

EMERSON JONAS VENTURA PEREIRA LEITE

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE FÊMEAS DO CAMARÃO *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) EM UM AMBIENTE DE SEMIÁRIDO NORDESTINO

SERRA TALHADA,

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE FÊMEAS DO CAMARÃO *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) EM UM AMBIENTE DE SEMIÁRIDO NORDESTINO

Emerson Jonas Ventura Pereira Leite

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa: Ecologia, Conservação e uso da Biodiversidade de Ambientes Aquáticos.

**Prof.^a RENATA AKEMI SHINOZAKI
MENDES**
Orientadora

SERRA TALHADA,
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

L533b Leite, Emerson Jonas Ventura Pereira
Biologia reprodutiva de fêmeas de camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) em um ambiente de semiárido nordestino / Emerson Jonas Ventura Pereira Leite. – Serra Talhada, 2018.
104 f.: il.

Orientadora: Renata Akemi Shinozaki Mendes
Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2018.
Inclui referências.

1. Camarão da Amazônia. 2. Morfometria. 3. Camarão - Reprodução.
I. Mendes, Renata Akemi Shinozaki, orient. II. Título.

CDD 574

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE FÊMEAS DO CAMARÃO *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) EM UM AMBIENTE DE SEMIÁRIDO NORDESTINO

Emerson Jonas Ventura Pereira Leite

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre em Biodiversidade e Conservação. Defendida e aprovada em 19/07/2018 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof^a. Dr^a. RENATA AKEMI SHINOZAKI MENDES – Orientadora
[Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada]

Prof. Dr. FRANCISCO MARCANTE SANTANA DA SILVA – Membro Interno
[Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada]

Prof^a. Dr^a. GIRLENE FÁBIA SEGUNDO VIANA – Membro Externo
[Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada]

A Deus por sua infinita bondade e misericórdia, dedico.

“Buscai em primeiro lugar o reino de Deus e a sua justiça, e as demais coisas vos serão acrescentadas.”

Bíblia Sagrada - Evangelho segundo Mateus, 6: 33.

Agradecimentos

À Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) na pessoa da diretora geral Kátya Sousa pelo empenho na tentativa de sempre oferecer o melhor para os alunos da instituição.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação (PPGBC) da UFRPE-UAST nas pessoas da ex-coordenadora Renata Shinozaki e atual coordenador Airton Torres, pelo profissionalismo e pela disposição a cerca da resolução de questões institucionais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa durante o período de 09/2017 a 07/2018.

À prof^a. Renata Shinozaki, pela valiosa orientação nesta obra, pelo apoio mediante confiança, cuidado e companheirismo, bem como pelos diversos ensinamentos repassados na área da pesquisa realizada. A academia tem sorte em possuir tamanha profissional e pessoa.

Aos membros da banca examinadora, os professores Francisco Marcante e Fábiana Viana, pelas importantíssimas sugestões para o aperfeiçoamento deste trabalho, além de ensinamentos dados anteriores a este momento.

A Janeide Ventura por ceder sua sandália *crocs* para a realização do trabalho de campo, por suas orações para o sucesso deste trabalho e por ser a melhor mãe do mundo.

A Manoel Vicente e Emmanuel Johnnathan por abrirem mão de algumas horas de sono em prol do apoio na busca das armadilhas utilizadas durante os dias de coleta, e por ser um pai e um irmão compreensivos.

Ao Engenheiro de Pesca Mestre Diogo Lins por seu incondicional apoio durante o trabalho de campo e por ser um tão grande amigo.

Ao Engenheiro de Pesca Allysson Winick por seu auxílio durante os procedimentos laboratoriais.

À Engenheira de Pesca Luciana Souza por seu auxílio no início dos procedimentos histológicos, bem como à técnica de histologia Neyla Alves por suas valiosas dicas.

Ao Engenheiro de Pesca Juliano Gomes pela troca de conhecimentos em conversas sobre a querida espécie *Macrobrachium amazonicum*.

Aos técnicos do laboratório de química da UFRPE-UAST, Anderson Braz, José Felipe, Jaqueline Ribeiro e Danilo Moraes pelo auxílio em momentos de utilização do laboratório.

Resumo

Objetivou-se com o presente estudo analisar aspectos reprodutivos de fêmeas do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), incluindo análises morfométricas, com indivíduos provenientes de um reservatório no semiárido do Nordeste brasileiro. Contemplando todos os indivíduos amostrados na presente obra ($n = 533$), o comprimento da carapaça dos indivíduos variou de 5,00 a 17,80 mm, com média e desvio padrão de $11,10 \pm 2,20$ mm. O comprimento total variou de 14,50 a 80,63 mm ($52,42 \pm 9,61$ mm). Observou-se que o comprimento total aumentou em uma maior proporção que a região da carapaça (alometria positiva), bem como esta região cresceu em uma maior proporção em relação ao ganho de peso (alometria negativa). Observaram-se ovários apresentando as seguintes células reprodutivas em sequência de desenvolvimento: oogônias (OO) com diâmetro médio e desvio padrão de $25,4 \pm 6,5$ μm , oócito pré-vitelogênico (OPV) com $61,7 \pm 10,7$ μm , oócito vitelogênico (OV) com $113,9 \pm 24,5$ μm , e oócito maturo (OM) com $308,7 \pm 56,3$ μm , havendo um aumento do volume devido ao processo de vitelogênese. Os ovários de *M. amazonicum* puderam ser classificados em seis estágios: Imaturo, Em maturação, Maturo, Desovado em maturação, Desovado e Repouso. Utilizando o comprimento da carapaça (CC), o tamanho de primeira maturação gonadal (CC_{50}) encontrado foi de 9,48 mm. A fecundidade estimada variou de 78 a 2805 ovos por fêmea ($690,91 \pm 508,32$ ovos). A espécie apresentou uma reprodução contínua, com desova parcelada e uma variação sazonal em que temperaturas mais altas da água e período com menor pluviosidade favoreceram a ocorrência. Devido ao valor econômico de *M. amazonicum*, as observações aqui expostas contribuem para o conhecimento de sua biologia, podendo estas informações ser aplicadas para fins de comercialização e conservação.

Palavras-chave: camarão da Amazônia, reprodução, morfometria, ambiente continental

Abstract

We aim with this study to analyze the reproductive aspects of females of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), including morphometry, with individuals from a reservoir in the semi-arid of Northeast Brazil. Considering all individuals sampled in the present work ($n = 533$), the carapace length of the individuals ranged from 5.00 to 17.80 mm, with mean and standard deviation (SD) of 11.10 ± 2.10 mm. The total length of the individuals ranged from 14.50 to 80.63 mm (52.42 ± 9.61 mm). We observed that the total length increased in a highest proportion than the carapace region (positive allometry), as well as this region increased in a highest proportion in relation to the weight (negative allometry). Ovaries were observed presenting the following reproductive cells in developmental sequence: oogonia (OO) with mean diameter and SD of 25.4 ± 6.5 μm , previtellogenic oocyte (PVO) with 61.7 ± 10.7 μm , vitellogenic oocyte (VO) with 113.9 ± 24.5 μm , and mature oocyte (MO) with 308.7 ± 56.3 μm , showing an increase in volume due to vitellogenesis process. The ovaries of *M. amazonicum* were classified into six stages: Immature, In maturation, Mature, Spawned in maturation, Spawned and Resting. Using the carapace length (CL), the size at first gonadal maturation (CL_{50}) found was 9.48 mm. The estimated fecundity ranged from 78 to 2805 eggs per female (690.91 ± 508.32 eggs). The specie presented a continuous reproduction, with parceled spawning and a seasonal variation in which higher water temperatures and lower rainfall period favored the occurrence. Due to the economic value of the *M. amazonicum*, the observations exposed here contribute to the knowledge of its biology, being able these information be applied for commercialization and conservation purposes.

Keywords: Amazon river prawn, reproduction, morphometry, continental environment

Lista de figuras

	Página
Revisão de literatura.	
Figura 1. Vista dorsal de espécime adulto de fêmea de <i>Macrobrachium amazonicum</i> .	18
Figura 2. Câmara incubadora de fêmea de <i>Macrobrachium amazonicum</i> com ovos.	20
Figura 3. Ramo de segundo pleópodo de macho e fêmea de <i>Macrobrachium amazonicum</i> .	23
Figura 4. Trechos do reservatório Cachoeira II e região adjacente em período seco (A e C) e período chuvoso (B e D).	29
Artigo científico I.	
Figura 1. Localização geográfica do reservatório Cachoeira II, no município de Serra Talhada - PE, Brasil, e locais de coleta (●) de <i>Macrobrachium amazonicum</i> , entre Nov/2014 e Ago/2017.	44
Figura 2. Representação da arte de pesca “covo artesanal” utilizada para a captura de <i>Macrobrachium amazonicum</i> no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017.	44
Figura 3. Representação do sistema reprodutor feminino de <i>Macrobrachium amazonicum</i> .	47
Figura 4. Estágios de desenvolvimento dos ovários de <i>Macrobrachium amazonicum</i> capturado no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017. O órgão está demarcado pela elipse. (A) Em desenvolvimento avançado. (B) Desenvolvido. (C) Desovado semelhante a um órgão não desenvolvido. (D) Desovado semelhante a um órgão em desenvolvimento inicial.	48
Figura 5. Células reprodutivas do ovário de <i>Macrobrachium amazonicum</i> em diferentes estágios de desenvolvimento, capturado no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017.	51
Figura 6. Representação gráfica das células reprodutivas de fêmeas de <i>Macrobrachium amazonicum</i> capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017, exibindo observação máxima (barra superior), observação mínima (barra inferior), terceiro quartil (topo da caixa), primeiro quartil (fundo da caixa) e média (barra interna). Oogônia (OO), oócito pré-vitelogênico (OPV), oócito vitelogênico (OV) e oócito maduro (OM). Em sentido horizontal, letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,01$), verificado pelo teste de Tukey.	52
Figura 7. Seções dos ovários de <i>Macrobrachium amazonicum</i> em diferentes estágios de maturação, capturado no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017.	53

Figura 8. Distribuição de frequência do diâmetro das células reprodutivas de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017, em diferentes estágios de maturação gonadal. Os picos de elevações nas curvas exibem os grupos modais. N = número de oócitos mensurados. 54

Artigo científico II.

Figura 1. Distribuição de frequência do Comprimento da Carapaça (CC) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017. 80

Figura 2. Relação entre Comprimento da Carapaça (CC) e Comprimento Total (CT) (**A**) e Comprimento da Carapaça (CC) e Peso (P) (**B**) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017. 81

Figura 3. Tamanho de primeira maturação gonadal (CC₅₀) para as fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017. 82

Figura 4. Relação entre o Comprimento da Carapaça (CC) e o Número de ovos de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017. 82

Figura 5. Relação entre a temperatura do ambiente e a distribuição de frequência mensal dos estágios de maturação gonadal de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017. 84

Figura 6. Relação entre a pluviosidade e a distribuição da frequência mensal de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017. 85

Tabela**Página****Artigo I.**

Tabela 1. Relação de correspondência entre estágios de classificação macroscópica para o desenvolvimento ovariano de *Macrobrachium amazonicum* por diferentes autores em diferentes localidades. Não consta = nc. *Estágio de ovários reorganizados em um novo ciclo reprodutivo, o qual passa pelo 6º estágio do presente estudo, sendo, portanto, posto nessa seção.

56

Sumário

	Página
Dedicatória	05
Agradecimentos	06
Resumo	07
Abstract	08
Lista de Figuras	09
Lista de Tabelas	11
1- Introdução	13
2- Revisão de literatura	15
3- Referências bibliográficas	30
4- Artigo científico	38
<i>4.1- Artigo científico I</i>	38
<i>4.2- Artigo científico II</i>	72
5. Conclusões	103

1- Introdução

Camarões dulcícolas estão distribuídos em rios e córregos de águas interiores e salobras, instituindo um grupo diverso de grande relevância ecológica para a sustentação desses ecossistemas (PILEGGI et al., 2013). O gênero *Macrobrachium* Bate, 1868 compreende um grupo com cerca de 250 espécies distribuídas em áreas tropicais em todo o mundo (PEREIRA et al., 2002). Os camarões deste gênero da família Palaemonidae Rafinesque, 1815 se distribuem amplamente em águas doces e salobras mundiais, onde diversas espécies apresentam grande importância comercial, tanto pela aquicultura quanto pela exploração de estoques naturais (COLLART e MOREIRA, 1993), tendo o maior número de espécies entre todos os gêneros desta família (MELO, 2003; VALENCIA e CAMPOS, 2007).

Macrobrachium amazonicum (Heller, 1862) é considerado o decápode de água doce de maior importância econômica no lado leste do subcontinente sul-americano (MACIEL e VALENTI, 2009). Caracteriza-se por ser translúcido, quase sem cor (MELO, 2003), podendo os machos dominantes atingir comprimento de até 16 cm e peso de até 30 g (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004). Melo (2003) descreve, por sua vez, 15 cm para os maiores espécimes. *M. amazonicum* possui alto potencial para o seu cultivo (NEW, 2005), na região amazônica e Nordeste, por exemplo, são comumente explorados por pescadores artesanais e tradicionalmente consumidos pela comunidade local, sendo aceito por todas as classes sociais (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2001; VALENTI et al. 2003).

Gurgel e Matos (1983) citado por Sampaio et al. (2007) comentam que *M. amazonicum* foi levado da bacia do rio Amazonas para a região do Nordeste brasileiro em meados de 1940, sendo introduzido pelos serviços da pesca do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) em várias represas da região como um recurso alimentar para peixes carnívoros. Devido a sua rápida aclimação e reprodução, se estendeu para vários outros copos d'água, tornando-se um recurso pesqueiro importante da região.

O conhecimento da biologia reprodutiva de populações é de extrema relevância para planos de manejo e táticas de conservação (SILVA, 2010), além de ser efetivo para ratificar o potencial de uma espécie (ROCHA, 2010). As informações deste campo, especificamente de espécies nativas com elevada potencialidade para a aquicultura, é de grande importância para o estabelecimento de estratégias de cultivo e no emprego de biotecnologias que venham colaborar com a ampliação da produção de pescado (ANDRADE et al., 2015), no auxílio à criação de técnicas adequadas para a manutenção de plantel de reprodutores (PAPA, 2007),

bem como para tornar viável e racional a exploração dos indivíduos, evitando-se riscos de esgotamento de seus estoques naturais (ROCHA, 2010), além de que parâmetros reprodutivos são de grande importância na compreensão da dinâmica populacional de uma espécie (FICHER, 2003; DALA-CORTE e AZEVEDO, 2010).

O conhecimento morfofisiológico e as características das gônadas de indivíduos do gênero *Macrobrachium* podem oferecer base para estudos reprodutivos (PAPA, 2007). Linhares (2010) comenta que o tamanho que demonstra que indivíduos decápodes estão na maturidade pode ser estimado usando a maturidade fisiológica ou morfológica. A maturidade fisiológica pode ser determinada pela observação das gônadas. A maturidade morfológica, por sua vez, pode ser determinada por meio de mudanças alométricas no crescimento de determinadas partes do corpo que sugerem que o indivíduo pode obter sucesso na cópula. Este mesmo autor comenta que a observação das gônadas pode ser realizada por meio de análise macroscópica observando características como volume, cor e forma ou ainda por análise microscópica, que neste caso ocorre por meio de técnicas histológicas, sendo esta análise uma ferramenta também utilizada para a determinação do período reprodutivo. Ao longo do crescimento, é natural que determinadas dimensões cresçam mais ou menos que outras, de maneira que existe uma mudança nas proporções com o tamanho, este fato se trata de um crescimento relativo (HARTNOLL, 1978). O crescimento e a reprodução são aspectos de grande importância para a ecologia e a história de vida de uma espécie. Nos crustáceos, estes parâmetros têm sido quantificados com diversas medidas de tamanho corporal, peso e fecundidade (ANGER e MOREIRA, 1998). A fecundidade é de grande relevância, sendo utilizada para determinar o potencial reprodutivo e o estoque populacional de espécies (LINHARES, 2010).

Apesar da existência de diversos trabalhos voltados para *M. amazonicum*, a literatura carece de estudos no semiárido pernambucano, que pode apresentar inúmeras variações nos indivíduos em função à adaptação ao meio. Além do mais, concernente à análise de aspectos reprodutivos, se faz necessário o desenvolvimento de estudos que empreguem a análise histoquímica das gônadas de *M. amazonicum*, por ser um método de avaliação que pode prover importantes informações acerca da fisiologia, adaptação e estratégias reprodutivas do animal, constituindo base para criação de outros estudos.

2. Revisão de literatura

2.1- Sobre o gênero *Macrobrachium*

O filo Arthropoda tem como principal característica a presença de apêndices articulados. Os crustáceos se diferenciam dos demais artrópodes por possuírem um exoesqueleto mais encorpado e rígido, apêndices birremes e dois pares de antenas (PINHEIRO e HEBLING, 1998).

De Grave et al. (2009) realizaram uma contagem do número total de espécies existentes da ordem Decapoda, encontrando 14756 espécies, em 2725 gêneros; com 3300, o número de espécies fósseis conhecidas. Afirmam estar distante, porém e naturalmente, o conhecimento da verdadeira diversidade global de Decapoda.

A família Palaemonidae Rafinesque, 1815 representa um dos raros grupos de decápodes que tem tido sucesso na colonização de oceanos, estuários e rios em regiões tropicais e subtropicais (VALENCIA e CAMPOS, 2007; MANTELATTO et al., 2016). Constitui a maior família de camarões, contendo quase 900 espécies, ou seja, mais de 25% do número conhecido para a infraordem Caridea (ANGER, 2013). De forma geral, os palemonídeos possuem dieta onívora, alimentando-se em sua grande maioria de seres bentônicos e de plâncton, porém seus principais componentes alimentares são algas, detritos vegetais, anelídeos oligoquetos, larvas de dípteros, microcrustáceos e fungos (MANTELATTO et al., 2016). A família é composta por duas subfamílias, são elas: Pontoniinae Kingsley, 1879, a qual domina somente camarões marinhos e Palaemoninae Rafinesque, 1815, a qual incluem espécies marinhas, estuarinas e dulcícolas (VALENCIA e CAMPOS, 2007). No Brasil, esta família exhibe o registro de ocorrência de 6 gêneros e 32 espécies, sendo 18 espécies pertencentes ao gênero *Macrobrachium* Bate, 1868 e 10 ocorrendo em bacias do Nordeste, a saber: *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836), *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), *Macrobrachium birai* Lobão, Melo & Fernandes, 1986, *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862), *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758), *Macrobrachium denticulatum* Ostrovski, Fonseca & Silva-Ferreira, 1996, *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann, 1836), *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877), *Macrobrachium nattereri* (Heller, 1862) e *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836) (MELO, 2003).

Camarões do gênero *Macrobrachium* se encontram em extensa distribuição global, por águas dulcícolas e salobras, não existindo um representante verdadeiramente marinho dentre

as mais de 240 espécies reconhecidas atualmente no mundo todo (ANGER, 2013). Grande número de espécies deste gênero possui forte interesse comercial, sendo utilizadas na pesca industrial e artesanal (COLLART e MOREIRA, 1993). Valencia e Campos (2007) as descrevem como pantropicais, habitando grandes áreas geográficas da África, Ásia, Oceania, América do Norte, Central e do Sul (MANTELATTO et al., 2016). Como consequência da importação dos indivíduos de *Macrobrachium* para fins de aquicultura, algumas espécies acabaram escapando das instalações de seus criatórios e se tornaram “invasoras”, fora de sua distribuição nativa (ANGER, 2013).

Os indivíduos do gênero *Macrobrachium* estão, geralmente, presentes próximos à vegetação marginal submersa, em plantas aquáticas, sob ou entre rochas, cascalhos, raízes ou em serapilheiras no leito dos ambientes aquáticos (MANTELLATO et al., 2016). As espécies diádromas do gênero, que apresentam ampla faixa geográfica de distribuição, tendem a apresentar também grandes distribuições altitudinais e horizontais nos sistemas fluviais (ANGER, 2013). Anger (2013) sugere que a preferência por águas com altas temperaturas e baixa salinidade é uma característica monofilética ancestral deste gênero.

Coelho (1963) realizou uma caracterização comportamental dos indivíduos do gênero *Macrobrachium*, mencionando que seus pleópodos estão comumente em movimento. As antenas e os pedúnculos oculares, por vezes, se movimentam. Os quelípodos do 1º par de pereiópodos são utilizados diversas vezes por dia para fazer higienização nas partes externas do corpo. Marcham e nadam. Marcham em qualquer direção, utilizando os pereiópodos do 3º ao 5º par. Nadam com os pleópodos, em busca de alimentos flutuantes ou ainda oxigênio em camadas mais superficiais. Os dois primeiros pares de pereiópodos são empregados para a captura e apreensão de alimento, ataque e defesa. No momento da refeição, são egoístas, ameaçando outros indivíduos que queiram compartilhar seu alimento, com as quelas do 2º par de pereiópodos.

Quanto à ecdise (muda), no estado de Pernambuco, Coelho (1963) observou em aquário indivíduos deste gênero realizando este processo a cada 15 a 20 dias com um crescimento de 7,5 mm em média por mês, ressaltando que este fenômeno depende da idade do indivíduo, dieta e estado de saúde. Observou, ainda, que um a dois dias antes da muda, os indivíduos deixavam de se alimentar, escolhendo estar quietos. Quanto aos instrumentos utilizados para a captura destes indivíduos, o autor menciona covos, puçás, tarrafas, cestas ou balaios e coleta manual.

Estudos vêm sendo realizados demonstrando a importância econômica de espécies do gênero *Macrobrachium*, bem como melhorias para este campo, como para *Macrobrachium*

nipponense (De Haan, 1849) (SUN et al., 2015; KONG et al., 2017; DING et al., 2018), *M. acanthurus* (ALBERTONI et al., 2002; DÍAZ et al., 2002), *Macrobrachium rosebergii* (De Man, 1879), *M. jelskii*, *M. carcinus* e *M. amazonicum* (URBANO et al., 2010; MARQUES e MORAES-VALENTI, 2012; LIMA e SANTOS, 2014; DAVID et al., 2016) e *Macrobrachium* em geral (GARCÍA-GUERRERO et al., 2013). Hartnoll (1978) comenta, ainda, que por diversas razões, indivíduos do subfilo Crustacea, o qual contempla os camarões, provaram apresentar interesse de investigação. Seu tegumento rígido promove uma medição precisa, o processo de muda permite a clara subdivisão da ontogenia, e por vezes, existem grandes diferenças no processo de crescimento entre machos e fêmeas e entre jovens e adultos.

2.2- Sobre a espécie *Macrobrachium amazonicum*

De acordo com Melo (2003) e Latini et al. (2016), *M. amazonicum* (Figura 1) apresenta a seguinte classificação zoológica:

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Classe: Malacostraca

Ordem: Decapoda

Família: Palaemonidae

Subfamília: Palaemoninae

Gênero: *Macrobrachium*

Espécie: *Macrobrachium amazonicum*

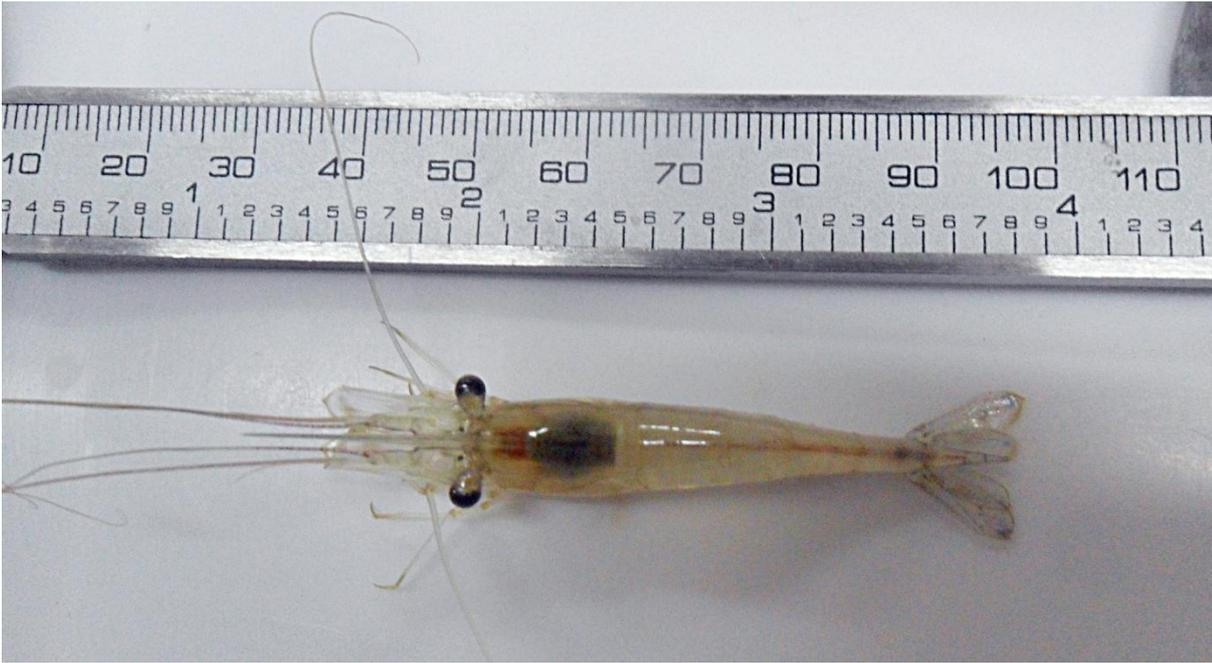


Figura 1. Vista dorsal de espécime adulto de fêmea de *Macrobrachium amazonicum*.

M. amazonicum possui nomenclatura popular bastante diversificada, sendo conhecido no estado do Pará como camarão cascudo ou camarão regional (SILVA et al, 2007), também sendo atribuídos nomes como camarão canela, camarão sossego (BIALETZKI et al., 1997; PEIXOTO et al., 1998; LATINI et al., 2016), camarão amazônico (SAMPAIO et al., 2004; CAMARGO et al.; 2009) ou simplesmente camarão da Amazônia (MORAS-RIODADES e VALENTI, 2004; RIBEIRO, 2006; MACIEL e VALENTI, 2009; ROCHA, 2010; BENTES et al., 2011)

M. amazonicum é largamente encontrado em lagos, reservatórios, planícies de inundação e rios em regiões tropicais e subtropicais da América do Sul (MACIEL e VALENTI, 2009). Está presente na bacia do Orinoco (HOLTHUIS, 1952) e no Brasil, nas bacias do Amazonas, São Francisco, costeiras do Norte e Nordeste, Paraná e Paraguai (COELHO e RAMOS-PORTO, 1985). Os indivíduos de *M. amazonicum* ocorrem na Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa (MELO, 2003). No Brasil, ocorrem no Amapá, Amazonas, Pará, Acre, Maranhão, Mato Grosso do Sul (MELO, 2003; PILEGGI et al., 2013), Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Goiás (MELO, 2003), Rondônia, Roraima, Tocantins, Bahia, Mato Grosso e Minas Gerais (PILEGGI et al., 2013), Alagoas e Sergipe (COELHO e RAMOS-PORTO, 1985), Pernambuco (SILVA et al., 2009; CRUZ et al., 2010), São Paulo (MAGALHÃES et al., 2005) e Paraná (BIALETZKI et al., 1997). Ocorrem, ainda, no Equador, Peru, Bolívia, Paraguai e Argentina (MELO, 2003). Ressalta-se

que a ocorrência natural, ou seja, a localidade típica de *M. amazonicum* é a bacia central do rio Amazonas, onde é muito abundante em águas brancas, ricas em sedimentos e sais dissolvidos, quase não ocorrendo em águas pretas, ácidas e pobres em nutrientes (COLLART e MOREIRA, 1993), se alimentando de vegetais, filamentos de algas, larvas de insetos, bem como grãos de sedimento (MELO, 2003). Segundo Latini et al. (2016), existem alguns trabalhos que sugerem riscos associados à introdução de *M. amazonicum* em algumas regiões do Brasil. Não há apontamentos de impactos ecológicos, econômicos ou sociais derivados do estabelecimento desta espécie, no entanto, acredita-se que seu crescimento populacional possa representar um risco competitivo para outras espécies.

Segundo Valencia e Campos (2007) o rostró e o segundo par de pereiópodos são os meios morfológicos principais que se utilizam para a identificação taxonômica dentro das espécies do gênero *Macrobrachium*.

Melo (2003) apresenta a seguinte diagnose para *M. amazonicum*:

Rostro longo e delgado, alcançando além do escafoerito e dirigido, anteriormente, para cima; margem superior com 9-12 dentes, sendo o primeiro situado atrás da órbita; os primeiros sete dentes são aproximados formando uma crista basal na metade proximal do rostró; os últimos dentes estão mais largamente espaçados, estando o último próximo da extremidade. Margem ventral do rostró com 8-10 dentes, estando o distal mais largamente espaçado. Pleura do quinto somito abdominal com espinho pequeno, mas distinto. Telso terminando em ponto mediano agudo, com 2 pares de espinhos na margem posterior, par interno não alcançando a extremidade do telso. Segunda pata, no adulto, é a mais forte, alcançando, por todo o comprimento do carpo, além do escafoerito [...]

As fêmeas de *M. amazonicum* são geralmente menores que os machos e possuem menos espinhos no segundo par de pereiópodos. Incubam seus ovos nos pleópodos (Figura 2), onde contem uma câmara de incubação desenvolvida por arqueação e ampliação da pleura abdominal (MACIEL e VALENTI, 2009). A presença dos ovos neste compartimento não prejudica a função natatória dos indivíduos. Mesmo com movimentos violentos, os ovos ficam presos, não se soltando (COELHO, 1963). Diminuem sua cota de crescimento na maturação, pois este processo gasta energia para o desenvolvimento gonadal (MORAES-VALENTI E VALENTI, 2010).



Figura 2. Câmara incubadora de fêmea de *Macrobrachium amazonicum* com ovos.

M. amazonicum com cerca de 10 cm, pesa 12 g, sendo o predileto para o povoamento de açudes nordestinos pela sua fecundidade e rusticidade. A atividade pesqueira nos açudes nordestinos voltada para essa espécie foi de tal maneira que possibilitou a instalação de pequenas indústrias de processamento (PEIXOTO et al., 1998). Esse camarão foi introduzido primeiramente no Nordeste, em institutos de pesquisa, com a finalidade de alimentar peixes em estudos para repovoamento de açudes, como o pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829), o tucunaré *Cichla ocellaris* (Bloch & Schneider, 1801) e a pescada-do-Piauí ou corvina *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840). *M. amazonicum* também foi introduzido em São Paulo pela CESP (Companhia Energética de São Paulo), em vários reservatórios (PEIXOTO et al., 1998). Em um estudo com aplicação genética, Vergamini et al. (2011) demonstraram que espécimes de *M. amazonicum* do Brasil apresentam variabilidade intraespecífica significativa, em que este fato decorre, provavelmente, do isolamento geográfico entre eles, impedindo a dispersão e a conectividade. Concluíram que se essa separação persistir, *M. amazonicum* pode possivelmente iniciar um processo de especiação dentro de sua ampla distribuição geográfica. Segundo Silva (2014), o tamanho e número dos ovos, o desenvolvimento larval, a taxa de crescimento, a razão sexual e a estrutura populacional de *M. amazonicum* são extremamente condicionados ao ambiente. Sendo estas características influenciadas principalmente por questões hidrológicas e geográficas como chuvas e inundações, fluxo e temperatura da água, distância da água salobra, disponibilidade de nutrientes e sais na água e também a competição intraespecífica.

Dentre as espécies nativas brasileiras, *M. amazonicum* é a preferida para se cultivar, tratando-se de uma espécie que apresenta importantes vantagens devido ao seu rápido crescimento e fácil manutenção em cativeiro. Mesmo atingindo um crescimento menor que

outras espécies do mesmo gênero, ela não apresenta comportamento agressivo, característica esta de *M. acanthurus* e *M. carcinus*, além de ser considerada mais resistente às doenças e predadores (LOBÃO e ROJAS, 1985 *apud* SAMPAIO et al., 2007; ARAUJO e VALENTI, 2007). O cultivo piloto de *M. amazonicum* iniciou em 1996, no rio Amazonas, em que se notou a preferência dos consumidores pela espécie, devido apresentar sabor mais intenso e textura muscular mais firme que outras espécies do gênero (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2001; VALENTI et al. 2003). Exibindo nove estágios larvais, sua larvicultura pode ser realizada em água com baixa salinidade (2-14 ppt), e densidade de estocagem alta (cerca de 100 indivíduos/L). Indivíduos jovens e adultos são onívoros e aceitam bem alimento artificial, sendo sua longevidade de cerca de três anos (VALENTI et al. 2003). Desde 2001, um programa multidisciplinar e multi-institucional tem desenvolvido tecnologia para o cultivo de *M. amazonicum* no Brasil. Resultados preliminares têm mostrado que a fase larval dura cerca de 20 dias, em que a taxa de sobrevivência é alta (ARAUJO e VALENTI, 2007). Segundo Marques e Moraes-Valenti (2012), já existe uma adequada tecnologia disponível para todas as fases do processo produtivo, estando em conformidade com princípios de uma aquicultura sustentável. Cultivar esta espécie é interessante tanto para fins comerciais em larga escala quanto para atividades rurais em escala menor. A tecnologia desenvolvida se baseia em baixos investimentos para economizar energia e recursos naturais, utilização de suprimentos locais e baixo impacto ambiental, sendo uma atividade intensiva em mão de obra para criar mais oportunidades de emprego. O alvo para esta espécie são mercados para consumo humano, comércio ornamental, alimento vivo para peixes ornamentais carnívoros e para uso como isca viva (MARQUES e MORAES-VALENTI, 2012). Tidwell e D'Abramo (2000) mencionam a venda de *M. amazonicum* vivo ou recentemente morto em grandes mercados de peixes próximos às praias de turismo, adjacente às estradas na região amazônica, e no semiárido nordestino, conservados com sal e vendidos em comércios ao ar livre. Muitos estudos têm se voltado para *M. amazonicum* referente ao seu potencial na aquicultura, por causa do crescente interesse na espécie (ROCHA, 2010). Quando alimentados com ração, jovens e adultos apresentam uma aparente taxa de conversão alimentar de aproximadamente 3,5:1. Uma produção de 1000 kg/ha pode ser facilmente obtida em um período de cultivo de quatro meses. Em condições ótimas, a produtividade pode chegar a 5000 kg/ha/ano ou mais (MARQUES e MORAES-VALENTI, 2012).

2.2.1- Contextos da biologia reprodutiva

Reprodução é o artifício pelo qual uma espécie gera descendentes, transmitindo à sua prole as alterações sucedidas em seu genoma. O sucesso adquirido por qualquer espécie é determinado em último lugar, pela capacidade de seus indivíduos se reproduzirem em ambientes variáveis, sustentando populações viáveis (VAZZOLER, 1996).

Os decápodes abrangem crustáceos vulgarmente conhecidos como camarões, lagostas e caranguejos, que são separados nas Subordens Pleocyemata e Dendrobranchiata. Seus representantes se diferem, essencialmente, quanto ao modo de reprodução: as fêmeas de Pleocyemata incubam os ovos nas cerdas pleopodiais do abdome, já as de Dendrobranchiata os desprendem na água e estes crescem no plâncton, sem qualquer cuidado parental (PINHEIRO e HEBLING, 1998). Por seu sucesso na colonização de diferentes tipos de habitats, os crustáceos apresentam grande diversidade de padrões de história de vida e de estratégias reprodutivas (SASTRY, 1983). Estratégia reprodutiva é a união de especialidades que uma espécie apresenta para ter acesso na reprodução, garantindo o equilíbrio da população (VAZZOLER, 1996).

Nos camarões carídeos, a diferenciação entre os sexos é realizada com base na presença ou ausência do apêndice masculino localizado no segundo par de pleópodos (Figura 3). Em seus abdômes, a pleura do segundo segmento abdominal se sobrepõe à pleura do primeiro e terceiro segmentos, sendo mais larga nas fêmeas, instituindo uma característica sexual secundária adaptada à incubação dos ovos que ficam aderidos aos pleópodos até a eclosão da larva (MANTELATTO et al., 2016). Além disso, o crescimento graduado dos crustáceos, as diferenças existentes entre os sexos e os estágios de desenvolvimento admitem o uso de observações somáticas para identificar a diferença sexual e a estimativa do tamanho da maturidade (DALABONA et al., 2005). Na determinação da maturidade, com a ferramenta de observação das gônadas, a análise microscópica é menos utilizada que a macro, no entanto, como este primeiro tipo de análise exhibe o estágio e a proporção das células reprodutivas presentes nos ovários, esta análise consegue apresentar resultados mais confiáveis (LINHARES, 2010).

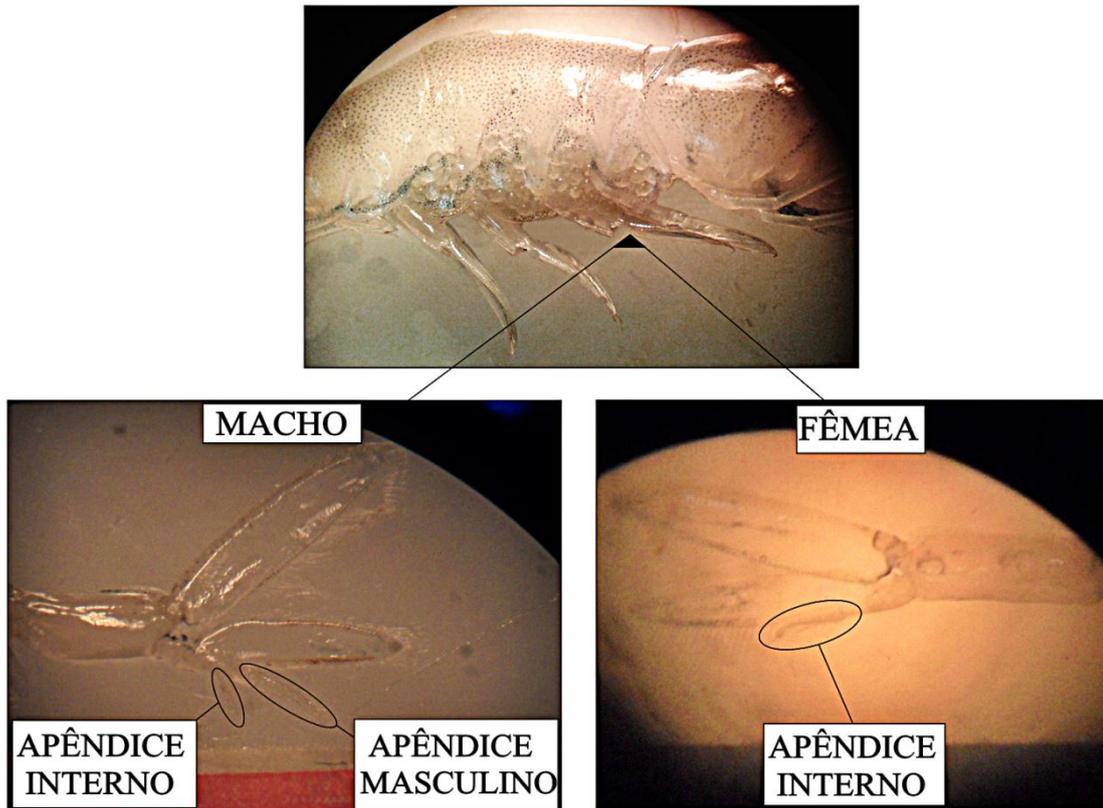


Figura 3. Ramo de segundo pleópodo de macho e fêmea de *Macrobrachium amazonicum*.

Os eventos da reprodução dos crustáceos podem ser analisados quanto às adaptações moleculares, celulares, fisiológicas, neurohormonais e comportamentais dos indivíduos ao seu ambiente (SASTRY, 1983). Alguns fatores internos influenciam a produção de gametas, como idade, arranjo bioquímico, metabolismo, muda e neuroendócrinos merecem destaque. Fatores externos como temperatura, salinidade, fotoperíodo, disponibilidade de alimentos e fatores químicos podem interagir com o organismo, isoladamente ou coletivamente, para influenciar o desenvolvimento de gametas (SASTRY, 1983). Em estágios iniciais de vida, quase toda a energia produzida pelo organismo é conduzida para o crescimento somático, até que os indivíduos alcancem um tamanho mínimo crítico, quando, então, iniciam-se os processos de produção de energia voltados para a reprodução, com o desenvolvimento das gônadas (VAZZOLER, 1996).

Nos crustáceos decápodes dulcícolas, o período reprodutivo está profundamente associado ao regime de chuvas, às modificações térmicas e ao fotoperíodo da região onde estão presentes (PINHEIRO e HEBLING, 1998). O conhecimento desta variável em indivíduos de *Macrobrachium* permite a criação de ferramentas para gestão e cultivo, auxiliando também em políticas para a conservação das espécies (FRANSOZO et al., 2004). Durante a atividade reprodutiva feminina, o número de desovas se altera conforme a espécie.

Em muitos decápodes, o número de ovos incubados equivale a milhares, e em espécies que depositam poucos ovos, os oócitos se apresentam com tamanho grande (CHARNIAUX-COTTON, 1985).

O ciclo de vida de *M. amazonicum* é composto pelas fases de ovo, larva, juvenil e adulto. A fêmea passa por uma muda puberal e, logo após, o macho põe um espermatóforo em seu segmento abdominal inicial. A fêmea liberta, então, os oócitos, os quais se fertilizam, tornando-se ovos, sendo empurrados para os pleópodos (MACIEL E VALENTI, 2009). Geralmente, a muda puberal dos camarões palemonídeos acontece no período noturno, podendo também ser realizada no crepúsculo (PINHEIRO e HEBLING, 1998).

Nos machos adultos de *M. amazonicum*, o segundo apêndice torácico (pereiópodo) é bastante forte. As fêmeas se diferenciam dos machos justamente por possuírem estes apêndices menos desenvolvidos (HOLTHUIS, 1952).

Ocorrências de desenvolvimento larval prolongado em espécies totalmente dulcícolas geralmente têm sido interpretadas como indicações de atuais transições evolutivas de habitats marinhos costeiros para habitats de água doce (ANGER, 2013). O caso mais espetacular de invasões para estes ambientes por espécies supostamente costeiras de *Macrobrachium* parece ser o de *M. amazonicum* (ANGER, 2013). A ampla distribuição desta espécie faz dela um caso especial dentro do grupo de *Macrobrachium* neotropical. Além disso, a espécie é excepcional também no modo de desenvolvimento larval, pois este é prolongado não apenas em habitats estuarinos, mas também em águas interiores (ANGER, 2013). As populações de *M. amazonicum* apresentam uma condição de grande plasticidade a respeito de atividade reprodutiva (MEIRELES et al., 2013).

Chaves e Magalhães (1993) descreveram o desenvolvimento oocitário de *M. amazonicum*, no qual puderam observar que a distribuição dos oócitos nas gônadas é conforme o grau de maturação, existindo células iniciais na região central, e as mais avançadas estando em regiões intermediárias e periféricas da gônada. Reconheceram cinco fases de desenvolvimento, a saber: fase inicial com oogônias (células com citoplasma pouco evidente e núcleo saliente); que se desenvolvem, tornando-se oócitos pré-vitelogênicos (células de formato poliédrico, citoplasma e núcleo de mesma dimensão, com este último já apresentando nucléolo); oócitos em vitelogênese inicial (citoplasma maior e com a presença de vesículas); oócitos em vitelogênese avançada (oócito maior como um todo, com maior quantidade de vesículas) e oócitos maduros (núcleo extremamente menor que o restante da célula, envoltório folicular plano e uniestratificado). Em alguns ovários, encontraram, ainda,

folículos pós-ovulatórios, tratando-se de cordões celulares retorcidos, procedidos dos envoltórios foliculares dos oócitos, indicando sua eliminação.

Da Silva et al. (2004) realizaram a contagem total dos ovos de 60 fêmeas ovígeras de *M. amazonicum* capturadas em um rio do estado do Ceará para o estudo de sua fecundidade. O menor e o maior número de ovos observados por classes de comprimento foram de 696 e 1554 ovos, respectivamente. A mesma observação feita para classes de peso foi de 760 e 1690 ovos, e o número mais elevado de ovos (maior fecundidade) foi de 2193 ovos. Scaico (1992) por sua vez, estudando a fecundidade da espécie em um açude do estado da Paraíba, realizou a análise em 100 fêmeas ovígeras, as quais possuíam comprimento de 35 a 71 mm, com valor mínimo e máximo para fecundidade de 148 e 1128 ovos, respectivamente. Constatou, ainda, que a fecundidade aumenta com o tamanho do animal. Melo (2003) descreveu, por sua vez, fêmeas ovígeras atingindo 11 cm de comprimento.

Freire et al. (2012) estudando o tamanho de primeira maturação para os indivíduos de *M. amazonicum* em um estuário da região nordeste do Pará, recomendaram para a localidade um tamanho mínimo de captura de 12 mm para as fêmeas da espécie. O menor indivíduo com sistema reprodutor desenvolvido se apresentou ovígera, com comprimento de carapaça de 5,77 mm. Em todos os meses de coleta, observaram a ocorrência de fêmeas ovígeras, no entanto, foram mais abundantes em janeiro e fevereiro (período chuvoso).

Pesquisas acerca de aspectos reprodutivos são extremamente importantes para os manejos em cultivos comerciais, bem como na exploração racional de estoques naturais de indivíduos, evitando-se riscos de colapso (ROCHA, 2010). Embora *M. amazonicum* possua alta importância biológica e econômica, o conhecimento de sua espécie é mal compreendido. Grande parcela das informações é obscura, incluindo trabalhos publicados em idiomas locais (especialmente português e espanhol), resumos apresentados em encontros locais e trabalhos de mestrado e doutorado (MACIEL e VALENTI, 2009). Devido à sua extensa ocorrência, há muitas populações locais que possivelmente são geneticamente isoladas, existindo a ocorrência, portanto, de grande diversidade morfológica, fisiológica e ecológica intraespecífica, o que torna esta espécie significativa para estudos biológicos (MACIEL E VALENTI, 2009).

2.2.2- Estado de conservação

Baseando-se nos critérios de avaliação do estado de conservação recomendado pela International Union for Conservation of Nature (IUCN), são poucas as espécies da família

Palaemonidae que estão ameaçadas de extinção ou em alguma fase crítica. De acordo com Mantelatto et al. (2016), os palemonídeos registrados em território brasileiro têm, certamente, como principais ameaças: barramento de rios, extermínio dos habitats, deterioração da qualidade da água, redução da vazão dos rios e aterros parciais das regiões de estuário e manguezais, os quais são vitais para a reprodução de muitas espécies. O exercício do cultivo não controlado de *Macrobrachium* em áreas não nativas, com possibilidade de dispersão acidental ou provocada, também pode representar preocupação futura. Estes autores também mencionam que exceto para *M. carcinus*, em algumas regiões, não são conhecidas ações de conservação direcionadas às espécies de palemonídeos, mesmo algumas delas possuindo abundante e/ou extensa distribuição. Uma parte dessa diversidade se encontra protegida por estar presente em localidades com forte atenção quanto à conservação, como por exemplo, a Amazônia brasileira.

M. amazonicum é uma espécie profusa e largamente distribuída, devido ao seu uso na aquicultura e também como espécie forrageira para piscicultura extensiva em reservatórios. Em oficinas realizadas pelo Instituto Chico Mendes para a avaliação do risco de extinção dos crustáceos no Brasil, para os anos de 2010 a 2014, dentre as categorias da IUCN, *M. amazonicum* foi avaliado como “menos preocupante”. Em alguns locais, a espécie pode estar próxima ao limite da sobre-pesca, porém não há confirmações de ameaças significativas ao longo de toda sua distribuição (INSTITUTO CHICO MENDES, 2016). Ainda segundo Bentes et al. (2011), embora haja valor econômico e importância cultural como ingrediente em receitas regionais (região do Pará), a gestão da espécie é quase inexistente devido à lacuna no conhecimento dos esforços de pesca em seu ambiente natural, dentre outras razões. Vergamini et al. (2011) recomendam que grupos de populações de *M. amazonicum* sejam encarados como estoques genéticos diferentes em possíveis estratégias de conservação, sendo administrados separadamente para assegurar a sustentabilidade e a manutenção dos recursos genéticos das espécies no Brasil. Por fim, Silva et al. (2017) afirmam que para preservar as populações de *M. amazonicum* é necessário ser uma prioridade devido às intensas mudanças que se sucedem nos ambientes desta espécie, como por exemplo, a construção de hidrelétricas.

2.3- Potencialidade de camarões dulcícolas para o cultivo

O desafio da aquicultura é encontrar a condição de intensificação que maximiza a produtividade, minimiza as despesas e o impacto ambiental e não perturba o bem-estar dos

animais (DAVID et al., 2016). A carcinicultura de água doce tem se caracterizado como um modo de produção de crustáceos que proporciona baixo impacto ambiental (NEW et al., 2000), constituindo um dos setores que mais se desenvolve no mundo (VALENTI, 2002). Habitua-se bem ao sistema de produção familiar e segue princípios de uma aquicultura sustentável (VALENTI, 2002). O cultivo de camarões dulcícolas, por exemplo, não tem chamado a atenção por parte dos preocupados em questões ambientais e sociais. Esse “desinteresse” não é por causa da sua pequena escala em comparação com a da carcinicultura marinha, mas sim devido ao seu impacto ambiental que não demonstra causar ameaças. Sua atividade é menos propensa a ter impactos negativos porque a criação não pode ocorrer em altas densidades como é comum na carcinicultura marinha. Como resultado, a produtividade é geralmente mais baixa, porém com um menor esforço de administração, e um potencial mínimo para abuso ou desperdício de recursos (NEW et al., 2000).

Julga-se que na mudança para o novo milênio, a produção global superou 200000 toneladas, movendo mais de US\$ 1 bilhão (NEW, 2000). Tecnologias para a produção de camarões de água doce vêm proporcionando expressivo desenvolvimento, no entanto, é essencial garantir que o avanço da produtividade não prejudique a sustentabilidade desse sistema (VALENTI, 2002). Existe tradicionalismo por consumo de camarões dulcícolas nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil. Há também grupos específicos de comércio que pagam valor extraordinário por camarões frescos e vivos. Ademais, se tem grande oportunidade de exportação para o Canadá, Bélgica, Inglaterra, Itália, França e EUA (VALENTI, 2002). O crescimento demográfico intensifica a demanda por alimentos, desta maneira, a carcinicultura se apresenta como uma opção para cooperar nesse nutriente. Além do conteúdo proteico, animais aquáticos ofertam habitualmente ácidos graxos de valor nutritivo relevante (FURUYA et al., 2006). Os crustáceos, de forma geral, possuem importância ecológica na teia alimentar do ambiente onde se encontram, além da importância econômica para o homem (SASTRY, 1983). Estudos distintos de espécies propícias para atividade geradoras de lucros devem, portanto, ser incentivados e realizados para uma melhor compreensão da potencialidade de seus indivíduos, bem como para o conhecimento científico da fauna presente nas diversas regiões. Flexa et al. (2005) comentam que, devido ao estado de depleção que alguns recursos pesqueiros apresentam, é necessário que se estude as espécies mais exploradas, como forma de se oferecer subsídios ao seu cultivo, com o objetivo de gerar alimento humano ou repovoar estoques naturais esgotados. Segundo Araujo e Valenti (2007), existem, ainda, benefícios no uso de espécies nativas em vez de exóticas, por razões genéticas e ambientais, elevando a sustentabilidade e a aceitação local da carcinicultura dulcícola, sendo

necessário, desta forma, estudos sobre espécies nativas para avaliar sua viabilidade comercial e assim desenvolver uma tecnologia de cultivo relevante. Segundo Marques e Moraes-Valenti (2012), várias estratégias de marketing têm sido tomadas por produtores brasileiros com o objetivo de aumentar o comércio de camarões de água doce.

2.4- Município de Serra Talhada e reservatório Cachoeira II

O município de Serra Talhada se situa no centro geográfico do estado de Pernambuco, na zona fisiográfica do Sertão, inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Pajeú. Limita-se ao norte pelo estado da Paraíba; ao sul com os municípios de Floresta e Betânia; a leste com Calumbi e Triunfo e a oeste com os municípios de São José do Belmonte e Mirandiba. A cidade de Serra Talhada é caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, representando a paisagem característica do semiárido nordestino, com relevo predominantemente suave-ondulado, incisada por vales estreitos, com vertentes dissecadas (BELTRÃO et al., 2005). A vegetação é essencialmente composta por Caatinga Hiperxerófila possuindo fragmentos de Floresta Caducifólia. O clima é do tipo Tropical Semiárido apresentando chuvas de verão, com precipitação média anual de 431,8 mm (BELTRÃO et al., 2005). O reservatório Cachoeira II (Figura 4) está localizado na parte setentrional da microrregião do Pajeú, distando 420 km de Recife, capital de Pernambuco, Nordeste do Brasil (BELTRÃO et al., 2005). O reservatório Cachoeira II se encontra entre as latitudes 07° 56' 00" S e 07° 58' 35" S e entre as longitudes 038° 19' 10" W e 038° 20' 30" W, possuindo uma altitude de 429 metros e uma capacidade hídrica de 21031000 m³, tendo como principal utilização o abastecimento público em épocas de cheia e em escala menor, atividade pesqueira (FERREIRA et al., 2010).

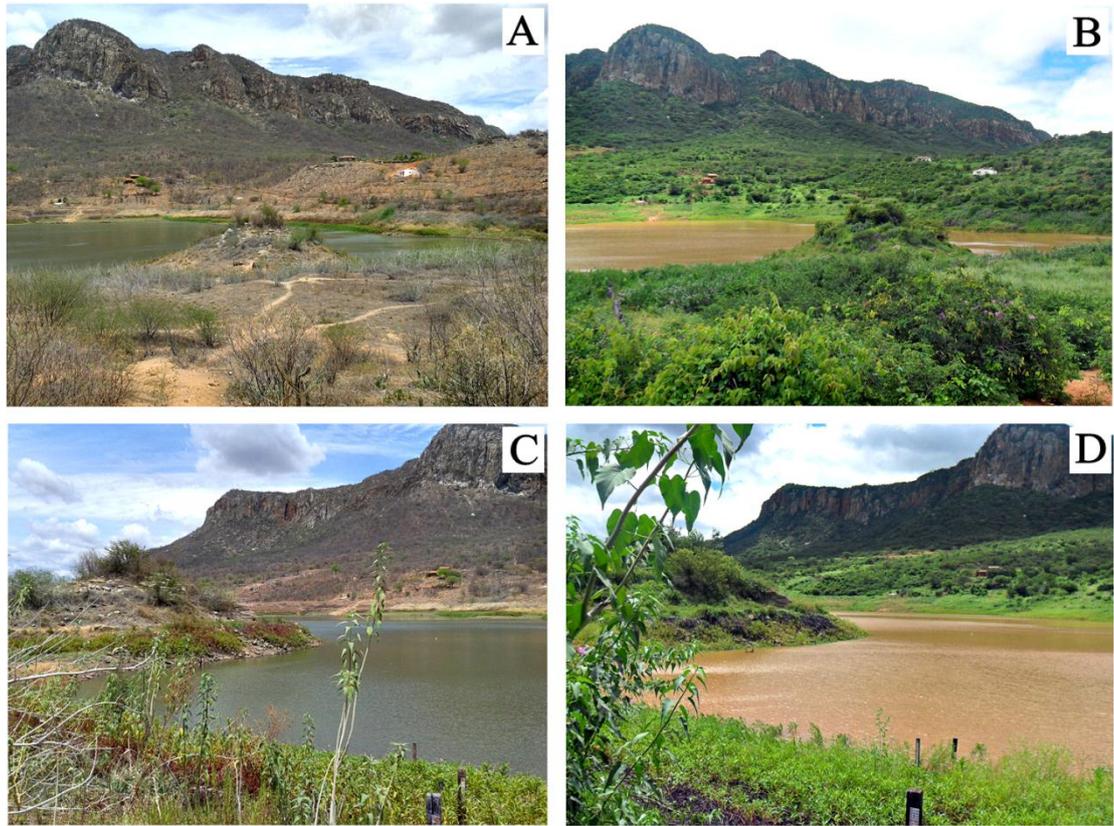


Figura 4. Trechos do reservatório Cachoeira II e região adjacente em período seco (**A** e **C**) e período chuvoso (**B** e **D**).

3- Referências bibliográficas

- ALBERTONI, E.F.; PALMA-SILVA, C.; ESTEVES, F.A. Fecundity of *Macrobrachium acanthurus* Wiegmann, 1836 (Decapoda: Palaemonidae) in a tropical coastal lagoon subject to human impact (Macaé, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14(1), p. 71-80, 2002.
- ANDRADE, E.S.; DE ANDRADE, E.A.; FELIZARDO, V.O.; APARECIDA, D.; PAULA, D.A.J.; VERAS, G.C.; MURGAS, L.D.S. Biologia reprodutiva de peixes de água doce. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 39(1), p. 195-201, 2015.
- ANGER, K. Neotropical *Macrobrachium* (Caridea: Palaemonidae): On the Biology, Origin, and Radiation of Freshwater-Invading Shrimp. **Journal of Crustacean Biology**, v. 33(2), p. 151-183, 2013.
- ANGER, K.; MOREIRA, G.S. Morphometric and Reproductive Traits of Tropical Caridean Shrimps. **Journal of Crustacean Biology**, v. 18(4), p. 823-838, 1998.
- ARAÚJO, M.C.; VALENTI, W.C. Feeding habit of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* larvae. **Aquaculture**, 265(1-4), p. 187-193, 2007.
- BELTRÃO, B.A.; MASCARENHAS, J.C.; MIRANDA, J.L.F.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M.J.T.G.; PEREIRA, S.N. Projeto Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado de Pernambuco - Diagnóstico do município de Serra Talhada. Ministério de Minas e Energia, Recife, p. 6-10, 2005.
- BENTES, B.S. MARTINELLI, J.M.; SOUZA, L.S.; CAVALCANTE, D.V.; ALMEIDA, M.C.; ISAAC, V.J. Spatial distribution of the amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in two perennial creeks of an estuary on the northern coast of Brazil (Guajará Bay, Belém, Pará). **Brazilian Journal of Biology**, v. 71(4), p. 925-935, 2011.
- BIALETZKI, A.; NAKATANI, K.; BAUMGARTNER, G.; BOND-BUCKUP, G. Occurrence of *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda: Palaemonidae) in Leopoldo's inlet (Ressaco do Leopoldo), upper Parana River, Porto Rico, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14(2), p. 379-390. 1997.
- CAMARGO, M.; LEÃO, J.; OLIVEIRA, A.; MÁRCIO, A.; SILVA, E.; ACÁCIO, F.; SILVA, G.; SAMPAIO, L.; VIANA, M.; ANTUNES, T.; SILVA, W. Matapi Pet: uma nova proposta para a exploração sustentável do camarão amazônico *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). **Uakari**, v. 5(1), p. 91-96, 2009.

CHARNIAUX-COTTON, H. Vitellogenesis and Its Control In Malacostracan Crustacean. **American Zoologist**, v. 25, n. 1, p. 197-206. 1985.

CHAVES, P.T.C.; MAGALHÃES, C.O. O desenvolvimento ovocitário em *Macrobrachium amazonicum* (Heller,1862) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae), camarão dulcícola da região amazônica. **Acta Amazonica**, v. 23(1), p. 17-23, 1993.

COELHO, P.A. Observações Preliminares Sobre a Biologia e a Pesca dos Camarões do Gênero *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda Palaemonidae) no Estado de Pernambuco. **Tropical Oceanography**, v. 3(1), p. 75-81, 1963.

COELHO, P.A.; RAMOS-PORTO, M. Camarões de água Doce do Brasil: Distribuição Geográfica. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 2(6), p. 405-410, 1985.

COLLART O.O.; MOREIRA, L.C. Potencial pesqueiro do *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Careiro): variação da abundância e do comprimento. **Amazoniana**, v. 12(3/4), p. 399-413, 1993.

CRUZ, M.S.L.P.; MATTOS, S.M.G.; TRAVASSOS, P.; ALMEIDA, E.M. Caracterização da pesca artesanal e análise comparativa da produção pesqueira capturada na bacia hidrográfica do rio São Francisco, estado de Pernambuco, entre o período chuvoso e de estiagem. **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, v. 10(1), p. 21-41, 2010.

DA SILVA, R.R.; SAMPAIO, C.M.S.; SANTOS, J.A. Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 64(3A), p. 489-500, 2004.

DALABONA, G.; SILVA, J.L.; PINHEIRO, M.A.A. Size at morphological maturity of *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ocypodidae) in the Laranjeiras Bay, southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48(1), p. 139-145, 2005.

DALA-CORTE, R.B.; AZEVEDO, M.A. Biologia reprodutiva de *Astyanax henseli* (Teleostei, Characidae) do curso superior do rio dos Sinos, RS, Brasil. **Iheríngia, Sér. Zool.**, v. 100(3), p. 259-266, 2010.

DAVID, F.S.; COHEN, F.P.A.; VALENTI, W.C. Intensification of the Giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* hatchery production. **Aquaculture Research**, v. 47(12), p. 3747-3752, 2016.

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 classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. **Raffles Bulletin of Zoology**, Supplement 21, p. 1-109, 2009.

DÍAZ, F.; SIERRA, E., RE, A.D.; RODRÍGUEZ, L. Behavioural thermoregulation and critical thermal limits of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman). **Journal of Thermal Biology**, v. 27(5), p. 423-428, 2002.

DING, Z.; ZHOU, J.; KONG, Y.; ZHANG, Y.; CAO, F.; LUO, N.; YE, J. Dietary arachidonic acid promotes growth, improves immunity, and regulates the expression of immune-related signaling molecules in *Macrobrachium nipponense* (De Haan). **Aquaculture**, v. 484, p. 112-119, 2018.

FERREIRA, C.W.S.; LIMA, C.S.; CAVALCANTI, L.C.S.; SANTOS, A.H.O. Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do açude Cachoeira II, no município de Serra Talhada – PE, Brasil. In: **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física**, 2010, Coimbra. Actas. 2010. p. 1-10.

FISCHER, A.F. Biologia reprodutiva das espécies do gênero *Squalus*, capturadas na costa Nordeste do Brasil. 2003. 85p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

FLEXA, C.E.; SILVA, K.C.D.A.; CINTRA, I.H.A. Morfometria do camarão-canela, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), no município de Cametá-Pará. **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, v. 5(1), p. 41-54, 2005.

FRANSOZO, A.; RODRIGUES, F.D.; FREIRE, F.A.M.; COSTA, R.C. 2004. Reproductive biology of the freshwater prawn *Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the Botucatu region, São Paulo, Brazil. **Nauplius**, v. 12 (2), p. 119-126, 2004.

FREIRE, J.L.; MARQUES, C.B.; SILVA, B.B. 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**, v. 16(2), p. 65-76, 2012.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; SILVA, A.B. M.; SANTOS, O.O. S.; SOUZA, N.E. MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J.V. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos do camarão-d'água-doce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35(4), p. 1577-1580, 2006.

GARCÍA-GUERRERO, M.U.; BECERRIL-MORALES, F.; VEGA-VILLASANTE, F.; ESPINOSA-CHAURAND, L.D. 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, v. 41(4), p. 651-675, 2013.

GURGEL, J.J.S.; MATOS, M.O.M. Sobre a criação extensiva do camarão-canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) nos açudes públicos do nordeste brasileiro. In: **3. Simpósio Brasileiro de Aquicultura**, 1983, São Carlos. Anais. 1983. In: SAMPAIO, C.M.S.; SILVA, R.R.; SANTOS, J.A.; SALES, S.P. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 67(3), p. 551-559, 2007.

HARTNOLL, R.G. The determination of relative growth in Crustacea. **Crustaceana**, v. 34(3), p. 281-293, 1978.

HOLTHUIS, L. B. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the America. II. The subfamily Palaemonidae. **Allan Hancock Foundation, Occasional Papers**, v. 12, p. 1-396. 1952.

INSTITUTO CHICO MENDES. 2016. Avaliação do risco de extinção dos crustáceos no Brasil: 2010-2014. Itajaí (SC): CEPsul. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/trabalhos_tecnicos/pub_2016_avaliacao_crustaceos_2010_2014.pdf>. Acessado em: 16/02/2017.

KONG, Y.; DING, Z.; ZHANG, Y.; YE, J.; DU, Z. Dietary selenium requirement of juvenile oriental river prawn *Macrobrachium nipponense*. *Aquaculture*, v. 476, p. 72-78, 2017.

LATINI, A.O.; RESENDE, D.C.; POMBO, V.B.; CORADIN, L. (Org.). **Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil, Série Biodiversidade, 39**. Brasília: MMA, 2016. 791p.

LINHARES, J.C.S. Estratégias reprodutivas do caranguejo *Ucides cordatus* (Crustacea; Brachyura; Ucidae). 2010. 95p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LOBÃO, V.L.; ROJAS, N.E.T. **Camarões de água doce. Da coleta ao cultivo, à comercialização**. São Paulo: Ícone, 1985, 112p. In: SAMPAIO, C.M.S.; SILVA, R.R.; SANTOS, J.A.; SALES, S.P. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 67(3), p. 551-559, 2007.

MACIEL, C.R.; VALENTI, W.C. Biology, Fisheries, and Aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*: A Review. **Nauplius**, v. 17(2), p. 61-79, 2009.

MAGALHÃES, C.; BUENO, S.L.S.; BOND-BUCKUP, G.; VALENTI, W.C.; SILVA, H.L.M.; KIYOHARA, F.; MOSSOLIN, E.C.; ROCHA, S.S. Exotic species of freshwater

decapoda crustaceans in the state of São Paulo, Brazil: records and possible causes of their introduction. **Biodiversity and Conservation**, v. 14(8), p. 1929-1945, 2005.

MANTELATTO, F.L.; PILEGGI, L.G.; MAGALHÃES, C.; CARVALHO, F.L.; ROCHA, S.S.; MOSSOLIN, E.C.; ROSSI, N.; BUENO, S.L.S. Avaliação dos Camarões Palemonídeos (Decapoda: Palaemonidae). In: PINHEIRO, M.A.A.; BOOS, H. (Org.). **Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014**. Porto Alegre, RS: Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, Cap. 20, p. 252-267, 2016.

MARQUES, H.L.A.; MORAES-VALENTI, P.M.C. Current status and prospects of farming the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) and the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862)) in Brazil. **Aquaculture Research**, v. 43(7), p. 984-992, 2012.

MEIRELES, A.L.; VALENTI, W.C.; MANTELATTO, F.L. Reproductive variability of the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Caridea, Palaemonidae): influence of life cycle on egg production. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41(4), p. 718-731, 2013.

MELO, G.A.S. Família Palaemonidae. In: MELO, G.A.S. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil**. São Paulo: Loyola, 2003, p. 334-372.

MORAES-RIODADES, P.M.C.; VALENTI, W.C. Freshwater prawn farming in Brazilian Amazonia shows potential for economic, social development. **Global Aquaculture Advocate**, v. 4(5), p. 73-74, 2001.

MORAES-RIODADES, P.M.C.; VALENTI, W.C. Morphotypes in male Amazon river prawns, *Macrobrachium amazonicum*. **Aquaculture**, v. 236(1), p. 297-307, 2004.

MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W.C. Culture of the Amazonicum River Prawn *Macrobrachium amazonicum*. In: NEW, M.B.; VALENTI, VALENTI, W.C.; TIDWEL, J.H.; D'ÁBRAMO, L.R.; KUTTY, M.N. (Ed.) **Freshwater Prawns: Biology and Farming**. United Kingdom: Wiley-BlackWell, 2010, p. 485-501.

NEW, M.B. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. **Aquaculture Research**, v. 36(3), p. 210-230, 2005.

NEW, M.B. History and global status of freshwater prawn farming. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. (Ed.) **Freshwater Prawn Culture: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Londres: Blackwell Science, 2000, p. 01-11.

- NEW, M.B.; D'ABRAMO, L.R.; VALENTI, W.C.; SINGHOLKA, S. Sustainability of freshwater prawn culture. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. (Ed.) **Freshwater Prawn Farming: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Londres: Blackwell Science, 2000, p. 429-443.
- PAPA, L.P. Caracterização estrutural do sistema reprodutor masculino e hepatopâncreas dos diferentes morfotipos de *Macrobrachium amazonicum*. 2007. 94p. **Tese (Doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- PEIXOTO, A.M.; TOLEDO, F.F.; REICHARDT, K.; SOUZA, J.S.I. **Enciclopédia agrícola brasileira: C-D**. Vol 2. Editora da Universidade de São Paulo, 1998, 608p.
- PEREIRA, G.; DE STEFANO, H.; STATON, J.; FARRELL, B. Phylogenetic relationships in some species of the genus *Macrobrachium* based on nucleotide sequences of the mitochondrial gene cytochrome oxidase I. **Modern Approaches to the Study of Crustacea**, p. 319-322, 2002.
- PILEGGI, L.G., MAGALHÃES, C., BOND-BUCKUP, G., MANTELATTO, F.L. New records and extension of the known distribution of some freshwater shrimps in Brazil. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 84(2), p. 563-574, 2013.
- PINHEIRO, M.A.A.; HEBLING, N.J. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). In: VALENTI, W.C. (Ed), **Carcinicultura de água doce: Tecnologia para a produção de camarões**. Brasília, IBAMA/FAPESP, p. 21-46, 1998.
- RIBEIRO, K. Aspectos estruturais do hepatopâncreas, desenvolvimento ovocitário e caracterização hormonal de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* durante as fases de maturação gonadal. 2006. 109p. **Tese (Doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- ROCHA, C.P. Fecundidade e fertilidade do camarão-da-Amazônia, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) em dois ambientes estuarinos do estado do Pará. 2010. 55p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal do Pará, Belém.
- SAMPAIO, F.G.; KLEEMANN, G.K.; SÁ, M.V.C.; PEREIRA, A. S.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E. Níveis de vitamina E e de selênio para pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26(1), p. 129-135, 2004.
- SASTRY, A.N. Ecological aspects of reproduction. In: BLISS, D.E.; VERNBERG, F.J.; VERNBERG, W.B. **The biology of Crustacea. Environmental Adaptations**. New York: Academic Press, v. 8, p. 179-270, 1983.

SCAICO, M.A. Fecundidade e fertilidade de *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Decapoda) de um açude do nordeste brasileiro. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 19(1), p. 89-96, 1992.

SILVA, I.S.; CRUZ, F.C.; LIMA, J.E.S. NETO, A.A.C.; VIANA, G.F.S. Carcinofauna do município de Serra Talhada e adjacências, bacia hidrográfica do Pajeú, PE: revisão de literatura. In: **IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2009, Serra Talhada. Anais. 2009.

SILVA, J.C. Biologia e ecologia dos camarões de água doce *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) e *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1778) (Crustacea: Caridea: Palaemonoidea) no Rio Grande, região de Planura. MG. 2010. 85p. **Tese (Doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, M.C.N. Dinâmica populacional do camarão cascudo *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da Ilha de Combú – Belém- PA. 2006. 74p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal do Pará, Belém.

SILVA, M.C.N.; FRÉDOU, F.L.; FILHO, J.S.R. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da Ilha de Combú, Belém, Estado do Pará. **Amazônia, Ciência & Desenvolvimento**, v. 2(4), p. 85-104, 2007.

SILVA, R.C. Ecologia populacional e reprodutiva de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) no reservatório da Usina Hidrelétrica de Miranda, Rio Araguari, MG. 2014. 84p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SILVA, R.C.; JACOBUCCI, G.B.; MOSSOLIN, E.C. Reproductive biology of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) in a reservoir situated in Minas Gerais State, southeastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 45(4), p.776-786, 2017.

SUN, S.; XUAN, F.; FU, H.; ZHU, J.; GE, X.; GU, Z. Transcriptomic and histological analysis of hepatopancreas, muscle and gill tissues of oriental river prawn (*Macrobrachium nipponense*) in response to chronic hypoxia. **BMC genomics**, v. 16(1), p. 491, 2015.

TIDWELL, J.H.; D'ABRAMO, L.R. Grow-out Systems - Culture in Temperate Zones. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. (Ed.) **Freshwater Prawn Culture: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Londres: Blackwell Science, 2000, p. 177-428.

- URBANO, T.; SILVA-A, A.; MEDINA, L.; MORENO, C.; GUEVARA, M.; GRAZIANI, C. Crecimiento del camarón de agua dulce *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877), en lagunas de cultivo. **Zootecnia Tropical**, v. 28(2), p.163-171, 2010.
- VALENCIA, D.M.; CAMPOS, M.R. Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* BATE, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia. **Zootaxa**, v. 1456, p. 1-44, 2007.
- VALENTI, W.C. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para a produção de camarões de água doce. In: **XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura**, 2002, Goiânia. Anais. Associação Brasileira de Aquicultura. 2002. p. 99-106.
- VALENTI, W.C.; FRANCESCHINI-VICENTINI, I.B.; PEZZATO, L.E. The potential for *Macrobrachium amazonicum* culture. In: **World Aquaculture 2003 Salvador, Brazil, "Realizing the Potential: Responsible Aquaculture for a Secure Future"**, 2003, Salvador. Anais. 2003. p. 804.
- VAZZOLER, A.E.A.M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM, 1996. 169p.
- VERGAMINI, F.G., PILEGGI, L.G., MANTELATTO, F.L. Genetic variability of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). **Contributions to Zoology**, v. 80(1), p. 67-83, 2011.

4- Artigo científico

4.1 - Artigo científico I

Artigo científico a ser encaminhado à Revista **Acta Amazonica**.

Todas as normas de redação e citação, doravante, atendem as estabelecidas pela referida revista, exceto o idioma e a posição das imagens, as quais estão localizadas ao longo do texto.

Desenvolvimento ovariano do camarão da Amazônia no semiárido do Nordeste

brasileiro

Emerson VENTURA^{1*}, Allysson WINICK-SILVA¹, Renata Akemi SHINOZAKI-MENDES¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Laboratório de Biologia Pesqueira, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n, 56909-535, Serra Talhada, PE, Brasil.

* Autor correspondente: emersonventura20@gmail.com

RESUMO

Das espécies nativas de camarões da América do Sul, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) é a mais importante para fins de aquicultura, possuindo elevado valor comercial, e deste modo, este estudo objetivou descrever o desenvolvimento gonadal de fêmeas desta espécie, uma vez que seu conhecimento pode oferecer uma base para estudos reprodutivos, contribuindo para elucidar a biologia de seus indivíduos. Para tal, foi realizada análise macro e microscópica do aparelho reprodutor. Observaram-se ovários apresentando as seguintes células reprodutivas em sequência de desenvolvimento: oogônias (OO) com diâmetro médio e desvio padrão de $25,4 \pm 6,5 \mu\text{m}$, oócito pré-vitelogênico (OPV) com $61,7 \pm 10,7 \mu\text{m}$, oócito vitelogênico (OV) com $113,9 \pm 24,5 \mu\text{m}$, e oócito maturo (OM) com $308,7 \pm 56,3 \mu\text{m}$, havendo um aumento do volume devido ao processo de vitelogênese e uma alteração de composição basófila para acidófila. Além destas células, observaram-se células foliculares, oócitos atrésicos e folículos pós-ovulatórios. Unindo análise macro e microscópica, os ovários de *M. amazonicum* puderam ser classificados em seis estágios: Imaturo, Em maturação, Maturo, Desovado em maturação, Desovado e Repouso. Diante dos resultados encontrados e evidências na literatura, constata-se que a desova para esta espécie é do tipo parcelada, ou

seja, sincrônica em mais de dois grupos (lotes de oócitos). Estas observações oferecem uma base para estudos reprodutivos que contribuirão para a criação de medidas de manejo sustentáveis para manutenção da espécie na natureza.

PALAVRAS-CHAVE: *Macrobrachium amazonicum*, biologia reprodutiva, maturação, oócito, histologia

Ovarian development of the Amazon river prawn in the semi-arid of Northeast Brazil

ABSTRACT

Of the prawn species native to South America, *Macrobrachium amazonicum* is the most important for aquaculture, having high commercial value, and thus, this study aimed to describe the gonadal development process in females of this species, since their knowledge can provide a basis for reproductive studies, contributing to elucidate the biology of their specimens. In order to achieve this necessary understanding, our study consisted of both macro and microscopic analysis of the reproductive tract. We observed ovaries presenting the following reproductive cells in developmental sequence: oogonia (OO) with mean diameter and standard deviation of $25.4 \pm 6.5 \mu\text{m}$, previtellogenic oocyte (PVO) with $61.7 \pm 10.7 \mu\text{m}$, vitellogenic oocyte (VO) with $113.9 \pm 24.5 \mu\text{m}$, and mature oocyte (MO) with $308.7 \pm 56.3 \mu\text{m}$, showing an increase in volume due to vitellogenesis and an alteration of basophilic composition for acidophilic. In addition to these cells, our analysis also observed follicular cells, atretic oocytes and postovulatory follicles. By combining macro and microscopic analysis, the ovaries of *M. amazonicum* were classified into six stages: Immature, In maturation, Mature, Spawned in maturation, Spawned and Resting. Considering the results found in our study, as well as evidence in existing literature, we conclude that spawning for this species is parceled, that is, synchronous in more than two groups (batches of oocytes).

These observations provide a basis for reproductive studies that will contribute to the creation of sustainable management strategies for species conservation efforts.

KEYWORDS: *Macrobrachium amazonicum*, reproductive biology, maturation, oocyte, histology

INTRODUÇÃO

Dentre as espécies de camarões de água doce, os representantes do gênero *Macrobrachium* Bate 1868 são especialmente relevantes por abrangerem indivíduos de maior interesse científico e econômico (Fransozo *et al.* 2004). A espécie *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) se distribui da Venezuela até a Argentina, na costa leste da América do Sul e do Equador até o Peru, na costa oeste (Melo 2003). No Brasil, sua ocorrência tem registro para todas as regiões (ver Coelho e Ramos-Porto 1985; Bialetzki *et al.* 1997; Melo 2003; Magalhães *et al.* 2005; Cruz *et al.* 2010; Pileggi *et al.* 2013), habitando desde ambientes continentais até costeiros (Coelho e Ramos-Porto 1985).

Na região Norte do Brasil, trabalhos com fêmeas de *M. amazonicum* provenientes de ambientes naturais foram realizados abordando o desenvolvimento oocitário (Chaves e Magalhães 1993), o desenvolvimento gonadal, a morfometria e a ultraestrutura das células germinativas (Ferreira *et al.* 2012). Na região Sudeste, com fêmeas provenientes de viveiros de carcinicultura, Ribeiro (2006) realizou um estudo caracterizando o desenvolvimento gonadal bem como a ultraestrutura das células germinativas. O Nordeste e as demais regiões brasileiras necessitam de estudos que abordem tais aspectos a fim de ampliar o conhecimento da espécie, pois uma vez que é observada grande distribuição, pode-se haver uma adaptação e plasticidade fenotípica.

Dados acerca da biologia reprodutiva de *M. amazonicum* são um importante instrumento para subsidiar a aquicultura, uma vez que das espécies nativas de camarões da América do Sul, a espécie é a mais importante para este fim, em que seu cultivo apresenta potencialidades, podendo ser uma forma de melhorar o desenvolvimento nas localidades onde a espécie ocorre, pois também é explorada pela pesca comercial (Moraes-Riodades e Valenti 2004; Silva *et al.* 2007; Marques e Moraes-Valenti 2012), bem como de auxiliar a estabelecer táticas de preservação da biodiversidade (Mossolin e Bueno 2002). O conhecimento das fases

de desenvolvimento gonadal dos indivíduos, com análise histológica, pode oferecer uma base para estudos reprodutivos, contribuindo para elucidar a biologia de uma espécie. Desta forma, devido ao seu valor, este estudo foi conduzido para descrever o desenvolvimento gonadal de fêmeas de *M. amazonicum* por meio de análise macro e microscópica em um reservatório do semiárido nordestino.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

A realização do estudo ocorreu com indivíduos provenientes do reservatório Cachoeira II, localizado no município Serra Talhada, estado de Pernambuco, Brasil (07°57'00"S, 038°20'00"W). As coletas foram realizadas mensalmente de novembro de 2014 a janeiro de 2015 e de setembro de 2016 a agosto de 2017, a montante do reservatório (Figura 1), a escolha do local se deu pela presença abundante de camarões, acesso seguro e presença de vegetação aquática servindo como substrato para a colocação dos instrumentos de captura. Foram utilizados covos artesanais confeccionados com garrafas do tipo PET, com sanga de 3 cm e isca de farinha de mandioca (Figura 2). Os covos foram deixados no local de estudo ao crepúsculo (16:00h) e retirados na manhã do dia seguinte (05:00h), sendo um covo por ponto de coleta, totalizando três pontos. Os indivíduos capturados foram levados vivos dentro das armadilhas com a água do ambiente para o laboratório para serem submetidos às análises.

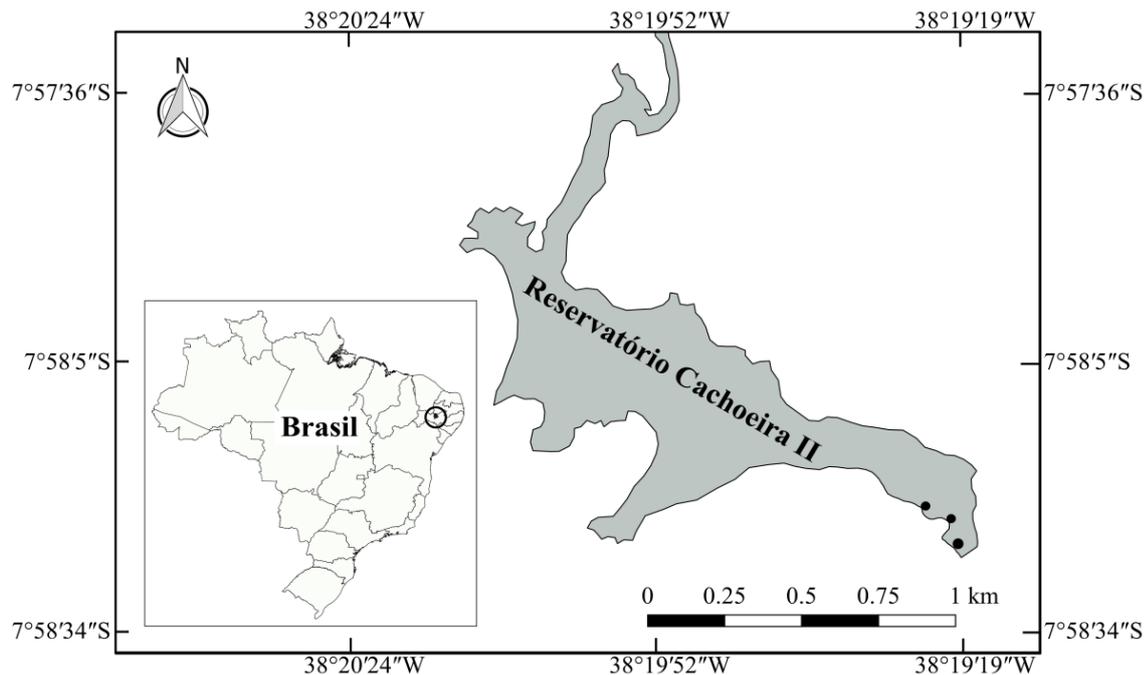


Figura 1. Localização geográfica do reservatório Cachoeira II, no município de Serra Talhada - PE, Brasil, e locais de coleta (●) de *Macrobrachium amazonicum*, entre Nov/2014 e Ago/2017.

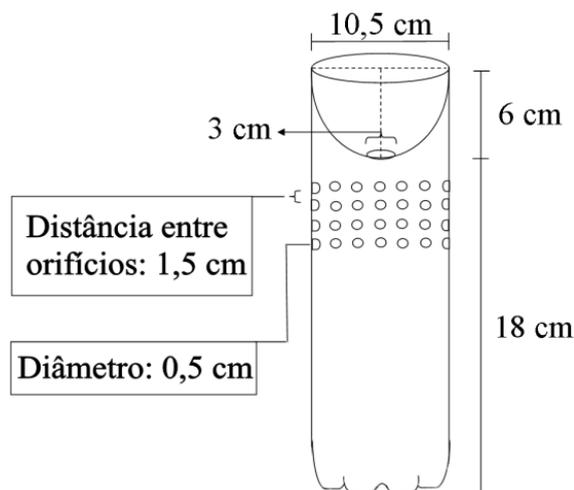


Figura 2. Representação da arte de pesca “covo artesanal” utilizada para a captura de *Macrobrachium amazonicum* no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017.

Procedimentos laboratoriais e análise dos dados

Os espécimes foram crioplanados a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ por cerca de 20 minutos alcançando o óbito, quantificados e identificados quanto à espécie, utilizando-se o manual de identificação

proposto por Melo (2003). A sexagem foi realizada por meio da observação da presença ou ausência do apêndice masculino localizado no endopodito do segundo par de pleópodos (Brown *et al.* 2009; Lima *et al.* 2014). Para acréscimo de informação somática, o comprimento total (CT, distância entre a margem distal do rostro e a margem distal do telson) dos indivíduos foi mensurado utilizando um paquímetro digital (LeeTools 684132, LeeTools, Mauá, SP, Brasil) com resolução de 0,01 mm.

Para a análise do desenvolvimento gonadal, os ovários foram analisados sob um estereomicroscópio (BEL Photonics STM Prob - Biovera Equipamentos e Serviços Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), sendo classificados macroscopicamente em estágios observando o aspecto do desenvolvimento da dimensão, cor e textura do órgão, seguindo método adaptado de Ribeiro (2006). Por meio da escala RGB (Robinson *et al.* 1995), a cor dos ovários foi representada.

Ovários em diferentes estágios de desenvolvimento foram removidos e fixados em solução de Davidson (entre 24 a 48 horas), submetidos à rotina histológica padrão, emblocados em parafina, cortados a 5 μ m e corados com Hematoxilina de Harris - Eosina Aquosa (adaptado de Junqueira e Junqueira, 1983) e Tricrômico de Gomori (adaptado de Tolosa *et al.* 2003) para diferenciação dos tecidos.

As células reprodutivas foram mensuradas utilizando o programa UTHSCSA ImageTool 3.0 (Wilcox *et al.* 1996), quanto aos seus diâmetros totais e dos núcleos. Para cada estágio celular, selecionou-se um total de trinta células aleatórias dentro dos diferentes estágios gonadais, sendo esta quantidade considerada satisfatória. As imagens para esta análise foram obtidas com câmera fotográfica digital (SL605, Samsung Electronics America, Inc., Ridgefield Park, Nova Jersey, EUA) acoplada a um microscópio óptico (Motic BA 300, Motic China Group Co., Ltd., Hong Kong, China), com regulação do zoom conforme melhor captura dos componentes. Para avaliar se estas variáveis apresentavam diferenças

estatisticamente significativas ($P < 0,05$), foi testada, inicialmente, a normalidade dos erros da distribuição (teste de Kolmogorov-Smirnov) e a homocedasticidade das variâncias (teste de Goldfeld-Quandt). Diante da não normalidade dos erros, os dados foram transformados, a fim de se utilizar estatística paramétrica. Para tal, uma transformação logarítmica se fez satisfatória. Quanto aos diâmetros dos núcleos, seus dados já atendiam aos requisitos desta estatística. Utilizou-se, então, o teste ANOVA seguido do teste de Tukey para comparação das médias. Estas análises foram realizadas com o auxílio dos programas Microsoft Excel 2010 e BioEstat 5.3 (Ayres *et al.* 2007). Foram reunidas, ainda, três gônadas por estágio maturacional para análise do tipo de desova, em que todas as células foram medidas quanto aos seus diâmetros totais e analisadas as frequências relativas por classe de diâmetro. Os dados foram analisados sob o método de classificação proposto por Marza (1938) citado por Vazzoler (1996), em que o tipo de desova pode ser sincrônico em um grupo, sincrônico em dois grupos, sincrônico em mais de dois grupos ou assincrônico.

RESULTADOS

O sistema reprodutor feminino de *M. amazonicum* está localizado dorsalmente no cefalotórax, apresentando simetria bilateral, contendo um par de ovários apresentando uma comissura mediana e um par de ovidutos, estes são canais de tubos finos e translúcidos que se estendem até os gonóporos, os quais se encontram na base da coxa do terceiro par de pereiópodos. Os ovários estão sobre o hepatopâncreas, entre o coração e o estômago. Dos ovários, ainda surgem dois canais de mesma estrutura dos ovidutos. Um canal faz conexão com o hepatopâncreas na região média dos dois órgãos, e o outro canal parte da porção final da gônada para o interior do compartimento do abdômen. O coração sempre se encontra sobre a porção final da gônada (Figura 3). Quanto à dimensão, inicialmente os ovários são diminutos, encontrando-se sobre o final do hepatopâncreas e conforme amadurecem seu volume aumenta de maneira que podem alcançar o primeiro segmento abdominal e o início

rostral próximo à base do pedúnculo ocular, recobrando parcialmente o estômago. Quanto à textura visual, inicialmente são polidos e conformem amadurecem se distendem para um aspecto granulado devido à presença dos oócitos, sendo possível a visualização destes a olho nu. Ao longo do desenvolvimento, apresentam, ainda, uma crescente aparição de cromatóforos escuros na superfície dorsal do órgão.

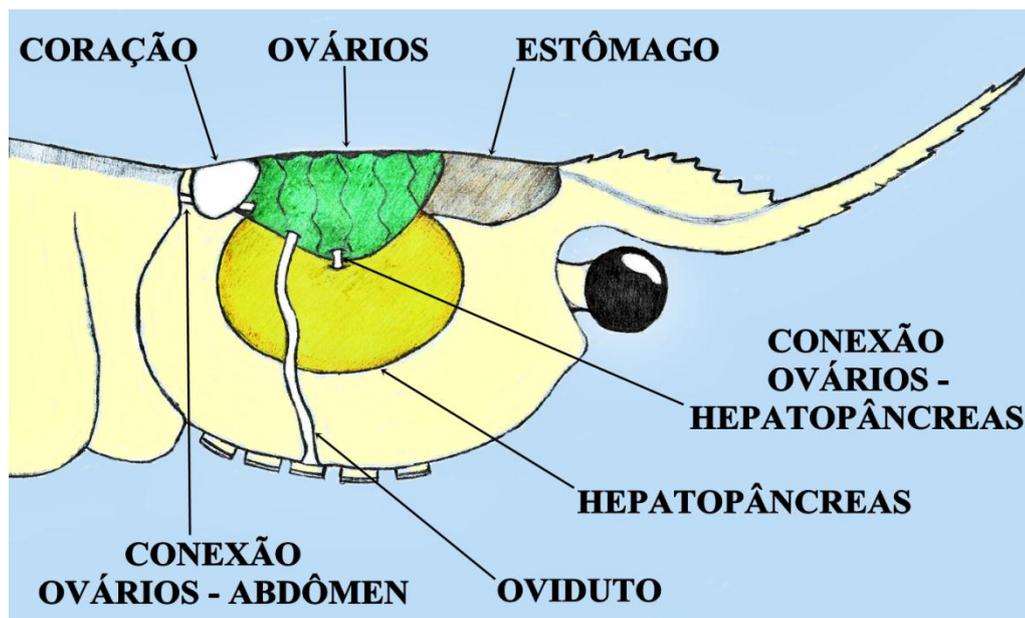


Figura 3. Representação do sistema reprodutor feminino de *Macrobrachium amazonicum*.

Um total de 533 indivíduos foi analisado macroscopicamente. O CT destes indivíduos variou de 14,5 a 80,6 mm, com média e desvio padrão de $52,4 \pm 9,6$ mm. O desenvolvimento gonadal pôde ser definido em seis estágios, que seguem: 1º) **Não desenvolvido**: ovários translúcidos e órgão de menor tamanho. O CT médio dos indivíduos nesta fase foi de $38,2 \pm 6,1$ mm. 2º) **Em desenvolvimento inicial**: ovários com coloração esbranquiçada (RGB:249-255-249) e maior volume em comparação ao estágio anterior. CT médio dos indivíduos: $51,0 \pm 8,8$ mm. 3º) **Em desenvolvimento avançado**: ovários com coloração esverdeada (RGB:134-242-115) e volume ainda maior. CT médio dos indivíduos: $57,6 \pm 8,0$ mm. 4º) **Desenvolvido**: ovários com coloração verde intenso (RGB:40-100-32) e com o maior volume atingido pelo órgão. CT médio dos indivíduos: $56,0 \pm 7,3$ mm. 5º) **Desovado-em maturação**

em fêmeas ovígeras: ovários com características do 3° ou 4° estágio, no entanto, os indivíduos apresentam ovos nos pleópodos, na câmara incubadora. CT médio dos indivíduos: $56,5 \pm 8,3$ mm. **6°) Desovado:** os ovários são semelhantes ao 1° ou 2° estágio, porém apresentam um aspecto flácido e grande acúmulo de cromatóforos na superfície dorsal do órgão. Os ovários semelhantes ao 2° estágio podem estar entrando em um novo ciclo. CT médio dos indivíduos: $52,1 \pm 5,7$ mm. No 5° estágio, houve, ainda, fêmeas ovígeras apresentando ovários com características do 6° estágio. A Figura 4 apresenta os estágios de desenvolvimento dos ovários de *M. amazonicum*.

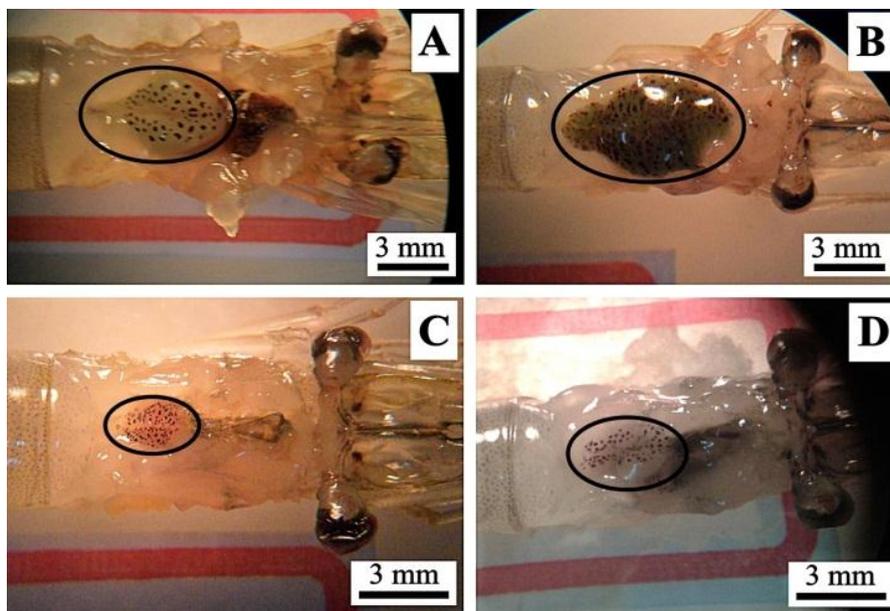


Figura 4. Estágios de desenvolvimento dos ovários de *Macrobrachium amazonicum* capturado no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017. O órgão está demarcado pela elipse. **(A)** Em desenvolvimento avançado. **(B)** Desenvolvido. **(C)** Desovado semelhante a um órgão não desenvolvido. **(D)** Desovado semelhante a um órgão em desenvolvimento inicial.

Um total de 190 ovários foi analisado microscopicamente, em que a seleção das gônadas se deu aleatoriamente dentro dos diferentes estágios de desenvolvimento e sendo esta quantidade considerada satisfatória. Constatou-se que o desenvolvimento das células reprodutivas se altera a partir de estágios iniciais que se encontram no centro do órgão (zona

germinativa) e conforme as células amadurecem avançam para a periferia deste (zona de maturação). Dentro dos ovários, há, ainda, a presença de células foliculares que auxiliam no processo de vitelogênese. As células reprodutivas iniciais tem caráter basófilo e posteriormente, na zona de maturação, se apresentam acidófilas. Núcleos, nucléolos e células foliculares são estruturas continuamente basófilas, variando o grau de intensidade na cor.

O desenvolvimento oocitário apresentou quatro estágios celulares, a saber: **1º) Oogônias - OO**: células esféricas com citoplasma escasso. Seu núcleo exibe granulações, caracterizando a cromatina dispersa ora centralizada ora periférica. Em algumas células, observam-se nucléolos diminutos, havendo a exibição de apenas um nucléolo pouco maior quando estas células estão mais desenvolvidas. As oogônias são as menores células do processo de desenvolvimento oocitário. O diâmetro total médio da célula foi de $25,4 \pm 6,5 \mu\text{m}$ e do núcleo de $15,0 \pm 4,0 \mu\text{m}$, este último representando 58,8% da célula. **2º) Oócitos pré-vitelogênicos - OPV**: maiores que as OO, apresentam formato poliédrico a ovalado com citoplasma evidente e agranular, exibindo um nucléolo geralmente voltado para a periferia do núcleo. Um segundo nucléolo pode, ainda, ser observado em algumas células. As granulações dentro do núcleo permanecem evidentes. O diâmetro total médio da célula foi de $61,7 \pm 10,7 \mu\text{m}$ e do núcleo de $30,2 \pm 4,8 \mu\text{m}$ (48,9% da célula). Estes dois tipos celulares compõem a zona germinativa, sendo basófilas e em sua adjacência, de forma dispersa, estão presentes as células foliculares com formato esférico. Iniciando a zona de maturação, há: **3º) Oócitos vitelogênicos - OV**: apresentam formato ovalado ou irregular, maior acidofilia, citoplasma mais abundante que no estágio anterior e agora apresentando grânulos de vitelo e vesículas citoplasmáticas. As células foliculares agora com formato ovalado começam a circundar estes oócitos. Dentro do núcleo, se evidencia um nucléolo. Conforme a maturação, estas células se encontram em estágio inicial ou avançado. O diâmetro total médio da célula foi de $113,9 \pm 24,5 \mu\text{m}$ e do núcleo de $36,8 \pm 6,7 \mu\text{m}$, este último representando 32,3% da célula. **4º)**

Oócitos maduros - OM: apresentam citoplasma fortemente acidófilo, repleto de grânulos de vitelo e vesículas citoplasmáticas. As células foliculares formam um revestimento pavimentoso como um cordão ao redor destes oócitos. Os OM são as células de maior tamanho, com o núcleo tendo uma pequena redução de tamanho e sendo raramente seccionado. O diâmetro total médio da célula foi de $308,7 \pm 56,3 \mu\text{m}$ e do núcleo de $33,5 \pm 6,8 \mu\text{m}$ (10,9% da célula). A Figura 5 apresenta os estágios de desenvolvimento das células reprodutivas. O aumento do tamanho celular a cada estágio é devido ao processo de vitelogênese elevando a quantidade de grânulos de vitelo e vesículas citoplasmáticas. Observou-se, ainda, a presença de oócitos atrésicos - AO, com aspecto irregular e desorganizado, resultante da não liberação do OM, estando em reabsorção pelo organismo. Após a liberação dos OM para serem fecundados, os ovários exibem os folículos pós-ovulatórios, observados em alguns exemplares, os quais se caracterizaram como revestimentos celulares que antes circundavam os oócitos e, desta forma, apresentam-se como cordões de células foliculares dispersos na região periférica do órgão. Os diâmetros totais das células apresentaram diferenças significativas ($P < 0,01$), bem como dos núcleos ($P < 0,01$), no entanto os diâmetros destes aumentaram de oogônias para oócitos vitelogênicos, reduzindo quando maduros. Ainda quanto aos diâmetros dos núcleos, quando verificadas pelo teste de Tukey, as relações entre OPV e OM e entre OV e OM não apresentaram diferenças (Figura 6).

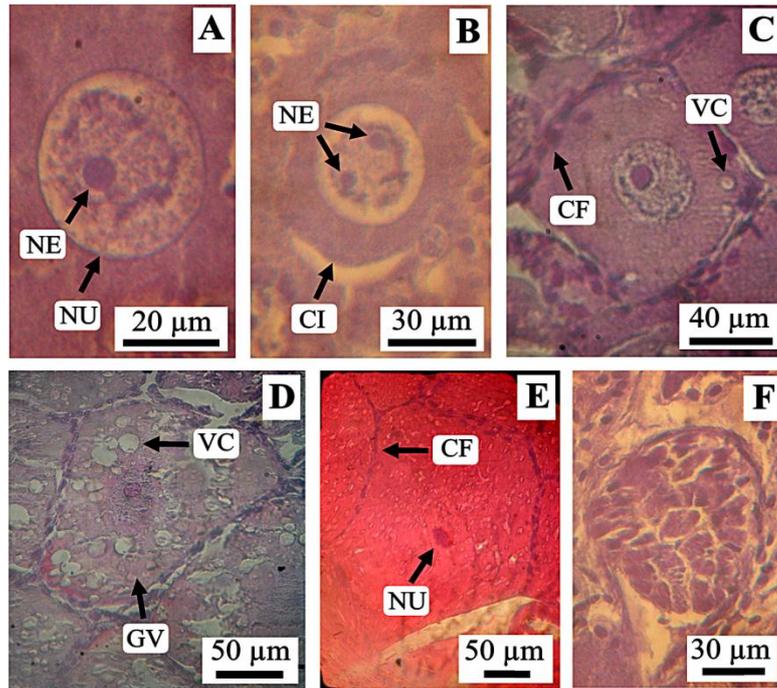


Figura 5. Células reprodutivas do ovário de *Macrobrachium amazonicum* em diferentes estágios de desenvolvimento, capturado no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017. **(A) Oogônia:** exibição de núcleo (NU) e nucléolo (NE). As granulações dentro do núcleo caracterizam a cromatina. **(B) Oócito pré-vitelogênico:** exibição do citoplasma (CI) e dois nucléolos (NE) dentro do núcleo. **(C) Oócito vitelogênico inicial:** exibição da formação de vesícula citoplasmática (VC) e células foliculares (CF) esféricas em torno da célula. **(D) Oócito vitelogênico avançado:** exibição de vesículas citoplasmáticas (VC) e grânulos de vitelo (GV). **(E) Oócito maduro:** as células foliculares (CF) se apresentam unidas e achatadas formando um cordão ao redor do oócito, e no centro deste há um núcleo (NU) diminuto. Esta célula germinativa é a de maior volume dentre os oócitos. **(F) Oócito atrésico:** exibição de sua desorganização celular. Coloração: Hematoxilina-Eosina (A, B, E e F) e Tricrômico de Gomori (C e D).

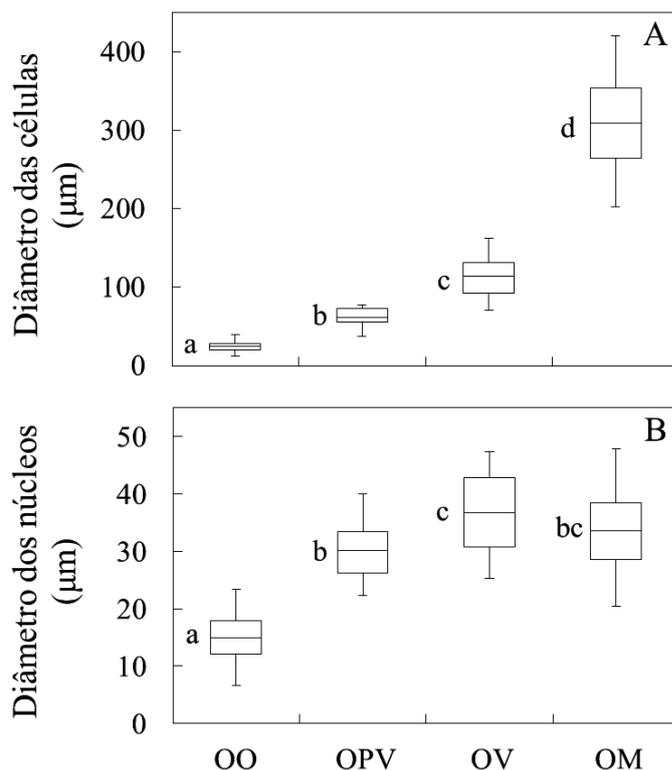


Figura 6. Representação gráfica das células reprodutivas de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017, exibindo observação máxima (barra superior), observação mínima (barra inferior), terceiro quartil (topo da caixa), primeiro quartil (fundo da caixa) e média (barra interna). Oogônia (OO), oócito pré-vitelogênico (OPV), oócito vitelogênico (OV) e oócito maturo (OM). Em sentido horizontal, letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,01$), verificado pelo teste de Tukey.

Conforme a presença das células reprodutivas nos ovários de *M. amazonicum*, aliado à análise macroscópica, este órgão pôde ser classificado em seis estágios de maturação, sendo eles: **1°) Imaturo:** gônada composta apenas pela zona germinativa. Relacionado ao 1° estágio macro. **2°) Em maturação:** gônada composta por OPV e OV em fase inicial e avançada. Relacionado ao 2° estágio macro para fase inicial e ao 3° para fase avançada. **3°) Maturo:** gônada com predomínio de OM. Relacionado ao 4° estágio macro. **4°) Desovado em maturação:** gônada composta por OPV, OV e/ou OM, apresentando folículos pós-ovulatórios. Relacionado ao 5° estágio macro. **5°) Desovado:** gônada composta por eventuais folículos pós-ovulatórios, AO e OO. Relacionado ao 6° estágio macro. **6°) Repouso:** gônada

repleta de células foliculares de maneira dispersa e OO. Também relacionado ao 6° estágio macro. Independentemente do estágio, houve ovários exibindo OO e OPV, demonstrando a existência de um estoque de reserva celular. Com base nestas observações, a Figura 7 apresenta os estágios de maturação para os ovários de *M. amazonicum*.

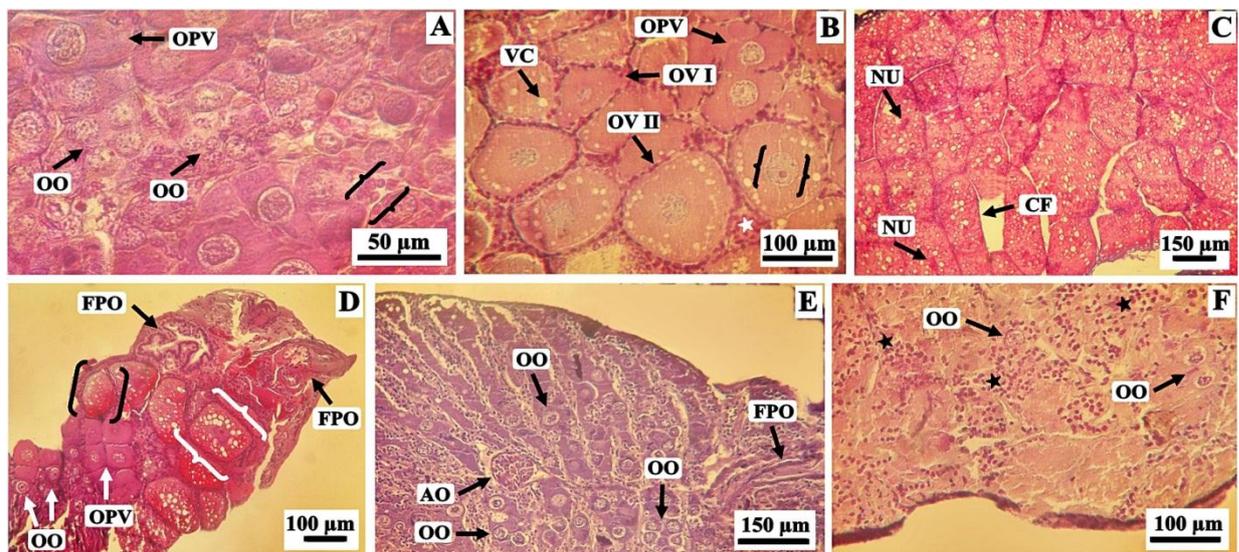


Figura 7. Seções dos ovários de *Macrobrachium amazonicum* em diferentes estágios de maturação, capturado no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017. **(A) Imaturo:** exibição de oogônias (OO), oócito pré-vitelogênico (OPV) e células foliculares (entre { }). **(B) Em maturação:** exibição de oócito pré-vitelogênico (OPV), oócito vitelogênico inicial (OV I), oócito vitelogênico avançado (OV II), e formação de vesícula citoplasmática (VC). Núcleo e nucléolo evidentes (entre { }), e células foliculares esféricas em ninho (estrela), também estando estas circundando os oócitos. **(C) Maturo:** exibição de células foliculares formando um revestimento ao redor dos oócitos, onde mal são percebidas devido ao seu nível de junção e achatamento (CF), e núcleos diminutos (NU). O aspecto cristalizado é devido ao acúmulo de grânulos de vitelo, e os diversos pontos diminutos não corados caracterizam as vesículas citoplasmáticas. **(D) Desovado em maturação:** exibição de oogônias exibindo seus núcleos e nucléolos (OO), oócitos pré-vitelogênicos (OPV), oócito vitelogênico inicial (entre []), oócito vitelogênico avançado (entre { }) e folículos pós-ovulatórios (FPO). **(E) Desovado:** exibição de oogônias (OO), oócito atrésico (AO) e folículo pós-ovulatório (FPO). **(F)**

Repouso: exibição de oogônias (OO) e ninhos de células foliculares (estrela). Coloração: Tricrômico de Gomori (A, B, D e F) e Hematoxilina-Eosina (C e E).

Na distribuição de frequência dos diâmetros das células reprodutivas (Figura 8), observaram-se as células do estoque de reserva, presentes entre a classe de 0 e 100 μm . Os ovários do estágio “em maturação” (Figura 8B) apresentaram lotes de oócitos em distintas fases de desenvolvimento (grupos modais) e os ovários do estágio “desovado em maturação” (Figura 8D) revelaram que após a eliminação de um lote de oócitos maduros, restaram outros lotes de oócitos. Estas observações sugerem que a desova é parcelada, portanto, sincrônica em mais de dois grupos, ou seja, os indivíduos possuem no mínimo três lotes intraovarianos e desovam duas ou mais vezes em cada período reprodutivo.

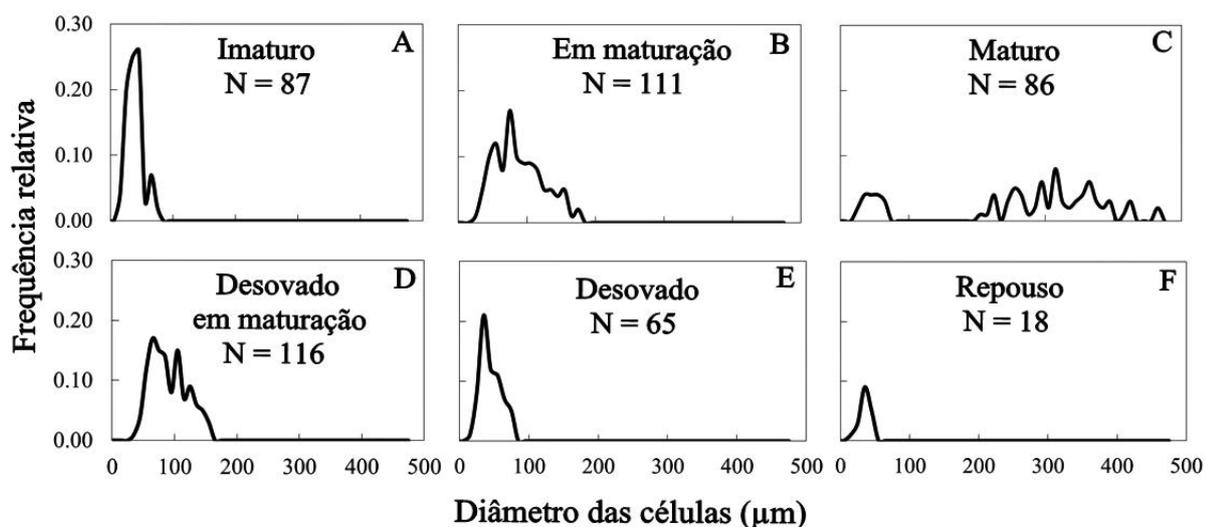


Figura 8. Distribuição de frequência do diâmetro das células reprodutivas de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Nov/2014 e Ago/2017, em diferentes estágios de maturação gonadal. Os picos de elevações nas curvas exibem os grupos modais. N = número de oócitos mensurados.

DISCUSSÃO

Quanto à disposição dos ovários de *M. amazonicum*, assim como encontrado no presente estudo, Ferreira *et al.* (2012) em fêmeas provenientes de ambiente natural da região

nordeste do estado do Pará, descreveram um órgão com simetria bilateral apresentando uma comissura, bem como Ribeiro (2006) em fêmeas provenientes de viveiros de carcinicultura do estado de São Paulo, também relatou os ovários pares localizados sobre o hepatopâncreas. Outras observações do presente estudo corroboram as desta última autora, no que diz respeito ao avanço da gônada na cavidade cefalotorácica, que ocorre em direção ao estômago e início abdominal, bem como as alterações em sua cor que acontecem no sentido de transparente a esbranquiçado, e posteriormente em tons crescentes de verde. Quanto à classificação de estágios na análise macroscópica do desenvolvimento gonadal de *M. amazonicum*, a Tabela 1 apresenta uma relação de correspondência com outros estudos. O desenvolvimento de um órgão pode ser descrito em fases conforme ocorrem alterações perceptíveis, em que estabelecer a separação entre as fases está sob critérios do observador, podendo gerar discrepâncias. Embora haja divergência quanto a esta classificação (Tabela 1), no que tange à abrangência de abordagem dos estudos de cada autor, bem como o método de classificação utilizado, nota-se que um padrão é seguido, e de uma maneira geral, as características utilizadas no presente estudo para tal realização correspondem as destes estudos.

Tabela 1. Relação de correspondência entre estágios de classificação macroscópica para o desenvolvimento ovariano de *Macrobrachium amazonicum* por diferentes autores em diferentes localidades. Não consta = nc. *Estágio de ovários reorganizados em um novo ciclo reprodutivo, o qual passa pelo 6° estágio do presente estudo, sendo, portanto, posto nessa seção.

Estudos			
Presente estudo	Ribeiro (2006)	Lucena-Frédou <i>et al.</i> (2010)	Ferreira <i>et al.</i> (2012)
Locais			
Reservatório Pernambuco, Brasil	Carcinicultura São Paulo, Brasil	Ilha Pará, Brasil	Ambiente natural Pará, Brasil
Estágios			
1° (não desenvolvido)	1°	1°	1°
2° e 3° (em desenvolvimento inicial e avançado)	2° ao 4°	2°	2°
4° (desenvolvido)	5°	3°	3°
5° (desovado-em maturação em fêmeas ovígeras)	nc	4°	4°
6° (desovado)	nc	5°	5°*

Os tipos celulares encontrados nos ovários de *M. amazonicum* corroboram os encontrados por Ribeiro (2006) e Ferreira *et al.* (2012), com exceção de oócito atrésico e folículo pós-ovulatório que não foram retratados em seus trabalhos. Da mesma forma, corroboram-se as células encontradas por Chaves e Magalhães (1993) em fêmeas provenientes de um lago do estado do Amazonas, que também retrataram os folículos pós-ovulatórios, evidenciando, desta forma, conformidade deste aspecto para as diferentes populações da espécie. Assim como encontrado no presente estudo, Chaves e Magalhães (1993) e Ribeiro (2006) relataram sobre as fases de desenvolvimento das células reprodutivas,

relatando sua ocorrência do centro para a periferia da gônada, ratificando uma uniformidade de aspectos reprodutivos na espécie.

Na zona germinativa, as características observadas nas OO corroboram as encontradas na literatura, no que diz respeito ao citoplasma diminuto e à presença de granulações no núcleo (Chaves e Magalhães 1993; Ribeiro 2006), fato também observado em ilustração das OO de *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann 1836) proveniente de um rio do estado de São Paulo, no estudo de Mossolin e Bueno (2002), sendo também observado por Ribeiro (2006) a cromatina dispersa e a exibição de um nucléolo. Demonstrando, portanto, que similaridades do processo reprodutivo ocorrem tanto nas populações de *M. amazonicum* como entre espécies do gênero, mesmo em diferentes ambientes. Quanto aos OPV, Chaves e Magalhães (1993) citam a presença de apenas um nucléolo, diferentemente do observado no presente estudo, bem como por Ribeiro (2006) que relata a existência de, por vezes, um segundo nucléolo. Este fato pode ser explicado pelo processo de corte histológico da célula que nem sempre abrange todos os componentes presentes. Nesta fase, assim como no presente estudo, esta autora também descreve o nucléolo afastado do centro nuclear. Chaves e Magalhães (1993) e Ribeiro (2006) também descreveram o formato dos OPV de poliédrico. No presente estudo, estas células se apresentaram com este formato bem como uma forma ovalada. Acredita-se que a disposição e nível de junção destas células dentro dos ovários tenham feito estes formatos variarem. Embora estes autores comentem haver granulações mais discretas neste estágio celular, no presente estudo se pôde notar, ainda, uma forte presença destes grânulos. Este fato pode estar relacionado à atividade de compactação da cromatina, a qual se exhibe de maneira mais nítida quando condensada.

Na zona de maturação, Ribeiro (2006) relatou que, por vezes, os OV apresentam um segundo nucléolo, fato não observado no presente estudo. Chaves e Magalhães (1993) também descreveram a existência de somente um nucléolo neste estágio celular. Este fato

pode ser explicado pelo método de observação utilizado, pois uma vez que esta autora realizou uma análise ultraestrutural, esta segunda organela pode ter sido encontrada, de fato. Assim como encontrado no presente estudo e relatado por Ribeiro (2006), as vesículas citoplasmáticas surgem em OV inicial. Diante dessa referência, sugere-se que esta característica seja utilizada para a identificação desta fase celular na espécie. Quanto aos OM, assim como encontrado no presente estudo, Ribeiro (2006) relata uma intensa vitelogênese presente no citoplasma nesta fase celular, bem como Chaves e Magalhães (1993) relatam sobre esta fase conter as células de maior tamanho, com citoplasma intensamente acidófilo e núcleo quase nunca seccionado. Estes últimos autores explicam que este fato sobre o núcleo é indicação de que seu volume nesta fase é muito menor quando comparado ao volume de sua célula. Estas observações reafirmam, desta forma, a igualdade das características do desenvolvimento ovariano das populações de *M. amazonicum*.

Assim como encontrado no presente estudo, Ferreira *et al.* (2012), analisando o processo de vitelogênese, encontraram que este processo gradualmente aumentou em OV da fase inicial para avançada e posteriormente para OM, sendo o 3º estágio com o maior nível de expressão vitelogênica. Também como aqui encontrado, pôde ser observado no estudo destes autores que o núcleo da célula madura sofre redução de tamanho nesta fase. Quanto a estes aspectos, desta forma, também podem ser observadas semelhanças.

Assim como no presente estudo, Ribeiro (2006) caracterizou as células foliculares como apresentando um achatamento em sua forma nas fases dos OV, bem como a existência do cordão de células pavimentosas envolta dos OM. Também como encontrado no presente estudo, Chaves e Magalhães (1993) retrataram os folículos pós-ovulatórios, caracterizando-os como cordões celulares indicadores de desova, constatando, portanto, semelhanças também nas células auxiliadoras da maturação. Diante dos resultados semelhantes e divergências consideradas metodológicas encontradas a respeito do desenvolvimento gonadal de fêmeas de

M. amazonicum, demonstra-se que as características desse processo são padrão para a espécie, no entanto, a velocidade com que este processo ocorre pode variar nas diferentes populações, uma vez que a maturação das gônadas parece estar ligada a fatores ambientais (Collart 1991).

Porto e Santos (1996) constataram um período de desova (reprodução) descontínuo para o camarão *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante 1967) proveniente de uma ilha do estado do Maranhão, encontrados dois eventos marcantes de desova, sugerindo uma desova total e semestral. *M. amazonicum* possui reprodução contínua (ver Collart 1991; Bialecki *et al.* 1997; Lucena-Frédou *et al.* 2010; Freire *et al.* 2012; Bentes *et al.* 2016, Taddei *et al.* 2017), característica contrária aos indivíduos com desova total, ratificando, portanto, a desova parcelada para esta espécie, assim como encontrado no presente estudo. Sampaio *et al.* (2007) para *M. amazonicum* proveniente de um rio do estado do Ceará, não só observaram a reprodução contínua, devido à presença de fêmeas ovígeras durante todo o período do estudo, como também observaram estas fêmeas ovígeras com gônadas em diferentes estágios, demonstrando que mesmo após a desova, há um processo contínuo de maturação dos ovários, condição para a ocorrência de desova parcelada, suportando o resultado do presente estudo. Estes fatos também foram observados por Mossolin e Bueno (2002) para *M. olfersii*, em que estes autores também sugeriram uma desova do tipo parcelada para esta espécie. Soares *et al.* (2015), para *Macrobrachium jelskii* (Miers 1877) proveniente de um rio do estado de Minas Gerais, também observaram uma reprodução contínua para esta espécie, demonstrando, portanto, que entre espécies do gênero, a periodicidade da reprodução também é similar. Chaves e Magalhães (1993) afirmaram que além das fases de maturação celular encontradas, em alguns ovários houve a presença de folículos pós-ovulatórios que se localizavam em região ainda mais periférica que os oócitos, demonstrando, portanto, que mesmo após a desova, a gônada se encontrava com células presentes na zona de maturação, condição esta semelhante a demonstrada na Figura 7D. Ferreira *et al.* (2012) observaram que quatro tipos

celulares (OO, OPV e OV em fase inicial e avançada) estavam presentes em todos os estágios do desenvolvimento gonadal (Tabela 1), exceto no 3º estágio onde houve a dominância de OM, demonstrando, portanto, a existência de mais de dois lotes oocitários, corroborando a desova do tipo parcelada. Embora Ribeiro (2006) tenha citado a existência de desova total para *M. amazonicum*, seu estudo não apresenta indícios que suportem esta afirmação, como por exemplo, a histologia de ovários de fêmeas ovígeras. Diante de todas as evidências apresentadas nesta seção, torna-se indiscutível, desta forma, a desova do tipo parcelada para esta espécie.

Vazzoler (1996) explica que os oócitos que estão presentes em cada lote são amadurecidos sincronicamente e, conforme os lotes mais desenvolvidos alcançam a maturação completa, estes vão sendo eliminados. Chaves e Magalhães (1993) observaram que os OM, quando presentes nos ovários, estão localizados na região mais periférica dentre todos os oócitos. Assim como no presente estudo, Ribeiro (2006) e Ferreira *et al.* (2012) também descrevem os ovários maduros como apresentando OM e células da zona germinativa. No entanto, uma vez que os ovários maduros de um indivíduo com desova parcelada que irá realizar a primeira desova do determinado ciclo reprodutivo se apresenta com zona germinativa, OV e OM, a observação do predomínio de OM (Figura 8C, células a partir da classe de 200 µm) com células do estoque de reserva é indicativo de que estes OM fazem parte do último lote do determinado ciclo reprodutivo, o que pode esclarecer a prevalência destes oócitos nestes ovários.

CONCLUSÕES

Em *M. amazonicum*, os ovários e suas células reprodutivas apresentam estágios de maturação com gradativo aumento de volume e surgimento de componentes nutritivos favoráveis ao desenvolvimento. Os ovários apresentam uma dinâmica de maturação contínua, em que após evento de desova, a gônada se encontra com células prontamente se organizando

para a próxima postura. A presença de mais de dois lotes oocitários nos ovários de *M. amazonicum* constata uma desova do tipo parcelada. Estas informações são uma importante ferramenta para o conhecimento sobre a biologia de *M. amazonicum*, uma vez que oferece uma base para estudos reprodutivos que contribuirão para a criação de meios de exploração comercial racional da espécie, bem como promover sua conservação na natureza.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos Engenheiros de Pesca pesquisadores Cícero Diogo Lins de Oliveira por sua assistência durante o trabalho de campo, e Luciana Souza dos Santos por seu auxílio nos procedimentos histológicos.

REFERÊNCIAS

- Ayres, M.; Ayres-Junior, M.; Ayres, D.L.; Santos, A.A.S. 2007. BioEstat - aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Sociedade Civil Mamirauá, Belém, Pará, Brasil, 364p.
- Bentes, B.; Martinelli-Lemos, J.M.; Araújo, C.; Isaac, V. 2016. A pesca do camarão-da-Amazônia, perspectivas futuras no litoral paraense. *Ciência e Cultura*, 68: 56-59.
- Bialetzki, A.; Nakatani, K.; Baumgartner, G.; Bond-Buckup, G. 1997. Occurrence of *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda: Palaemonidae) in Leopoldo's inlet (Ressaco do Leopoldo), upper Parana River, Porto Rico, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14: 379-390.
- Brown, J.H.; New, M.B.; Ismael, D. 2009. Biology. In: New, M.B.; Valenti, W.C.; Tidwell, J.H., D'Abramo, L.R.; Kutty, M.N. (Ed.) Freshwater prawns: biology and farming. John Wiley & Sons, p. 18-39.
- Coelho, P.A.; Ramos-Porto, M. 1985. Camarões de Água Doce do Brasil: Distribuição Geográfica. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2: 405-410.

Collart, O.O. 1991. Strategie de reproduction de *Macrobrachium amazonicum* en Amazonie centrale (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Crustaceana*, 61: 253-270.

Chaves, P.T.C.; Magalhães, C.O. 1993. O desenvolvimento ovocitário em *Macrobrachium amazonicum* (Heller,1862) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae), camarão dulcícola da região amazônica. *Acta Amazonica*, 23: 17-23.

Cruz, M.S.L.P.; Mattos, S.M.G.; Travassos, P.; Almeida, E.M. 2010. Caracterização da pesca artesanal e análise comparativa da produção pesqueira capturada na bacia hidrográfica do rio São Francisco, estado de Pernambuco, entre o período chuvoso e de estiagem. *Boletim Técnico-Científico do CEPNOR*, 10: 21-41.

Ferreira, M.A.P.; Resende, B.M.; Lima, M.Y.S.; Santos, S.S.D.; Rocha, R.M. 2012. The stage of ovarian development affects organ expression of vitellogenin as well as the morphometry and ultrastructure of germ cells in the freshwater prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). *Theriogenology*, 78: 981-990.

Fransozo, A.; Rodrigues, F.D.; Freire, F.A.M.; Costa, R.C. 2004. Reproductive biology of the freshwater prawn *Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the Botucatu region, São Paulo, Brazil. *Nauplius*, 12: 119-126.

Freire, J.L.; Marques, C.B.; Silva, B.B. 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: 65-76.

Junqueira, L.C.U.; Junqueira, L.M.M.S. 1983. *Técnicas básicas de citologia e histologia*. 1 ed. Santos, São Paulo, 123p.

Lima, J.F.; Silva, L.M.A.; Silva, T.C.; Garcia, J.S.; Pereira, I.S.; Amaral, K.D.S. 2014. Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the state of Amapá, Amazon River mouth. *Acta Amazonica*, 44: 245-254.

- Lucena-Frédou, F.; Filho, J.S.R.; Silva, M.C.N.; Azevedo, E.F. 2010. Population dynamics of the river prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) on Combu island (Amazon estuary). *Crustaceana*, 83: 277-290.
- 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 decapoda crustaceans in the state of São Paulo, Brazil: records and possible causes of their introduction. *Biodiversity and Conservation*, 14: 1929-1945.
- Marques, H.L.A.; Moraes-Valenti, P.M.C. 2012. Current status and prospects of farming the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) and the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862)) in Brazil. *Aquaculture Research*, 43: 984-992.
- Marza, V.D. 1938. *Histophysiologie de l'ovogenèse*. Herman et Cie, Paris, 81p. In: Vazzoler, A.E.A.M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM, Maringá, 169p.
- Melo, G.A.S. 2003. Família Palaemonidae. In: Melo, G.A.S. (Ed.). *Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil*. Loyola, São Paulo, p.334-372.
- Moraes-Riodades, P.M.C.; Valenti, W.C. 2004. Morphotypes in male Amazon river prawns, *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture*, 236: 297-307.
- Mossolin, E.C.; Bueno, S.L.S. 2002. Reproductive biology of *Macrobrachium olfersi* (Decapoda, Palaemonidae) in São Sebastião, Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 22: 367-376.
- Pileggi, L.G.; Magalhães, C.; Bond-Buckup, G.; Mantelatto, F.L. 2013. New records and extension of the known distribution of some freshwater shrimps in Brazil. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 563-574.

- Porto, H.L.R.; Santos, A.B.L. 1996. Contribuição ao conhecimento da ecologia e biologia do camarão vermelho, *Penaeus (Farfantepenaeus) subtilis* Perez-Farfante, 1967 na ilha de São Luís, estado do Maranhão, Brasil. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 9: 55-71.
- Robinson, A.H.; Morrison, J.L.; Muehrcke, P.C.; Kimerling, A.J.; Guptill, S.C. 1995. *Elements of cartography*. 6 ed. John Wiley & Sons, New York, 688p.
- Ribeiro, K. 2006. Aspectos estruturais do hepatopâncreas, desenvolvimento ovocitário e caracterização hormonal de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* durante as fases de maturação gonadal. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo. 109p.
- Sampaio, C.M.S.; Silva, R.R.; Santos, J.A.; Sales, S.P. 2007. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). *Brazilian Journal of Biology*, 67: 551-559.
- Silva, M.C.N.; Frédou, F.L.; Filho, J.S.R. 2007. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da Ilha de Combú, Belém, Estado do Pará. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 2: 85-104.
- Soares, M.R.S.; Oshiro, L.M.Y.; Toledo, J.C. 2015. Biologia reprodutiva de *Macrobrachium jelskii* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) no Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 105: 307-315.
- Taddei, F.G.; Reis, S.S., David, F.S., Silva, T.E., Fransozo, V., Fransozo, A. 2017. Population structure, mortality, and recruitment of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Caridea: Palaemonidae) in the eastern Amazon region, Brazil. *The Journal of Crustacean Biology*, v. 37, n. 2, p. 131-141.
- Tolosa, E.M.C.; Rodrigues, C.J.; Behemer, O.A.; Freitas-Neto, A.G. 2003. *Manual de técnicas histológicas normal e patológica*. 2 ed. Manole, São Paulo, 241p.

Vazzoler, A.E.A.M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM, Maringá, 169p.

Wilcox, C.D.; Dove, S.B.; McDavid, W.D.; Greer, D.B. 1996. UTHSCSA ImageTool 3.0. University of Texas, Health Science Center, San Antonio, Texas, United States.

GUIA AOS AUTORES PARA CRIAÇÃO DO MANUSCRITO

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. Submissões que não estejam de acordo com as normas são devolvidas aos autores.

- 1.** O tamanho máximo de um arquivo individual deve ser 2 MB.
- 2.** O manuscrito deve ser acompanhado de uma carta de submissão indicando que: **a)** os dados contidos no trabalho são originais e precisos; **b)** que todos os autores participaram do trabalho de forma substancial e estão preparados para assumir responsabilidade pública pelo seu conteúdo; **c)** a contribuição apresentada à Revista não foi previamente publicada e nem está em processo de publicação, no todo ou em parte em outro veículo de divulgação. A carta de submissão deve ser carregada no sistema da Acta Amazonica como "documento suplementar".
- 3.** Os manuscritos devem ser escritos em inglês. A veracidade das informações contidas numa submissão é de responsabilidade exclusiva dos autores.
- 4.** A extensão máxima para artigos e revisões é de 30 páginas (ou 7500 palavras, excluindo a folha de rosto), dez páginas (2500 palavras) para Notas Científicas e cinco páginas para outros tipos de contribuições.
- 5.** Os manuscritos formatados conforme as Instruções aos Autores são enviados aos editores associados para pré-avaliação. Neste primeiro julgamento são levados em consideração a relevância científica, a inteligibilidade do manuscrito e o escopo no contexto amazônico. Nesta fase, contribuições fora do escopo da Revista ou de pouca relevância científica são rejeitadas. Manuscritos aprovados na pré-avaliação são enviados para revisores (pelo menos dois), especialistas de instituições diferentes daquelas dos autores, para uma análise mais detalhada.
- 6.** A aprovação dos manuscritos está fundamentada no conteúdo científico e na sua apresentação conforme as Normas da Revista.

7. Os manuscritos que necessitam correções são encaminhados aos autores para revisão. A versão corrigida deve ser encaminhada ao Editor, via sistema da Revista, no prazo de DUAS semanas. Uma carta de encaminhamento deve ser também carregada no sistema da Revista, detalhando as correções efetuadas. Nessa carta, recomendações não incorporadas ao manuscrito devem ser explicadas. Todo o processo de avaliação pode ser acompanhado no endereço, <http://mc04.manuscriptcentral.com/aa-scielo>.

8. Seguir estas instruções para preparar e carregar o manuscrito:

a. Folha de rosto (Title page): Esta página deve conter o título, nomes (com último sobrenome em maiúscula), endereços institucionais completos e endereço eletrônico do autor correspondente. Os nomes das instituições não devem ser abreviados. Usar um asterisco (*) para indicar o autor correspondente.

Carregar este arquivo selecionando a opção: "Title page"

b. Corpo do manuscrito (main document). O corpo do manuscrito deve ser organizado da seguinte forma: Título, Resumo, Palavras-Chave, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Bibliografia Citada, Legendas de figuras e Tabelas. Além do "main document" em inglês, o manuscrito deve ter "Título, Resumo e Palavras-chave" em português ou espanhol .

Carregar este arquivo como "Main document".

c. Figuras. São limitadas a sete em artigos. Cada figura deve ser carregada em arquivo separado e estar em formato gráfico (JPG ou TIFF). Deve ser em alta qualidade e com resolução de 300 dpi. Para ilustrações em bitmap, utilizar 600 dpi.

Carregar cada um destes arquivos como "Figure".

d. Tabelas. São permitidas até cinco tabelas por artigo. Utilizar espaço simples e a função "tabela" para digitar a tabela. As tabelas devem ser inseridas ao final do corpo do manuscrito (main document), após as legendas das figuras.

9. As Notas Científicas são redigidas separando os tópicos: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão e Conclusões em parágrafos, mas sem incluir os títulos das seções. Os outros tópicos da Nota Científica devem seguir o formato do artigo completo. São permitidas até três figuras e duas tabelas. Carregar as diferentes partes do manuscrito como descrito no Item 8.

10. Nomes dos autores e endereço institucional completo, incluindo endereço electrónico DEVEM ser cadastrados no sistema da Revista no ato da submissão.

11. IMPORTANTE: Os manuscritos não formatados conforme as Normas da Revista NÃO são aceitos para publicação.

FORMATO E ESTILO

12. Os manuscritos devem ser preparados usando editor de texto (e.g. doc ou docx), utilizando fonte "Times New Roman", tamanho 12 pt, espaçamento duplo, com margens de 3 cm. As páginas e as linhas devem ser numeradas de forma contínua. Para tabelas ver Item 8d.

13. Título. Justificado à esquerda, com a primeira letra maiúscula. O título deve ser conciso evitando-se o uso de nomes científicos.

14. Resumo. Deve conter até 250 palavras (150 palavras no caso de Notas Científicas). Iniciar o Resumo com uma breve introdução, logo a seguir informar os objetivos de forma clara. De forma sucinta informar a metodologia, os resultados e as conclusões enfatizando aspectos importantes do estudo. O resumo deve ser autossuficiente para a sua compreensão. Os nomes científicos das espécies e demais termos em latim devem ser escritos em itálico. Siglas devem ser evitadas nesta seção; porém, se necessárias, o significado deve ser incluído. Não utilizar referências bibliográficas no resumo.

15. Palavras-chave. Devem ser em número de quatro a cinco. Cada palavra-chave pode conter dois ou mais termos. Porém, não devem ser repetidas palavras utilizadas no título.

16. Introdução. Enfatizar o propósito do trabalho e fornecer, de forma sucinta, o estado do conhecimento sobre o tema em estudo. Especificar claramente os objetivos ou hipóteses a serem testados. Esta seção não deve exceder de 35 linhas. Não incluir resultados ou conclusões e não utilizar subtítulos na Introdução. Encerrar esta seção com os objetivos.

17. Material e Métodos. Esta seção deve ser organizada cronologicamente e explicar os procedimentos realizados, de tal modo que outros pesquisadores possam repetir o estudo. O procedimento estatístico utilizado deve ser descrito nesta seção. O tipo de análise estatística aplicada aos dados deve ser descrita. Procedimentos-padrão devem ser apenas referenciados. As unidades de medidas e as suas abreviações devem seguir o Sistema Internacional e, quando necessário, deve constar uma lista com as abreviaturas utilizadas. Equipamento específico utilizado no estudo deve ser descrito (modelo, fabricante, cidade e país de fabricação, entre parênteses). Por exemplo: "A fotossíntese foi determinada usando um sistema portátil de trocas gasosas (Li-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, USA)". Material testemunho (amostra para referência futura) deve ser depositado em uma ou mais coleções científicas e informado no manuscrito. NÃO utilizar sub-subtítulos nesta seção. Utilizar negrito, porém não itálico ou letras maiúsculas para os subtítulos.

18. Aspectos éticos e legais. Para estudos que exigem autorizações especiais (e.g. Comitê de Ética/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, IBAMA, SISBIO, CNPq, CNTBio, INCRA/FUNAI, EIA/RIMA, outros) informar o número do protocolo e a data de aprovação.

É responsabilidade dos autores o cumprimento da legislação específica relacionada a estes aspectos.

19. Resultados. Os resultados devem apresentar os dados obtidos com o mínimo julgamento pessoal. Não repetir no texto toda a informação contida em tabelas e figuras. Não apresentar a mesma informação (dados) em tabelas e figuras simultaneamente. Não utilizar sub-subtítulos nesta seção. Algarismos devem estar separados de unidades. Por exemplo, 60 °C e NÃO 60° C, exceto para percentagem (e.g., 5% e NÃO 5 %).

Unidades: Utilizar unidades e símbolos do Sistema Internacional e simbologia exponencial. Por exemplo, cmol kg⁻¹ em vez de meq/100g; m s⁻¹ no lugar de m/s. Use espaço no lugar de ponto entre os símbolos: m s⁻¹ e não m.s⁻¹; use “-” e não “-” para indicar número negativo. Por exemplo: -2 no lugar de -2. Use kg e não Kg; km no lugar de Km.

20. Discussão. A discussão deve ter como alvo os resultados obtidos. Evitar mera especulação. Entretanto, hipóteses bem fundamentadas podem ser incorporadas. Apenas referências relevantes devem ser incluídas.

21. Conclusões. Esta seção (um parágrafo) deve conter uma interpretação sucinta dos resultados e uma mensagem final que destaque as implicações científicas do trabalho.

22. Agradecimentos devem ser breves e concisos. Incluir agência(s) de fomento. NÃO abreviar nomes de instituições.

23. Bibliografia Citada. Pelo menos 70% das referências devem ser artigos de periódicos científicos. As referências devem ser preferencialmente dos últimos 10 anos, evitando-se exceder 40 citações. Esta seção deve ser organizada em ordem alfabética e deve incluir apenas citações mencionadas no manuscrito. Para referências com mais de dez autores, relacionar os seis primeiros seguido de et al. Nesta seção, o título do periódico NÃO deve ser abreviado.

Observar os exemplos abaixo:

a) Artigos de periódicos:

Villa Nova, N.A.; Salati, E.; Matsui, E. 1976. Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica. *Acta Amazonica*, 6: 215-228.

Artigos de periódicos que não seguem o sistema tradicional de paginação:

Ozanne, C.M.P.; Cabral, C.; Shaw, P.J. 2014. Variation in indigenous forest resource use in Central Guyana. *PLoS ONE*, 9: e102952.

b) Dissertações e teses:

Ribeiro, M.C.L.B. 1983. As migrações dos jaraquis (Pisces: Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 192p.

c) Livros:

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2da ed. McGraw-Hill, New York, 633p.

d) Capítulos de livros:

Absy, M.L. 1993. Mudanças da vegetação e clima da Amazônia durante o Quaternário. In: Ferreira, E.J.G.; Santos, G.M.; Leão, E.L.M.; Oliveira, L.A. (Ed.). Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia. v.2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.3-10.

e) Citação de fonte eletrônica:

CPTEC, 1999. Climanalise, 14: 1-2 (www.cptec.inpe.br/products/climanalise). Acesso em 19/05/1999.

f) Citações com mais de dez autores:

Tseng, Y.-H.; Kokkotou, E.; Schulz, T.J.; Huang, T.L.; Winnay, J.N.; Taniguchi, C.M.; et al. 2008. New role of bone morphogenetic protein 7 in brown adipogenesis and energy expenditure. *Nature*, 454:1000-1004.

24. Citações de referências no texto. As referências devem seguir ordem cronológica. Para duas ou mais referências do mesmo ano citar conforme a ordem alfabética. Exemplos:

a) Um autor:

Pereira (1995) ou (Pereira 1995).

b) Dois autores:

Oliveira e Souza (2003) ou (Oliveira e Souza 2003).

c) Três ou mais autores:

Rezende et al. (2002) ou (Rezende et al. 2002).

d) Citações de anos diferentes (ordem cronológica):

Silva (1991), Castro (1998) e Alves (2010) ou (Silva 1991; Castro 1998; Alves 2010).

e) Citações no mesmo ano (ordem alfabética):

Ferreira et al. (2001) e Fonseca et al. (2001); ou (Ferreira et al. 2001; Fonseca et al. 2001).

FIGURAS

25. Fotografias, desenhos e gráficos devem ser de alta resolução, em preto e branco com alto contraste, numerados sequencialmente em algarismos arábicos. NÃO usar tonalidades de cinza em gráficos de dispersão (linhas ou símbolos) ou gráficos de barra. Em gráfico de dispersão usar símbolos abertos ou sólidos (círculos, quadrados, triângulos, ou losangos) e linhas em preto (contínuas, pontilhadas ou tracejadas). Para gráfico de barra, usar barras pretas, bordas pretas, barras listradas ou pontilhadas. Na borda da área de plotagem utilizar

uma linha contínua e fina, porém NÃO usar uma linha de borda na área do gráfico. Em figuras compostas cada uma das imagens individuais deve ser identificada com uma letra maiúscula posicionada no canto superior direito, dentro da área de plotagem.

26. Evitar legendas desnecessárias na área de plotagem. Nos títulos dos eixos ou na área de plotagem NÃO usar letras muito pequenas (< tamanho 10 pt). Nos eixos usar marcas de escala internas. NÃO usar linhas de grade horizontais ou verticais, exceto em mapas ou ilustrações similares. O significado das siglas utilizadas deve ser descrito na legenda da figura. Cada eixo do gráfico deve ter o seu título e a unidade. Evitar muitas subdivisões nos eixos (cinco a seis seriam suficientes). Em mapas incluir escala e pelo menos um ponto cardinal.

27. As figuras devem ser elaboradas de forma compatível com as dimensões da Revista, ou seja, largura de uma coluna (8 cm) ou de uma página 17 cm e permitir espaço para a legenda. As ilustrações podem ser redimensionadas durante o processo de produção para adequação ao espaço da Revista. Na figura, quando for o caso, a escala deve ser indicada por uma barra (horizontal) e, se necessário, referenciadas na legenda da figura. Por exemplo, barra = 1 mm.

28. Citação de figuras no texto. As figuras devem ser citadas com letra inicial maiúscula, na forma direta ou indireta (entre parêntesis). Por exemplo: Figura 1 ou (Figura 1). Na legenda, a figura deve ser numerada seguida de ponto antes do título. Por exemplo: "Figura 1. Análise...". Definir na legenda o significado de símbolos e siglas usados. Figuras devem ser autoexplicativas.

29. Figuras de outras autorias. Para figuras de outras autorias ou publicadas anteriormente, os autores devem informar explicitamente no manuscrito que a permissão para reprodução foi concedida. Carregar no sistema da Revista (não para revisão), como documento suplementar, o comprovante outorgado pelo detentor dos direitos autorais.

30. Adicionalmente às figuras inseridas no sistema em formato TIFF ou JPG, os gráficos preparados usando Excel ou SigmaPlot podem ser carregados como arquivos suplementares (selecionando a opção Not for review).

31. Ilustrações coloridas. Fotografias e outras ilustrações devem ser preferencialmente em preto e branco. Ilustrações coloridas são aceitas, mas o custo de impressão é por conta dos autores. Sem custo para os autores, podem ser usadas ilustrações em preto e branco na versão impressa e coloridas na versão eletrônica. Nesse caso, isso deve ser informado na legenda da figura. Por exemplo, adicionando a sentença: " this figure is in color in the electronic version". Esta última informação é para os leitores da versão impressa.

Os autores podem ser convidados a enviar uma fotografia colorida, para ilustrar a capa da Revista. Nesse caso, não há custos para os autores.

TABELAS

32. As tabelas devem ser organizadas e numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. A numeração e o título (legenda) devem estar em posição superior à tabela. A tabela pode ter notas de rodapé. O significado das siglas e dos símbolos utilizados na tabela (cabecinhos, etc.) devem ser descritos no título. Usar linhas horizontais acima e abaixo da tabela e para separar o cabeçalho do corpo da tabela. Não usar linhas verticais.

33. As tabelas devem ser elaboradas em editor de texto (e.g. doc ou docx) e não devem ser inseridas no texto como imagem (e.g. no formato JPG).

34. A citação das tabelas no texto pode ser na forma direta ou indireta (entre parêntesis), por extenso, com a letra inicial maiúscula. Por exemplo: Tabela 1 ou (Tabela 1). Na legenda, a tabela deve ser numerada seguida de ponto antes do título: Por exemplo: "Tabela 1. Análise...". Tabelas devem ser autoexplicativas.

4. 2 - Artigo científico II

Artigo científico a ser encaminhado à Revista **Journal of Crustacean Biology**.

Todas as normas de redação e citação, doravante, atendem as estabelecidas pela referida revista, exceto o idioma, o alinhamento do texto à esquerda e a posição das imagens, as quais estão localizadas ao longo do texto.

E. VENTURA ET AL. CRESCIMENTO E REPRODUÇÃO DE *Macrobrachium amazonicum*

**Crescimento relativo e aspectos reprodutivos de fêmeas de
Macrobrachium amazonicum (Heller, 1862) (Crustacea:
Palaemonidae) no semiárido do Nordeste brasileiro**

Emerson Ventura¹, Allysson Winick-Silva¹ e Renata Akemi Shinozaki-Mendes¹

¹ Laboratório de Biologia Pesqueira, Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação,
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Av.

Gregório Ferraz Nogueira, s/n, 56909-535, Serra Talhada (PE), Brasil

Correspondência: E. Ventura; e-mail: emersonventura20@gmail.com

RESUMO

Macrobrachium amazonicum (Heller, 1862) possui uma ampla distribuição geográfica, estando presente em ambientes costeiros e continentais. A espécie se torna, desta forma, um importante modelo biológico para pesquisas a fim de verificar possíveis alterações nas populações conforme seus locais de ocorrência. Em uma população da região do semiárido do Nordeste do Brasil, foram analisados aspectos relacionados ao crescimento e à reprodução de fêmeas da espécie. Os resultados demonstraram que o comprimento da carapaça (CC) variou de 5,57 a 17,61 mm, com média e desvio padrão de $10,96 \pm 2,07$ mm, e o comprimento total (CT) variou de 28,96 a 80,63 mm ($52,14 \pm 9,13$ mm). O comprimento total aumentou em uma maior proporção que a região da carapaça (alometria positiva), bem como esta região cresceu em uma maior proporção em relação ao ganho de peso (alometria negativa). Utilizando o CC, o tamanho de primeira maturação gonadal (CC₅₀) foi de 9,48 mm, sendo considerado menor do que exemplares da região amazônica. A fecundidade máxima estimada encontrada foi de

2805 ovos por fêmea, com valor médio de 690 ovos. Fêmeas ovígeras e desovadas foram presentes durante todo o ano, caracterizando uma reprodução contínua, com uma variação sazonal em que temperaturas mais altas da água e período com menor pluviosidade favoreceram a ocorrência (09 a 12/2016 e 07 a 08/2017). As principais características desta população, como a alometria negativa para a relação comprimento – peso e o período reprodutivo contínuo com variação sazonal são registrados para populações de outras localidades, o que se sugere um padrão para a espécie, havendo variação latitudinal apenas dos tamanhos atingidos.

Palavras-chave: camarão da Amazônia, morfometria, tamanho de primeira maturação, fecundidade, período de reprodução

**Relative growth and reproductive aspects of females of
Macrobrachium amazonicum (Heller, 1862) (Crustacea:
Palaemonidae) in the semi-arid of Northeast Brazil**

ABSTRACT

Macrobrachium amazonicum (Heller, 1862) has a wide geographical distribution, being present in coastal and continental environments. The species becomes, thus, an important biological model for researches in order to verify possible changes in the populations according to their places of occurrence. In a population of the semi-arid region of Northeast Brazil, we analyzed aspects related to the growth and reproduction of females of the species. Our results showed that the carapace length (CL) ranged from 5.57 to 17.61 mm, with mean and standard deviation (SD) of 10.96 ± 2.07 mm, and the total length (TL) ranged from 28.96 to 80.63 mm (52.14 ± 9.13 mm). The total length increased in a highest proportion than the carapace region (positive allometry), as well as this region increased in a highest proportion in

relation to the weight (negative allometry). Using the CL, the size at first gonadal maturation (CL₅₀) was 9.48 mm, being considered smaller than specimens of the Amazon region. The estimated maximum fecundity found was 2805 eggs per female, with a mean value of 690 eggs. Ovigerous and spawned females were present throughout the year, characterizing a continuous reproduction, with a seasonal variation in which higher water temperatures and lower rainfall period favored the occurrence (09 to 12/2016 and 07 to 08/2017). The main characteristics of this population, such as negative allometry for the length – weight relationship and the continuous reproductive period with seasonal variation are recorded for populations from other localities, suggesting a pattern for the species, having latitudinal variation only of the sizes reached.

Key Words: Amazon river prawn, morphometry, size at first maturation, fecundity, reproductive period

INTRODUÇÃO

O gênero *Macrobrachium* Bate, 1868 compreende as espécies de camarões de água doce que mais apresentam importância econômica (Taddei *et al.*, 2017). *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), por exemplo, é considerado o decápode de água doce de maior relevância comercial no lado leste do subcontinente sul-americano (Maciel & Valenti, 2009), possuindo alto potencial para o cultivo (New, 2005). Suas populações se dividem em costeiras, habitando rios associados a águas estuarinas, e continentais, habitando rios, lagos e outras acumulações de águas interiores (Maciel & Valenti, 2009). Apresentam, desta forma, grande plasticidade ecológica desenvolvida em resposta a diferentes condições desses ambientes (Vergamini *et al.*, 2011).

Quanto ao parâmetro crescimento relativo, seu estudo se refere às afinidades entre tamanhos somáticos ou de órgãos (Moraes-Riodades & Valenti, 2002). Como demonstrado no estudo de Masunari & Swiech-Ayoub (2003), informações acerca do crescimento relativo podem inferir sobre padrões reprodutivos de indivíduos, e auxilia na exploração destes (tamanho ideal de captura) (Valenti *et al.*, 1989a), além de contribuir na caracterização e conhecimento morfológico dos seres de modo geral, bem como na avaliação do desenvolvimento de partes corporais de interesse econômico.

O conhecimento do tamanho de primeira maturação é de extrema importância para a gestão de estoques naturais, constituindo uma ferramenta para a definição dos tamanhos mínimos de captura dos indivíduos (Vazzoler, 1996). Nas espécies da família Palaemonidae, a fecundidade é considerada como o número de ovos postos por incubação que podem ser vistos aderidos aos pleópodos das fêmeas (Lima *et al.*, 2014), sendo estas denominadas de ovígeras. O conhecimento da fecundidade pode prover informações de avaliação da potencialidade de uma espécie para o cultivo, bem como do seu sucesso reprodutivo e avaliação do tamanho do estoque da população natural (Valenti *et al.*, 1989b; Lima *et al.*,

2015). O período reprodutivo se refere ao intervalo de tempo em que fêmeas ovígeras podem ser encontradas (Cobo, 2002), e seu conhecimento pode nortear a intensidade de captura dos indivíduos no ambiente.

A ampla distribuição de *M. amazonicum* a torna uma espécie interessante para a observação de possíveis alterações em suas populações mediante seus locais de ocorrência. Objetivou-se com o presente estudo, desta forma, determinar o crescimento relativo e analisar a biologia reprodutiva identificando o tamanho de primeira maturação gonadal, estimando a fecundidade e identificando o período reprodutivo de fêmeas da espécie em uma região de semiárido nordestino.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

A realização do estudo ocorreu com indivíduos provenientes do reservatório Cachoeira II, localizado no município Serra Talhada, estado de Pernambuco, Brasil (07°57'00"S, 038°20'00"W). As coletas foram realizadas mensalmente de setembro de 2016 a agosto de 2017 no período de lua cheia, a montante do reservatório. Foram utilizados covos artesanais confeccionados com garrafas do tipo PET, com sanga de 3 cm e isca de farinha de mandioca. Os covos foram deixados no local de estudo ao crepúsculo (16h) e recolhidos ao amanhecer (05h). Os fatores abióticos: temperatura da água e temperatura do ar foram mensuradas utilizando termômetro digital IncoTerm 7665.02.0.00 (IncoTerm, Porto Alegre, Brasil) com resolução de 0,1 °C. A pluviosidade mensal para a localidade de estudo foi observada por meio de dados obtidos da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Procedimentos laboratoriais e análise dos dados

Os espécimes foram crioanestesiados a -10 °C por cerca de 20 minutos, quantificados e identificados quanto à espécie, utilizando-se o manual de identificação proposto por Melo (2003). A sexagem foi realizada por meio da observação da presença ou ausência do apêndice

masculino localizado no endopodito do segundo par de pleópodos (Brown *et al.*, 2009; Lima *et al.*, 2014). Foram obtidos os valores do comprimento da carapaça (CC, distância entre a margem posterior da órbita direita e a margem posterior da carapaça, na linha média), comprimento total (CT, distância entre a margem posterior do rostro e a margem posterior do telson), utilizando paquímetro digital LeeTools-684132 (LeeTools, Mauá, Brasil) com resolução de 0,01 mm, e peso total úmido (P), por meio de balança digital A 500 (Marte, São Paulo, Brasil) com resolução de 0,01 g.

Para a análise do crescimento relativo, foi utilizado o modelo de regressão linear $CT = \beta_0 + \beta_1 CC$ e o modelo potencial $P = \beta_0 CC^{\beta_1}$, em que β_0 é a interseção do modelo no eixo das ordenadas e β_1 a inclinação da reta, sendo a constante de crescimento alométrico ou isométrico. Para a relação linear, classificou-se: $\beta_1 = 1$ isometria, $\beta_1 < 1$ alometria negativa ou $\beta_1 > 1$ alometria positiva. Para a relação potencial, $\beta_1 = 3$ isometria, $\beta_1 < 3$ alometria negativa ou $\beta_1 > 3$ alometria positiva, sendo calculado, ainda, o coeficiente de determinação (R^2).

Segundo Vazzoler (1996), o tamanho de primeira maturação gonadal é aquele comprimento (L_{50}) no qual 50% dos indivíduos possuem gônadas aptas à reprodução. Para determinação deste comprimento, utilizou-se a frequência relativa do comprimento da carapaça (CC), sendo classificados em adultos todos os exemplares que não estavam imaturos, seguindo método de classificação macro-microscópica do desenvolvimento dos indivíduos baseado no Capítulo I, que observa macroscopicamente o desenvolvimento da dimensão, cor e textura dos ovários e microscopicamente por meio de histologia, determinando os seguintes estágios de maturação: imaturo, em maturação, maturo, desovado em maturação (inclui as fêmeas ovígeras), desovado e repouso. Para este fim, os ovários foram fixados em solução de Davidson (entre 24 a 48 horas), submetidos à rotina histológica padrão, emblocados em parafina, cortados a 5 μ m e corados com Hematoxilina de Harris - Eosina Aquosa (adaptado de Junqueira & Junqueira, 1983) e Tricrômico de Gomori (adaptado

de Tolosa *et al.*, 2003) para diferenciação dos tecidos. Aos dados de CC dos indivíduos adultos, foi aplicado o modelo logístico: $Mf = 1/(1 + e^{\beta_0 + \beta_1 CC})$ em que Mf é a frequência de indivíduos maduros, β_0 e β_1 as constantes do modelo e CC o comprimento da carapaça. A análise foi realizada por meio do programa SisEAPRO 3.0.

A fecundidade foi obtida por meio da contagem dos ovos das fêmeas ovígeras. A contagem se deu por meio de uma alíquota da quantidade total de ovos de cada fêmea para estimação geral, baseando-se em método gravimétrico adaptado de Vazzoler (1996). Segundo esta autora, em indivíduos com desova parcelada, a fecundidade é referente às parcelas e não ao total, portanto, uma vez que *M. amazonicum* possui este tipo de desova (ver Capítulo I), a análise do presente estudo é referente a uma fecundidade por parcela. Por meio de regressão exponencial ($y = \beta_0 e^{\beta_1 x}$), a relação entre a fecundidade e o tamanho das fêmeas foi determinada, em que o n° de ovos foi considerado como variável dependente e CC como variável independente.

O período reprodutivo foi caracterizado seguindo método adaptado de Vazzoler (1996), com a observação da frequência relativa mensal de fêmeas nos estágios gonadais: desovado em desenvolvimento (fêmeas ovígeras) e desovado, levando em consideração o método de classificação macro-microscópica do desenvolvimento dos indivíduos realizado no Capítulo I. A relação entre a frequência destes indivíduos ao longo do período de estudo e os fatores abióticos (temperaturas e pluviosidade) foi analisada pelo teste de correlação de Spearman por meio do programa BioEstat 5.3 (Ayres *et al.*, 2007) para um nível de significância de $P < 0,05$. A análise foi realizada considerando separadamente estes dois grupos de indivíduos bem como a temperatura do ar e da água.

RESULTADOS

Um total de 452 fêmeas de *M. amazonicum* foi analisado. O comprimento da carapaça (CC) variou de 5,57 a 17,61 mm, com média e desvio padrão de $10,96 \pm 2,07$ mm (Fig. 1). O

comprimento total (CT) variou de 28,96 a 80,63 mm ($52,14 \pm 9,13$ mm). O peso variou de 0,18 a 3,54 g ($1,15 \pm 0,59$ g). A relação $CC \times CT$ apresentou alometria positiva (Fig. 2A), portanto, ao longo do crescimento, à medida que a região da carapaça dos indivíduos aumentou, o comprimento total aumentou em uma maior proporção. A relação $CC \times P$ apresentou, por sua vez, alometria negativa (Fig. 2B), portanto, ao longo do desenvolvimento, à medida que a região da carapaça aumentou, o ganho de peso aconteceu em uma menor proporção.

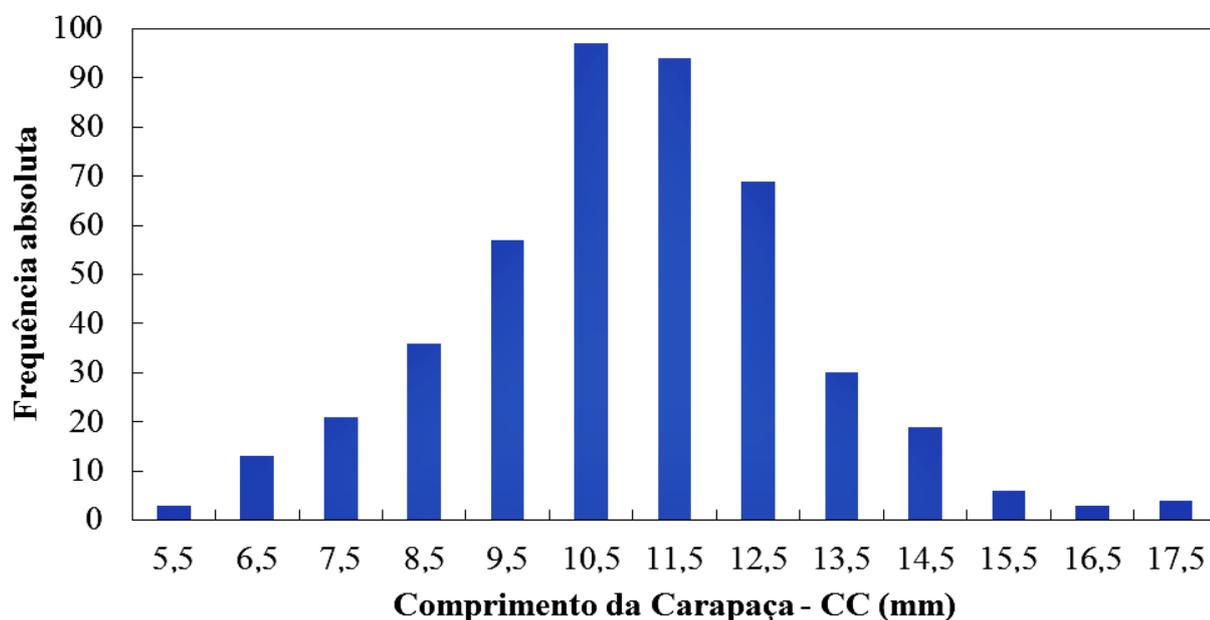


Figura 1. Distribuição de frequência do Comprimento da Carapaça (CC) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017.

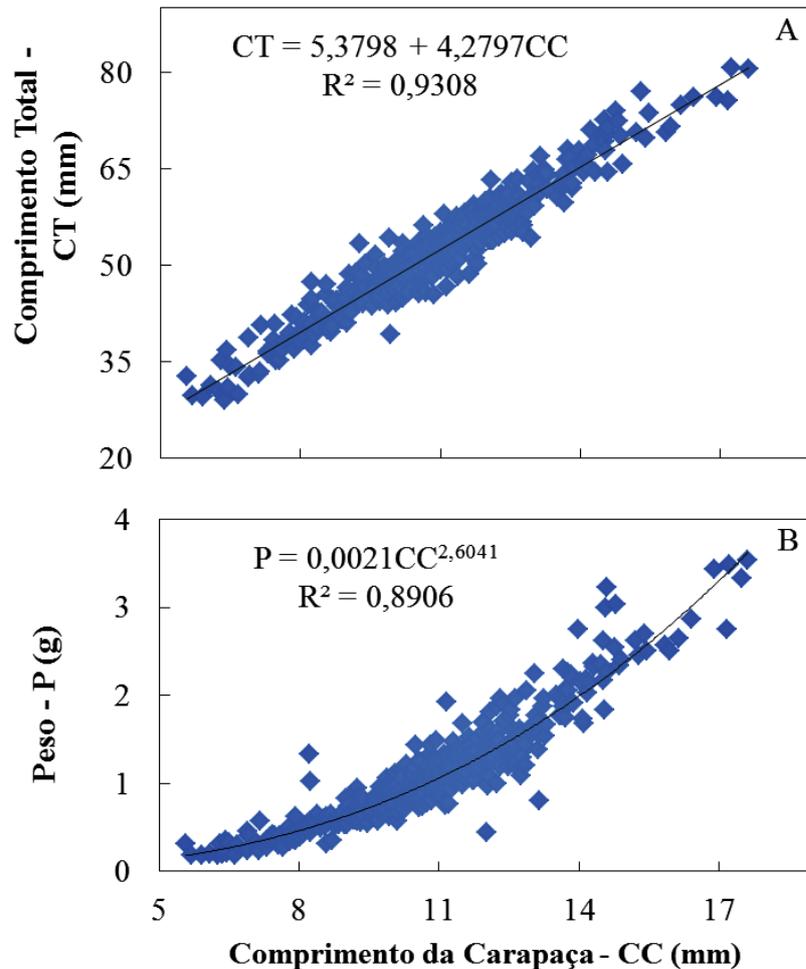


Figura 2. Relação entre Comprimento da Carapaça (CC) e Comprimento Total (CT) (A) e Comprimento da Carapaça (CC) e Peso (P) (B) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017.

Fêmeas imaturas representaram 14,60% do total de indivíduos, fêmeas adultas representaram 11,73%, 15,27%, 32,08%, 25,66% e 0,66% nos estágios em maturação, maturo, desovado em maturação, desovado e repouso, respectivamente. O tamanho de primeira maturação gonadal (CC_{50}) foi determinado em 9,48 mm. Estendendo a porcentagem das fêmeas aptas à reprodução para 99% da população, encontrou-se um tamanho de 11,69 mm. A Figura 3 demonstra a representação gráfica do modelo logístico sobre os dados do CC, exibindo uma curva do tipo sigmóide.

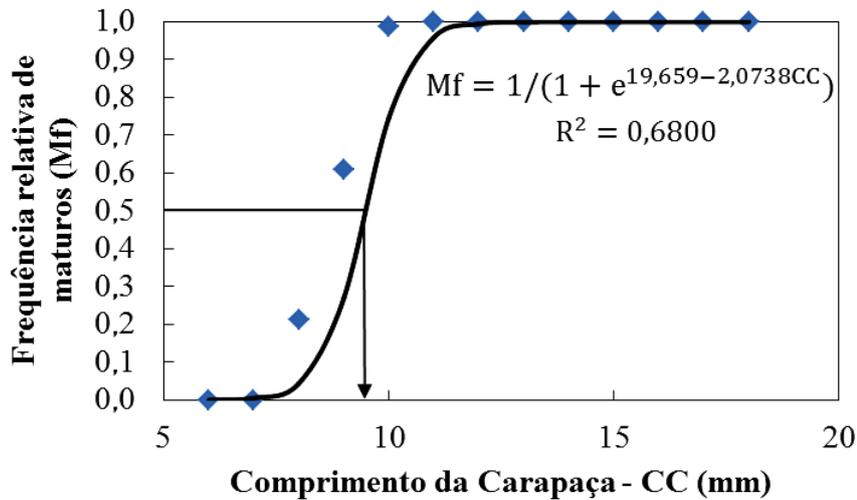


Figura 3. Tamanho de primeira maturação gonadal (CC_{50}) para as fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017.

Dentre as fêmeas amostradas, 145 estavam ovíferas, e o CC destes indivíduos apresentou variação de 8,83 a 17,61 mm ($11,83 \pm 1,89$ mm) e o CT de 42,02 a 80,63 mm ($55,98 \pm 7,93$ mm). A fecundidade estimada de *M. amazonicum* variou de 78 a 2805 ovos por parcela ($690,91 \pm 508,32$ ovos).

Na Figura 4, observa-se que à medida que o tamanho das fêmeas aumentou, também houve um aumento na fecundidade, embora haja uma baixa correlação.

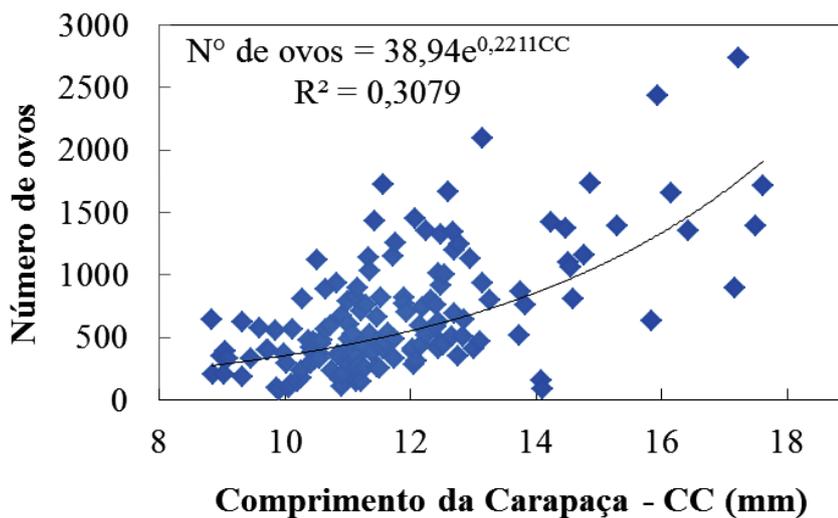


Figura 4. Relação entre o Comprimento da Carapaça (CC) e o Número de ovos de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017.

Fêmeas ovígeras e desovadas ocorreram em todos os meses amostrados, exceto no mês de abril para ovígeras e estas sendo mais frequentes de julho a dezembro, caracterizando, portanto, um período reprodutivo contínuo com períodos mais intensos para este evento. Fêmeas nos estágios imaturo, em maturação e maturo ocorreram em quase todos os meses. Fêmeas em repouso foram encontradas somente em dezembro, fevereiro e março (Fig. 5). Na localidade do estudo, as temperaturas da água e do ar variaram de 24,7 a 29,0 °C, com média e desvio padrão de $26,8 \pm 1,9$ °C; e de 32,7 a 38,3 °C ($34,2 \pm 2,4$ °C), respectivamente. Embora as temperaturas da água e do ar tenham seguido uma mesma tendência em determinados períodos do estudo, apenas a relação da temperatura da água apresentou correlação significativa ($r = -0,599$; $P < 0,05$) com a frequência de fêmeas ovígeras, em que pôde ser notado um aumento da porcentagem destas fêmeas acompanhado por um discreto aumento desta temperatura de outubro a novembro/2016 e de dezembro a janeiro/2016 (Fig. 5). Observaram-se meses com ocorrência de chuvas em setembro de 2016 e de dezembro de 2016 a julho de 2017, com maior pluviosidade em março/2017 (138,6 mm) e abril/2017 (157,4 mm). Embora as frequências das fêmeas ovígeras e desovadas não tenham apresentado correlação com a pluviosidade ($r = -0,5326$; $P > 0,05$ e $r = 0,2615$; $P > 0,05$, respectivamente), notou-se que a maior frequência de fêmeas ovígeras aconteceu nos meses anteriores ao período prolongado das chuvas ao contrário das fêmeas desovadas que tiveram maior frequência neste período. A frequência dos indivíduos em geral oscilou durante o estudo, em que nos últimos meses do período chuvoso (abril, maio e junho) houve a menor taxa de captura (Fig. 6).

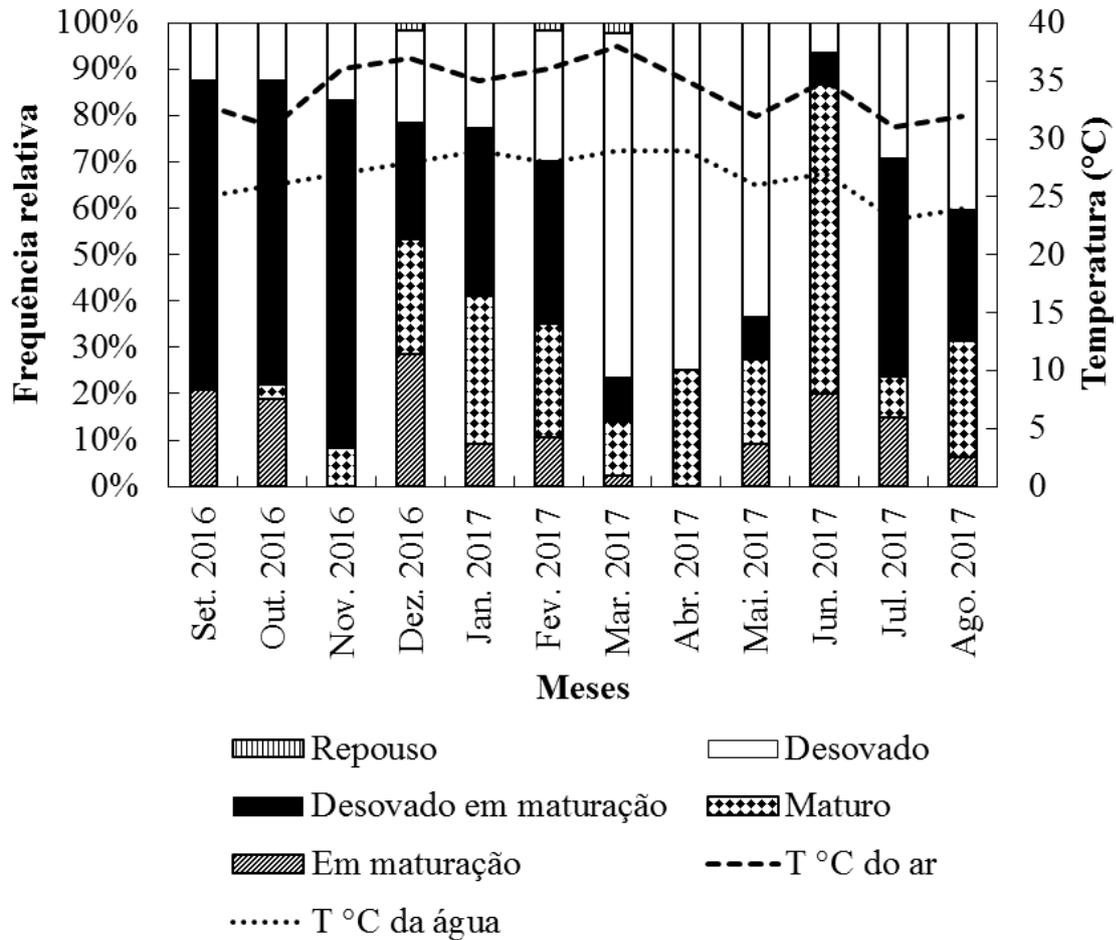


Figura 5. Relação entre a temperatura do ambiente e a distribuição de frequência mensal dos estágios de maturação gonadal de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017.

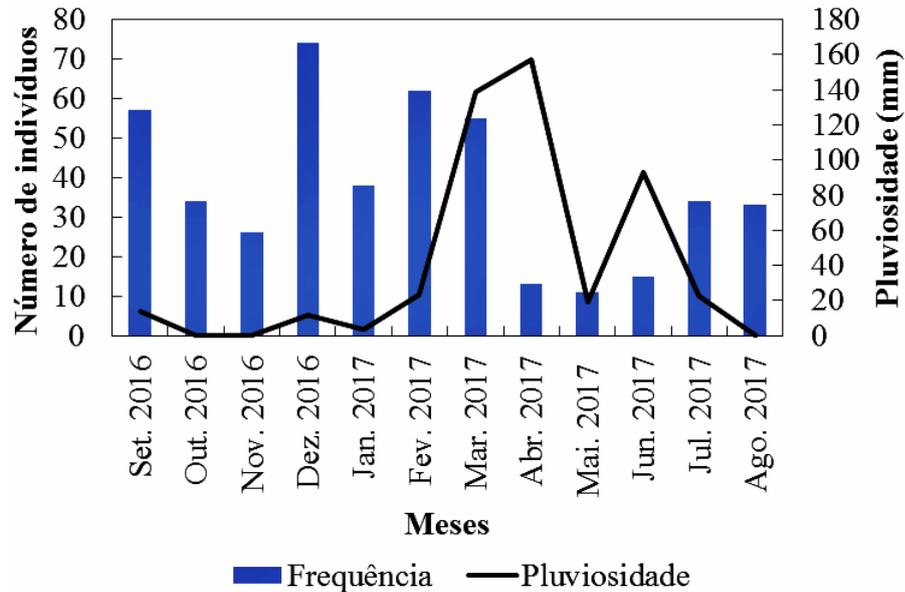


Figura 6. Relação entre a pluviosidade e a distribuição da frequência mensal de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* capturadas no reservatório Cachoeira II, entre Set/2016 e Ago/2017.

DISCUSSÃO

O comprimento máximo encontrado para as fêmeas de *M. amazonicum* no presente estudo (CC: 17,61 mm; CT: 80,63 mm) foi inferior ao observado em uma ilha do estado do Pará (CT: 109,00 mm) por Silva *et al.* (2007), em um estuário da região nordeste do estado do Pará (CC: 32,50 mm) por Freire *et al.* (2012), e em um rio do estado do Pará (CT: 111,00 mm) por Costa *et al.* (2016). Foi próximo ao observado em um lago do estado do Pará (CC: 18,00 mm; CT: 82,00 mm) por Collart (1988) e em um lago do estado do Amazonas (CC: 19,70 mm) por Taddei *et al.* (2017), sendo superior ao observado em um reservatório do estado de Minas Gerais (CC: 10,06 mm) por Silva *et al.* (2017), e em um reservatório do estado de São Paulo (CC: 11,40 mm) por Pantaleão *et al.* (2012). De acordo com o observado por Collart & Moreira (1993) em uma ilha na Amazônia Central do estado do Amazonas, *M. amazonicum* possui grande inconstância de tamanhos, cujas populações presentes em ambientes lóticos apresentam comprimentos superiores as de ambientes com menor fluxo de água. Estes autores mencionam que a forte correnteza da água provavelmente estava

impedindo a permanência de pequenos indivíduos em localidades onde maiores indivíduos foram capturados. Coincidindo com este fato, em um estuário amazônico do estado do Pará, Silva (2011) observou os menores indivíduos em período seco, apresentando, portanto, um ambiente com menor volume e fluxo de água. Estas observações indicam que a dinâmica de movimentação da água influencia o tamanho dos indivíduos. Acredita-se que populações de ambientes lênticos não se empenham em desenvolver uma grande aptidão física, uma vez que não necessitam vencer correntezas. Meireles *et al.* (2013) observaram, ademais, que populações costeiras possuem comprimentos maiores que as de águas interiores e Freire *et al.* (2012), conforme tamanho máximo encontrado e verificações na literatura, também notaram este fato, sugerindo que esta diferença poderia estar relacionada à proximidade da salinidade do mar, a qual pode propiciar um ambiente com maior disponibilidade de nutrientes. Uma vez que os indivíduos aqui estudados são provenientes de um reservatório possuindo águas mais calmas e sem acesso a um estuário, conclui-se que seus comprimentos menores são reflexos do ambiente.

Para indivíduos de *M. amazonicum*, assim como no presente estudo, Freire *et al.* (2012) encontraram alometria positiva para a relação $CC \times CT$. Para indivíduos provenientes de viveiros da região nordeste do estado de São Paulo, Moraes-Riodades & Valenti (2002), por sua vez, encontraram alometria negativa, e estes autores explicam que este fato pode ocorrer porque na região da carapaça estão localizados os principais órgãos do camarão, o que provocaria um maior crescimento deste compartimento. Para fêmeas provenientes de uma ilha do estado do Pará, com medida da carapaça incluindo o rostro e sendo o CT considerado a variável independente, Silva *et al.* (2007) encontraram alometria negativa, relacionando-se, portanto, ao encontrado no presente estudo (menor crescimento do CC). Estes autores comentam que esta observação pode ter ocorrido devido ao aumento do abdômen para serviço da câmara incubadora dos ovos fecundados. Acredita-se também que o maior

desenvolvimento do CT possa ser causa de uma eficiente transformação alimentar em músculo, maior parte deste encontrado na região abdominal, levando o camarão a um alongamento do corpo.

Quanto à relação $CC \times P$, assim como no presente estudo, Freire *et al.* (2012) encontraram alometria negativa para as fêmeas de *M. amazonicum*. Para esta relação, Silva *et al.* (2007) novamente considerando o CT como variável independente, também encontraram alometria negativa. Costa *et al.* (2016) apresentaram mesmo método e resultado que estes últimos autores. Observações realizadas por Moraes-Riodades & Valenti (2002) revelaram que fêmeas de *M. amazonicum* possuem alta atividade ovariana durante quase todo o ano, envolvendo elevado gasto energético para a ovulogênese, conduzindo, portanto, grande parte da energia para a reprodução. Ainda segundo Costa *et al.* (2016), a maturidade e seus estágios podem influenciar a massa corporal dos indivíduos, devido a esse saldo negativo de energia ao término da atividade reprodutiva. O menor ganho de peso em relação ao comprimento em fêmeas de *M. amazonicum* pode ser considerado, desta forma, padrão para a espécie e está associado à atividade reprodutiva.

O tamanho de primeira maturação encontrado no presente estudo (CC_{50} : 9,48 mm) foi próximo ao registrado por Silva (2011) (11,20 mm), por Freire *et al.* (2012) (12,00 mm), e em um estuário do estado do Amapá (sugestão do tamanho entre as classes 11,10 e 19,09 mm) por Lima *et al.* (2014). Segundo Vazzoler (1996), o tamanho de primeira maturação está intimamente relacionado ao crescimento, apresentando variações relacionadas às condições ambientais. Como demonstrado anteriormente, devido às características do ambiente do presente estudo, o comprimento das fêmeas analisadas tendeu a ser menor que em outras localidades, refletindo em um tamanho de primeira maturação também pouco menor que o destes autores acima. Em contrapartida, com mesma natureza ambiental, o valor aqui encontrado se mostrou pouco maior ao observado por Pantaleão *et al.* (2012) (5,39 mm). De

acordo com Freire *et al.* (2012), a existência de fêmeas maduras com pequeno porte demonstra que esta espécie possui um rápido amadurecimento das gônadas, propiciando a manutenção da população, e de acordo com Stearns (2000), um benefício da maturação precoce nos organismos está em um menor período de exposição à mortalidade juvenil antes do primeiro evento reprodutivo. Embora as fêmeas de *M. amazonicum* do presente estudo tenham apresentado um menor tamanho de primeira maturação frente a outras populações, os indivíduos aqui estudados apresentam a estratégia de mantimento do equilíbrio da população, pois sua maturação precoce promove a constante geração de indivíduos para o meio, possibilitando a perpetuação da espécie por sempre haver estoque.

A menor fêmea ovígera do presente estudo apresentou CC (8,83 mm) próximo ao de Collart (1988) (7,00 mm), ao de Freire *et al.* (2012) (5,77 mm), ao de Pantaleão *et al.* (2012) (5,35 mm), ao de Silva *et al.* (2017) (6,03 mm), e ao de Taddei *et al.* (2017) (dentro da classe 6,00 - 7,00 mm), refletindo a maturação precoce da espécie. Analisando a fecundidade de *M. amazonicum* em um lago do estado do Amazonas, Collart (1991) encontrou uma fecundidade máxima de 2165 ovos. De fêmeas provenientes de um açude da Paraíba, Scaico (1992) encontrou fecundidade com valor máximo observado em 1128 ovos. Em um rio do estado do Ceará, Da Silva *et al.* (2004) encontraram 2193 ovos como o maior número observado, e Silva *et al.* (2017) encontraram fecundidade máxima de 389 ovos, sendo o menor valor dentre os estudos acima citados, e todas estas fecundidades estando relativamente abaixo da encontrada neste estudo (2805 ovos). Com fêmeas expostas a uma dieta diferenciada em viveiros de um centro de aquicultura do estado de São Paulo, Ribeiro *et al.* (2012) conseguiram obter uma fecundidade média de 7269 ovos, demonstrando a potencialidade da espécie. Quando comparada a outras espécies do mesmo gênero, diferenças são observadas. Para *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877), Soares *et al.* (2015) observaram uma fecundidade máxima de 78 ovos, consideravelmente inferior a de *M. amazonicum*. Já para as espécies

comerciais como *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) que teve fecundidade máxima observada de 17769 ovos por Valenti *et al.* (1989b) e *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) com fecundidade máxima observada de 89747 ovos por Jee & Kok (1991), estas fecundidades se apresentam muito superiores, no entanto, como visto no presente estudo, *M. amazonicum* possui reprodução contínua, compensando, portanto, sua baixa fecundidade. Scaico (1992) e Silva *et al.* (2017) observaram um aumento da fecundidade com o crescimento dos indivíduos, e Graziani *et al.* (1993) relataram que em espécies do gênero *Macrobrachium* a fecundidade está intimamente relacionada à idade no sexo feminino, podendo aumentar conforme a fêmea entra em estágio senil e conseqüentemente adquire um maior tamanho. Estes fatos explicam a relação encontrada na Figura 4, onde se nota o aumento da fecundidade conforme o aumento do CC. A dispersão dos valores pode ser explicada pela desova parcelada da espécie, em que possivelmente os lotes de oócitos não apresentam uma quantidade uniforme de células a cada desova. Segundo Maciel & Valenti (2009), a fecundidade de *M. amazonicum* em águas interiores parece sofrer influência da disponibilidade de nutrientes e sais dissolvidos. As populações costeiras apresentam, naturalmente, uma alta fecundidade, enquanto que aquelas de águas interiores apresentam uma baixa fecundidade (Maireles *et al.* 2013). Vazzoler (1996) explica que a fecundidade também depende do tamanho dos oócitos. Sugere-se, desta forma, que a fecundidade encontrada para *M. amazonicum* no presente estudo decorre de fatores intrínsecos da população, bem como ambientais, existindo potencial para atividade comercial.

Segundo Maciel & Valenti (2009), o esquema reprodutivo de *M. amazonicum* pode variar conforme a temperatura, precipitação e propriedades hidrológicas. Taddei *et al.* (2017) analisando a frequência de fêmeas ovígeras, assim como observado no presente estudo, encontraram *M. amazonicum* com vários ciclos reprodutivos durante o ano intercalados com períodos de repouso. Estes autores observaram, portanto, que *M. amazonicum* se reproduzia

continuamente, porém, assim como no presente estudo, com períodos mais intensos, em que verificaram, por exemplo, uma maior abundância de fêmeas ovígeras nos meses de agosto, janeiro e fevereiro. Freire *et al.* (2012) e Collart (1991) também observaram uma reprodução contínua para a espécie, bem como temporadas de maior atividade. Estes primeiros autores verificaram picos de reprodução nos meses de janeiro e fevereiro, e este último autor nos meses de março, abril, agosto, setembro, novembro e dezembro, coincidindo, desta forma, com parte do período também aqui observado. Com variação de temperatura da água e do ar de 26 a 28 °C e de 27 a 29 °C, respectivamente, diferentemente do encontrado no presente estudo (correlação apenas com a temperatura da água), Taddei *et al.* (2017) observaram uma correlação estatística significativa das duas temperaturas com a frequência de fêmeas ovígeras. Para a pluviosidade, por sua vez, com pico no mês de setembro (235 mm), assim como encontrado no presente estudo, não houve correlação observada. O local de amostragem destes autores, no entanto, sofre influência do rio Amazonas, e estes encontraram um aumento na frequência de fêmeas ovígeras durante estação de inundação com o nível crescente do rio, explicando que este fato pode estar relacionado ao deslocamento das fêmeas para águas mais calmas onde alimento e abrigo estão mais facilmente disponíveis. Com variação de temperatura da água de 21 a 29 °C, Silva *et al.* (2017), embora não apresentando correlação estatística significativa, assim como encontrado no presente estudo, estes autores observaram relação de correspondência com a frequência de fêmeas ovígeras. Para a pluviosidade, estes autores observaram pico no mês de janeiro (313 mm), e mais uma vez a frequência de fêmeas ovígeras não apresentou correlação com a pluviosidade. Bentes *et al.* (2011), com indivíduos provenientes de rios desaguados na baía do Guajará do estado do Pará, não encontraram nenhum pico reprodutivo e explicam que este fato é provavelmente devido ao clima mais estável que os ambientes tropicais apresentam. Sampaio *et al.* (2007), para um rio no estado do Ceará, com variação de temperatura da água de 27 a 31 °C e assim como no presente

estudo existindo pico de pluviosidade no mês de abril (pouco mais que 300 mm), estes autores também não observaram relação entre a pluviosidade e a ocorrência de fêmeas ovígeras. Lima *et al.* (2014) explica que este fato encontrado por Sampaio *et al.* (2007) é possivelmente devido a aridez da localidade, e Silva *et al.* (2017) esclarecem que muitos estudos evidenciam que a periodicidade de fatores ambientes influencia mais a reprodução de decápodes de água doce de regiões temperadas que tropicais. Diante do clima semiárido da localidade, apresentando uma menor precipitação e com ocorrência de fêmeas ovígeras e desovadas durante todo o período de amostragem, sugere-se, desta forma, que o ciclo reprodutivo de fêmeas de *M. amazonicum* do presente estudo não é fortemente influenciado pela sazonalidade, havendo uma reprodução contínua, no entanto, a elevação da temperatura da água e períodos com menor pluviosidade parecem favorecer a reprodução, aumentando ocorrência de fêmeas ovígeras.

Acredita-se que a baixa frequência dos indivíduos no final do período chuvoso esteja ligada ao aumento do nível da água no ambiente, onde novos habitats são proporcionados aos indivíduos, dispersando-os. Este padrão de abundância também ocorreu no estudo de Bentes *et al.* (2011), em que 92% dos indivíduos foram capturados em estação seca. Ocorreu também no estudo de Taddei *et al.* (2017), em que grande abundância de indivíduos ocorreu em mês com baixo nível d'água bem como baixa precipitação, e no estudo de Da Silva *et al.* (2004), em que houve ausência total de indivíduos em determinados meses quando fortes chuvas ocorreram na localidade. Na região de estudo de Lima *et al.* (2014), por meio de comunicação pessoal, pescadores afirmaram que a captura de camarão é prejudicada durante o período de inundação do ambiente, devido às fortes correntes e à dispersão dos camarões em outras zonas. Coincidindo com estas observações e com o encontrado no presente estudo, Collart & Moreira (1993) e Freire *et al.* (2012) também verificaram uma menor captura de indivíduos em período de inundação, indicando este acontecimento como causa de fortes correntezas e

aumento do volume da água com uma conseqüente dispersão espacial. Demonstra-se, desta forma, que a abundância dos indivíduos de *M. amazonicum* é influenciada pelo ciclo hidrológico.

No presente estudo, os resultados observados demonstram que determinadas características reprodutivas em fêmeas de *M. amazonicum* seguem um padrão para a espécie, existindo aquelas influenciadas por fatores ambientais. O comprimento máximo apresenta grande variação, em que este pode ser influenciado pela correnteza e disponibilidade de nutrientes da água. O crescimento relativo também demonstra variações por populações, no entanto, o menor ganho de peso em relação ao comprimento em fêmeas da espécie parece ser um padrão e está associado à atividade reprodutiva. As fêmeas analisadas possuem uma maturação precoce e fecundidade baixa quando comparadas as de espécies comerciais do mesmo gênero, no entanto, a reprodução contínua ao longo do ano pode compensar esta particularidade. Na região tropical, a reprodução de *M. amazonicum* parece não depender diretamente das estações, no entanto, maiores temperaturas da água e período seco ou com menor incidência de chuvas podem aumentar a frequência de fêmeas ovígeras, e o aumento do volume de água nos ambientes diminui a captura dos indivíduos devido à sua dispersão. Os dados aqui apresentados contribuem com o conhecimento acerca de populações presentes em águas interiores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos Engenheiros de Pesca pesquisadores Cícero Diogo Lins de Oliveira por sua assistência durante o trabalho de campo, e Luciana Souza dos Santos por seu auxílio nos procedimentos histológicos. Estendemos os agradecimentos, ainda, aos revisores anônimos por suas valiosas contribuições neste manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Ayres, M., Ayres-Junior, M., Ayres, D.L. & Santos, A.A.S. 2007. BioEstat - aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Sociedade Civil Mamirauá, Belém, Pará, Brasil.
- Bate, C.S. 1868. On a new genus, with four new species of freshwater prawns. *Proceedings of the Zoological Society of London*, **1868**: 363–368.
- Bentes, B.S., Martinelli, J.M., Souza, L.S., Cavalcante, D.V., Almeida, M.C. & Isaac, V.J. 2011. Spatial distribution of the amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in two perennial creeks of an estuary on the northern coast of Brazil (Guajará Bay, Belém, Pará). *Brazilian Journal of Biology*, **71**: 925–935.
- Brown, J.H., New, M.B. & Ismael, D. 2009. Biology. In: *Freshwater prawns: biology and farming*. (M.B. New, W.C. Valenti, J.H. Tidwell, L.R. D'Abramo & M.N. Kutty, eds.), pp. 18–39. John Wiley & Sons, Oxford, UK.
- Cobo, V.J. 2002. Breeding period of the spider crab *Mithraculus forceps* (A. Milne Edwards) (Crustacea, Majidae, Mithracinae) in the southeastern Brazilian coast. *Revista Brasileira de Zoologia*, **19**: 229–234.
- Collart, O.O. 1988. Aspectos ecológicos do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) no baixo Tocantins (PA-Brasil). *Memoria Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, **48**: 341–353.
- Collart, O.O. 1991. Stratégie de reproduction de *Macrobrachium amazonicum* en Amazonie Centrale (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Crustaceana*, **61**: 253–270.
- Collart, O.O. & Moreira, L.C. 1993. Potencial pesqueiro do *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Careiro): variação da abundância e do comprimento. *Amazoniana*, **12**: 399–413.

Costa, D.A.S., Martins, J.C., Silva, K.C.A., Klautau, A.G.C.M. & Cintra, I.H.A. 2016. Seletividade do matapi nas capturas de *Macrobrachium amazonicum* no baixo Rio Tocantins, Amazônia, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, **42**: 403–417.

Da Silva, R.R., Sampaio, C.M.S. & Santos, J.A. 2004. Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). *Brazilian Journal of Biology*, **67**: 489–500.

De Man, J.G. 1879. On some species of the genus Palaemon Fabr. with descriptions of two new forms. *Notes from the Leyden Museum*, **1**: 165–184.

Freire, J.L., Marques, C.B. & Silva, B.B. 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**: 65–76.

Graziani, C.A., Chung, K.S. & Donato, M. 1993. Comportamiento reproductivo y fertilidade de *Macrobrachium carcinus* (Decapoda: Palaemonidae) en Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, **41**: 657–665.

Heller, C. 1862. Beiträge zur näheren Kenntniss der Macrouren. *Sitzungsberichte der Kaiserlich Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe*, **45**: 389–426.

Jee, A.K. & Kok, L.Y. 1991. Fecundity changes in *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) during egg incubation. *Aquaculture Research*, **22**: 1–6.

Junqueira, L.C.U. & Junqueira, L.M.M.S. 1983. *Técnicas básicas de citologia e histologia*. Santos, São Paulo, SP.

Lima, J.F., Da Cruz, M.C.M. & Silva, L.M.A. 2015. Reproductive biology of *Macrobrachium surinamicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the Amazon River mouth. *Acta Amazonica*, **45**: 299–306.

- Lima, J.F., Silva, L.M.A., Silva, T.C., Garcia, J.S., Pereira, I.S. & Amaral, K.D.S. 2014. Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the state of Amapá, Amazon River mouth. *Acta Amazonica*, **44**: 245–254.
- Maciél, C.R. & Valenti, W.C. 2009. Biology, Fisheries, and Aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*: A Review. *Nauplius*, **17**: 61–79.
- Masunari, S. & Swiech-Ayoub, B.P. 2003. Relative growth in the fiddler crab *Uca leptodactyla* Rathbun (Crustacea Decapoda Ocypodidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, **20**: 487–491.
- Meireles, A.L., Valenti, W.C. & Mantelatto, F.L. 2013. Reproductive variability of the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Caridea, Palaemonidae): influence of life cycle on egg production. *Latin American Journal of Aquatic Research*, **41**: 718–731.
- Melo, G.A.S. 2003. Família Palaemonidae. In: Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil (G.A.S. Melo, ed.), pp. 334–372. Loyola, São Paulo, Brasil.
- Miers, E.J. 1877. On a collection of Crustacea Decapoda and Isopoda, chiefly from South America, with descriptions of new genera and species. *Proceedings of the Zoological Society of London*, **1877**: 653–679.
- Moraes-Riodades, P.M.C. & Valenti, W.C. 2002. Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. *Revista Brasileira de Zoologia*, **19**: 1181–1214.
- New, M.B. 2005. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. *Aquaculture Research*, **36**: 210–230.
- Pantaleão, J.A.F., Hirose, G.L. & Costa, R.C. 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**: 180–190.

Ribeiro, K., Franceschini-Vicentini, I.B., Papa, L.P., New, M.B. & Valenti, W.C. 2012. Effect of polyunsaturated fatty acids on the fecundity of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). *Aquaculture Research*, **43**: 1756–1763.

Sampaio, C.M.S., Silva, R.R., Santos, J.A. & Sales, S.P. 2007. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). *Brazilian Journal of Biology*, **67**: 551–559.

Scaico, M.A. 1992. Fecundidade e fertilidade de *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Decapoda) de um açude do nordeste brasileiro. *Boletim do Instituto de Pesca*, **19**: 89–96.

Silva, B.B. 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*. Ph.D. thesis, Universidade Federal do Pará, Belém, Brazil.

Silva, M.C.N., Frédo, F.L. & Filho, J.S.R. 2007. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da Ilha de Combú, Belém, Estado do Pará. *Amazônia, Ciência & Desenvolvimento*, **2**: 85–104.

Silva, R.C., Jacobucci, G.B. & Mossolin, E.C. 2017. Reproductive biology of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) in a reservoir situated in Minas Gerais State, southeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, **45**: 776–786.

Soares, M.R.S., Oshiro, L.M.Y. & Toledo, J.C. 2015. Biologia reprodutiva de *Macrobrachium jelskii* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) no Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, **105**: 307–315.

Stearns, S.C. 2000. Life history evolution: successes, limitations, and prospects. *Naturwissenschaften*, **87**: 476–486.

Taddei, F.G., Reis, S.S., David, F.S., Silva, T.E., Fransozo, V. & Fransozo, A. 2017. Population structure, mortality, and recruitment of *Macrobrachium amazonicum* (Heller,

1862) (Caridea: Palaemonidae) in the eastern Amazon region, Brazil. *The Journal of Crustacean Biology*, **37**: 131–141.

Tolosa, E.M.C., Rodrigues, C.J., Behemer, O.A. & Freitas-Neto, A.G. 2003. *Manual de técnicas histológicas normal e patológica*. Manole, São Paulo, SP.

Valenti, W.C., Lobão, V.L. & Mello, J.T.C. 1989a. Crescimento relativo de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, **6**: 1–8.

Valenti, W.C., Mello, J.T.C. & Lobão, V.L. 1989b. Fecundidade em *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Revista brasileira de Zoologia*, **6**: 9–15.

Vazzoler, A.E.A.M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM, Maringá, PR.

Vergamini, F.G., Pileggi, L.G. & Mantelatto, F.L. 2011. Genetic variability of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Contributions to Zoology*, **80**: 67–83.

Wiegmann, A.F.A. 1836. Beschreibung einiger neuen Crustaceen des Berliner Museums aus Mexiko und Brasilien. *Archiv für Naturgeschichte*, **2**: 145–151.

GUIA AOS AUTORES PARA CRIAÇÃO DO MANUSCRITO

Escopo

O *Journal of Crustacean Biology* (*JCB*) é o jornal oficial da The Crustacean Society (TCS). O *JCB* é uma publicação científica bimensal, com revisão por pares, contendo artigos de amplo interesse sobre a biologia de crustáceos e outros artrópodes marinhos e anúncios pertinentes da TCS. Os artigos são publicados apenas em inglês.

Condições éticas e legais

Os autores devem observar padrões elevados com relação à ética de publicação, conforme estabelecido pela Comissão de Ética da Publicação (COPE). Falsificação ou fabricação de dados, plágio (incluindo publicação duplicada do próprio trabalho dos autores) sem a devida

citação e apropriação indébita do trabalho do autor são práticas inaceitáveis. Quaisquer casos de má conduta ética são tratados muito seriamente e serão tratados de acordo com as diretrizes da COPE.

Língua

O *JCB* aceita ortografia americana ou britânica, que deve ser aplicada de forma consistente por toda parte. Unidades métricas de medição devem ser usadas. Autores cuja língua nativa não é o inglês devem ter um cuidado especial. Recomendamos que tais autores envolvam um falante nativo, alguém altamente proficiente em escrever inglês científico ou consulte uma organização para editar assistência (por favor, consulte a Edição de idioma abaixo).

Formato e Estilo dos Manuscritos

O texto deve ser conciso e claro e não conter notas de rodapé. O original do manuscrito deve ser em espaço duplo, deixando margens de pelo menos uma polegada. Por favor, insira o espaçamento duplo acima dos títulos, numere as páginas consecutivamente no canto superior direito e use a fonte Times New Roman 12 pt. Os manuscritos devem ser carregados como um documento do Word editável.

Os manuscritos devem obedecer rigorosamente ao formato e ao estilo do *JCB*. A sequência de material deve ser:

1. "Running head" (em letras maiúsculas, começando com o nome do autor ou autores mais *et al.*, e um título abreviado)
2. **Título** (centralizado, em **negrito**)
3. Autor(es) (todos centrados: primeiro nome completo mais inicial de segundo nome, sobrenome (hifenizado se houver mais de um))
4. *Filiação(s) do(s) autor(es), endereço incluindo código postal* (em *itálico*)
5. "*Correspondência*" (nome e e-mail do autor correspondente; em *itálico*)
6. "ABSTRATO"
7. "**Palavras-chave**" (em ordem alfabética e não repetindo nenhum termo que apareça no título)
8. Texto principal
9. Lista de material suplementar com legenda curta
10. "AGRADECIMENTOS"
11. "REFERÊNCIAS"
12. Lista de legendas de figuras

O resumo não deve exceder uma página com espaçamento duplo. Deve incluir: 1) a razão para a realização da pesquisa, 2) um resumo dos achados importantes e 3) implicações desses achados.

Todos os nomes genéricos e binomiais devem estar em itálico e seguidos pela autoridade. A referência real para as autoridades de gêneros e espécies de Crustacea apenas, mas não de taxa supragênica, também deve ser incluída em "Referências". O Registro Mundial de Espécies Marinhas (WoRMS) [<http://www.marinespecies.org/>] é uma excelente fonte de informações sobre autoridades e referências associadas. Você não é obrigado a fornecer as referências para autoridades taxonômicas para artigos com foco em áreas como processos bioquímicos, genética, genômica e fisiologia, a menos que seja estipulado pelo Editor-Chefe.

Todas as publicações referidas no texto devem ser listadas em "Referências". As referências de três ou mais autores serão citadas no texto usando o sobrenome do primeiro autor seguido por "*et al.*" Várias referências citadas no texto devem ser organizadas cronologicamente (não alfabeticamente) e separados por ponto e vírgula: "(Herreid & Full, 1988; Boxshall & Halsey, 2004)".

Os títulos em "Referências" devem ser organizados em ordem alfabética pelo sobrenome do primeiro autor seguido de iniciais (sem espaço entre as iniciais) e, se dois ou mais autores tiverem o mesmo primeiro autor, listados alfabeticamente pelo segundo autor, não cronologicamente. Títulos com dois autores são listados antes daqueles com três ou mais autores com o mesmo primeiro autor. Os títulos dos periódicos devem ser escritos por extenso e em itálico, seguidos por uma vírgula e um número de volume em **negrito**, com traços (–) entre os números das páginas, como segue:

Wehrtmann, IS, Magalhães, C. e Orozco, M. 2014. Caranguejos de água doce no Lago Atitlán, Guatemala: não uma pescaria de espécies únicas. *Journal of Crustacean Biology*, **34** : 123–125. [citado como "Whertmann *et al.* (2014)" ou "(Whertmann *et al.*, 2014)" no texto]

Os títulos dos livros devem estar em itálico, seguidos por editor e cidade e paginação:

Boxshall, GA & Halsey, SH 2004. *Uma introdução à diversidade dos copépodes*. A Ray Society, em Londres. [citado como "Boxshall & Halsey (2004)" ou "(Boxshall & Halsey, 2004)" no texto]

Artigos em um livro:

Herreid, CF & Full, RJ 1988. Energética e locomoção. Em: *Biologia dos caranguejos terrestres* (WW Burggren & BR McMahon, eds.), Pp. 337–377. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. [citado como "Herreid & Full (1988)" ou "(Herreid & Full, 1988)" no texto]

Teses:

Tratar como livros, com universidade (juntamente com a localização) em vez de editores, indicando se é um Ph.D., MS, MA ou M.Sc. tese:

Feng, L. 2011. *O efeito do HUFAs na dieta sobre o desenvolvimento do ovário e a composição bioquímica tecidual do caranguejo nadador P. trituberculatus*. Tese de mestrado, Shanghai Ocean University, Xangai, China.

Descrição da Nova Taxa

Quaisquer descrições de espécies únicas devem ser acompanhadas por discussões ou revisões que aplicam informações obtidas das novas espécies a questões mais amplas de sistemática/filogenia, biogeografia/ecologia e/ou biologia comparativa. A menos que justificado, os autores de novos táxons não devem exceder três, e os autores do artigo que descreve tais taxa devem ser os mesmos. Novos nomes de taxa devem ser propostos de acordo com os artigos pertinentes do Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN) [<http://www.iczn.org/iczn/index.jsp>] e com a devida atenção ao Apêndice A do Código (Código de Ética) e Apêndice B (Recomendações Gerais, particularmente sobre o estabelecimento e formação de novos nomes). As descrições devem estar no estilo telegráfico. A fim de cumprir os requisitos da ICZN no que diz respeito aos trabalhos nomenclaturais, TODOS os artigos, independentemente de incluírem informações de nomenclatura, publicados no *JCB* serão imutáveis a partir de sua data de publicação; isso significa que nenhuma alteração será permitida em qualquer artigo sem a publicação de uma errata que indique claramente as alterações feitas. Portanto, é responsabilidade dos autores verificar cuidadosamente suas provas quanto à precisão e notificar o editor sobre quaisquer alterações necessárias antes da publicação do Acesso Avançado.

Trabalhos nomenclaturais

Os artigos que descrevem novos táxons e outros que propõem atos nomenclaturais e/ou taxonômicos (estabelecimento de neótipos, novas combinações de nomes, etc.) são publicados

pela primeira vez on-line como Acesso Avançado. Durante o processo de submissão, você será perguntado se o seu artigo contém um ato de nomenclatura, como a descrição de um novo táxon. Para que uma publicação eletrônica seja um trabalho disponível, o ICZN exige que novos táxons sejam acompanhados por um número de registro do ZOOBANK (LSID), que será obtido pelo Editor-Chefe. Vamos inserir uma declaração de nomenclatura, que inclui o número LSID, no artigo. Seu artigo também incluirá a data de publicação on-line e a declaração “Versão do Registro, publicada pela primeira vez on-line [data de publicação on-line], com conteúdo e layout fixos em conformidade com o art. 8.1.3.2 ICZN.”

Figuras e Tabelas

Arquivos de figuras e tabelas devem ser enviados separadamente para o site do Editorial Manager da *JCB*, ao mesmo tempo que a submissão do manuscrito. Todas as legendas de tabelas e figuras devem ser auto-explicativas e não incluir referências ao texto do manuscrito. Faça o upload de figuras como arquivos .tiff (arquivos .jpg, .jpeg ou .eps não são aceitáveis) com uma resolução de 600 dpi para desenho de linhas e 300 dpi para foto arte. Arquivos de tabela devem estar no formato do Word. Todas as figuras e tabelas devem ser citadas no texto principal seguindo uma ordem numérica rigorosa. As posições aproximadas de figuras e tabelas serão indicadas no arquivo de texto pelo Editor-Chefe.

As figuras devem estar em formato final para impressão, e todas as letras devem ter qualidade profissional e ser fornecidas pelo(s) autor(es). Vários componentes de figuras devem ser designados em letras maiúsculas, por exemplo, Figura 1A e Figura 1B. As legendas das figuras de todas as ilustrações devem ser impressas juntas em uma ou mais páginas separadas e devem sempre mencionar o(s) nome(s) da espécie em questão, se relevante.

Cada tabela deve ser fornecida com um título conciso e claro e ser numerada com um numeral arábico. A formatação das tabelas deve ser consistente ao longo do manuscrito. Regras verticais devem ser evitadas. Tabelas e figuras devem ser reduzidas ao mínimo; os autores são fortemente encorajados a incluir figuras e tabelas longas como Material Suplementar.

Dados suplementares

Envie todo o material a ser considerado como material suplementar, que consiste em tabelas, figuras e/ou apêndices que não aparecerão na edição impressa, mas que estarão disponíveis para os leitores da *JCB* online. Assegure-se de que o material suplementar seja mencionado no manuscrito. Os autores também devem garantir que esses arquivos sejam apresentados de forma clara e sucinta, que o estilo esteja de acordo com o restante do manuscrito e que a

apresentação funcionará em qualquer navegador da Internet. Não é recomendado que os arquivos tenham mais de 2 MB cada, embora exceções possam ser feitas a critério do Escritório Editorial.

Notas de pesquisa

Manuscritos para notas de pesquisa não devem exceder 10 páginas. O formato, o estilo e a sequência do material devem ser os mesmos dos artigos de pesquisa regulares (ver acima), exceto que o texto em si não será subdividido em seções (“Introdução”, “Material e Métodos”, etc.). O resumo deve ser curto e conciso.

5. Conclusões

Por se tratar de uma população proveniente de reservatório, os indivíduos de *M. amazonicum* apresentaram determinadas características distintas daquelas de populações de outros ecossistemas, e estas informações contribuem para o aumento do conhecimento desta espécie em ambientes de águas interiores. Existiram também, no entanto, aspectos que foram semelhantes aos de outras populações, independentemente do local de ocorrência, indicando que estes são padrão para a espécie. A população estudada é selvagem e é explorada por pesca artesanal no município de Serra Talhada - PE. Caso houvesse o interesse da captura de exemplares desta população para o desenvolvimento de atividades aquícolas, os indivíduos apresentariam potencial para tal. Concernente à exploração dos indivíduos no ambiente estudado é ideal o uso de apetrechos de pesca confeccionados de maneira que fêmeas menores que 9,48 mm de comprimento de carapaça possam ser excluídas da captura, garantindo, desta forma, sua reprodução e conseqüentemente o mantimento dos estoques.

Declaração sobre plágio

Eu, Emerson Jonas Ventura Pereira Leite, autor da dissertação intitulada “BIOLOGIA REPRODUTIVA DE FÊMEAS DO CAMARÃO *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) EM UM AMBIENTE DE SEMIÁRIDO NORDESTINO”, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, declaro que:

- O trabalho de pesquisa apresentada nesta dissertação representa uma pesquisa original desenvolvida por mim;
- Esta dissertação não contém material escrito ou dados de terceiros, de qualquer fonte bibliográfica, a menos que devidamente citada e referenciada no item “Referências Bibliográficas”.

Serra Talhada, 08 de junho de 2018

Emerson, Jonas Ventura Pereira Leite.