

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 25/02/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

Programa de Pós-Graduação em Zoologia

DOUTORADO

**Estrutura, composição e dinâmica das interações de Anomura no
sublitoral consolidado do estado de São Paulo**

Alexandre Ribeiro da Silva

Orientador: Prof. Dr. Antonio Leão Castilho

Botucatu - SP

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

Programa de Pós-Graduação em Zoologia

DOUTORADO

**Estrutura, composição e dinâmica das interações de Anomura no
sublitoral consolidado do estado de São Paulo**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências de
Botucatu – UNESP – Universidade Estadual
Paulista para a obtenção do título de Doutor em
Zoologia

Alexandre Ribeiro da Silva

Orientador: Prof. Dr. Antonio Leão Castilho

Botucatu – SP

2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: LUCIANA PIZZANI-CRB 8/6772

Silva, Alexandre Ribeiro.

Estrutura, composição e dinâmica das interações de Anomura no sublitoral consolidado do estado de São Paulo / Alexandre Ribeiro Silva. - Botucatu, 2019

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Antonio Leão Castilho
Capes: 20402007

1. Caranguejo. 2. Gastrópodes. 3. Biodiversidade.

Palavras-chave: Ermitão; Gastropoda; Porcellanidae; Scuba.

Agradecimentos

Primeiro de tudo tenho que agradecer a minha família, a minha mãe, Daisy, e meu pai, Gilberto, por todo o apoio durante minha vida e estes anos de pós-graduação. Agradeço também a minha irmã, Lara, por todo companheirismo e conversa desde sempre e para sempre. Agradeço também aos meus avós, Dona Tereza e Seu José, por todos estes anos juntos.

Agradeço a minha namorada, Carol, por todo companheirismo e paciência nesta reta final de doutorado, por todas as conversas, todas as discussões científicas, seja sobre caranguejo ou sobre rato, por todas as horas falando de pós-graduação e por todo o tempo juntos.

Agradeço a CAPES pela bolsa de doutorado concedida, bem como aos programas BIOTA Fapesp e CAPES CIMar que financiaram as coletas que culminaram na presente tese. Agradeço ao Prof. Dr. Antonio Leão Castilho pela amizade e orientação, por todas as conversas, reuniões e coletas, por ter me aceitado como aluno e por todo conhecimento transmitido. Agradeço aos Professores Ciro C. Z. Branco e Pitágoras Bispo por todas as conversas desde a época da graduação, e por serem exemplos de cientistas e pessoas em quem eu me espelho. Agradeço muito aos professores Rogério Cebola Caetano da Costa e Valter Cobo por todas as conversas sobre carcinologia dentro e fora do laboratório, e por toda contribuição para minha vida acadêmica, científica e pessoal.

Agradeço aos meus colegas de laboratório por todo este tempo passado junto: Isabela, Magrela, João, Giovanna, Milena, Geslaine, Pedro, Ana Clara, Big Hair, Joyce, Gilson e todos outros que passaram por aqui nestes anos.

Agradeço ao Dream Team da Carcinologia, Magrela e Isabela por toda a companhia e todas conversas altamente científicas que geraram e gerarão ainda muitos trabalhos de alto impacto na ciência mundial. Agradeço a todo o Dive Team e a equipe que participou das coletas em especial Isabela, Magrela, Daniel e Prof. Cobo que auxiliaram nesta tese, agradeço ainda essas pessoas por todas as conversas e momentos de descontração e Jack Daniels que ocorreram pós mergulho. Agrade e muito a minha grande amiga Juliana De Biasi que me auxiliou e muito na identificação de gastrópodes, disciplinas, preparo de manuscrito e também sou grato por nossa amizade.

Agradeço a todos os meus colegas de LabCam por toda a amizade ao longo dos anos: Chuck, Woody, Abner, Régis Tesouro, Nelito, Daphine, Ana Paula, Sarah e também a nova geração do LabCam Lizandra, Julinha, Caio da Tibia, Andréa, Rafinha, Nathália. Agradeço a todos meus amigos da Rep. Do Amor por sempre me acolherem e me darem um teto e por partilharem de muitos momentos, histórias, churrascos, relaxamentos, cervejas e bombas: Abner, Rafinha, Caio da Tibia, Danilão e Bruno Francisco.

Agradeço a toda família que Botucatu e a pós graduação me proporcionou durante todos estes anos. Agradeço ao meu roommate Xuxa por estes dois últimos anos de convívio, e agradeço ao mesmo pela amizade desde meus primeiros dias em Botucatu. Agradeço a minha eterna vizinha Ana Maria por toda amizade e companheirismo durante todos estes anos, agradeço pelas conversas, e por todo o choro que eu tive que ouvir. Agradeço aos companheiros dos pé do arame Nadayca Thayane, Aline Acosta, Maria Isabel, Magrela, Seu Jorge e Isabela por todos os uba-uba-ub-ê, rolês e paciência, afinal, não sou veloz. Agradeço a todos meus amigos de Bauru, em especial para meus queridos passarinhólogos e herpetólogos Bruno Tayar, Sementilli, Helena e Fernanda. Por fim, agradeço também a todos os colegas de departamento: Bárbara, Lucas Marginal, Gabriel, Valter, James, Camilo, Francislene, Ana V, Jéssica C.

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL.....	2
<i>Parque Estadual Marinho da Laje de Santos e Unidade de Conservação da Ilha da Vitória</i>	3
<i>Os anomúros</i>	5
<i>Referências</i>	6
COMPOSIÇÃO DE ANOMÚROS E OCUPAÇÃO DE CONCHAS NO PARQUE ESTADUAL MARINHO DA LAJE DE SANTOS E NA ILHA DA VITÓRIA	18
Resumo.....	18
Introdução.....	19
Material e Métodos.....	21
Resultados	27
Discussão	46
Referências.....	51
INTERAÇÕES ENTRE ERMITÕES E CONCHAS EM COMUNIDADES DE DIFERENTES ILHAS COSTEIRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO	63
Resumo.....	63
Introdução.....	65
Material e Métodos.....	68
Locais de Estudo	68
Análises de rede e papel das espécies	68
Resultados	70
Discussão.....	80
Referências.....	83

Anexo 1

Composition, shell availability and use by the hermit crab species in the Marine State Park of Laje de Santos, Southwestern Atlantic

INTRODUÇÃO GERAL

A seguir serão detalhadas e discutidas informações acerca dos crustáceos estudados no presente trabalho, bem como informações sobre as regiões amostradas e o estudo de comunidades. A presente tese teve como objetivo estudar a distribuição dos crustáceos anomúros no estado de São Paulo com registros novos para a Laje de Santos, bem como o estudo da relação entre hermitões e conchas sob a perspectiva da ecologia de redes onde se espera que devido a disponibilidade de conchas de diferentes áreas, as interações entre ermitões e conchas podem sofrer alterações.

O presente trabalho está dividido em dois capítulos em formato de artigo e dois manuscritos em anexo. Sendo o primeiro capítulo intitulado “Composição de anomúros e disponibilidade de conchas no Parque Estadual Marinho da Laje de Santos e na Ilha da Vitória” que trás as primeiras informações descritivas destes animais nas respectivas regiões do litoral do estado de São Paulo.

No segundo capítulo, “Dinâmica de comunidades de ermitões em ilhas costeiras do estado de São Paulo”, é discutida a dinâmica das comunidades e os índices ecológicos utilizando os resultados do primeiro capítulo e advindos de literatura afim, tornando as comparações mais robustas.

Por fim, a tese conta com dois manuscritos em anexo, sendo o primeiro intitulado “Composition, shell availability and use by the hermit crab species in the Marine State Park of Laje de Santos, Southwestern Atlantic” que atualmente se encontra submetido e é derivado do primeiro capítulo da tese. O segundo manuscrito é intitulado “Shell occupation as a limiting factor for *Pagurus brevidactylus* (Stimpson, 1859) in the Marine State Park of Laje de Santos, Brazil” que está publicado na revista *Invertebrate*

Parque Estadual Marinho da Laje de Santos e Unidade de Conservação da Ilha da Vitória

A região da Laje de Santos (24°19'10"S, 46°10'50"O) junto com uma área de 5.000 ha ao seu redor foi reconhecido como Parque Estadual Marinho de Proteção Ambiental em 27 de setembro de 1993 através do decreto 35.537 do Governo Estadual de São Paulo. O decreto considera:

_ “A extraordinária diversidade e abundância da vida marinha existente na Laje de Santos, nos rochedos e parcéis próximos”;

_ “O valor científico da área, com novos registros de espécies de peixe, até então desconhecida pela ciência, além de outras nunca antes registradas no litoral sudeste e mesmo nos mares brasileiros”;

_ “A importância da área como local de pouso, alimentação e reprodução de aves marinhas, muitas delas migratórias, provenientes tanto do Hemisfério Norte como do Cone Sul;

_ “A presença de mamíferos marinhos, golfinhos e baleias”;

_ “A importância ecológica da área transcende suas imediações geográficas, uma vez que diversas espécies marinhas que a utilizam como local de alimentação, reprodução e crescimento realizam vastos deslocamentos ao longo da costa atlântica”;

_ “A beleza cênica das paisagens submarinas da área, tradicional ponto de mergulho do litoral brasileiro comparável aos melhores do mundo”;

_ “A rápida degradação que esta biota vem sofrendo devido á pesca de arrasto e à caça submarina predatórias, além da captura de peixes ornamentais e invertebrados marinhos para o mercado aquariófilo e de decoração de interiores”.

O Parque é a única área de proteção ambiental do estado de São Paulo completamente fechada para a prática de pesca, porém só a partir de 2003 que medidas práticas de fiscalização de embarcações e mergulhos esportivos foram tomadas para o sucesso da aplicação de lei de proteção (Luiz et al. 2008).

Dentro da extensão de 5.000 ha do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos, sua principal parte emersa é o Rochedo da Laje de Santos que possui 33 m de altura, 550 m de comprimento e 185 m de extensão máxima. Localizado na baixada santista, o parque está a 36 km da cidade de Santos.

A Ilha da Vitória (23°44'59"S, 45°00'47"O) pertence ao arquipélago de Ilhabela, localizada no litoral norte do estado de São Paulo. Este arquipélago apesar de ser habitado está inserido em uma das APA's (Área de Proteção Ambiental) marinhas que fazem parte do entorno da Unidade de Conservação de proteção integral Estadual, juntamente com os Parque Estaduais da Serra do Mar, Ilha Anchieta, Laje de Santos e Ilha do Cardoso. Na Ilha da Vitória há uma pequena comunidade caiçara que vive da pesca artesanal de subsistência, e por isso é comum encontrar redes instaladas no entorno da Ilha.

A Ilha da Vitória está a aproximadamente 35km do continente, e assim como a Laje de Santos é um local frequentado por turistas para a prática de mergulho autônomo.

Os anomúros

Dentre os crustáceos decápodos encontramos a infraordem Anomura que atualmente compreende sete superfamílias: Kiwaoidea, Lomisoide, Galatheoidea, Aegloidea, Lithodoidea, Hippoidea e Paguroidea (Bracken-Grissom et al. 2013). Dentre as hipóteses sobre a evolução destes animais, as mais aceitas apontam para o surgimento a partir de ancestrais que habitavam fendas, e com o tempo foram perdendo a calcificação do abdômen e utilizando-se da estratégia do uso de conchas de gastrópodes como abrigo (Mclaughlin 1983).

Das superfamílias de Anomura, três delas estão presentes no litoral do estado de São Paulo (Hippoidea, Paguroidea e Galatheoidea). Na superfamília Galatheoidea, representantes da família Porcellanidae são comumente encontrados no sublitoral consolidado do estado de São Paulo. Esta família é diversificada e ocorre em todos os oceanos, sendo principalmente encontrada nas regiões tropicais (Ferreira 2010).

A superfamília Paguroidea é dividida em seis famílias: Coenobitidae, Diogenidae, Paguridae, Parapaguridae, Pylochelidae e Pylojacquesidae (Mclaughlin et al. 2010). Estes animais são conhecidos como ermitões e possuem o abdômen não-calcificado (exceto Pylochelidae) necessitando assim de proteção, para isto, estes usam conchas de gastrópodes ou bivalves vazias bem com se abrigam em fendas. Há algumas espécies de Parapaguridae que utilizam pseudo-conchas formadas por zoantídeos, como é o caso do ermitão *Sympagurus dimorphus* (Studer, 1833) e o zoantídeo *Epizoanthus paguricola* (Roule, 1900) (Schejter & Mantelatto 2011). Para uma revisão sobre o uso de pseudo-conchas por ermitões ver Wright (2017).

Para a fauna brasileira temos atualmente 62 espécies registradas distribuídas entre as famílias Pylochelidae (1), Diogenidae (27), Paguridae (28) e Parapaguridae (6)

(Lemaitre & Tavares 2015). Na presente tese foram estudados e registrados ermitões das famílias Paguridae e Diogenidae.

Referências

- Abrams PA (1980) Resource partitioning and interspecific competition in a tropical hermit crab community. *Oecologia* 46:365–379.
- Almeida-Neto M, Ulrich W (2011) A straightforward computational approach for measuring nestedness using quantitative matrices. *Environ Model Softw* 26:173–178. doi: 10.1016/j.envsoft.2010.08.003
- Almeida A, Coelho P, Santos J, Ferraz N (2007) Crustáceos estomatópodos e decápodos da costa de Ilhéus, Bahia, Brasil. *Atlântica* 29:5–20.
- Almeida AO, Bezerra LE a, Souza-Filho JF, Almeida SM, Albuquerque DL, Coelho P a (2008) Decapod and stomatopod crustaceans from Santo Aleixo Island, state of Pernambuco, Brazil. *Nauplius* 16:23–41.
- Alves DFR, Cobo VJ, Melo GAS de (2006) Extension of the geographical distribution of some brachyuran and porcellanid decapods (Crustacea) to the coast of the State of São Paulo, Brazil. *Rev Bras Zool* 23:1280–1283.
- Alves DFR, Barros-Alves SDP, Cobo VJ (2011) Composition and abundance of porcellanid crabs (Crustacea: Decapoda: Anomura) from rocky bottoms off Vitória Island, southeast coast of Brazil. *Zool (Curitiba, Impresso)* 28:214–218. doi: 10.1590/S1984-46702011000200009
- Angel JE (2000) Effects of shell fit on the biology of the hermit crab *Pagurus longicarpus* (Say). *J Exp Mar Bio Ecol* 243:169–184. doi: 10.1016/S0022-0981(99)00119-7
- Baine M (2001) Artificial reefs: a review of their design, application, management and

- performance. *Ocean Coast Manag* 44:241–259. doi: 10.1016/S0964-5691(01)00048-5
- Batista-Leite LMA, Coelho PA, Calado TCS (2005) Estrutura populacional e utilização de conchas pelo caranguejo ermitão *Calcinus tibicen* (Herbst, 1791)(Crustacea, Decapoda, Diogenidae). *Trop Oceanogr* 33:99–118.
- Bertness MD (1981) Interference, exploitation and sexual components of competition in a tropical hermit crab assemblage. *J Exp Mar Bio Ecol* 49:189–202. doi: 10.1016/0022-0981(81)90070-8
- Bertness MD, Gaines SD, Hay ME (2001) *Marine community ecology*. Sinauer Associates, Massachusetts
- Bezerra LEA, Almeida AO De (2005) Primeiro registro da espécie indo-pacífica *Charybdis helleri* (A. Milne Edwards, 1867)(Crustacea: Decapoda: Portunidae) para o litoral do estado do Ceará, Brasil. *Trop Oceanogr Recife* 33:33–38.
- Biagi R, Mantelatto FLM (2006) Relative growth and sexual maturity of the hermit crab *Paguristes erythrops* (Anomura, Diogenidae) from South Atlantic. *Hydrobiologia* 559:247–254. doi: 10.1007/s10750-005-9115-x
- Bouzon J, Freire (2007) The Brachyura and Anomura fauna (Decapoda; Crustacea) in the Arvoredo Marine Biological Reserve on the southern Brazilian coast. *Brazilian J Biol* 67:321–325. doi: 10.1590/S1519-69842007000200018
- Bracken-Grissom HD, Cannon ME, Cabezas P, Feldmann RM, Schweitzer CE, Ahyong ST, Felder DL, Lemaitre R, Crandall KA (2013) A comprehensive and integrative reconstruction of evolutionary history for Anomura (Crustacea: Decapoda). *BMC Evol Biol* 13:128. doi: 10.1186/1471-2148-13-128
- Buckley WJ, Ebersole JP (1994) Symbiotic organisms increase the vulnerability of a hermit crab to predation. *J Exp Mar Bio Ecol* 182:49–64. doi: 10.1016/0022-

0981(94)90210-0

- Castilho AL, Pie MR, Fransozo A, Pinheiro AP, Costa RC (2008) The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp community (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *J Mar Biol Assoc UK* 88:119–123. doi: 10.1017/S0025315408000313
- Cottenie K (2005) Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecol Lett* 8:1175–1182. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00820.x
- da Silva AR, Galli GM, Stanski G, Biasi B De, Davanso TM, Cobo VJ, Castilho AL (2018) Shell occupation as a limiting factor for *Pagurus brevidactylus* (Stimpson, 1859) in the Marine State Park of Laje de Santos, Brazil. *Invertebr Reprod Dev* 00:1–10. doi: 10.1080/07924259.2018.1513087
- De Grave S, Pentcheff ND, Ahyong ST, Chan T-Y, Crandall KA, Dworschak PC, Felder DL, Feldmann RM, Fransen CHJM, Goulding LYD, Lemaitre R, Low MEY, Martin JW, Ng PKL, Schweitzer CE, Tan SH, Tshudy D, Wetzer R (2009) A Classification of Living and Fossil Genera of Decapod Crustaceans. *Raffles Bull Zool* 21:1–109.
- Denadai MR, Amaral ACZ, Turra A (2004) Biology of a tropical intertidal population of *Cerithium atratum* (Born, 1778) (Mollusca, Gastropoda). *J Nat Hist* 38:1695–1710. doi: 10.1080/0022293031000156330
- Díaz-Castelazo C, Sánchez-Galván IR, Guimarães PR, Raimundo RLG, Rico-Gray V (2013) Long-term temporal variation in the organization of an ant – plant network. *Ann Bot* 111:1285–1293. doi: 10.1093/aob/mct071
- Dormann CF, Strauss R (2014) A method for detecting modules in quantitative bipartite networks. *Methods Ecol Evol* 5:90–98. doi: 10.1111/2041-210X.12139

- Dormann CF, Gruber B, Fruend J (2008) Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. *R News* 8:8–11.
- Dormann CF, Frueund J, Bluethgen N, Gruber B (2009) Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *Open Ecol J* 2:7–24.
- Eklöf A, Allesina S (2017) Networks, Ecological. In: Hastings A, Gross LJ (eds) *Encyclopaedia of Theoretical Ecology*. University of California Press, pp 470–489
- Ferreira LA de A, Melo GAS de (2016) Porcelain crabs from Brazil (Crustacea: Decapoda: Anomura: Porcellanidae). *Zootaxa* 4092:175–194.
- Ferreira LAA (2010) Taxonomia e Distribuição da Família Porcellanidae Haworth (crustacea: Decapoda: Anomura) no litoral brasileiro.
- Fortuna MA, Stouffer DB, Olesen JM, Jordano P, Mouillot D, Krasnov BR, Poulin R, Bascompte J (2010) Nestedness versus modularity in ecological networks: Two sides of the same coin? *J Anim Ecol* 79:811–817. doi: 10.1111/j.1365-2656.2010.01688.x
- Fransozo A, Mantelatto FLM (1998) Population Structure and Reproductive Period of the Tropical Hermit Crab *Calcinus tibicen* (Decapoda: Diogenidae) in the region of Ubatuba, São Paulo, Brazil. *J Crustac Biol* 18:738–745.
- Fründ J, Mccann KS, Williams NM (2016) Sampling bias is a challenge for quantifying specialization and network structure: Lessons from a quantitative niche model. *Oikos* 125:502–513. doi: 10.1111/oik.02256
- García-Raso JE (1990) Study of a Crustacea Decapoda taxocoenosis of *Posidonia oceanica* beds from the Southeast of Spain. *Mar Ecol* 11:309–326.
- Garcia RB, Mantelatto FLM (2001) Shell selection by the tropical hermit crab *Calcinus tibicen* (Herbst, 1791) (anomura, diogenidae) from southern Brazil. *J Exp Mar Bio Ecol* 265:1–14. doi: 10.1016/S0022-0981(01)00321-5

- Gherardi F, Nardone F (1997) The question of coexistence in hermit crabs: population ecology of a tropical intertidal assemblage. *Crustaceana* 70:608–629.
- Giraldes BW, Coelho Filho PA, Smyth DM (2015) Decapod assemblages in subtidal and intertidal zones-Importance of scuba diving as a survey technique in tropical reefs, Brazil. *Glob Ecol Conserv* 3:163–175. doi: 10.1016/j.gecco.2014.11.011
- Guimarães PR, Sazima C, Sazima SF dos RI (2007) The nested structure of marine cleaning symbiosis: is it like flowers and bees ? *Biol Lett* 3:51–54. doi: 10.1098/rsbl.2006.0562
- Guimerà R, Amaral LAN (2005) Functional cartography of complex metabolic networks. *Lett to Nat* 433:895–900. doi: 10.1038/nature03286.1.
- Guo Q (2015) *Island Biogeography Theory : Emerging Patterns and Human Effects*. Elsevier Inc.
- Hazlett BA (1966) Factors affecting the aggressive behavior of the hermit crab. *Z Tierpsychol* 23:655–671.
- Hazlett BA (1989) Mating success of male hermit crabs in shell generalist and shell specialist species. *Behav Ecol Sociobiol* 25:119–128.
- Heino J, Melo AS, Siqueira T, Soininen J, Valanko S, Bini LM (2014) Metacommunity organisation, spatial extent and dispersal in aquatic systems: patterns, processes and prospects. *Freshw Biol*. doi: 10.1111/fwb.12533
- Hendrickx ME (1995) Checklist of brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda) from the eastern tropical Pacific. *Bull l'Institut R des Sci Nat Belgique* 65:125–150.
- Hillebrand H, Bennett DM, Cadotte MW (2008) Consequences of Dominance:a Review of Evenness Effects on Local and Regional Ecosystem Process. *Ecology* 89:1510– 1520. doi: 10.1890/07-1861.1
- Horn HS (1966) Measurement of “Overlap” in comparative ecological studeis. *Am Nat*

100:419–424. doi: 10.1590/S0036-36342000000600010

- Hutchingson GE (1957) Population studies, animal ecology and demography: concluding remarks. In: Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. pp 415–429
- Kellogg CW (1976) Gastropod shells: A potentially limiting resource for hermit crabs. *J Exp Mar Bio Ecol* 22:101–111. doi: 10.1016/0022-0981(76)90112-X
- Kellogg CW (1977) Coexistence in a hermit crab species ensemble. *Biol Bull* 153:133–144.
- Leibold M a., Holyoak M, Mouquet N, Amarasekare P, Chase JM, Hoopes MF, Holt RD, Shurin JB, Law R, Tilman D, Loreau M, Gonzalez a. (2004) The metacommunity concept: A framework for multi-scale community ecology. *Ecol Lett* 7:601–613. doi: 10.1111/j.1461-0248.2004.00608.x
- Leite FPP, Turra A, Gandolfi SM (1998) Hermit crabs (Crustacea: Decapoda: Anomura), gastropod shells and environmental structure: their relationship in southeastern Brazil. *J Nat Hist* 32:1599–1608. doi: 10.1080/00222939800771131
- Lemaitre R (1982) The Provenzano group of hermit crabs (Crustacea, Decapoda, Paguridae) in the Western Atlantic. Part II. *Pagurus gymnodactylus*, a new species from Gulf of Mexico and a comparison with *Pagurus annulipes* (Stimpson). *Bull Mar Sci* 32:656–663.
- Lemaitre R, Tavares M (2015) New taxonomic and distributional information on hermit crabs (Crustacea: Anomura: Paguroidea) from the Gulf of Mexico, Caribbean Sea, and Atlantic coast of South America. *Zootaxa* 3994:451–506. doi: 10.11646/zootaxa.3994.4.1
- Leone IC, Mantelatto FL (2015) Maternal investment in egg production : Substrate- and population-specific effects on offspring performance of the symbiotic crab

- Pachycheles monilifer* (Anomura : Porcellanidae). *J Exp Mar Bio Ecol* 464:18–25. doi: 10.1016/j.jembe.2014.12.002
- Lima DJM (2012) Estrutura e dinâmica da comunidade de caranguejos ermitões do sublitoral consolidado do Ilhote das Couves, litoral norte de São Paulo. Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP
- Lima DJM, Cobo VJ, De Aquino MAB, Fransozo A (2014) The population structure of two sympatric hermit-crab species on a subtidal rocky shore of an island in southeastern Brazil. *An Acad Bras Cienc* 86:1769–1782. doi: 10.1590/0001-3765201420130472
- Lima DJM, Alves DFR, Cobo VJ (2018) Composition , density , and shell use of hermit crabs (Crustacea : Paguroidea) from subtidal boulder fields in southeastern Brazil. *Lat Am J Aquat Res* 46:72–82. doi: 10.3856/vol46-issue1-fulltext-9
- Limviriyakul P, Tseng L-C, Hwang J-S, Shih T-W (2016) Anomuran and brachyuran symbiotic crabs in coastal areas between the southern Ryukyu arc and the Coral Triangle. *Zool Stud*. doi: 10.6620/ZS.2016.55-07
- Lomolino M V., Sax DF, Riddle BR, Brown JH (2006) The island rule and a research agenda for studying ecogeographical patterns. *J Biogeogr* 33:1503–1510. doi: 10.1111/j.1365-2699.2006.01593.x
- Luiz OJ, Carvalho-Filho A, Ferreira CEL, Floeter SR, Gasparini JL, Sazima I (2008) The reef fish assemblage of the Laje de Santos Marine State Park, Southwestern Atlantic: Annotated checklist with comments on abundance, distribution, trophic structure, symbiotic associations, and conservation. *Zootaxa* 1–25.
- Luiz OJ, Balboni AP, Kodja G, Andrade M, Marum H (2009) Seasonal occurrences of *Manta birostris* (Chondrichthyes: Mobulidae) in southeastern Brazil. *Ichthyol Res* 56:96–99. doi: 10.1007/s10228-008-0060-3

- Lunt J, Reustle J, Smee DL (2017) Wave energy and flow reduce the abundance and size of benthic species on oyster reefs. *Mar Ecol Prog Ser* 569:25–36. doi: 10.3354/meps12075
- Magurran AE (2013) *Medindo a diversidade biológica*, 1st edn. UFPR, Curitiba
- Manjon-Cabeza ME, Garcia-Raso JE (1998) Population structure and growth of the hermit crab *Diogenes pugilator* (Decapoda : Anomura : Diogenidae) from the northeastern Atlantic. *J Crustac Biol* 18:753–762. doi: Doi 10.2307/1549152
- Mantelatto FL, Faria FCR, Biagi R, Melo G a S (2004) Majoid crabs community (Crustacea: Decapoda) from infralittoral rocky/sandy bottom of Anchieta Island, Ubatuba. *Brazilian Arch Biol Technol* 47:273–279. doi: 10.1590/S1516-89132004000200015
- Mantelatto FLM, Garcia RB (1999) Reproductive potential of the hermit crab *Calcinus tibicen* (Anomura) from Ubatuba, São Paulo, Brazil. *J Crustac Biol* 19:268–275.
- Mantelatto FLM, Garcia RB (2002) Hermit crab fauna from the infralittoral zone of Anchieta Island (Ubatuba, Brazil). *Mod approaches to study Crustac* 137–143.
- Mantelatto FLM, Garcia RB, Martinelli JM, Hebling NJ (2001) On a record of *Dardanus venosus* (H. Milne Edwards) (Crustacea, Anomura) from the São Paulo State, Brazil. *Rev Bras Zool* 18:71–73. doi: 10.1590/S0101-81752001000100006
- Mattos LA De, Mendes LMD, Bedê LM, Costa TV da, Oshiro LMY (2014) Influence of environmental variables on the distribution of intertidal porcellanid crabs in Sepetiba Bay , Rio de Janeiro , Brazil. *Lat Am J Aquat Res* 42:980–988. doi: 10.3856/vol42-issue5-fulltext-5
- Mclaughlin P (1983) Hermit crabs - are they really polyphyletic ? *J Crustac Biol* 3:608– 621.
- Mclaughlin PA (1975) On the identity of *Pagurus brevidactylus* (Stimpson) (Decapoda:

- Paguridae), with the description of a new species of *Pagurus*) from the Western Atlantic. *Bull Mar Sci* 25:359–376.
- McLaughlin PA, Komai T, Lemaitre R, Rahayu DL (2010) Annotated checklist of anomuran decapod crustaceans of the world. PART I: Lithodoidea, Lomisoidea and Paguroidea. *Raffles Bull Zool* 5–107.
- McLaughlin PA (2003) Illustrated keys to families and genera of the superfamily Paguroidea (Crustacea : Decapoda : Anomura), with diagnoses of genera of Paguridae. *Mem Museum Victoria* 60:111–144.
- Meireles A de L, Biagi R, Mantelatto FL (2003) Gastropod shell availability as a potential resource for the hermit crab infralittoral fauna of Anchieta Island (SP), Brazil. *Nauplius* 11:99–105.
- Melo GAS de (1999) Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea, Astacidea. Plêiade/FAPESP, São Paulo
- Mittelbach GG, Schemske DW (2015) Ecological and evolutionary perspectives on community assembly. *Trends Ecol Evol* 30:1–7. doi: 10.1016/j.tree.2015.02.008
- Muñoz JEG, Manjón-Cabeza ME, Raso JEG (2008) Decapod crustacean assemblages from littoral bottoms of the Alborán Sea (Spain, west Mediterranean Sea): spatial and temporal variability. *Sci Mar* 72:437–449. doi: 10.3989/scimar.2008.72n3437
- Negreiros-Fransozo ML, Fransozo A, Hebling NJ (1991) Estrutura populacional e determinação do tamanho da concha em 4 espécies de ermitões (Crustacea, Decapoda, Anomura) do litoral paulista. *Biotemas* 4:135–148.
- Nucci P, Melo GAS de (2011) Hermit crabs from Brazil: Family Paguridae (Crustacea: Decapoda: Paguroidea), except *Pagurus*. *Zootaxa* 3104:26–41.
- Nucci PR, Melo GAS de (2007a) Hermit crabs from Brazil. Family Paguridae

- (Crustacea: Decapoda: Paguroidea): Genus Pagurus. *Zootaxa* 1406:47–59.
- Nucci PR, Melo GAS de (2015) Hermit crabs from Brazil: Family Diogenidae (Crustacea: Decapoda: Paguroidea), except Paguristes. *Zootaxa* 3947:327–346.
- Nucci PR, Melo GAS (2007b) Hermit crabs from Brazil. Family Paguridae (Crustacea: Decapoda: Paguroidea): Genus Pagurus. *Zootaxa* 1406:47–59.
- Olesen JM, Bascompte J, Dupont YL, Jordano P (2007) The modularity of pollination networks. *Proc Natl Acad Sci* 104:19891–19896. doi: 10.1073/pnas.0706375104
- Osawa M, Mclaughlin PA (2010) Annotated checklist of anomuran decapod crustaceans of the world (exclusive of Kiwaoidea and families Chirostylidae and Galatheidae of the Galatheoidea) Parte II - Porcellanidae. *raffles Bull Zool* 23:109–129.
- Patefield WM (1981) Algorithm AS 159: An Efficient Method of Generating Random $R \times C$ Tables with Given Row and Column Totals. *J R Stat Soc* 30:91–97.
- Pereira PHC, Junior JZ, Jacobucci GB (2009) Ocupação de conchas e utilização de microambientes por caranguejos ermitões (Decapoda, Anomura) na Praia da Fortaleza, Ubatuba, São Paulo. *Biotemas* 22:65–75.
- Perry CT, Larcombe P (2003) Marginal and non-reef-building coral environments. *Coral Reefs* 22:427–432. doi: 10.1007/s00338-003-0330-5
- Rios E (2009) Compendium of Brazilian sea shells. Evengraf, Rio Grande
- Sant’Anna BS, Dominciano LC da C, Buozi SF, Turra A (2012) Is shell partitioning between the hermit crabs *Pagurus brevidactylus* and *Pagurus criniticornis* explained by interference and / or exploitation competition? *Mar Biol Res* 8:662–669. doi: 10.1080/17451000.2011.653371
- Sazatornil FD, Moré M, Benitez-Vieyra S, Cocucci AA, Kitching IJ, Schlumpberger BO, Oliveira PE, Sazima M, Amorim FW (2016) Beyond neutral and forbidden links: morphological matches and the assembly of mutualistic hawkmoth–plant

- networks. *J Anim Ecol* 85:1586–1594. doi: 10.1111/1365-2656.12509
- Schejter L, Mantelatto FL (2011) Shelter association between the hermit crab *Sympagurus dimorphus* and the zoanthid *Epizoanthus paguricola* in the southwestern Atlantic Ocean. *Acta Zool* 92:141–149. doi: 10.1111/j.1463-6395.2009.00440.x
- Schmitt WL (1933) Four new species of decapoda crustaceans from Porto Rico.
- Schnabel KE, Ahyong ST, Maas EW (2011) Galatheoidea are not monophyletic - molecular and morphological phylogeny of the squat lobsters (Decapoda: Anomura) with recognition of a new superfamily. *Mol Phylogenet Evol* 58:157–68. doi: 10.1016/j.ympev.2010.11.011
- Spight TM (1977) Availability and use of shells by intertidal hermit crabs. *Biol Bull* 152:120–133.
- Stampar SN, Kodja G (2007) Cnidaria, Hydrozoa, Anthoathecata, Pandeidae, *Stomotoca atra*: Distribution Extension. *Check List J Species List Distrib* 3:55–57.
- Stirling G, Wilsey B (2001) Empirical Relationships between Species Richness, Evenness, and Proportional Diversity. *Am Nat* 158:286–299. doi: 10.1086/321317
- Tamburus AF, Negri M, Rossi N, Mantelatto FL, Miguel L (2014) Substrate preference by the porcelain crab *Pachycheles monilifer* (Crustacea, Anomura): the bryozoan *Schizoporella errata* or the polychaete *Phragmatopoma caudata*? *Nauplius* 22:127–135. doi: 10.1590/S0104-64972014000200006
- Tokeshi M, Arakaki S (2012) Habitat complexity in aquatic systems: Fractals and beyond. *Hydrobiologia* 685:27–47. doi: 10.1007/s10750-011-0832-z
- Tsang LM, Chan TY, Ahyong ST, Chu KH (2011) Hermit to king, or hermit to all: Multiple transitions to crab-like forms from hermit crab ancestors. *Syst Biol* 60:616–629. doi: 10.1093/sysbio/syr063

- Turra A, Leite FP (2000) Clustering behavior of hermit crabs (Decapoda, Anomura) in an intertidal rocky shore at São Sebastião, southeastern Brazil. *Rev Bras Biol* 60:39–44.
- Turra A, Leite FPP (2003) The molding hypothesis: Linking shell use with hermit crab growth, morphology, and shell-species selection. *Mar Ecol Prog Ser* 265:155–163. doi: 10.3354/meps265155
- Vance RR (1972) Competition and mechanism of coexistence in three sympatric species of intertidal hermit crabs. *Ecology* 53:1062–1074.
- Vizentin-Bugoni J, Maruyama PK, Debastiani VJ, Duarte L da S, Dalsgaard B, Sazima M (2016) Influences of sampling effort on detected patterns and structuring processes of a Neotropical plant-hummingbird network. *J Anim Ecol* 85:262–272. doi: 10.1111/1365-2656.12459
- Worcester SE, Gaines SD (1997) Quantifying hermit crab recruitment rates and megalopal shell selection on wave-swept shores. *Mar Ecol Prog Ser* 157:307–310. doi: 10.3354/meps157307
- Wright AG (2017) Deep water parapagurid hermit crabs: their distribution, abundance, population structure and associations in the Southern Benguela. University of Cape Town