

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 19/02/2021.

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

## *Tese de Doutorado*

**Efeito da ablação do pedúnculo ocular no desenvolvimento  
ovariano e reprodução de *Macrobrachium acanthurus*  
(Caridea: Palaemonidae).**

*Maria Maschio Rodrigues*

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Giovana Bertini

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Laura S. López Greco



BOTUCATU

2020

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

**Efeito da ablação do pedúnculo ocular no desenvolvimento  
ovariano e reprodução de *Macrobrachium acanthurus*  
(Caridea: Palaemonidae).**

**Maria Maschio Rodrigues**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Giovana Bertini

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Laura S. López Greco

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas (Zoologia).

BOTUCATU

2020

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

Rodrigues, Maria Maschio.

Efeito da ablação do pedúnculo ocular no desenvolvimento ovariano e reprodução de *Macrobrachium acanthurus* (Caridea: Palaemonidae) / Maria Maschio Rodrigues. - Botucatu, 2020

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

Orientador: Giovana Bertini  
Coorientador: Laura S. López Greco  
Capes: 20400004

1. Camarão. 2. *Macrobrachium*. 3. Fecundidade.  
4. Técnicas de Ablação. 5. Vitelogênese.

Palavras-chave: Camarão-canela; Complexo órgão-X/glândula do seio; Fecundidade; Fertilidade; Vitelogênese.

## **“Camarão que dorme a onda leva...”**

Zeca Pagodinho/Beto Sem Braço/Arlindo Cruz

## *AGRADECIMENTOS*

---

A Deus e aos espíritos superiores, por me protegerem e guiarem.

À Prof<sup>a</sup> Dra Giovana Bertini, pela orientação e amizade. Obrigada por ter me apresentado em 2005 os camarões e o mundo acadêmico e, ainda, por ter confiado em mim novamente no doutorado. Agradeço pelas condições oferecidas para a realização dos experimentos, pelos ensinamentos e, também, por me mostrar caminhos diante dos problemas encontrados durante a tese. Obrigada pela preocupação e cuidado já na graduação, desde lá sei que ganhei uma grande amiga.

À Prof<sup>a</sup> Dra. Laura S. López Greco, pela amizade, coorientação, disposição em ensinar, discutir e contribuir para o desenvolvimento da tese. Muito obrigada por ter sido tão presente, mesmo de longe.

Ao IFES - Instituto Federal do Espírito Santo (Campus Piúma) por todo apoio e por conceder o afastamento de 3 anos para a realização deste doutorado.

À Universidade Estadual Paulista - Campus de Registro e ao LABCRUST, pela infraestrutura e suporte técnico para realização dos experimentos.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) do Instituto de Biociências de Botucatu pelas facilidades oferecidas.

À UFES - Universidade Federal do Espírito Santo (Campus de Alegre) e ao Laboratório de Morfologia Animal, pela estrutura e apoio técnico para à elaboração das lâminas histológicas.

Ao Prof. Dr. Luis Carlos Ferreira De Almeida, por ter me ajudado com estatística e pelos bate-papos nos cafés da tarde.

Aos técnicos da Unesp Registro, Alexis Takeshita de Oliveira e Márcio Alves dos Santos, pelo suporte na montagem e manutenção dos sistemas de recirculação de água dos tanques. A ajuda de vocês foi essencial!

Às professoras Dra. Adriane A. Braga e Dra. Erika Takagi Nunes, pela amizade e todo apoio para realização da parte histológica na UFES. E ainda, agradeço à Dri pelo acolhimento em sua casa.

Aos professores Dra. Daniela Carvalho dos Santos e Dr. Fernando Zara, membros da banca examinadora da qualificação. Aos professores doutores Adilson Fransozo, Daniela Carvalho dos Santos, Karina Ribeiro e Luciene Patrici Papa, membros da banca examinadora da defesa de doutorado. Muito obrigada por terem aceitado o convite e pelas contribuições dadas para a melhoria desta tese.

Aos amigos e colegas do LABCRUST (Crislene, Jeniffer, Kelly, Karyna e Víctor), pela agradável convivência e também pela eventual ajuda com os manejos dos animais. Em particular à Karyna, obrigada pelo auxílio com os desenhos das antênulas heteromórficas.

Aos amigos e colegas da UFES (Lucas, Marina e Viviane) pela companhia e momentos de descontração. Um agradecimento especial à Marina e Vivi, que com muita paciência me orientaram no preparo das lâminas histológicas.

Aos amigos do Laboratório de Biomoléculas da Unesp-Registro (Camila, Clau, Isis e Liege), pela amizade e por serem ótimas companhias de cervejinha, karaokê e comilança.

Aos colegas do Laboratório de Biología de la Reproducción y el Crecimiento de Crustáceos Decápodos da Universidade de Buenos Aires (Agustina, Amir, Anita, Carolina, Daniela e Lia), que me receberam no laboratório com muita gentileza e carinho. E, principalmente, à Daniela, pela ajuda com parte da estatística. *Muchas gracias!*

À família Bertini-França, por terem sido tão acolhedores e queridos. Muito obrigada pelos almoços, churrascos e companhia nos fins de semana!

Às queridas amigas Vastil e Consuelo, por serem grandes parceiras enquanto estive em Registro. Obrigada por toda a diversão e carinho! Um agradecimento especial para a Consul, por tamanha hospitalidade.

Aos amigos Diego e Carmem, que me receberam em Botucatu com tanta atenção e carinho.

Aos amigos de Piúma, por saber que posso contar com vocês, e ainda, pela ajuda cuidando da Mandala e das plantinhas, quando precisamos estar fora. Um agradecimento especial à minha comadre, Dayse, que sempre esteve disposta a me ouvir e me aconselhar em todos os momentos.

A todos os meus amigos que estão espalhados pelo Brasil e pelo mundo que me encorajaram e incentivaram em mais essa etapa da minha vida.

Aos meus familiares, pelas conversas, apoio e confraternizações nas paradas em São Paulo e Barrinha, antes de ir pra Registro.

Aos meus pais Fernando e Cleuza, principalmente, à minha mãe que sempre me apoiou e proporcionou condições para que eu alcançasse os meus objetivos. Você é meu maior exemplo de força e coragem!

Aos meus sobrinhos e afilhados (Matheus, Diego, Manu, Fernanda, Francisco e Cecília), pelo amor puro e doce. E ainda por todos os momentos e brincadeiras juntos. Vocês são uma injeção de alegria!

À minha “doguinha” Mandala, por ficar literalmente ao meu lado e ser a melhor companhia que poderia ter durante a escrita deste trabalho.

Ao meu parceiro de vida Fabricio, a quem dedico esse trabalho. Agradeço pela contribuição nas discussões dos artigos, compreensão durante os longos meses que estive fora, leveza do dia-a-dia, apoio incondicional e companheirismo. Obrigada pelo incentivo e por me acalmar quando eu achei que não ia conseguir. Que sorte a minha ter você nesta caminhada! Amo você!

---

<b>RESUMO.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>20</b>
The impact of eyestalk ablation on ovarian development in cinnamon river prawn <i>Macrobrachium acanthurus</i> .	
1. ABSTRACT.....	21
2. INTRODUCTION.....	22
3. MATERIAL AND METHODS.....	24
3.1. Collection and acclimatisation.....	24
3.2. Experimental conditions, selection of females and ablation.....	24
3.3. Microscopic analyses.....	26
3.4. Statistical analyses.....	27
4. RESULTS.....	28
4.1. Survival, nuptial moulting and spawning.....	28
4.2. Ovarian development.....	28
5. DISCUSSION.....	42
6. REFERENCES.....	46
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>52</b>
Desempenho reprodutivo em fêmeas de <i>Macrobrachium acanthurus</i> (Crustacea, Palaemonidae) submetidas à ablação unilateral do pedúnculo ocular.	
1. RESUMO.....	53
2. INTRODUÇÃO.....	54
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	57
3.1. Coleta de <i>M. acanthurus</i> .....	57
3.2. Manutenção dos animais, ablação e maturação dos ovários.....	57
3.3. Reprodução para obtenção de fêmeas ovígeras.....	58
3.4. Análise da fecundidade e fertilidade.....	59
3.5. Análises estatísticas.....	60
4. RESULTADOS.....	61

4.1.	Comprimento da carapaça das fêmeas.....	61
4.2.	Fêmeas com ovos e larvas viáveis.....	61
4.3.	Fecundidade e volume dos ovos.....	61
4.4.	Fertilidade e comprimento da carapaça das larvas.....	62
4.5.	Duração do desenvolvimento embrionário.....	62
4.6.	Embriões perdidos.....	62
5.	DISCUSSÃO.....	65
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>78</b>
	First reported occurrence of a heteromorph antennule in the freshwater prawn <i>Macrobrachium acanthurus</i> (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Caridea).	
	REFERENCES.....	86
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>		<b>88</b>

*Macrobrachium acanthurus* é uma espécie de camarão de grande interesse econômico encontrada nos estuários brasileiros, porém ainda não há tecnologia para seu cultivo. A técnica de ablação do pedúnculo ocular é comumente utilizada na carcinicultura marinha, mas pouco se sabe sobre seus efeitos em camarões de água doce. Desta forma, essa tese tem por finalidade avaliar o efeito da ablação unilateral do pedúnculo ocular no desenvolvimento ovariano e reprodução de *M. acanthurus* (Caridea: Palaemonidae), visando aprimorar a tecnologia de criação dessa espécie. Foram realizados diferentes experimentos e a tese foi dividida em três capítulos. As fêmeas sexualmente maduras foram coletadas no Rio Ribeira de Iguape-SP, separadas de acordo com o estágio de desenvolvimento gonadal e submetidas à técnica de ablação ocular. No primeiro capítulo foram efetuadas análises histológicas e histoquímicas para acompanhar ao longo do tempo o desenvolvimento dos ovários de fêmeas nos estágios pré e pós-desova. No segundo, foi verificado o efeito da ablação das fêmeas no desempenho reprodutivo. E o terceiro reportou, pela primeira vez, a ocorrência de antênula heteromórfica em *M. acanthurus*. Com as análises histológicas e histoquímicas não foi possível detectar diferença no desenvolvimento dos oócitos de fêmeas abladas e intactas em estágio pré e pós-desova, indicando que a ablação não acelerou a maturação gonadal desta espécie. No entanto, o desempenho reprodutivo das fêmeas abladas foi inferior ao das intactas quanto à proporção de fêmeas com ovos/larvas viáveis, fecundidade, fertilidade, perda de embriões e tamanho das larvas. Observou-se ainda que a retirada do pedúnculo ocular em fêmeas e machos resultou na regeneração de apêndices semelhantes à antênulas no local da incisão. Os resultados desse trabalho contribuem com a pesquisa sobre o uso da técnica de ablação do pedúnculo ocular em camarões carídeos, agregando conhecimento para o desenvolvimento de futuros pacotes tecnológicos de *M. acanthurus*.

**Palavras-chave:** Camarão-canela; Complexo órgão-X/glândula do seio; Vitelogênese; Fecundidade; Fertilidade; Cativoiro.

*Macrobrachium acanthurus* is a shrimp species of great economic interest found in Brazilian estuaries, however there is no technology for its cultivation yet. The ocular peduncle ablation technique is commonly used in marine shrimp farming, but little is known about its effects on freshwater shrimp. Thus, this thesis aims to evaluate the effect of unilateral ocular peduncle ablation on ovarian development and reproduction of *M. acanthurus* (Caridea: Palaemonidae), aiming to improve the breeding technology of this species. Different experiments were performed and the thesis was divided into three chapters. Sexually mature females were collected in the Ribeira de Iguape River-SP, separated according to the stage of gonadal development and submitted to ocular ablation technique. In the first chapter, histological and histochemical analyzes were performed to monitor over time the development of female ovaries in the pre and post spawning stages. In the second, it was verified the effect of female ablation on reproductive performance. And the third reported, for the first time, the occurrence of heteromorphic antennula in *M. acanthurus*. Histological and histochemical analyzes showed no difference in the development of intact and ablated females oocytes in pre- and post-spawning stages, indicating that ablation did not accelerate the gonadal maturation of this species. However, the reproductive performance of ablated females was lower than intact females in the proportion of females with viable eggs/larvae, fecundity, fertility, embryo loss and larval size. It was also observed that the removal of the ocular peduncle in females and males resulted in the regeneration of antennule-like appendages at the incision site. The results of this work contribute to the research on the use of the ocular peduncle ablation technique in caridean shrimps, adding knowledge for the development of future *M. acanthurus* technology packages.

**Keywords:** Cinnamon river prawn; Organ-X/sinus gland complex; Vitelogenesis; Fecundity; Fertility; Captivity.

Entre todos os grupos de animais ou plantas, nenhum deles apresenta uma variedade morfológica tão grande quanto à dos crustáceos existentes (Martin & Davis, 2001). Dentro do subfilo Crustacea, a ordem Decapoda destaca-se por apresentar a maior diversidade de espécies (De Grave et al., 2009; De Grave & Fransen, 2011), contendo organismos muito populares pelo seu interesse econômico, como camarões, lagostas e caranguejos (Brusca & Brusca, 2007).

Dentre os crustáceos decápodos, estão os camarões carídeos (Infraordem Caridea) (Martin & Davis, 2001). Uma das características dos camarões carídeos, que permite seu fácil reconhecimento, é a expansão da pleura do segundo segmento abdominal recobrando a pleura do primeiro e terceiro segmentos, sendo mais larga em fêmeas, para a incubação dos ovos que ficam aderidos aos pleópodos até a eclosão larval (Bauer, 2004). São encontrados em todas as latitudes, desde as regiões tropicais até as polares, em substratos consolidados e não consolidados, com representantes em diversos habitats (Bauer, 2004).

A maioria dos camarões carídeos são marinhos (De Grave et al., 2009), porém existe um número relativamente grande de espécies que colonizaram ambientes de água doce (New & Singholka, 1982). Entre estas espécies, algumas apresentam comportamento migratório do ambiente de água doce para o marinho, sendo denominadas de anfídromas (Bauer, 2011; 2013). Nestas espécies, as fêmeas desovam em água doce e produzem muitos ovos pequenos, o período larval é longo e as larvas eclodem em uma fase inicial (zoea) e migram da água doce para a salobra para completar o desenvolvimento, e, após a metamorfose, os juvenis migram rio acima para se integrarem aos adultos (Bauer, 2011; Oliver et al., 2013; Novak et al., 2017). Em outras espécies, a transição do ambiente marinho para o dulcícola é completo e todo ciclo de vida ocorre na água doce, as fêmeas produzem ovos grandes e o desenvolvimento larval é abreviado (Bauer & Delahoussaye, 2008; Bauer, 2011; 2013).

Os camarões carídeos de água doce compreendem aproximadamente 25% de todos os Caridea descritos, numericamente dominada pelos Atyidae e Palaemonidae. A família Palaemonidae possui o maior número de espécies dentre os carídeos (De Grave & Fransen, 2011) e, de modo geral, no território brasileiro,

apresentam aspectos populacionais e reprodutivos similares, porém, existem algumas variações entre os gêneros (Mantelatto et al., 2016). Contudo, a maioria das informações biológicas é centrada em publicações dos representantes dos gêneros *Macrobrachium* Spence Bate, 1861 e *Palaemon* Weber, 1795, devido à diversidade, abundância ou interesse comercial (Mantelatto et al., 2016).

Camarões do gênero *Macrobrachium* são importantes membros dos sistemas de água doce e estuarino (Munansinghe, 2010). Possuem grande diversidade, apresentando mais de 240 espécies descritas em todo o mundo (De Grave & Fransen, 2011). Nas Américas, possui 55 espécies reconhecidas, das quais 17 estão distribuídas no Brasil em bacias do interior, litoral e na Amazônia (Pileggi & Mantelatto, 2010). Encontram-se associados à vegetação marginal submersa, em plantas aquáticas, sob ou entre rochas, cascalhos, raízes e/ou serrapilheira no leito dos cursos d'água (Mantelatto et al., 2016). Esse grupo de animais é conhecido por possuir o segundo par de pereopódos mais desenvolvido do que os outros apêndices torácicos, além de serem quelados (Bauer, 2004). Muitas espécies deste gênero apresentam grande importância econômica, pois são utilizadas como alimento e são consideradas boa fonte de proteína animal devido à qualidade da carne (Reis et al., 2004), além de apresentar boa aceitação no mercado consumidor (Valenti, 1984).

Atualmente o camarão da malásia, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1879), é a principal espécie de camarão de água doce cultivada comercialmente no Brasil e no mundo (FAO, 2020). No ano de 2017, a produção mundial desta espécie foi aproximadamente de 263 mil toneladas, movimentando mais de US\$ 2 bilhões (FAO, 2020). *Macrobrachium rosenbergii* é uma espécie exótica, que foi introduzida no Brasil na década de 70 (Iketani et al., 2011), embora a expansão de sua carcinicultura tenha ocorrido nos anos 90 (Valenti, 1993). Apesar de não existir relatos de qualquer dano econômico ou impacto ambiental relacionado à introdução desta espécie, espécies exóticas podem causar efeitos negativos nas comunidades de organismos aquáticos nativos (Magalhães et al., 2005). Desta forma, o uso de uma espécie endêmica na carcinicultura de água doce aumenta a sua sustentabilidade e a aceitação local (Moraes-Valenti & Valenti, 2010), sendo uma tendência mundial (Kutty & Valenti, 2010).

Segundo Bertini & Valenti (2010), na fauna brasileira apenas três espécies do gênero *Macrobrachium* apresentam interesse econômico e alto potencial de cultivo:

*Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836), *M. carcinus* (Linnaeus, 1758) e *M. amazonicum* (Heller, 1862). *Macrobrachium acanthurus* é um camarão de água doce popularmente conhecido como “camarão-canela” (Kutty & Valenti, 2010), apresenta ampla distribuição geográfica em rios, estuários e pequenas lagoas que deságuam no Oceano Atlântico (Tamburus et al., 2012). Possui boa tolerância à salinidade, é relativamente resistente a doenças e manuseio, e no cultivo atinge um tamanho de mercado aceitável dentro de seis meses (Gasca-Leyva et al., 1991). Os machos alcançam um maior comprimento corporal quando comparados às fêmeas (Fig. 1), podendo atingir 158 mm (Albertoni et al., 2002a) e 108 mm (Valenti et al., 1987), respectivamente.

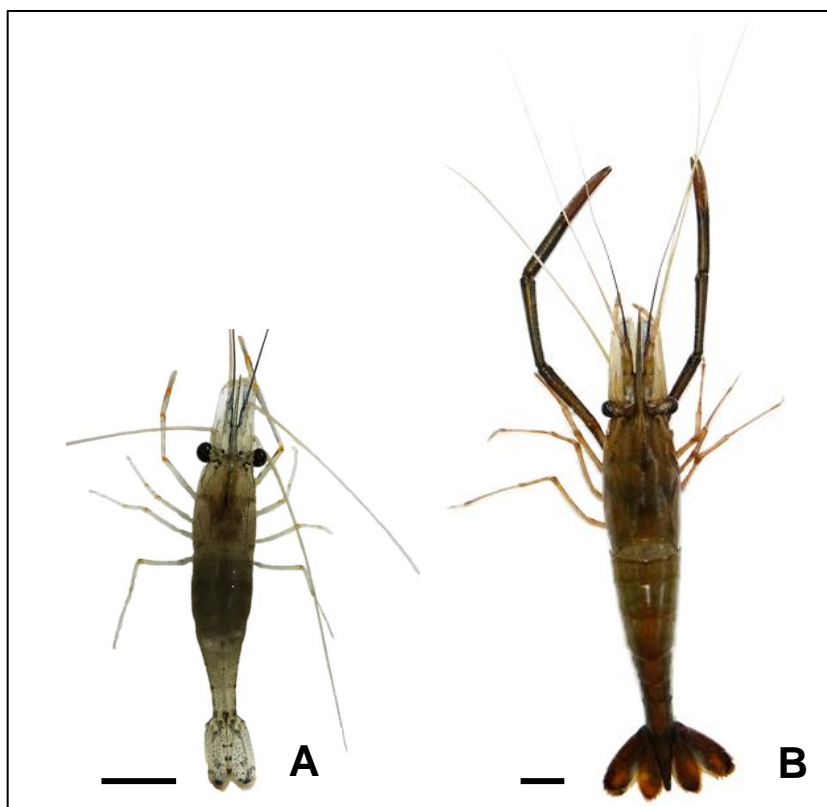


Figura 1. Vista dorsal de exemplar fêmea (A) e macho (B) de *Macrobrachium acanthurus*. Barra de escala = 1 cm.

A distribuição geográfica de *M. acanthurus* se estende desde a Carolina do Norte, nos Estados Unidos, até o Rio Grande do Sul, no Brasil (Anger, 2013; Pileggi et al., 2014). Sua ocorrência é comum na bacia do Rio Ribeira de Iguape, sul do estado de São Paulo, onde tem sido fortemente explorado pela pesca artesanal, tanto para consumo humano quanto para o mercado de iscas vivas na pesca

esportiva, atividade muito comum na região (Bertini & Valenti, 2010). Essa atividade provoca uma forte redução do estoque, comprometendo esse recurso pesqueiro e afetando seu ciclo reprodutivo (Bertini et al., 2014; Bertini & Baeza, 2014). Neste sentido, estudos em torno do cultivo de espécies endêmicas podem auxiliar tanto para manter as populações naturais, como para contribuir para a conservação dos ecossistemas onde habitam (García-Guerrero et al., 2013). Atualmente não há progresso no cultivo de *M. acanthurus*, havendo necessidade do desenvolvimento de tecnologias para a melhoria da sua capacidade reprodutiva em cativeiro.

O ciclo reprodutivo do camarão-canela no sul do estado de São Paulo acontece ao longo do ano todo, embora apresente maior atividade reprodutiva durante o verão (Valenti et al., 1986; Bertini et al., 2014). A desova é obrigatoriamente precedida por uma muda pré-nupcial, assim como todos os camarões carídeos (Bauer, 2004). Nas fêmeas desse camarão, o amadurecimento ovariano é total, apresentando quatro estágios de desenvolvimento gonadal durante o seu ciclo reprodutivo (Carvalho & Pereira, 1981). Além disso, o desenvolvimento entre os ovários e os ovos é sincrônico, ou seja, fêmeas que incubam os embriões em estágio inicial apresentam os ovários esgotados, enquanto que fêmeas com embriões prontos para eclodir apresentam ovários maduros, preparados para liberar novos oócitos, indicando uma produção contínua e sucessiva de ovos (Tamburus et al., 2012). *Macrobrachium acanthurus* possui uma estratégia reprodutiva em que as fêmeas carregam um grande número de ovos relativamente pequenos (Albertoni et al., 2002b; Bertini & Baeza, 2014), característica comum das espécies anfídromas, que requerem um ambiente estuarino para completar seu ciclo reprodutivo.

O conhecimento da reprodução de organismos aquáticos proporciona meios necessários à sua preservação e sobrevivência, permitindo o desenvolvimento de tecnologias de cultivo (Gastelú et al., 2011). A reprodução e muda em crustáceos é regulada por vários neuro-hormônios que são sintetizados e liberados a partir do complexo órgão X-glândula do seio, localizado no pedúnculo ocular dos decápodes (Pervaiz et al., 2011), sendo que o pedúnculo de *M. acanthurus* segue o padrão típico encontrado na maioria dos decápodes (Corrêa et al., 1996).

Dentre os hormônios liberados pelo complexo órgão X-glândula do seio estão o hormônio inibidor de muda (HIM) e o inibidor do desenvolvimento gonadal/vitelogênese (HIG). O primeiro, afeta a síntese do ecdisteróide e desempenha um papel importante na muda e no crescimento, o segundo tem efeito

na maturação ovariana e reprodução (Li et al., 2017). Além desses, há outros hormônios relacionados à reprodução, o estimulador de gônadas (HEG), encontrado no cérebro e nos gânglios torácicos e o hormônio de muda (HM) produzido pelo órgão-Y (Adiyodi & Adiyodi, 1970), localizado na borda entre as câmaras pré-branquial e branquial (Lachaise et al., 1993). Quando os níveis de HIM e HEG na hemolinfa são baixos e os níveis de HIG e do HM são altos, a muda é induzida, logo, baixos índices de HIG iniciam os processos vitelogênicos (Brown et al., 2010).

O desenvolvimento dos ovários em crustáceos decápodes ocorre rapidamente durante a vitelogênese, que é caracterizada pelo surgimento de vitelogenina na hemolinfa (Okumura, 2007). A vitelogenina é a precursora da principal proteína do vitelo (Okumura & Aida, 2000), sendo este fonte de nutrientes para o desenvolvimento dos embriões (Tsukimura, 2001). A síntese de vitelo nos crustáceos pode ocorrer através da vitelogênese endógena, em que as proteínas do vitelo são sintetizadas dentro do citoplasma do ovócito; e/ou pela vitelogênese exógena, em que a maior parte das proteínas do vitelo é produzida fora do ovário e incorporada posteriormente (Jaglarz et al., 2014). Sendo assim, para muitas espécies de decapódes a síntese de vitelo ocorre por meio desses dois processos (Meeratana & Sobhon, 2007; Braga et al., 2016; Molleberg et al., 2017; Souza et al., 2017).

A oogênese em decápodes é um processo interativo entre células germinativas e células somáticas acessórias, que consiste em três fases sucessivas: pré-vitelogênese, vitelogênese e maturação (Okumura & Aida, 2000; Mossolin & Bueno, 2002; Meeratana & Sobhon, 2007; Zara et al., 2013). Com a vitelogênese, são observadas mudanças de tamanho e cor dos ovários, que são macroscopicamente visíveis através da carapaça transparente de *M. acanthurus* (Carvalho & Pereira, 1981). Estas alterações são devidas à deposição de vitelo nos oócitos, que resultam em um rápido aumento de seus diâmetros (Tsukimura, 2001), e em mudanças de cor, devido aos componentes carotenóides provenientes da dieta (Arculeo et al., 1995).

Em cativeiro, os camarões do gênero *Macrobrachium* normalmente maturam as gônadas e se reproduzem naturalmente sem a necessidade de qualquer manipulação especial das condições ambientais ou uso de ablação ocular (New et al., 2010). A ablação ocular pode ser usada para atingir picos previsíveis de maturação e aumentar a frequência de desovas, mesmo em espécies que maturam

naturalmente em cativeiro (Primavera, 1985). Esse controle do ciclo reprodutivo e previsibilidade na produção de larvas facilita a organização dos calendários de criação (Lumare, 1979; Primavera, 1985), sendo assim, essa técnica é frequentemente utilizada no cultivo de peneídeos (Benzie, 1998; Kuo et al., 2009).

A técnica de ablação do pedúnculo ocular remove o complexo órgão X-glândula do seio, afetando diretamente o sistema endócrino, impedindo a síntese e armazenamento do hormônio inibidor do desenvolvimento gonadal/vitelogênese (HIG), conseqüentemente, reduzindo o controle inibitório sobre a reprodução (Pervaiz et al., 2011). Desta maneira, desencadeia a síntese da vitelogenina, que, por sua vez, resulta em atividade ovariana intensiva (Nazari et al., 2007). Por esse motivo, a ablação ocular é frequentemente usada para acelerar o desenvolvimento e maturação ovariana em crustáceos de interesse econômico (Guan et al., 2017), sendo sua realização rápida, relativamente simples e de baixo custo (Ferriol et al., 2018).

Apesar da técnica de ablação ocular possuir muitas vantagens, ela está associada a altas mortalidades e pode diminuir a qualidade dos reprodutores e da prole (Uddin & Rahman, 2015; Magaña-Gallegos, 2018). Altos desempenhos reprodutivos e da qualidade da prole estão relacionados às maiores taxas de fecundidade, fertilização e eclosão que são os principais objetivos de uma instalação de maturação de reprodutores e correspondem a uma maior produção de larvas (Racotta et al., 2003). Por isso, há a necessidade de avaliar o efeito da ablação não só na maturação ovariana, mas também na capacidade reprodutiva das fêmeas.

O conhecimento da fecundidade das espécies é importante para avaliar seu potencial para o cultivo em escala comercial, assim como estimar sua capacidade reprodutiva (Valenti et al., 1989). Tal informação é essencial para manutenção do estoque de reprodutores na realização de larviculturas em escala comercial (Jee & Kok, 1991). Porém, nem todos os ovos incubados pela fêmea são viáveis, ou seja, o número de larvas eclodidas pode ser inferior ao número de ovos produzidos, desta forma, é importante avaliar também o número de larvas produzido pela fêmea (fertilidade) (Lobão et al., 1986).

Devido ao alto interesse econômico que *M. acanthurus* possui, vários estudos foram efetuados com este camarão, relacionados, principalmente, com a biologia populacional e reprodutiva (Paiva & Costa, 1962; Carvalho et al., 1979; Carvalho & Pereira, 1981; Valenti, 1984; Valenti et al., 1986 e 1989; Müller et al., 1992 e 1999;

Román-Contreras & Campos-Lince, 1993; Albertoni et al., 2002b; Tamburus et al., 2012; Bertini & Baeza, 2014; Bertini et al., 2014), desenvolvimento embrionário (Müller et al., 2007; Fukuda et al., 2017) e desenvolvimento larval (Choudhury, 1970; Quadros, et al., 2014; Rocha et al., 2017). Além desses, outros trabalhos abordaram o estudo de tecnologias e parâmetros adequados para auxiliar na propagação dessa espécie em cativeiro (Choudhury, 1971; Ismael & Moreira, 1997; Costa et al., 2016 e 2017; Rodrigues et al., 2017; Rodrigues et al., 2018). Entretanto, somente Cunha & Oshiro (2010) avaliaram o uso da técnica de ablação unilateral na reprodução dessa espécie, porém não realizaram avaliações histológicas e histoquímicas da sua maturação gonadal e, também, não fizeram análises de fecundidade e tamanho de ovos e larvas.

Pelo exposto, fica evidente a necessidade de estudos mais aprofundados envolvendo a maturação oocitária e reprodução de *M. acanthurus* em cativeiro, que levem em consideração aspectos histológicos, histoquímicos e parâmetros de capacidade reprodutiva. Além disso, a investigação das possíveis alterações nesses parâmetros em função da ablação peduncular pode auxiliar no entendimento de seu ciclo reprodutivo, a fim de contribuir com o desenvolvimento do pacote tecnológico para esta espécie. Desta maneira, o objetivo dessa tese é verificar se a ablação unilateral do pedúnculo ocular pode influenciar na vitelogênese, acelerando o desenvolvimento dos oócitos e maturação ovariana de *M. acanthurus*, causando alterações na fecundidade e na fertilidade de fêmeas e, conseqüentemente, podendo auxiliar na sua reprodução em cativeiro. Além disso, observar se a regeneração do pedúnculo ocular das fêmeas abladas ocorre de maneira normal ou provoca o aparecimento de qualquer outro apêndice anômalo.

Os resultados desta investigação foram divididos em três capítulos:

Capítulo I<sup>1</sup> - “The impact of eyestalk ablation on ovarian development in cinnamon river prawn *Macrobrachium acanthurus*.”

Neste capítulo foram efetuadas análises histológicas e histoquímicas a fim de acompanhar ao longo do tempo o desenvolvimento das células germinativas dos ovários de fêmeas abladas e não abladas (intactas) nos estágios pré e pós-desova.

---

<sup>1</sup> Capítulo I: Já se encontra em inglês, pois será enviado para revista científica logo após as correções sugeridas pela banca examinadora.

Capítulo II - “Desempenho reprodutivo em fêmeas de *Macrobrachium acanthurus* (Crustacea, Palaemonidae) submetidas à ablação unilateral do pedúnculo ocular.”

Este capítulo teve o objetivo de avaliar o efetivo desempenho reprodutivo das fêmeas por meio da análise do número e volume dos ovos, período de desenvolvimento embrionário e número e tamanho das larvas de fêmeas abladas e intactas após a reprodução em cativeiro.

Capítulo III - “First reported occurrence of a heteromorph antennule in the freshwater prawn *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Caridea).”

Este capítulo já se encontra publicado na revista *Crustaceana* (vol. 92 (4): 505-511, 2019) e abordou a ocorrência de diferentes tipos de antênulas heteromórficas após a realização da técnica de ablação do pedúnculo ocular em machos e fêmeas desta espécie. O resultado desse artigo, diferente dos outros, a princípio não foi obtido realizando um experimento específico com essa finalidade. Assim, durante a realização dos experimentos do capítulo 2, foram observadas diariamente as possíveis modificações desta região. Após detectada a primeira ocorrência de antênula heteromórfica, foi realizado um ensaio específico para a sua confirmação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adiyodi, K. G., & Adiyodi, R. G. (1970). Endocrine control of reproduction in decapod crustacean. *Biological Reviews*, 45, 121-165.
- Albertoni, E., Palma-Silva, C., & Esteves, F. (2002a). Distribution and growth in adults of *Macrobrachium acanthurus* (Decapoda, Palaemonidae) in a tropical coastal lagoon, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19, 61-70.
- Albertoni, E. F., Palma-Silva, C., & Esteves, F. A. (2002b). Fecundity of *Macrobrachium acanthurus* Wiegmann, 1836 (Decapoda: Palaemonidae) in a tropical coastal lagoon subjected to human impacts (Macaé, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14(1), 71-80.
- Anger, K. (2013). Neotropical *Macrobrachium* (Caridea: Palaemonidae): on the biology, origin, and radiation of freshwater-invading shrimp. *Journal of Crustacean Biology*, 33(2), 151-183.
- Arculeo, M., Payen, G., Cuttitta, A., Galioto, G., & Riggio, S. (1995). A survey of ovarian maturation in a population of *Aristeus antennatus* (Crustacea: Decapoda). *Animal Biology*, 4, 13-18.
- Bauer, R. T. (2004). Remarkable shrimps: adaptations and natural history of the carideans. Oklahoma, University Oklahoma Press. 316p.
- Bauer, R. T. (2011). Amphidromy and migrations of freshwater shrimps. I. Costs, benefits, evolutionary origins, and an unusual case of amphidromy. *New Frontiers in Crustacean Biology*, 145-156.
- Bauer, R. T. (2013). Amphidromy in shrimps: a life cycle between rivers and the sea. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(4), 633-650.
- Bauer, R. T., & Delahoussaye, J. (2008). Life history migrations of the amphidromous river shrimp *Macrobrachium ohione* from a continental large river system. *Journal of Crustacean Biology*, 28, 622-632.
- Benzie, J. A. H. (1998). Penaeid genetics and biotechnology. *Aquaculture*, 164, 23-47.
- Bertini, G., & Baeza, J. A. (2014). Fecundity and fertility in a freshwater population of the neotropical amphidromous shrimp *Macrobrachium acanthurus* from the southeastern Atlantic. *Invertebrate Reproduction & Development*, 58(3), 207-217.

- Bertini, G., Baeza, J. A., & Perez, E. (2014). A test of large-scale reproductive migration in females of the amphidromous shrimp *Macrobrachium acanthurus* (Caridea: Palaemonidae) from south-eastern Brazil. *Marine and Freshwater Research*, 65, 81-93.
- Bertini, G., & Valenti, W. C. (2010). Importância econômica dos camarões de água doce. In R. B. Silva & L. C. Ming (Eds.), *Relatos de pesquisas e outras experiências vividas no Vale do Ribeira* (pp.155-170). Jaboticabal, FUNEP.
- Braga, A. A., Nunes, E. T., López-Greco, L. S., Camargo-Mathias, M. I., & Fransozo, V. (2016). Histological and histochemical features of the oogenesis in the simultaneous protandric hermaphrodite shrimp *Exhippolysmata oplophoroides* (Decapoda: Caridea), *Micron*, 88, 60-67.
- Brown, J. H., New, M. B., & Ismael, D. Biology. (2010). In M. B. New, W. C. Valenti, J. H. Tidwell, L. R. D'Abramo & M. N. Kutty (Eds.), *Freshwater prawns: biology and farming* (pp. 18-39). Oxford, Wiley-Blackwell.
- Brusca, R., & Brusca, G. (2007). *Invertebrados*. (2nd ed.). Sinauer Associates, Guanabara Koogan S. A. 968p.
- Carvalho, H. A., Gomes, M. G. S., Gondim, A. Q., & Pereira, M. C. G. (1979). Sobre a biologia do pitu - *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) em populações naturais da Ilha de Itaparica. *Universitas*, 24, 25-45.
- Carvalho, H. A., & Pereira, M. C. G. (1981). Descrição dos estádios ovarianos de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann 1836) (Crustacea, Palaemonidae) durante o ciclo reprodutivo. *Ciência e Cultura*, 33(10), 1353-1358.
- Choudhury, P. C. (1970). Complete larval development of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann. 1836) reared in the laboratory. *Crustaceana*, 18(2), 113-132.
- Choudhury, P. C. (1971). Laboratory rearing of larval pf the Palaemonid shrimp *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836). *Crustaceana*, 21(2), 113-126.
- Corrêa, A. M. A., Matos, M. R. B., Gomes, M. G. S., Santos, G. V., & Amaral, A. D. (1996). O órgão-X gangliônico do pedúnculo ocular de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 56, 65-77.
- Costa, T. V., Yoshii-Oshiro, L. M., López-Greco, L. S., Melo, E. P., Mattos, L. A., & Bambozzi-Fernandes, A. (2016). Determinación del voltaje y el tamaño del animal óptimos para la extracción de espermátóforos en el camarón de agua

- dulce *Macrobrachium acanthurus* (Palaemonidae). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(2), 422-428.
- Costa, T. V., Yoshii-Oshiro, L. M., Mattos, L. A., López-Greco, L. S., Melo, E. P., & Flor, H. R. (2017). Toxicity, freezing and cold storage test of native species semen. *Boletim do Instituto de pesca*, 43(3), 334-346.
- Cunha, C. H., & Oshiro, L. M. Y. (2010). The influence of eyestalk ablation on the reproduction of the freshwater *Macrobrachium acanthurus* shrimp in captivity. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 32(3), 217-221.
- De Grave, S., & Fransen, C. H. J. M. (2011). Carideorum catalogus: the recent species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean shrimps. *Zoologische Mededelingen*, 85, 195-589.
- De Grave, S., Pentcheff, N. D., Ahyong, S. T., Chan, T. Y., 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. A. (2009). Classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 21, 1-109.
- FAO. (2020). Fishery and Aquaculture Statistics. [Global Aquaculture Production 1950-2016] (FishStatJ). Rome, Italy: FAO Fisheries and Aquaculture Department. [online].
- Ferriol, M. G., Aguiar, J. L. B., & Trujillo L. R. (2018). Endocrinología de la reproducción em crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda): avances científicos y perspectivas futuras. *Revista de Investigaciones Marinas*, 38(2), 1-8.
- Fukuda, B., Bertini, G., & Almeida, L. C. F. (2017). Effect of salinity on the embryonic development of *Macrobrachium acanthurus* (Decapoda: Palaemonidae). *Invertebrate Reproduction & Development*, 61(1), 1-8.
- García-Guerrero, M. U., Becerril-Morales, F., Veja-Villasante, F., & Espinosa-Chaurand, L. D. (2013). Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina: conocimiento actual, rol ecológico y conservación. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(4), 651-675.

- Gasca-Leyva, J. F. E., Martinez-Palacios, C. A., & Ross, L. G. (1991). The respiratory requirements of *Macrobrachium acanthurus* (Weigmann) at different temperatures and salinities. *Aquaculture*, 93, 191-197.
- Gastelú, J. C., Oliveira, J., Brito, L. O., Galvez, A. O., & Moreira, M. G. (2011). Efeito da temperatura e dos alimentos protéico e lipídico nos estádios de maturação ovariana e estágios de muda do *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) *Ciência Animal Brasileira*, 12(3), 443-455.
- Guan, Z. B., Yi, H. X., Zhao, H., Shui, Y., Cai, Y. J., & Liao, X. R. (2017). Cell division cycle 2 participates in eyestalk ablation-induced ovarian maturation of *Procambarus clarkii*. *Aquaculture*, 468, 115-119.
- Iketani, G., Pimentel, L., Silva-Oliveira, G., Maciel, C., Valenti, W. C., Schneider, H., & Sampaio, I. (2011). The history of the introduction of the giant river prawn, *Macrobrachium cf. rosenbergii* (Decapoda, Palaemonidae), in Brazil: new insights from molecular data. *Genetics and Molecular Biology*, 34(1), 142-151.
- Ismael, D., & Moreira, G. S. (1997). Effect of temperature and salinity on respiratory rate and development of early larval stages of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 118A(3), 871-876.
- Jaglarz, M. K., Kubrakiewicz, J., & Bilinski, S. M. (2014). The ovary structure and oogenesis in the basal crustaceans and hexapods. Possible phylogenetic significance. *Arthropod Structure & Development*, 43 (4), 349-360.
- Jee, A. K., & Kok, L. Y. (1991). Fecundity changes in *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) during egg incubation. *Aquaculture and Fisheries Management*, 22, 1-6.
- Kuo, C., Chen, M., Fan, Y. N., Chuang, F., & Hsieh, H. S. (2009). Enhancement of vitellogenin synthesis by secretion by serotonin in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Zoological Studies*, 48(5), 597- 606.
- Kutty, M. N., & Valenti, W. C. (2010). Culture of other freshwater prawn species. In M. B. New, W. C. Valenti, J. H. Tidwell, L. R. D'Abramo & M. N. Kutty (Eds.), *Freshwater prawns: biology and farming* (pp. 502-523). Oxford, Wiley-Blackwell.
- Lachaise, F., Le Roux, A., Hubert, M., & Lafont, R. (1993). The molting gland of crustaceans: localization, activity, and endocrine control (a review). *Journal of Crustacean Biology*, 13(2), 198-234.

- Li, L., Pan, L., Hu, D., Liu, D., & Liu, M. (2017). The Effect of bilateral eyestalk ablation on signal transduction pathways of ion regulation of *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48, 145-155.
- Lobão, V. L., Rojas, N. E. T., & Valenti, W. C. (1986). Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda) em laboratório. *Boletim do Instituto de Pesca*, 13, 15-20.
- Lumare, F. (1979). Reproduction of *Penaeus kerathurus* using eyestalk ablation. *Aquaculture*, 18, 203-214.
- Magalhães, C., Bueno, S. L. S., Bond-Buckup, G., Valenti, W.C., Silva, H. L. M., Kiyohara, F., Mossolin, E. C., & Rocha, S. S. (2005). Exotic species of freshwater decapod crustaceans in the state of São Paulo, Brazil: Records and possible causes of their introduction. *Biodiversity and Conservation*, 14, 1929-1945.
- Magaña-Gallegos, E., Bautista-Bautista, M., González-Zuñiga, L. M., Arevalo, M., Cuzon, G., & Gaxiola, G. (2018). Does unilateral eyestalk ablation affect the quality of the larvae of the pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) (Decapoda: Dendrobranchiata: Penaeidae)? *Journal of Crustacean Biology*, 38(4), 401-406.
- Mantelatto, F. L., Pileggi, L. G., Magalhães, C., Carvalho, F. L., Rocha, S. S., Mossolin, E. C., Rossi, N., & Bueno, S. L. S. (2016). Avaliação dos Camarões Palemonídeos (Decapoda: Palaemonidae). In M. A. A. Pinheiro & H. Boos (Eds.), Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014 (pp 252-267). Porto Alegre, RS, Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, 466 p.
- Martin, J. W., & Davis, G. E. (2001). An updated classification of the recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series, v. 39, 123p.
- Meeratana, P., & Sobhon, P. (2007). Classification of differentiating oocytes during ovarian cycle in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* de man. *Aquaculture*, 270, 249-258.
- Mollemberg, M., Zara, F. J., & Santana, W. (2017). Morphology and ultrastructure of the adult ovarian cycle in Mithracidae (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Majoidea). *Helgoland Marine Research*, 71, 1-14.
- Moraes-Valenti, P., & Valenti, W. C. (2010). Culture of the amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. In M. B. New, W. C. Valenti, J. H. Tidwell, L. R.

- D'Abramo & M. N. Kutty, (Eds), Freshwater prawns: biology and farming. (pp. 485-501). Oxford, Wiley-Blackwell.
- Mossolin, E. C., & Bueno, S. L. S. (2002). Reproductive biology of *Macrobrachium olfersi* (Decapoda, Palaemonidae) in São Sebastião. Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 22 (2), 367–376.
- Müller, Y. M. R., Bressan, C. M., & Nazari, E. M. (1992). Dados de fecundidade de *Macrobrachium acanthurus* (Decapoda, Palaemonidae) do rio Capivari, Praia dos Ingleses, Florianópolis, SC. *Biotemas*, 5, 123-132.
- Müller, Y. M. R., Nazari, E. M., Ammar, D., Cargnin Ferreira, E. C., Beltrame, I. T., & Pacheco, C. (1999). Biologia dos Palaemonidae (Crustacea, Decapoda) da bacia hidrográfica de Ratoles, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16, 629-636.
- Müller, Y. M. R., Pacheco, C., Simões-Costa, M. S., Ammar, D., & Nazari, E. M. (2007). Morphology and chronology of embryonic development in *Macrobrachium acanthurus* (Crustacea, Decapoda). *Invertebrate Reproduction & Development*, 50, 67-74.
- Munasinghe, D. H. N. (2010). Phylogenetic positions of some species of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) in Sri Lanka. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 38(3), 193-199.
- Nazari, E. M., Bairy, A. C. D., Ammar, D., & Müller, Y. M. R. (2007). Ovarian staging in eyestalk ablated females of *Farfantepenaeus paulensis*: a histologic, morphometric, and biochemical analysis. *Journal of Crustacean Biology*, 27(2), 296-303.
- New, M. B., & Singholka, S. (1982). Freshwater prawn farming. A manual for the culture of *Macrobrachium rosenbergii*. FAO Fisheries Technical Paper 225. FAO, Rome. 116p.
- New, M. B., D' Abramo, L. R., Valenti, W. C., & Singholka, S. (2010). Sustainability of freshwater prawn culture. In M. B. New, W. C. Valenti, J. H. Tidwell, L. R. D'Abramo & M. N. Kutty (Eds.), *Freshwater prawns: Biology and Farming* (pp. 524-530). Oxford, Wiley-Blackwell.
- Novak, P. A., Bayliss, P., Crook, D. A., Garcia, E. A., Pusey, B. J., & Douglas, M. M. (2017). Do upstream migrating, juvenile amphidromous shrimps, provide a marine subsidy to river ecosystems?. *Freshwater biology*, 62(5), 880-893.

- Okumura, T. (2007). Effects of bilateral and unilateral eyestalk ablation on vitellogenin synthesis in immature female kuruma prawns, *Marsupenaeus japonicus*. *Zoological Science*, 24(3), 233-240.
- Okumura, T., & Aida, K. (2000). Hemolymph vitellogenin levels and ovarian development during the reproductive and non-reproductive molt cycles in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Fisheries Science*, 66, 678-685.
- Olivier, T. J., Handy, K. Q., & Bauer, R. T. (2013). Effects of river control structures on the juvenile migration of *Macrobrachium ohione*. *Freshwater Biology*, 58, 1603-1613.
- Paiva, M. P., & Costa, R. S. (1962). Sobre os ovos de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) Pearse, 1911. *Boletim da Sociedade Brasileira de Agronomia*, 3, 37-40.
- Pervaiz, P. A., Jhon, S. M., Sikdar-Bar, M., Khan, H. A., & Wani, A. A. (2011). Studies on the effect of unilateral eyestalk ablation in maturation of gonads of a freshwater prawn *Macrobrachium dayanum*. *World Journal of Zoology*, 6, 159-163.
- Pileggi, L. G., & Mantelatto, F. L. (2010). Molecular phylogeny of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae), with emphasis on the relationships among selected American species. *Invertebrate Systematics*, 24(2), 194-208.
- Pileggi, L. G., Rossi, N., Wehrtmann, I. S., & Mantelatto, F. L. (2014). Molecular perspective on the American transisthmian species of *Macrobrachium* (Caridea, Palaemonidae). *ZooKeys*, 457, 109-131.
- Primavera, J. H. (1985). A review of maturation and reproduction in closed thelycum penaeids. In Y. Taki, J. H. Primavera & J. A. Llobrera (Eds.), *Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns/Shrimps* (pp. 47-64). Iloilo City, Philippines, SAEFDEC Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Quadros, M. L. A., Maciel, C., Bastos, S., & Sampaio, I. (2004). Reprodução do Camarão Canela - *Macrobrachium acanthurus* em condições controladas de laboratório e montagem de um atlas para identificação de estágios larvais. *Revista Científica da Ufpa*, 4, 1-11.

- Racotta, I., Palacios, E., & Ibarra, A. M. (2003). Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. *Aquaculture*, 227, 107-130.
- Reis, J. A., Hoffman, P., Marcos, L. M., Taddei, F. G., & Hoffman, F. L. (2004). Estudo higiênico-sanitário dos camarões dulcícolas *Macrobrachium amazonicum* e *M. jelskii*. *Revista Higiene Alimentar*, 18, 58-68.
- Rocha, C., Quadros, M., Maciel, M., Maciel, C., & Abrunhosa, F. (2017). Morphological changes in the structure and function of the feeding appendages and foregut of the larvae and first juvenile of the freshwater prawn *Macrobrachium acanthurus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98(4), 713-720.
- Rodrigues, M. M., Almeida, L. C. F., & Bertini, G. (2018). Survival rate of *Macrobrachium acanthurus* (Caridea: Palaemonidae) larvae in laboratory conditions under different salinities and diets. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 13(2), 121-130.
- Rodrigues, R. A., Vetorelli, M. P., & Araújo, P. F. R. (2017). Regime alimentar na larvicultura de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) em sistema aberto. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 10(1), 17-30.
- Román-Contreras, R., & Campos-Lince, L. S. (1993). Aspectos reproductivos y aproximación a un modelo de crecimiento para una población de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) en el Rio Palizada, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 20, 55-65.
- Souza, T. L., Braga, A. A., López-Greco, L. S., & Nunes, E. T. (2017). Dynamics of oogenesis in ghost shrimp *Callichirus major* (Crustacea: Axiidea): a morphofunctional and histochemical study. *Acta Histochemica*, 119, 769-777.
- Tamburus, A. F., Mossolin, E. C., & Mantelatto, F. L. (2012). Populational and Reproductive Aspects of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea: Palaemonidae) From North Coast of São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 16(1), 9-18.
- Tsukimura, B. (2001). Crustacean vitellogenesis: its role in oocyte development. *American Zoologist*, 41(3), 465-476.
- Uddin, S. A., & Rahman, M. M. (2015). Gonadal maturation, fecundity and hatching performance of wild caught tiger shrimp *Penaeus monodon* using unilateral eyestalk ablation in captivity. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 13(2), 315-322.

- Valenti, W. C. (1984). Estudo populacional dos camarões de água doce *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) e *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) do rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Palaemonidae) [MSc thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 156 p.
- Valenti, W. C. (1993). Freshwater prawn culture in Brazil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 24, 29-34.
- Valenti, W. C., Mello, J. T. C., & Lobão, V. L. (1986). Dinâmica da reprodução de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) e *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Ciência e Cultura*, 38, 349-355.
- Valenti, W. C., Mello, J. T. C., & Lobão, V. L. (1987). Crescimento de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 47, 349-355.
- Valenti, W. C., Mello, J. T. C., & Lobão, V. L. (1989). Fecundidade em *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 6, 9-15.
- Zara, F. J., Gaeta, H. H., Costa, T. M., Toyama, M. H., & Caetano, F. H. (2013). The ovarian cycle histochemistry and its relationship with hepatopancreas weight in the blue crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae). *Acta Zoologica*, 94, 134-146.