) in Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil, in relation to abiotic factors. *Rev. Invest. Desarr. Pesq.*, **50**: 43–50

- FRANSOZO, A., A. N. DE SOUSA, G. F. B. RODRIGUES, J. N. TELLES, V. FRANSOZO & M. L. NEGREIROS-FRANSOZO, 2016. Crustáceos decápodes capturados na pesca do camarão-sete-barbas no sublitoral não consolidado do litoral norte do estado de São Paulo, Brasil. *Bol. do Inst. Pesca*, **42**: 369–386. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n2p369>
- FURLAN, M., A. L. CASTILHO, L. C. FERNANDES-GOES, V. FRANSOZO, G. BERTINI & R. C. COSTA, 2013. Effect of environmental factors on the abundance of decapod crustaceans from soft bottoms off southeastern Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, **85**: 1345–1356
- GIESEL, J. T., 1972. Sex ratio, rate of evolution, and environmental heterogeneity. *Am. Nat.*, **106**: 380–387
- GONÇALVES, G. R. L., E. A. BOLLA JÚNIOR, M. L. NEGREIROS-FRANSOZO & A. L. CASTILHO, 2017a. Morphometric and gonad maturity of the spider crab *Libinia ferreirae* Brito Capello, 1871 (Decapoda: Majoidea: Epialtidae) on the south-eastern Brazilian coast. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, **97**: 289–295. <https://doi.org/10.1017/S0025315416000370>
- GONÇALVES, G. R. L., R. C. GRABOWSKI, G. L. BOCHINI, R. C. DA COSTA & A. L. CASTILHO, 2017b. Ecology of the spider crab *Libinia ferreirae* (Brachyura: Majoidea): ontogenetic shifts in habitat use. *Hydrobiologia*, **795**: 313–325. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3153-z>
- GONÇALVES, G. R. L., L. F. MIAZAKI, E. A. BOLLA JUNIOR, R. C. GRABOWSKI, R. C. da COSTA & A. L. CASTILHO, 2020a. Growth and longevity of the spider crab *Libinia ferreirae* (Majoidea, Epialtidae). *Nauplius*, **28**. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2020003>
- GONÇALVES, G. R. L., L. F. da S. PALOMARES, A. N. SOUSA, G. STANSKI, G. SANCINETTI, R. C. da COSTA & A. L. CASTILHO, 2020b. Geographical ecology of the symbiotic crabs *Libinia ferreirae* and *Libinia spinosa*: Distributional patterns in south and south-eastern coast of Brazil. *Mar. Ecol.*: 1–12. <https://doi.org/10.1111/maec.12606>
- GONZÁLEZ-GURRIARÁN, E., L. FERNÁNDEZ, J. FREIRE & R. MUIÑO, 1998. Mating and role of seminal receptacles in the reproductive biology of the spider crab *Maja squinado* (Decapoda, Majidae). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, **220**: 269–285
- GONZÁLEZ-PISANI, X., 2011. Biología reproductiva de los cangrejos araña *Leurocyclus tuberculatus* y *Libinia spinosa* (Brachyura, Majoidea) del norte de Patagonia. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
- GONZÁLEZ PISANI, X. & L. S. LÓPEZ GRECO, 2020. Male reproductive strategies in two species of spider crabs, *Leurocyclus tuberculatus* and *Libinia spinosa*. *Zoology*, **143**. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.125847>
- DE GRAVE, S., N. D. PENTCHEFF, S. T. AHYONG, T. CHAN, K. A. CRANDALL, P. C. DWORSCHAK, D. L. FELDER, R. M. FELDMANN, C. H. J. M. FRANSEN, L. Y. D. GOULDING, R. LEMAITRE, M. E. Y. LOW, J. W. MARTIN, P. K. L. NG, C. E. SCHWEITZER, S. H. TAN, D. TSHUDY & R. WETZER, 2009. A Classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *Raffles Bull. Zool.*, **21**: 1–109
- HARTNOLL, R. G., 1982. Growth. In: L. G. ABELE (ed.): *The Biology of Crustacea, Embryology, Morphology and Genetics*. 440. (Academic Press, New York).
- HIROKI, K. A. N., A. FRANSOZO, R. C. COSTA, A. L. CASTILHO, R. M. SHIMIZU, A. C. ALMEIDA & M. FURLAN, 2011. Bathymetric distribution of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson,

- 1874)(Decapoda, Penaeidae) in two locations off the southeastern Brazilian coast. *Mar. Biol. Res.*, **7**: 176–185
- IRIBARNE, O. O., MIRIAM E. FERNANDEZ & HUGO ZUCCHINI, 1991. Prey selection by the small Patagonian octopus *Octopus tehuelchus* d'Orbigny. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **148**: 375–390. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(91\)90020-G](https://doi.org/10.1016/0165-7836(91)90020-G)
- JONES, M. B., 1980. Reproductive ecology of the estuarine burrowing mud crab *Helice crassa* (Grapsidae). *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, **11**: 433–443
- KOLMAN, W. A., 1960. The mechanism of natural selection for the sex ratio. *Am. Nat.*, **94**: 373–377
- LOPES, R. da G., A. R. GOMES TOMÁS, S. LUIZ, S. TUTUI, E. S. RODRIGUES & A. PUZZI, 2002. Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do estado de São Paulo, Brasil. *Bol. do Inst. Pesca*, **28**: 173–188
- MANTELATTO, F. L., C. H. BERNARDO, T. E. SILVA, V. P. BERNARDES, V. J. COBO & A. FRANSOZO, 2016. Composição e distribuição de crustáceos decápodes associados à pesca do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (heller, 1862) no litoral norte do estado de São Paulo. *Bol. do Inst. Pesca*, **42**: 307–326. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n2p307>
- MANTELATTO, F., J. M. MARTINELLI & A. FRANSOZO, 2004. Temporal-spatial distribution of the hermit crab *Loxopagurus loxochelis* (Decapoda: Diogenidae) from Ubatuba Bay, São Paulo State, Brazil. *Rev. Biol. Trop.*: 47–55
- MARCO-HERRERO, E., A. P. TORRES, J. A. CUESTA, G. GUERAO, F. PALERO & P. ABELLÓ, 2013. The systematic position of *Ergasticus* (Decapoda, Brachyura) and allied genera, a molecular and morphological approach. *Zool. Scr.*, **42**: 427–439. <https://doi.org/10.1111/zsc.12012>
- MELO, G. A. S., 2008. The Brachyura (Decapoda) of Ilha Grande Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Nauplius*, **16**: 1–22
- MELO, G. A. S., 1999. Manual de identificação dos crustácea decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea, Astacidea. (Editora Plêiade; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).
- MELO, G. A. S., 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. (Plêiade, São Paulo).
- MIAZAKI, L. F., S. M. SIMÕES, A. L. CASTILHO & R. C. COSTA, 2019. Population dynamics of the crab *Hepatus pudibundus* (Herbst, 1785)(Decapoda, Aethridae) on the southern coast of São Paulo state, Brazil. *Mar. Biol. Assoc. United Kingdom. J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, **99**: 867–878
- MORRISON, D. F., L. C. MARSHALL & H. L. SAHLIN, 1976. Multivariate statistical methods. (McGraw-Hill New York).
- NEGREIROS-FRANSOZO, M. L., A. FRANSOZO & G. BERTINI, 2002. Reproductive cycle and recruitment period of *Ocypode quadrata* (Decapoda, Ocypodidae) at a sandy beach in southeastern Brazil. *J. Crustac. Biol.*, **22**: 157–161
- NENADIC, O. & M. GREENACRE, 2007. Correspondence analysis in R, with two-and three-dimensional graphics: The ca package. *J. Stat. Softw.*, **20**

- NG, P. K. L., DANIELE GUINOT & PETER J. F. DAVIE, 2008. Systema Brachyurorum: Part 1. An Annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world. Raffles Bull. Zool.: 1–286
- OKSANEN, J., F. G. BLANCHET, R. KINDT, P. LEGENDRE, P. MINCHIN, G. SIMPSON, P. SOLYMOS, M. H. H. STEVENS & H. WAGNER, 2013. vegan: Community ecology package. R package version 2.0-7. Online publication
- PINHEIRO, M. A. A. & A. FRANSOZO, 2002. Reproduction of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Brachyura: Portunidae) on the Brazilian coast near 23 30' S. J. Crustac. Biol., **22**: 416–428
- PINHEIRO, M. A. A., A. FRANSOZO & M. L. NEGREIROS-FRANSOZO, 1996. Distribution patterns of *Arenaeus cribrarius*(Lamarck, 1818)(Crustacea, Portunidae) in Fortaleza Bay, Ubatuba(SP), Brazil. Rev. Bras. Biol., **56**: 705–716
- PIRES, A. M. S., 1992. Structure and dynamics of benthic megafauna on the continental shelf offshore of Ubatuba, southeastern Brazil. Mar. Ecol. Prog. Ser. Oldend., **86**: 63–76
- RJIBA-BAHRI, W., F. KHAMASSI, E. S. KECHAOU, A. CHAFFAI & J. Ben SOUSSI, 2019. Morphological and biological traits, exoskeleton biochemistry and socio-economic impacts of the alien invasive crab *Libinia dubia* H. Milne Edwards, 1834 from the Tunisian coast (Central Mediterranean). Thalass. An Int. J. Mar. Sci., **35**: 291–303
- SAL MOYANO, M. P., A. SCHIARITI, D. A. GIBERTO, L. DIAZ BRIZ, M. A. GAVIO & H. W. MIANZAN, 2012. The symbiotic relationship between *Lychnorhiza lucerna* (Scyphozoa, Rhizostomeae) and *Libinia spinosa* (Decapoda, Epialtidae) in the Río de la Plata (Argentina-Uruguay). Mar. Biol., **159**: 1933–1941. <https://doi.org/10.1007/s00227-012-1980-z>
- SAMPEDRO, M. P., GONZÁLEZ-GURRIARÁN, J. FREIRE & R. MUIÑO, 1999. Morphometry and sexual maturity in the spider crab *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in Galicia, Spain. J. Crustac. Biol., **19**: 578–592
- SANTOS, L. de O., A. P. CATTANI & H. L. SPACH, 2016. Ictiofauna acompanhante da pesca de arrasto para embarcações acima de 45 hp no litoral do Paraná, Brasil. Bol. do Inst. Pesca, **42**: 816–830. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n4p816>
- SASTRY, A. N., 1983. Ecological aspects of reproduction. Biol. Crustac., **8**: 179–270
- SCHEJTER, L. & E. SPIVAK, 2005. Morphometry, sexual maturity, fecundity and epibiosis of the South American spider crab *Libidoclaea granaria* (Brachyura: Majoidea). J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom, **85**: 857–863. <https://doi.org/10.1017/S0025315405011811>
- SEVERINO-RODRIGUES, E., D. GUERRA & R. GRACA-LOPES, 2002. Carcinofauna acompanhante da Pesca dirigida ao camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) desembarcada na praia do Perequê, Estado de São Paulo, Brasil. Bol. do Inst. Pesca, **28**: 33–48
- SILVA, T. E. da, L. S. de ANDRADE, V. FRANSOZO, F. A. de M. FREIRE & A. FRANSOZO, 2018. Population parameters and distribution of *Arenaeus cribrarius* (Crustacea, Portunoidea), in southeastern Brazilian coast. B. Inst. Pesca: 1–9
- SILVA, T. E., F. G. TADDEI, G. BERTINI, L. S. ANDRADE, G. M. TEIXEIRA & A. FRANSOZO, 2017. Population structure of the swimming crab *Achelous spinicarpus* (Crustacea, Portunoidea) in São Paulo northern coast, Brazil. Neotrop. Biol. Conserv., **12**: 164–170

- SOUSA, A. N., V. P. BERNARDES, C. H. BERNARDO, T. E. SILVA, G. S. SANCINETTI, R. C. COSTA & A. FRANSOZO, 2021. Bathymetric distribution of brachyuran crabs: Alpha and beta diversity variation in an upwelling area. *Mar. Ecol.*: 1–11. <https://doi.org/10.1111/maec.12650>
- SOUSA, A. N. De, V. P. BERNARDES, C. H. BERNARDO, G. M. TEIXEIRA, A. D. O. MARQUES & A. FRANSOZO, 2020. Unveiling the dynamics of the spider crab *Libinia ferreirae*, through reproductive and population characteristics on the south-eastern coast of Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, **100**: 1311–1319. <https://doi.org/10.1017/S0025315420001289>
- STURGES, H. A., 1926. The choice of a class interval. *J. Am. Stat. Assoc.*, **21**: 65–66
- TAVARES, M. & W. SANTANA, 2011. A new genus for *Libinia rostrata* Bell, 1835, with comments on the validity of *Libinia bellicosa* Oliveira, 1944 (Crustacea, Brachyura, Majoidea, Epialtidae). *Zootaxa*, **68**: 61–68
- TAVARES, M. & W. SANTANA, 2012. On the morphological differentiation between *Libinia spinosa* and *L. ferreirae* (Crustacea: Brachyura: Majoidea: Epialtidae). *Zoologia*, **29**: 577–588. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702012000600009>
- TEAM, R. C., 2019. R: a language and environment for statistical computing, version 3.0. 2. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2013
- TEIXEIRA, G. M., V. FRANSOZO, A. L. CASTILHO, R. C. DA COSTA & F. A. DE MORAIS FREIRE, 2008. Size distribution and sex ratio in the spider crab *Epialtus brasiliensis* (Dana 1852) associated with seaweed on a rocky shore in southeastern Brazil (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Majoidea, Epialtidae). *Senckenb. Biol.*, **88**: 169–175
- TEIXEIRA, G. M., V. FRANSOZO, V. J. COBO & C. M. HIYODO, 2009. Population features of the spider crab *Acanthonyx scutiformis* (Dana 1851) (Crustacea, Majoidea, Epialtidae) associated with rocky-shore algae from southeastern Brazil. *Panam. J. Aquat. Sci.*, **4**: 87–95
- WENNER, A. M., 1972. Sex ratio as a function of size in marine Crustacea. *Am. Nat.*, **106**: 321–350
- WILLSON, M. F. & E. R. PIANKA, 1963. Sexual selection, sex ratio and mating system. *Am. Nat.*, **97**: 405–407
- WILSON, K. & I. C. W. HARDY, 2002. Statistical analysis of sex ratios: an introduction. *Sex ratios concepts Res. methods*, **1**: 48–92
- ZAMPONI, M. O., 2002. The association between medusa *Lychnorhiza lucerna* (Scyphomedusae, Rhizostomeae) and decapod *Libinia spinosa* (Brachyura, Majidae) recorded for the first time in neritic waters of Argentina. *Russ. J. Mar. Biol.*, **28**: 267–269. <https://doi.org/10.1023/A:1020229328660>
- ZAR, J. H., 1999. Biostatistical analysis. (Pearson Education India).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação abordou aspectos importantes sobre a biologia da espécie *L. spinosa* na região de Ubatuba no litoral norte do estado de São Paulo, investigando a maturidade sexual morfométrica e gonadal da espécie bem como o crescimento relativo, estrutura populacional e distribuição espaço-temporal.

No I capítulo, observamos que nos machos, a maturidade sexual gonadal antecedeu a maturidade sexual morfométrica e foi possível distinguir três morfotipos: machos morfometricamente juvenis (MMJ), machos adolescentes (MMA_d) e machos morfometricamente adultos (MMA). Tal distinção se deu através da relação morfométrica (regressão linear do tipo II) da largura da carapaça (LC) vs. comprimento do maior própodo quelar (CPM). Nesta relação, todos os morfotipos apresentaram crescimento alométrico positivo, sendo que os adolescentes o valor do *b* alométrico foi maior nos machos adolescentes. Supõe-se que para evitar a competição intraespecífica com os machos adultos, estes adolescentes podem ser considerados oportunistas uma vez que imitam o comportamento das fêmeas para evitar o comportamento agonístico com MMA, copulando-as. A presença de morfotipos em uma população podem indicar diferentes estratégias reprodutivas como já reportado para outras espécies de Majoidea. Nas fêmeas, a maturidade morfométrica foi similar a maturidade gonadal e, através da relação LC vs. largura do abdômen (LA), foi possível distinguir dois grupos demográficos: fêmeas morfometricamente juvenis (FMJ) e fêmeas morfometricamente adultas (FMA), sendo que para esta relação, ambos grupos demográficos apresentam crescimento alométrico positivo, sendo o valor de *b* maior nas FMA. De fato, mudanças alométricas na relação LC vs. LA são evidenciadas pela muda puberal, que traz mudanças morfológicas principalmente no abdômen. O alargamento e crescimento de tal estrutura corpórea junto com o desenvolvimento dos pleópodos, permite a fixação e incubação de ovos após a desova.

Consideramos que mais estudos precisam ser realizados para que possamos compreender melhor as estratégias reprodutivas dos machos adolescentes na população de *L. spinosa* na região de Ubatuba. Neste âmbito, abordagens comportamentais e histológicas poderiam ser empregadas. Outra discussão apresentada é que a paradigma latitudinal e, conseqüentemente, variações ambientais nas quais diferentes populações de *L. spinosa* ao longo da sua distribuição geográfica na América do Sul, possivelmente não podem explicar as variações no tamanho da maturidade sexual e morfométrica da espécie em trabalhos já realizados, pois devido a associação de juvenis na cavidade gastrovascular das medusas estas populações podem estar conectadas, caracterizando uma meta população.

No capítulo II, observamos que os machos adultos foram maiores que as fêmeas adultas, sendo esta diferença indicando dimorfismo sexual na espécie. O comportamento de coorte e cópula exerce uma pressão biológica, o que explica os machos serem maiores que as fêmeas. A população estudada

apresentou uma distribuição bimodal possivelmente devido à grande abundância de indivíduos juvenis. Além disso, este padrão de distribuição pode refletir na razão sexual, que no presente estudo desvio do padrão 1:1, favorecendo as fêmeas nas classes de tamanho intermediárias, enquanto que nas ultimas classes, os machos. Outro aspecto populacional importante foi o período reprodutivo, caracterizado como contínuo (padrão comumente em crustáceos que vivem em regiões tropicais) com maior incidência de fêmeas ovígeras no inverno.

Neste sentido, ao estudarmos a distribuição espaço-temporal da espécie, verificamos que, sazonalmente, os juvenis foram mais abundantes no verão. Espacialmente, verificamos os juvenis ocorrem em todas as profundidades e por esta questão, inferimos que a região de Ubatuba seja um local de recrutamento juvenil. A entrada desta massa de água ocasiona modificações químicas na água, aumentando a disponibilidade de alimentos na região. Quanto os fatores ambientais, a temperatura de fundo (TF) e o teor de matéria orgânica (MA) modulam a distribuição de fêmeas ovígeras e machos adultos, principalmente nas profundidades de 20 e 15 metros da região exposta, estas profundidades apresentaram os menores valores de TF e MO.