

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 20/02/2021.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



Instituto de Biociências
de Botucatu - Unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – CAMPUS DE BOTUCATU

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ZOOLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CARACTERIZAÇÃO MORFOTÍPICA E ANÁLISES
HISTOLÓGICAS DO SISTEMA REPRODUTOR EM
MACHOS DE *Macrobrachium brasiliense* (HELLER, 1862)
(CRUSTACEA, DECAPODA, PALAEMONIDAE) E A
INFLUÊNCIA NAS RELAÇÕES INTRAESPECÍFICAS**

Caio dos Santos Nogueira

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Coorientadora: Profa. Dra. Ariádine Cristine de Almeida

BOTUCATU

2019

CAIO DOS SANTOS NOGUEIRA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOTÍPICA E ANÁLISES
HISTOLÓGICAS DO SISTEMA REPRODUTOR EM MACHOS DE
Macrobrachium brasiliense (HELLER, 1862) (CRUSTACEA,
DECAPODA, PALAEMONIDAE) E A INFLUÊNCIA NAS
RELAÇÕES INTRAESPECÍFICAS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas – Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Coorientadora: Profa. Dra. Ariádine Cristine de Almeida

FEVEREIRO/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

Nogueira, Caio dos Santos.

Caracterização morfológica e ultraestrutural de *macrobrachium* brasiliense (Heller, 1862) (crustacea, decapoda, palaemonidae) e a discussão sobre a influência nas relações intraespecíficas / Caio dos Santos Nogueira. - Botucatu, 2019

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

Orientador: Rogério Caetano da Costa

Coorientador: Ariádine Cristine de Almeida

Capes: 20402007

1. Histologia. 2. *Macrobrachium*. 3. Aparelho genital. 4. Morfologia (Animais).

Palavras-chave: Crescimento relativo; Histologia; Morfotipos; Sistema reprodutor.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Rogério Caetano da Costa pela oportunidade concedida de realizar o mestrado sendo seu aluno, e também, por todos os ensinamentos, suporte, paciência e conselhos durante esses dois anos de mestrado.

A Profa. Dra. Ariádine Cristine de Almeida que mais uma vez fez parte da minha vida acadêmica, sendo minha coorientadora nesta oportunidade. Devo muito a você, foi quem me iniciou na ciência, e com certeza fez toda a diferença para quem sou hoje.

Ao Prof. Dr. Fernando José Zara por toda a orientação durante a segunda etapa desta dissertação, sendo essencial para a construção final de todo este trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) do Instituto de Biociências/UNESP Botucatu durante o mestrado. Ao auxílio referente a CAPES Ciências do Mar (CIMAR) II (Proc. 1989/2014). Ao auxílio concedido pela PROPG UNESP (Conv. 817737/2015 – Edital 12/2017).

Ao Ministério do Meio Ambiente e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) por conceder a licença para coleta de material nas áreas de estudo.

Ao Instituto de Biociências – IB e à Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Unesp de Botucatu e ao Departamento de Zoologia.

Ao Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências da Unesp de Bauru, o qual o LABCAM está vinculado.

A toda minha família, em especial, minha mãe e meu irmão, por todo o apoio e suporte nas minhas decisões.

A minha namorada Natalia, por toda paciência, apoio e conselhos que me concedeu ao longo destes dois anos, muito obrigado por tudo. Sem você tudo teria sido muito difícil.

A minha segunda família, Abner, Bruno e Rafael (República do Amor), por todos os momentos que passamos juntos.

Aos meus grandes amigos de pós-graduação, Alexandre (Dino), Alexandre (Seu Jorge), Andréa, Bruno, Ícaro, Isabela, Júlia, Lizandra, Mariana e Natália, por me receberem e me tratarem muito bem, e claro, todos os momentos que passamos juntos, fazendo com que meus dias fossem mais alegres.

Aos meus amigos de Minas Gerais, André, Carlos Alberto, Elton, Felipe Simão, Leonardo, Luis, Luiz, Sullivan, que mesmo com essa distância nunca deixaram de me apoiar.

A todos os integrantes do Laboratório de Biologia de Camarões Marinhos e Água Doce (LABCAM - UNESP/FC), Abner, Andréa, Daphine, João, Régis, Sarah e Thiago, por todos os ensinamentos e conselhos ao longo desses dois anos.

A todos os integrantes do Laboratório de Morfologia de Invertebrados (IML - UNESP/FCAV), Barbara, Camila, Fernanda, Lucas, Marcia e Maria Alice, por me acolherem tão bem e pela grande ajuda no desenvolvimento do meu mestrado.

Gratidão!

SUMÁRIO

RESUMO	1
INTRODUÇÃO	2
MATERIAL E MÉTODOS	8
Coleta dos espécimes e análises morfométricas	8
Análises do crescimento relativo entre os morfotipos	9
Análise de caracteres morfológicos dos morfotipos	11
Análises histológicas.....	12
Contagem espermática	13
RESULTADOS	14
Análises morfométricas	14
Anatomia do sistema reprodutor de machos	24
Análise geral da histologia e histoquímica	26
Testículos	26
Vaso deferente.....	28
Contagem espermática	34
DISCUSSÃO	34
REFERÊNCIAS	41

RESUMO

Em algumas espécies de decápodos é possível verificar variações morfológicas em indivíduos adultos de uma mesma população, as quais resultam em distintos morfotipos. Esses morfotipos podem influenciar a estrutura da população, muitas vezes representando um caráter relacionado à dominância social e reprodução. O crescimento relativo e histologia do sistema reprodutor de *Macrobrachium brasiliense* foram analisados a fim de investigar a ocorrência de distintos grupos morfológicos em machos adultos. Os espécimes analisados foram coletados em dois locais, no córrego Água Limpa, região de Uberlândia-MG e no Rio Batalha, região de Bauru-SP. Cada macho foi medido em relação a sete dimensões corporais: comprimento da carapaça (CC), comprimento do maior quelípodo (CMQ), comprimento do dactilo (CD), comprimento do própodo (CPr), comprimento do carpo (CCa), comprimento do mero (CM) e comprimento do ísquio (CI). O crescimento relativo foi analisado com base na mudança dos padrões de crescimento das estruturas corpóreas mencionadas (variáveis dependentes) em relação ao CC (variável independente). Em seguida, uma análise exploratória (análise de componentes principais – PCA) foi realizada com os dados morfométricos em busca de possíveis grupos morfológicos distintos na população. O sistema reprodutor masculino também foi descrito e comparado para análise de diferenças durante a maturação de células reprodutivas e produtividade espermática entre os morfotipos. Dois morfotipos foram identificados entre os indivíduos: *minor male*, com quelípodos menos desenvolvidos ($22,35 \pm 3,36\text{mm}$) e com poucos espinhos ou em formação, e o *bigger male*, com quelípodos maiores ($36,57 \pm 12,49\text{mm}$), muitos espinhos ao longo dos mesmos, principalmente a partir do mero, e todos os espinhos completamente desenvolvidos. Os resultados da relação entre CC vs CMQ diferiu significativamente ($p < 0,01$) entre os dois morfotipos. Foi feita uma minuciosa descrição com base nos principais caracteres macroscópicos de diferenciação entre os morfotipos para se tornar mais fácil a identificação em pesquisas futuras. Não houve diferenças na histoanatomia e histoquímica entre os morfotipos, porém, a produtividade espermática diferiu significativamente entre as duas castas, com o morfotipo *bigger male* produzindo mais espermatozoides (teste T, $p = 0,03$). Os quelípodos foram considerados um grande determinante de castas dentro de uma população, seguindo o proposto por outros trabalhos de descrições morfotípicas, sendo tal apêndice diretamente relacionado ao comportamento reprodutivo desses animais. A anatomia do sistema reprodutor não apresentou variações, apesar da diferença entre produção final de espermatozoides, algo que pode estar correlacionado ao tamanho desses animais. A presença de morfotipos detectada aqui contribuiu para um aumento no conhecimento da biologia populacional principalmente quanto aos aspectos reprodutivos da espécie.

Palavras-chave: Crescimento relativo, histologia, morfotipos, sistema reprodutor

INTRODUÇÃO

O gênero *Macrobrachium* (Spence Bate, 1868) é constituído, atualmente, por 246 espécies descritas e distribuídas no mundo todo, com ocorrência de 19 espécies no Brasil (MANTELATTO *et al.*, 2014), entre elas, *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862), possui distribuição em 11 estados do território brasileiro, além de também ocorrerem países adjacentes (HOLTHUIS, 1952; COELHO e RAMOS-PORTO, 1984; MELO, 2003; PILEGGI *et al.*, 2013). Mediante a vasta distribuição dessa espécie, ainda assim a maioria dos trabalhos científicos se refere a estudos populacionais (GARCÍA-DÁVILA *et al.*, 2000; MANTELATTO e BARBOSA, 2005) ou ocorrências de distribuição (GARCÍA-DÁVILA e MAGALHÃES, 2003; KENSLEY e WALKER, 1982; SANTOS *et al.*, 2018). Poucos são os trabalhos que abordam outros caracteres biológicos, entre esses, revisões taxonômicas (COELHO e RAMOS-PORTO, 1984; PILEGGI e MANTELATTO, 2012), comportamento (NOGUEIRA *et al.*, 2018), dieta alimentar (MELO e NAKAGAKI, 2013), fator de condição (TADDEI *et al.*, 2017), potencial reprodutivo (OLIVEIRA *et al.*, 2017) e descrição larval (PANTALEÃO *et al.*, 2011).

Algumas espécies do gênero *Macrobrachium*, como *M. amazonicum* (Heller, 1862) e *M. rosenbergii* (De Man, 1879) são consideradas de médio e grande porte, respectivamente, sendo muito utilizadas para fins pesqueiros e de cultivo (MACIEL e VALENTI, 2009; NEW e SINGHOLKA, 1982). Diferente de *M. brasiliense*, considerado de pequeno porte junto a outras espécies do mesmo gênero, como *M. borellii* (Nobili, 1896), *M. iheringi* (Ortmann, 1897), e *M. potiuna* (Muller, 1880) (VALENTI *et al.*, 1989). Ao decorrer do ciclo de vida de algumas espécies de *Macrobrachium*, é possível que ocorra um fenômeno morfológico entre os machos de uma mesma população, existindo assim, machos sexualmente maduros com diferentes

caracteres morfológicos, principalmente em relação aos quelípodos, além de demonstrarem diferentes comportamentos agonísticos e produção espermática (SAGI e RA'ANAN, 1988). Tal fenômeno já foi observado em algumas espécies, como por exemplo, *M. amazonicum*, *M. rosenbergii* e *M. grandimanus* (Randall, 1840) (KURIS *et al.*, 1987; MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004; PANTALEÃO *et al.*, 2014; WHORTHAM e MAURIK, 2012).

Atualmente, morfotipos foram descritos para espécies que possuem o ciclo de vida estendida, incluindo as citadas anteriormente como *M. rosenbergii* (KURIS *et al.*, 1987), *M. amazonicum* (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004; PANTALEÃO *et al.*, 2014) e *M. grandimanus* (WORTHAM e MAURIK, 2012), e as espécies *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (ROJAS *et al.*, 2012), e *M. idella* (SOUNDARAPANDIAN *et al.*, 2014). Os tipos de desenvolvimento larval dessas espécies podem refletir características do ambiente em que vivem, por exemplo, espécies que possuem o ciclo larval estendido são encontradas mais próximas de regiões estuarinas do que espécies com o ciclo larval abreviado (BAUER, 2004). As larvas que possuem desenvolvimento estendido se desenvolvem em regiões estuarinas pelo fato desses ambientes serem ricos em alimento, portanto, as larvas dessas espécies eclodem em instares larvais menos desenvolvidos, se desenvolvem no estuário e retornam na fase jovem para os rios (BAUER, 2004; JENNERJAHN e ITTEKKOT, 2002). Espécies de ciclo de vida abreviado ocorrem em córregos ou rios interiores, locais que possuem menor disponibilidade de alimento quando comparado ao estuário, portanto, esses animais possuem uma estratégia em que os embriões se desenvolvem a maior parte dos estágios larvais dentro do ovo, eclodindo em um estágio bem mais avançado, ou em alguns casos, apresentando desenvolvimento direto. Neste sentido, uma grande quantidade de vitelo é disponibilizada no interior dos ovos desses animais, para que a

embrião tenha uma fonte de alimento para se desenvolver no interior do ovo por um maior período de tempo (BUENO e RODRIGUES, 1995; PEREIRA e GARCÍA, 1995).

A ocorrência de machos com diferentes morfotipos em uma população pode influenciar diretamente nas relações intraespecíficas e interespecíficas desses animais, sendo um fator muito importante para a estrutura populacional devido o comportamento de dominância das castas superiores (VALENTI et al., 1993). O desenvolvimento de morfotipos resulta em variações morfológicas como coloração, espinhos no segundo par de quelípodos e crescimento diferencial de algumas partes do corpo, entre indivíduos de uma mesma espécie e sexo, podendo ser facilmente visualizados e identificados em uma população (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004; SAGI e RA'ANAN, 1988). Essa ornamentação dos quelípodos nos morfotipos dominantes auxilia os animais em disputas por fêmeas ou território, influenciando nos comportamentos agonísticos e, de certa forma, refletindo também na estruturação histoanatômica e processos fisiológicos desses animais (KARPLUS e BARKI, 2018; PASCHOAL, 2017).

A quantidade de morfotipos existentes pode variar de espécie para espécie; em *M. amazonicum*, por exemplo, há quatro diferentes morfotipos que são diferenciados macroscopicamente a partir da coloração e tamanho de seus quelípodos, denominados como *Translucent Claw* (TC), *Cinnamon Claw* (CC), *Green Claw 1* (GC1) e *Green Claw 2* (GC2), sendo GC2 o macho dominante (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004; PANTALEÃO et al., 2014). Para *M. rosenbergii* foram descritos três morfotipos (KURIS et al., 1987), *Blue Claw* (BC), *Orange Claw* (OC) e *Small Male* (SM), também diferenciados a partir do tamanho e coloração dos quelípodos. Em *M. grandimanus*, mais uma vez, a principal diferença morfológica foi observada nos quelípodos dos machos, sendo categorizados dois diferentes morfotipos dentro dos machos, *Small Symmetrical Males* e *Large Asymmetrical Males* (WORTHAM e MAURIK, 2012). Em

outros gêneros, nem sempre os quelípodos são o caractere principal de diferenciação entre os morfotipos; no camarão *Rhynchocinetes brucei* Okuno, 1994, outra estrutura também foi considerada importante para essa caracterização, e, neste caso, foi observado diferenças no tamanho e formato do terceiro par de maxilípedes entre os machos. Assim foram registrados três diferentes morfotipos em *R. brucei*: *Typus Morphotype* (TM), *Intermedius Morphotype* (IM) e *Robustus Morphotype* (RM) (THIEL *et al.*, 2010).

Além da diferenciação macroscópica por meio da morfologia de estruturas corpóreas, alguns autores observaram a existência da diferenciação microscópica nos órgãos reprodutivos em animais de populações que apresentam diferentes morfotipos, sendo caracterizadas diferenças morfofisiológicas, a saber: tamanho entre células germinativas, área das zonas de produção dessas células, e localização dessas zonas dentro das diferentes regiões que compõem o sistema reprodutor (SAGI e RA'ANAN, 1988; PAPA *et al.*, 2004). Por exemplo, Papa *et al.* (2004), observaram a organização histológica dos testículos entre os morfotipos de *M. amazonicum*. No morfotipo TC as zonas espermatogênicas e espermiogênicas estão situadas em regiões diferentes, sendo a primeira encontrada na parte central dos lobos testiculares e a segunda encontrada na periferia dos testículos. A região espermatogênica possui células em maturação e de sustentação, enquanto a região espermiogênica possui as células mais desenvolvidas provenientes da região anteriormente citada, sendo essas células espermátides e espermatozoides. No morfotipo CC, essas regiões testiculares estavam completamente ocupadas pelas zonas espermatogênicas, com diminuta presença de zonas espermiogênicas. Já os morfotipos GC1 e GC2 apresentaram o mesmo padrão testicular, pois, nesses dois morfotipos foi possível a visualização das zonas espermatogênicas e espermiogênicas na região dos testículos, sendo essa última zona ocupando mais espaço

da região testicular, local onde ocorre o desenvolvimento das espermatídes em espermatozoides. Logo, para os morfotipos GC1 e GC2 foi observado mais células em fases finais de maturação e maduras do que nos demais morfotipos TC e CC. Tais variações implicam que, possivelmente, os morfotipos não se diferenciam apenas macroscopicamente e sim alterando também a morfofisiologia do animal (PAPA, 2004).

Seguindo a linha de raciocínio, Sagi & Ra'anani (1988) observaram diferenças no órgão reprodutivo entre os morfotipos de *M. rosenbergii*, sendo que o morfotipo SM apresentou o sistema reprodutor bem desenvolvido juntamente ao morfotipo BC, porém, não na mesma proporção de peso, e ambos se distinguiram quanto ao sistema reprodutor encontrado nos morfotipos OC, que se mostrou menos desenvolvido que os demais. O peso relativo do sistema reprodutor em relação ao peso total corpóreo e o alongamento do ducto espermático dos morfotipos SM e BC são relacionados, enquanto o morfotipo OC apresentou os menores pesos. Estas observações podem refletir o comportamento agonístico desses animais, sugerindo que machos OC não são ativos sexualmente. Outra característica morfofisiológica que pode demonstrar diferenciações entre morfotipos seria a produção espermática em cada casta. Paschoal (2017) demonstrou em seu trabalho sobre *M. amazonicum* que a concentração espermática no ducto ejaculatório dos morfotipos TC, GC1 e GC2 diferiu significativamente do morfotipo CC, refletindo assim que, possivelmente, os animais dessa casta não investam em reprodução, mas apenas em crescimento somático, a fim de se tornarem morfotipos dominantes.

Analisando trabalhos que abordaram a estrutura populacional de *M. brasiliense* de diferentes localidades (GÁRCIA-DÁVILA *et al.*, 2000, MANTELATTO e BARBOSA, 2005; PEREIRA e CHACUR, 2009), foi observado uma grande variação entre os tamanhos máximos e mínimos comprimentos de carapaça (CC) nessas populações. Pereira & Chacur (2009), no Mato Grosso do Sul, relataram variações do

CC em machos do menor ao maior indivíduo de 7,6 mm a 30,5 mm ($14,0 \pm 4,5$ mm) e, para as fêmeas, observaram-se variação no CC de 7,4 mm a 23,1 mm ($11,0 \pm 3,1$ mm). Gárcila-Davila *et al.* (2000), na Amazônia Peruana, relataram apenas as médias de $14,8 \pm 3,4$ mm para os machos e $12,9 \pm 2,0$ mm para as fêmeas. Mantelatto & Barbosa (2005), em São Paulo, observaram tamanhos menores de animais, quando comparado aos estudos acima, encontrando machos com variação do CC entre 4,3 mm a 19,8 mm ($10,56 \pm 4,05$) e fêmeas com variação do CC entre 3,1 mm a 16,1 mm ($7,32 \pm 2,82$ mm), os resultados dos trabalhos foram similares quando comparada a variação do CC entre os sexos. Além disso, Pereira & Chachur (2009) verificaram uma relação significativa entre o crescimento do segundo par de pereópodos com o CC dos machos, destacando assim, a possível existência de morfotipos dentro de populações, necessitando de maiores análises para a confirmação da ocorrência de morfotipos (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004; PANTALEÃO *et al.*, 2014).

Deste modo, estudos específicos sobre a morfologia de estruturas corpóreas macroscópicas e microscópicas podem viabilizar importantes informações a respeito das variações morfológicas em uma população, e, conseqüentemente, na biologia reprodutiva de espécies, evidenciando quais características morfológicas e histológicas podem estar se diferenciando entre grupos de animais do mesmo sexo em uma população. Assim, o presente estudo possui dois objetivos; (1) investigar se há existência de diferentes grupos morfológicos em machos adultos de *M. brasiliense*, e também, após se caracterizar possíveis grupos macroscopicamente, (2) investigar a ocorrência de diferenças a níveis histológicos no sistema reprodutivo, buscando dissimilaridades na morfohistologia e morfofisiologia reprodutiva, as quais podem influenciar o ciclo de vida de *M. brasiliense* e suas relações intraespecíficas, juntamente a morfologia macroscópica.

male”. As principais evidências de diferenciação foram o desenvolvimento dos quelípodos entre os grupos, ornamentos morfológicos diferenciais e maiores níveis de produção espermática. Com tais caracteres, foi possível a separação desses grupos, que além do que exposto aqui, podem ter outras diferenciações, como comportamentais por exemplo, igualmente ao que se sabe quanto aos morfotipos dentro do gênero *Ma* estudos de tal temática, devido ao grande fator modulador que a presença de morfotipos pode causar em uma população. Além do mais, o presente estudo fornece como base, informações essenciais para a identificação desses morfotipos em outras populações, podendo assim, contribuir com futuras pesquisas que utilizem essa espécie como modelo de estudo.

REFERÊNCIAS

BARROS-ALVES SDP, ALMEIDA AC, FRANSOZO V, ALVES DFR, SILVA JCD & COBO VJ. 2012. Population biology of shrimp *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1778) (Decapoda, Palaemonoidea) at the Grande River at northwest of the state of Minas Gerais, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(3): 266-275.

BAUER RT. 2004. Remarkable shrimps. Adaptations and Natural History of the Carideans, 1st ed. Oklahoma: University of Oklahoma Press, 282 p.

BENTES BS. 2011. Ecologia, pesca e dinâmica populacional do camarão-da-Amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae)–capturado na região das ilhas de Belém-Pará-Brasil.

BUENO SLS & RODRIGUES SA. 1995. Abbreviated larval development of the freshwater prawn, *Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897) (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. *Crustaceana*, 665-686.

CHANTON J & LEWIS FG. 2002. Examination of coupling between primary and secondary production in a river-dominated estuary: Apalachicola Bay, Florida, U.S.A. *Limnology and Oceanography*, 47:683–697.

CHOW S, OGASAWARA Y & TAKI Y. 1982. Male reproductive system and fertilization of the palaemonid shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. *Bulletin of the Japanese Society and Science Fishery*, 48: 177-1833.

COELHO PA & RAMOS-PORTO M. 1984. Camarões de água doce do Brasil: distribuição geográfica. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2(6): 405-410.

FLEXA CE, SILVA KCA & CINTRA IHA. 2005. Morfometria do camarão-canela, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), no município de Cametá-Pará. *Boletim Técnico-Científico do Cepnor*, 5(1): 41-54.

FREIRE JL, MARQUES CB & SILVA BB. 2012. Estrutura populacional e biologia reprodutiva do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) em um estuário da região nordeste do Pará, Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 16(2): 65-76.

FREIRE JL, BENTES B, FONTES VB & SILVA EM. 2017. Morphometric discrimination among three stocks of *Macrobrachium amazonicum* in the Brazilian Amazon. *Limnologica*, 64, 1-10.

GARCÍA-DAVÍLLA CR, ALCANTARA FB, VASQUEZ ER & CHUJANDAMA MS. 2000. Biologia reprodutiva do camarão *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (CRUSTACEA: DECAPODA: PALAEMONIDAE) em igarapés da terra firme da Amazônia Peruana. *Acta Amazônica*, 4(30): 653- 664.

GARCÍA-DAVÍLLA CR & MAGALHÃES C. 2003. Revisão taxonômica dos camarões de água doce (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae, Sergestidae) da Amazônia Peruana. *Acta Amazonica*, 33(4): 663-686.

GONZÁLEZ-GORDILLO JI & RODRIGUEZ A. 2003. Comparative seasonal and spatial distribution of decapod larvae assemblages in three coastal zones off the southwestern Iberian Peninsula. *Acta Oecologica* 24(1): 219-233.

HARTNOLL RG. 1974. Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda Brachyura). *Crustaceana*, 131-136.

HARTNOLL RG. 1978. The determination of relative growth in Crustacea. *Crustaceana*, 281-293.

HAWKINS DM. 1980. Identification of outliers. London: Chapman and Hall.

HAWKINS SJ & HARTNOLL RG. 1982. The influence of barnacle cover on the numbers, growth and behaviour of *Patella vulgata* on a vertical pier. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 62(4): 855-867.

HIROSE GL, FRANSOZO V, TROPEA C, LÓPEZ-GRECO LS & NEGREIROS-FRANSOZO ML. 2013. Comparison of body size, relative growth and size at onset sexual maturity of *Uca uruguayensis* (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) from different latitudes in the south-western Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(3): 781-788.

HOLTHUIS LBA. 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemanidae.

ISMAEL D & NEW MB. 2000. Biology. In: NEW MB; VALENTI WC. (Eds.), *Freshwater Prawn Culture: the Farming of *Macrobrachium rosenbergii**. Blackwell, Oxford, pp. 18 – 40.

JAMIESON BGM. 1991. *Fish Evolution and Systematics: Evidence from Spermatozoa*. Cambridge: Cambridge University Press, 333 p.

JENNERJAHN TC & ITTEKKOT V. 2002. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. *Naturwissenschaften*, 89(1): 23-30.

JUNQUEIRA LCU & JUNQUEIRA LMMS. 1983. *Técnicas Básicas de Citologia e Histologia*. 1ed. São Paulo: Ed. Santos, 123 p.

KARPLUS I, HULATA G, OVADIA D & JAFFIA R. 1992. Social control of growth in *Macrobrachium rosenbergii*: IV. The role of claws in bull – runt interactions. *Aquaculture* 105, 281 – 296.

KARPLUS I & BARKI A. 2018. Male morphotypes and alternative mating tactics in freshwater prawns of the genus *Macrobrachium*: a review. *Reviews in Aquaculture*.

KENSLEY BF & WALKER I. 1982 *Palaemonid shrimps from the Amazon Basin, Brazil (Crustacea: Decapoda: Natantia)*. Smithsonian Institution Press, 1982.

KNOX EM & NG RT. 1998. Algorithms for mining distance based outliers in large datasets. In *Proceedings of the international conference on very large data bases* (pp. 392-403). Citeseer.

KURIS AM, RA'ANAN Z, SAGI A & COHEN D. 1987. Morphotypic differentiation of male Malaysian giant prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Crustacean Biology*, 7(2), 219-237.

LIMA JDF, SILVA LMAD, SILVA TCD, GARCIA JDS, PEREIRA IDS & AMARAL KDS. 2014. Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the state of Amapá, Amazon River mouth. *Acta Amazonica*, 44(2): 245-254.

LOBÃO VL, VALENTI WC & MELLO JTC. 1986. Crescimento relativo de *Macrobrachium carcinus* (L.) (DECAPODA, PALAEMONIDAE). Boletim do Instituto de Pesca, 13(1): 105-109.

LUCENA-FREDOU F, ROSA-FILHO JS, SILVA MC & AZEVEDO EF. 2010. Population dynamics of the river prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) on Combu island (Amazon estuary). Crustaceana, 83(3): 277.

MACIEL CR & VALENTI WC. 2009. Biology, fisheries, and aquaculture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review. Nauplius, 17(2): 61-79.

MANTELATTO FLM & BARBOSA LR. 2005. Population structure and relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda, Palaemonidae) from São Paulo State, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia, 17(3): 245-255.

MANTELATTO FL, PILEGGI LG, MAGALHÃES C, CARVALHO FL, ROCHA SS, MOSSOLIN EC & BUENO SL. 2014. Avaliação dos Camarões Palemonídeos (Decapoda: Palaemonidae). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação, 252-267.

MELO GAS. 2003. Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil. Edições Loyola.

MELO MS & NAKAGAKI JM. 2013. Evaluation of the feeding habits of *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) in the Curral de Arame stream (Dourados/Mato Grosso Do Sul, Brazil). Nauplius, 21(1): 25-33.

MELLO MLS & VIDAL BC. 1980. Práticas de biologia celular. Edgard Blucher; Fundação de desenvolvimento da Unicamp.

MORAES-RIODADES PMC & VALENTI WC. 2004. Morphotypes in male Amazon river prawns, *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture*, 236(1): 297-307.

NAGAMINE CM & KNIGHT AW. 1980. Development, maturation, and function of some sexually dimorphic structures of malaysian prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*. 39: 141 – 152.

NEW MB & SINGHOLKA S. 1982. Freshwater prawn farming – A manual of the culture of *Macrobrachium rosenbergii*. *FAO Fisheries Technical Papers*, 225: 1-116.

NOGUEIRA CS, COSTA TM & ALMEIDA AC. 2018. Habitat choice behavior in *Macrobrachium brasiliense* (HELLER, 1862) (DECAPODA, PALAEMONIDAE) under laboratory conditions. *Oecologia Australis*, 22(1): 55-62.

OLIVEIRA LJF, SANT'ANNA BS & HATTORI GY. 2017. Reproductive potential of four freshwater prawn species in the Amazon region. *Invertebrate Reproduction & Development*, 61(4): 290-296.

PANTALEÃO JAF, GREGATI RA, TADDEI FG & COSTA RCD. 2011. Morphology of the first larval stage of *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1868) (Caridea: Palaemonidae). *Nauplius*, 19(1): 79-85.

PANTALEÃO JAF, HIROSE GL & COSTA RC. 2012. Relative growth, morphological sexual maturity, and size of *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) in a population with an entirely freshwater life cycle. *Invertebrate Reproduction & Development*, 56: 80-190.

PANTALEÃO JAF, HIROSE GL & COSTA RC. 2014. Occurrence of male morphotypes of *Macrobrachium amazonicum* (Caridea, Palaemonidae) in a population with an entirely freshwater life cycle. *Brazilian Journal of Biology*, 74(3): S223-S232.

PAPA LP, VICENTINI IBF, RIBEIRO K, VICENTINI CA & PEZZATO LE. 2004. Diferenciação morfológica de machos do camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum* a partir da análise do hepatopâncreas e do sistema reprodutor. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 26(4): 463-467.

PASCHOAL LRP. 2017. História natural de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) e sua importância em reservatórios neotropicais do sudeste brasileiro.

PASCHOAL LRP & ZARA FJ. 2018. Sperm count of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) populations with distinct life histories, with introduction of a simple counting method. Aquaculture, 491: 368-374.

PASCHOAL LRP & ZARA FJ. 2019. The androgenic gland in male morphotypes of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). General and comparative endocrinology.

PEARSE AGE. 1960. Histochemistry: Theoretical and Applied. London: J&A Churchill, 998 p.

PEARSON K. 1901. LIII. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 2(11): 559-572.

PEREIRA MGC & CHACUR MM. 2009. Estrutura populacional de *Macrobrachium brasiliense* (Crustacea, Palaemonidae) do Córrego Escondido, Batayporã, Mato Grosso do Sul, Brasil. Revista de Biologia Neotropical, 6(1): 75-82.

PEREIRA SGA & GARCIA D. 1995. Larval development of *Macrobrachium reyesi* Pereira (Decapoda: Palaemonidae), with a discussion on the origin of abbreviated development in palaemonids. Journal of Crustacean Biology, 15(1): 117-133

PILEGGI LG & MANTELATTO FL. 2012. Taxonomic revision of doubtful Brazilian freshwater shrimp species of genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). *Iheringia, Série Zoologia*, 102: 426-437.

PILEGGI LG, MAGALHÃES C, BOND-BUCKUP G & MANTELATTO FL. 2013. New records and extension of the known distribution of some freshwater shrimps in Brazil. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(2): 563-574.

POLJAROEN J, VANICHYIRIYAKIT R, TINIKUL Y, PHOUNGPETCHARA I, LINTHONG V, WEERACHATYANUKUL W & SOBHON P. 2010. Spermatogenesis and distinctive mature sperm in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). *Zoologischer Anzeiger - A Journal of Comparative Zoology*, 249(2): 81-94.

ROCHA SS & BARBOSA RJ. 2017. Population biology of *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) (Decapoda, Palaemonidae) from an artificial pond in Bahia, Brazil. *Nauplius*, 25 (e2017023):1-13.

ROJAS R, MORALES MC, RIVADENEIRA MM & THIEL M. 2012. Male morphotypes in the Andean river shrimp *Cryphiops caementarius* (Decapoda: Caridea): morphology, coloration and injuries. *Journal of Zoology*, 288(1): 21-32.

SAGI A, MILNER Y, & COHEN D. 1988. Spermatogenesis and sperm storage in the testes of the behaviorally distinctive male morphotypes of *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda, Palaemonidae). *The Biological Bulletin*, 174(3): 330-336.

SAGI A & RA'ANAN Z. 1988. Morphotypic differentiation of males of the fresh-water prawn *Macrobrachium rosenbergii*: changes in the midgut glands and the reproductive system. *Journal of Crustacean Biology*, 8(1), 43-47.

SAMPEDRO MP, GONZÁLEZ-GURRIARÁN E, FREIRE J & MUIÑO R. (1999). Morphometry and sexual maturity in the spider crab *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in Galicia, Spain. *Journal of Crustacean Biology*, 19(3): 578-592.

SANTOS JA, SAMPAIO CM & SOARES-FILHO AA. 2006. Male population structure of the Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) in a natural environment. *Nauplius*, 14(2): 55-63.

SANTOS MAL, CASTRO PM & MAGALHÃES C. 2018. Freshwater shrimps (Crustacea, Decapoda, Caridea, Dendrobranchiata) from Roraima, Brazil: species composition, distribution, and new records. *Check List*, 14: 21.

SOKAL RR, ROHLF FJ, & LAHOZ-LEÓN M. 1979. *Biometría: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*.

SOUNDARAPANDIAN P, DINAKARAN GK & VARADHARANJAN D. 2013. Alternative Mating Strategies in Male Morphotypes of the Prawn *Macrobrachium idella idella* (Hilgendorf, 1898). *Journal of Aquaculture Research and Development*, 5(204): 2.

TADDEI FG, HERRERA DR, DAVANSO TM, SILVA TED, COSTA RC & FRANSOZO A. 2017. Length/weight relationship and condition factor of *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) and *M. brasiliense* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) in two locations in the state of São Paulo. *Nauplius*, 25.

THIEL M, CHAK STC & DUMONT CP. 2010. Male morphotypes and mating behavior of the dancing shrimp *Rhynchocinetes brucei* (Decapoda: Caridea). *Journal of Crustacean Biology*, 30(4): 580-588.

VALENTI WC, LOBÃO VL & MELLO JT. 1989. Crescimento relativo de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (CRUSTACEA, DECAPODA, PALAEMONIDAE). *Revista Brasileira de Zoologia*, 6(1): 1-8.

VALENTI WC, MELLO JDTC & CASTAGNOLLI N. 1993. Efeito da densidade populacional sobre as curvas de crescimento de *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) em cultivo semi-intensivo (Crustacea, Palaemonidae). Revista brasileira de Zoologia: 427-438.

VENTURA T, AFLAFO ED, WEIL S, KASHKUSH K & SAGI A. 2011. Isolation and characterization of a female-specific DNA marker in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Heredity, 107(5): 456.

VERGAMINI FG. 2009. Análise comparativa entre populações costeiras e continentais do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Palaemonidae) por meio de dados morfológicos e moleculares. Dissertação de Mestrado. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo. p. 91.

VOLPATO GL & HOSHINO K. 1984. Adaptive process derived from the agonistic behavior in the freshwater prawn *Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897). Boletim de Fisiologia Animal, 8: 157 – 163.

WORTHAM JL & MAURIK LN. 2012. Morphology and morphotypes of the Hawaiian river shrimp, *Macrobrachium grandimanus*. Journal of Crustacean Biology, 32(4): 545-556.

ZAR JH. 2010. Biostatistical analysis fifth edition. Pearson Education Upper Saddle River, New Jersey, USA.

ZARA FJ, TOYAMA MH, CAETANO FH & LÓPEZ-GRECO LS. 2012. Spermatogenesis, spermatophore, and seminal fluid production in the adult blue crab *Callinectes danae* (Portunidae). Journal of Crustacean Biology, 32(2): 249-262.