



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA

PPG-BIONORTE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ

ARGEMIRO MIDONÊS BASTOS

**INFLUÊNCIA DO CICLO LUNAR, TEMPERATURA, ILUMINAÇÃO E ABLAÇÃO
OCULAR NO CRESCIMENTO, REPRODUÇÃO E SOBREVIVÊNCIA DE
Macrobrachium amazonicum (HELLER, 1862)**

Macapá

2016

ARGEMIRO MIDONÊS BASTOS

INFLUÊNCIA DO CICLO LUNAR, TEMPERATURA, ILUMINAÇÃO E ABLAÇÃO OCULAR NO CRESCIMENTO, REPRODUÇÃO E SOBREVIVÊNCIA DE *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia (PPG-BIONORTE), Universidade Federal do Amapá para obtenção do título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Área de concentração: Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Dr. Marcos Tavares-Dias

Co-orientador: Dr. Jô de Farias Lima

Macapá

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

Bastos, Argemiro Midonês

Influência do ciclo lunar, temperatura, iluminação e ablação ocular no crescimento, reprodução e sobrevivência de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) / Argemiro Midonês Bastos; Orientador: Marcos Tavares-Dias. Co-orientador: Jô de Farias Lima. Macapá, 2016.

114 f.

Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal.

1. Ecossistemas Aquáticos. 2. Biodiversidade tropical. 3. Camarão. 4. Reprodução. I. Tavares-Dias, Marcos, orient. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD. xxxxxxxxx

ARGEMIRO MIDONÊS BASTOS

Influência do ciclo lunar, temperatura, iluminação e ablação ocular no crescimento, reprodução e sobrevivência de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862).

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Marcos Tavares Dias.

Co-Orientador: Jô de Farias Lima

Aprovado em 29/09/2016

Dr. Marcos Tavares Dias (Orientador) – Presidente
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA AMAPÁ

Dra. Cristiana Ramalho Maciel – Membro Titular
Universidade Federal do Pará – UFPA - Campus Bragança

Dr. Júlio César Sá de Oliveira – Membro Titular
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Dr. Tiago Gabriel Correia – Membro Titular
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Dr. Raullyan Borja Lima e Silva – Membro Titular
Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA

Macapá

2016

DEDICATÓRIA

O tempo leva muitas coisas, mas há coisas que só o tempo traz; como família e amigos. A vocês meus amigos, eu dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amapá - FAPEAP, (Processo. Nº 250.203/058/2014), que permitiu a concretização deste projeto.

À reitoria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá pela concessão de afastamento, por um ano, para realização e acompanhamento dos experimentos.

Aos meus amigos pesquisadores e orientadores Marcos Tavares Dias e Jô de Farias Lima, pela dedicação, paciência e as conversas amigas e profissionais no decorrer desse trabalho.

Aos professores Cristiana Ramalho Maciel, Júlio César Sá de Oliveira, Tiago Gabriel Correia e Raullyan Borja Lima e Silva pelas sugestões de melhoria no texto final da tese.

Aos professores do PPGBionorte, pela troca de experiências.

À minha esposa Cecília, companheira e amiga de todas as horas, pelo nosso caminhar juntos.

Aos meus filhos Ananda, Bruna e Cauã pela companhia nos finais de semana durante o monitoramento dos experimentos.

Aos meus pais, pelo ensinamento de vida.

Aos meus irmãos, de todos os planos, pelas boas vibrações.

Aos amigos do Laboratório de Larvicultura da Embrapa Amapá, Alex Anderson, Elane Tavares Lobo, Evandro Freitas dos Santos, Osiel Amoras de Araújo júnior, Sting Silva Duarte e Tainá Martins de Carvalho, pelos bons momentos e ajuda nas biometrias e manejo dos experimentos.

A Deus por estar sempre presente na minha vida.

Enfim a todos que contribuíram para a concretização deste projeto.

Saibam que não é possível fazer ciência sem ajuda e colaboração. Sou grato a todos que me auxiliaram direta ou indiretamente nas atividades desenvolvidas por mais de dois anos na Embrapa.

GAPUIA
(Eduardo Canto)

Veja o sol já vem surgindo
Vem trazendo junto a maré
Luculento nas ondas do mar
Vem bailando junto ao mururé
Encontrando com essa tua lançante
Vi morrer no igarapé
– José pega o pindá
Vai pra ribanceira
Vai pescar
Mãe eu não peguei nenhum peixe, não
Não tem problema existe outra solução
Gapuia, José, gapuia
Gapuia pra pegar o camarão
O açaí já está no alguidar
Pronto pra tomar
Ou pra comer com camarão.

A sabedoria da natureza é tal que não produz nada de supérfluo ou inútil.

Nicolau Copérnico

O homem científico não pretende alcançar um resultado imediato. Ele não espera que suas ideias avançadas sejam imediatamente aceitas. Seus trabalhos são como sementes para o futuro. Seu dever é lançar as bases para aqueles que estão por vir e apontar o caminho.

Nikola Tesla

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do ciclo lunar, ablação ocular unilateral, luminosidade e temperatura no crescimento, reprodução e sobrevivência de *Macrobrachium amazonicum*. Entre novembro de 2014 a junho de 2015, foram realizados quatro ensaios em laboratório, com duração de 90 dias, utilizando animais capturados em ambiente natural e oriundos de larvicultura. Para 155 fêmeas ovígeras observadas, houve influência significativa da fase lunar na desova, tempo de incubação dos ovos, sendo a Lua crescente o melhor período de fertilidade. Quanto à ablação foram utilizados 24 machos do morfotipo Ciannamon Claw e 96 fêmeas. O procedimento não afetou a taxa de sobrevivência, fecundidade, fertilidade e fator de condição das fêmeas, mas reduziu em 30% o período entre ecdises, aumentou o número de ecdises e a frequência de ocorrência de fêmeas ovígeras, além de incrementar o investimento reprodutivo das fêmeas abladas. Foram também avaliados os efeitos da luz vermelha, amarela, verde, azul, violeta e branca na iluminação de tanques de larvicultura. Foram usadas 2.400 larvas recém-eclodidas, distribuídas em 24 tanques transparentes com capacidade e 1 L de água em salinidade de 10‰, divididas em seis tratamentos com quatro repetições. A cor afetou a temperatura, pH, concentração de oxigênio dissolvido, consumo de náuplios, sobrevivência e produtividade de *M. amazonicum*. Os resultados indicam que o cultivo de larvas de *M. amazonicum* é melhor em tanques com luz clara, preferencialmente branca, pois cores escuras podem afetar o desenvolvimento larval devido à dificuldade de percepção do alimento no tanque de cultivo. Os efeitos do aumento da temperatura na sobrevivência e desempenho zootécnico de juvenis de *M. amazonicum* foram observados utilizando-se 360 pós-larvas, distribuídas em tanques de 70 L usando três tratamentos (T0 = 28 ± 0,5 °C, T1 = 30 ± 0,2 °C e T2 = 32 ± 0,2 °C) e 4 repetições com 30 camarões cada. As taxas de crescimento específico, fator de condição, ganho de massa corporal, comprimento e sobrevivência dos animais cultivados em temperatura de 30 °C e 32 °C foram menores que naqueles cultivados em temperatura ambiente de 28 °C. Portanto, o aumento na temperatura da água pode comprometer o crescimento e sobrevivência de *M. amazonicum* no cultivo. Esses resultados podem subsidiar o cultivo de *M. amazonicum*, auxiliando na produção e produtividade a partir do manejo das condições de temperatura e luminosidade ideais aqui indicadas.

Palavras-chave: Amapá, Camarão, Larvicultura, Produtividade.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the lunar cycle, unilateral eyestalk ablation, light and temperature influence on growth, reproduction and survival of *Macrobrachium amazonicum*. Four experiments were performed, during 90 days, in the laboratory using animals caught in their natural environment and come from larvae from November 2014 to June 2015. For 155 ovigerous females observed there was influence of the lunar phase in the successful spawning and incubation eggs time and fertility were better in the Crescent Moon. For the investigation of ablation were used 24 males morphotype Ciannamon Claw and 96 females of *M. amazonicum*. The study investigated the unilateral ablation technique influence on growth, moulting frequency, fecundity and fertility of *M. amazonicum*. The ablation procedure did not affect survival rates significantly, fecundity and fertility, or the females condition factor, being relatively similar between treatments. On the other hand, the unilateral ablation reduced by 30% moulting period, the number ecdysis and frequency of occurrence of ovigerous females, besides increasing reproductive investment on ablated female. The effects of red, yellow, green, blue, violet and white in lighting hatchery tanks also was evaluated. They were used in 2400 newly hatched larvae distributed in 24 transparent tanks with 1 water liter on salinity of 10 ‰, divided into six treatments with four replicates. The color type affected temperature, pH, dissolved oxygen, consumer nauplii, survival and productivity *M. amazonicum*. The results indicate that the *M. amazonicum* larvae cultivation is better in tanks with light with strong light, preferably white, for dark colors can affect larval development due to food perception difficulty in growing tank. The effects of increased temperature on the survival and growth performance of juvenile *M. amazonicum* were observed using 360 postlarvae distributed in tanks of 70 L using three treatments (T0 = 28 ± 0,5 °C, T1 = 30 ± 0,2 °C e T2 = 32 ± 0,2 °C) and 4 replicates with each 30 prawns. The specific growth rate, condition factor, weight and length gain, and animals survival cultured at 30 °C ± 0.2 and 32 ± 0.2 °C were lower than those cultivated at 28 ± 0.5 °C, while feed conversion was higher. Therefore, the increase in water temperature can compromise the growth and survival *M. amazonicum* in cultivation. The results can promote the viability *M. amazonicum* cultivation centers with good productivity from the ideal management of temperature and light conditions suggested in this thesis.

Keywords: Amapá, Breed, Prawn, Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

- Figura 1. Distribuição das classes de (A) comprimento padrão e (B) massa corporal de fêmeas ovígeras de *Macrobrachium amazonicum* isoladas de acordo com a fase lunar. 47
- Figura 2. Percentual de fêmeas ovígeras de *M. amazonicum* isoladas que tiveram larvas eclodidas durante 60 dias de experimento, de acordo com as fases da Lua e percentual das que tiveram larvas eclodidas em cada fase. 48
- Figura 3. Número de fêmeas ovígeras de *M. amazonicum* isoladas e número de fêmeas que tiveram larvas eclodidas após o período de isolamento. 49
- Figura 4. Média + desvio padrão do período de incubação das fêmeas de *Macrobrachium amazonicum*, segundo a fase da Lua. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). 50
- Figura 5. Número de larvas eclodidas (fertilidade) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum*, segundo a fase da Lua. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). 51

Capítulo II

- Figura 1. Relação comprimento e massa corporal em fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com e sem ablação após 90 dias de cultivo. 64
- Figura 2. Número de ecdises durante o experimento (A) e período médio + desvio padrão inter-ecdise (B) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com ablação e sem ablação. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste-t ($p < 0,05$). 66
- Figura 3. Correlação do período inter-ecdises com o comprimento total (A) e massa corporal (B) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com ablação e sem ablação. 67
- Figura 4. Número de ocorrência de fêmeas ovígeras de *Macrobrachium amazonicum* com ablação e sem ablação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste-t ($p < 0,05$). 68
- Figura 5. Correlação da média do investimento reprodutivo (RO) e comprimento total (A) e valores médios do investimento reprodutivo durante o cultivo de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com ablação e sem ablação (B). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste-t ($p > 0,05$). 69
- Figura 6. Relação entre fecundidade (F) e comprimento total (L) para fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com e sem ablação, após 90 dias de cultivo. 70
- Figura 7. Relação entre fertilidade (N) e comprimento total (L) para fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com e sem ablação, após 90 dias de cultivo. 70

Capítulo III

- Figura 1. Média \pm desvio padrão do consumo de náuplios de *Artemia salina* por larvas de *Macrobrachium amazonicum* em tanques sob diferentes cores de luz, durante 12 h/dia. Médias com letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos no mesmo dia pelo teste de Tukey ($p < 0,01$). 87
- Figura 2. Desenvolvimento larval de *Macrobrachium amazonicum* exposto a iluminação com diferentes cores luz, por 12 h/dia, em um período de 28 dias de larvicultura. 88
- Figura 3. Número de larvas e pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum* sobreviventes após 28 dias de cultivo em tanque sob luz com diferentes cores e iluminação de 12/dia. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Khuskall-Wallis ($p < 0,01$), e

barras representam o desvio padrão das médias. VE: vermelho, AM: amarelo, VE: verde, AZ: azul, VI: Violeta, BR: Branca. 89

Capítulo IV

Figura 1. Variação da sobrevivência ao longo de 90 dias do cultivo de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* em diferentes temperaturas (T0: $28 \pm 0,5$ °C; T1: $30 \pm 0,2$ °C, T2: $32 \pm 0,5$ °C). 103

Figura 2. Valores médios do comprimento e massa corporal inicial e final para de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* após 90 dias de cultivo em diferentes temperaturas (T0: $28 \pm 0,5$ °C; T1: $30 \pm 0,2$ °C, T2: $32 \pm 0,5$ °C). Médias seguidas de letras iguais (minúscula no inicial e maiúsculas para o final), em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$)..... 104

Figura 3. Curvas de crescimento inicial e final para juvenis de *Macrobrachium amazonicum* cultivados em diferentes temperaturas. 105

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1: Valores médios \pm desvio padrão (DP) dos parâmetros de qualidade da água no período de incubação de <i>Macrobrachium amazonicum</i> . Em nenhum parâmetro houve diferença significativa entre as fases da Lua.	46
Tabela 2: Média \pm desvio padrão (DP), mínimo (Min) e máximo (Max) do comprimento total (mm) e massa (g) de fêmeas de <i>M. amazonicum</i> desovada e Coeficiente de Variação (CV), de acordo com a fase da Lua. Em nenhuma fase houve diferença significativa entre os parâmetros pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).	48
Tabela 3: Equações da relação massa-comprimento e fator de condição relativa (Kn) para as fêmeas de <i>Macrobrachium amazonicum</i> de acordo com a fase da Lua. Letras diferentes, na mesma coluna, indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).	49
Tabela 4: Coeficiente de correlação de Pearson da taxa de fertilidade como o comprimento (C) de fêmeas de <i>Macrobrachium amazonicum</i> , de acordo com a fase da Lua.	51

Capítulo II

Tabela 1. Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água nos tanques de cultivo fêmeas de <i>Macrobrachium amazonicum</i> com ablação e sem ablação. Em nenhum parâmetro houve diferença significativa entre os tratamentos.	63
Tabela 2. Valores médios \pm desvio padrão do período entre ecdise em fêmeas de <i>Macrobrachium amazonicum</i> segundo a classe de comprimento (mm). As médias seguidas pela mesma letra (minúscula na mesma classe e maiúsculas entre classes) não diferem entre si pelo Teste t ($p > 0,05$).	66
Tabela 3. Número e percentagem de mortes entre fêmeas de <i>Macrobrachium amazonicum</i> com ablação e sem ablação, segundo a classe de comprimento, no período de fevereiro a maio de 2015.	71

Capítulo III

Tabela 1. Faixa de frequência, comprimento de onda, energia de cada fóton e quantidade de luz para as cores utilizadas.	85
--	----

Capítulo IV

Tabela 1. Valores médios seguidos de desvio padrão de pH, oxigênio dissolvido (mgL^{-1}), condutividade elétrica (μScm^{-1}) e amônia total (mgL^{-1}), ao longo de 90 dias de cultivo de juvenis de <i>Macrobrachium amazonicum</i> submetidos a três temperaturas da água.	102
Tabela 2. Parâmetros zootécnicos de juvenis de <i>Macrobrachium amazonicum</i> após 90 dias de cultivo em diferentes temperaturas.	102

Sumário

1	INTRODUÇÃO GERAL	23
2	REFERENCIAL TEÓRICO GERAL	24
2.1.	A PESCA DO <i>Macrobrachium amazonicum</i>	24
2.2.	A BIOLOGIA DE <i>Macrobrachium amazonicum</i>	26
2.3.	FATORES ABIÓTICOS E CULTIVO DE <i>Macrobrachium amazonicum</i>	29
2.3.1.	Ciclo lunar	29
2.3.2.	Ablação do pedúnculo ocular	30
2.3.3.	Luminosidade	31
2.3.4.	Temperatura	32
3	PERGUNTA NORTEADORA	32
4	HIPÓTESES	33
5	OBJETIVOS	33
	Geral	33
	Específicos	33
6	REFERÊNCIAS	34
	CAPÍTULO I (ARTIGO 1)	41
	RESUMO	42
1	INTRODUÇÃO	43
2	MATERIAIS E MÉTODOS	44
2.1.	ANÁLISE ESTATÍSTICAS DOS DADOS	45
3	RESULTADOS	46
3.1.	PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	46
3.2.	MASSA-COMPIMENTO E FATOR DE CONDIÇÃO DAS FÊMEAS OVÍGERAS DE <i>M. amazonicum</i>	46
3.3.	TEMPO DE INCUBAÇÃO E DESOVA	50
4	DISCUSSÃO	51
5	CONCLUSÕES	53
6	AGRADECIMENTOS	54
7	REFERÊNCIAS	54
	CAPÍTULO II (ARTIGO 2)	57
	RESUMO	58
1	INTRODUÇÃO	59
2	MATERIAIS E MÉTODOS	60
2.1.	ANIMAIS E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	60

2.2.	ABLAÇÃO DAS FÊMEAS DE <i>M. amazonicum</i>	61
2.3.	CRESCIMENTO E PARÂMETROS BIOMÉTRICOS DE FÊMEAS DE <i>M. amazonicum</i>	61
2.4.	FECUNDIDADE, INVESTIMENTO REPRODUTIVO E FERTILIDADE DE <i>M. amazonicum</i>	62
2.5.	ANALISES ESTATÍSTICAS	63
3	RESULTADOS	63
3.1.	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA	63
3.2.	CRESCIMENTO APÓS ABLAÇÃO OCULAR UNILATERAL	63
3.3.	NÚMERO E PERÍODO INTER-ECDISES DE <i>M. amazonicum</i>	65
3.4.	FECUNDIDADE, INVESTIMENTO REPRODUTIVO E FERTILIDADE EM <i>M. amazonicum</i>	68
3.5.	SOBREVIVÊNCIA DE FÊMEAS DE <i>M. amazonicum</i>	71
4	DISCUSSÃO	71
5	CONCLUSÕES	75
6	AGRADECIMENTOS	75
7	REFERÊNCIAS	76
	CAPÍTULO III (ARTIGO 3)	81
	RESUMO	82
1	INTRODUÇÃO	83
2	MATERIAIS E MÉTODOS	84
2.1.	ANIMAIS E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	84
2.2.	ALIMENTAÇÃO E CONDIÇÕES DAS LARVAS	85
2.3.	ANALISES ESTATÍSTICAS	85
3	RESULTADOS	86
4	DISCUSSÃO	89
5	CONCLUSÕES	92
6	AGRADECIMENTOS	93
7	REFERÊNCIAS	93
	CAPÍTULO IV (ARTIGO 4)	95
	RESUMO	97
1	INTRODUÇÃO	97
2	MATERIAIS E MÉTODOS	99
2.1.	ANIMAIS E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	99
2.2.	PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS CRESCIMENTO	100

2.3.	ANALISES ESTATÍSTICAS.....	101
3	RESULTADOS.....	101
4	DISCUSSÃO	106
5	CONCLUSÕES.....	109
6	AGRADECIMENTOS.....	110
7	REFERÊNCIAS	110
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113

1 INTRODUÇÃO GERAL

A pesca é uma atividade realizada pelo homem desde os primórdios e refere-se à caça e captura de animais aquáticos marinhos e dulcícolas, com a finalidade de fornecer alimento e lazer, enquanto a aquicultura é uma atividade mais recente.

Em 2010, a pesca extrativista e aquicultura mundial produziram mais 160 milhões de toneladas de pescados em 2014 e o consumo foi estimado em 20 kg per-capita (FAO, 2016). No entanto, a pesca quando desenvolvida desordenadamente pode causar consequências negativas tanto aos recursos pesqueiros como ao meio ambiente. Há então necessidade que a atividade pesqueira seja executada de forma sustentável, pois o esgotamento dos estoques naturais pode comprometer a biodiversidade. A aquicultura pode ser uma alternativa para reduzir a pressão sobre os estoques naturais em regiões com sobre-exploração da pesca extrativista.

No cenário nacional, como no período de 2010-2011 a pesca manteve-se quase estagnada, a aquicultura vem encontrando condições favoráveis de investimentos e desenvolvimento (ROCHA et al., 2013).

Na piscicultura brasileira destaca-se o cultivo da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*).

A produção da carcinicultura foi 65.670,6 toneladas e concentrada basicamente no camarão-marinho (*Litopenaeus vannamei*), com destaques para os estados do Rio Grande do Norte e Ceará, responsáveis por cerca de 78% do total produzido em 2011 (MPA, 2012). Porém, *Macrobrachium carcinus* Linnaeus, 1758, *Macrobrachium acanthurus* Wiegmann, 1836 e *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862 são espécies de camarões de água doce nativos com grande potencial para a criação em larga escala, pois sendo originários das zonas subtropicais e tropicais têm preferência por climas quentes (RURAL NEWS, 2014). Além disso, essas espécies de camarões destacam-se pelo seu valor nutritivo, sabor, grande rusticidade no cultivo, permitindo o uso em altas densidades.

Na região Norte do Brasil, a atividade pesqueira é caracterizada basicamente pela pesca industrial em alguns estados, bem como pela pesca comercial artesanal e pela pesca de pequeno porte praticada por populações ribeirinhas amazônicas (DINIZ et al., 2010). Na região, a produção de pescados em 2010 foi de 274.015,6 toneladas, mas em 2011 foi de 326.128,3 toneladas, representando um aumento de mais de 18%,

enquanto a aquicultura cresceu em média 126% em 2011, passando de 41.839 toneladas para 94.718 toneladas (MPA, 2012). Em 2011, no Estado do Amapá, a pesca extrativista marinha e continental produziu 16.647,2 toneladas, mostrando aumento em relação a 2010, quando a produção foi 15.719,8 toneladas. Essa contribuição pouco expressiva é devida a inúmeros fatores, sobretudo à deficiência da cadeia produtiva local: frota pesqueira reduzida e desequipada, falta de infraestrutura de armazenagem e conhecimento técnico de captura e manejo (SILVA; TAVARES DIAS, 2010).

O Estado do Amapá possui extensa rede hidrográfica com três grandes bacias: Rio Jarí, Rio Oiapoque e Rio Araguari (BASTOS, 2010), além da região do estuário do Rio Amazonas, que possui elevada produtividade primária favorecendo a ocorrência de diversas espécies de peixes e crustáceos, recursos naturais de grande relevância econômica (LIMA; SANTOS, 2014). Apesar de a economia da região ser quase que exclusivamente dependente do uso dos recursos naturais (DRUMMOND; PEREIRA, 2007), incluindo a pesca, somente na última década a rica biodiversidade do estado começou a ser estudada mais intensamente (BASTOS, 2010).

Apesar do aumento na produção mundial de camarões de água doce, para produção intensiva de *M. amazonicum* são necessárias informações sobre sua biologia, especialmente no tocante à influência de fatores abióticos relativos ao seu crescimento, reprodução e sobrevivência (BENTES, 2011). Em cultivo intensivo, quando o manejo alimentar, as condições ambientais e sanitárias são inadequadas, a larvicultura e reprodução podem ser comprometidas. Este estudo visa compreender a influência de fatores abióticos na biologia de *M. amazonicum*, fornecendo informações que subsidiem o manejo e inovações tecnológicas para o cultivo desse camarão nativo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO GERAL

2.1. A PESCA DO *Macrobrachium amazonicum*

Na Amazônia, *M. carcinus*, *M. acanthurus*, e *M. amazonicum* são espécies mais abundantes (VALENTI, 1993), podendo *M. amazonicum* ser considerado uma espécie com grande potencial para cultivo em cativeiro. Na região a pesca de camarão é feita basicamente de maneira artesanal, utilizando-se principalmente matapis. Este

apetrecho é confeccionado com varetas finas de talas das palmeiras “juba” (*Astrocaryum* spp. e *Atrix* spp.) ou “jupati” (*Raphia vinifer*), amarradas com um traçado de cipó, formando uma armação cilíndrica que é fechada em cada extremidade em forma de funil. Como o ciclo de vida de *M. amazonicum* é inferior a dois anos, as capturas dependem da intensidade do regime de cheia anual, afetando a sobrevivência e o crescimento dos indivíduos (ODINETZ-COLLART, 1993).

Os camarões considerados pequenos possuem tamanho de 2,5 cm a 5,5 cm, os de tamanho médio têm de 5,6 cm a 9,0 cm e a partir daí são considerados de tamanho grande (LIMA; SANTOS, 2014). O rendimento obtido com pescarias experimentais é sazonal e chega a variar de 50 g/matapi até 450 g/matapi (ODINETZ-COLLART, 1993). No Rio Amazonas, as capturas máximas ocorrem durante a estiagem, quando os camarões migram para fora dos lagos de várzeas, e mínimas na enchente devido à alta velocidade da correnteza da área, diminuindo a captura de camarões (ODINETZ-COLLART, 1993).

Macrobrachium amazonicum possui significativa importância econômica para a pesca artesanal (MACIEL; VALENTI, 2009), sendo apontado como uma das espécies de maior potencial para a aquicultura brasileira (KUTTY, 2005a; NEW, 2005a). Esse camarão é amplamente consumido pelas populações urbanas de baixa, média e alta renda das regiões Norte e Nordeste do Brasil (MORAES-RIODADES; VALENTI, 2002; NEW, 2005a). Sua carne apresenta textura mais firme e sabor mais apurado que *Macrobrachium rosenbergii*, sendo por essa razão melhor aceita no mercado consumidor quando comparado a esse camarão exótico (MORAES-RIODADES; VALENTI, 2002).

No Rio Jaguaribe, Estado do Ceará, foram determinadas a fecundidade e a fertilidade de *M. amazonicum*, através de capturas mensais de junho de 1999 a junho de 2001. A capacidade reprodutiva de fêmeas pode ser avaliada segundo três aspectos: a fecundidade, a fertilidade e o grau de maturação. A maior quantidade de indivíduos observada ocorreu nos meses em que o rio apresentou menor nível, a fecundidade variou linearmente com o comprimento total e esse camarão apresentou menor fecundidade e fertilidade que outras espécies comercializadas (DA SILVA; SAMPAIO; SANTOS, 2004; DA SILVA et al. 2004).

Na região Norte não há estatísticas oficiais de captura e desembarque de *M. amazonicum*, mas estimativas indicam comercialização mensal de 11 toneladas em Belém (BENTES, 2011). Quanto à época mais propícia para a captura, VIEIRA (2003)

destaca que os meses de estiagem (agosto a novembro) são os mais produtivos, pois no período chuvoso esse camarão tende a espalhar-se pelas várzeas inundadas, dificultando assim sua pesca.

No Estado do Amapá, apesar da captura de várias espécies de crustáceos destaca-se a captura de *M. amazonicum*. Nas feiras da região, esse camarão tem sido comercializado *in natura* ou seco, principalmente nos municípios de Macapá e Santana (VIEIRA, 2003). Porém, esse camarão comercializado é oriundo de regiões dos estados do Amapá e Pará, principalmente Afuá, Ilha Rasa, Bailique e Ilha do Arrozal (LIMA; SANTOS, 2014). Os picos de desembarque ocorrem nos meses de julho a setembro. Somente no Igarapé Fortaleza, no período de 1998 e 2000, foram desembarcadas cerca de 50 toneladas/ano desse camarão regional (VIEIRA, 2003). No entanto, como há outros pontos de desembarque, estima-se que essa produção desembarcada é bem maior. A partir de informações de vendedores de camarão do Igarapé Fortaleza, estima-se que sejam comercializados 0,8 toneladas de camarão/dia, representando um desembarque anual de aproximadamente 300 toneladas. Dados mais recentes sugerem que em 2011 foram comercializados nas feiras livres de Macapá e Santana cerca de 312 toneladas de *M. amazonicum* (LIMA; SANTOS, 2014).

Até o início dos anos 2000 a pesca moderada de *M. amazonicum* no Estado do Amapá estava em equilíbrio e autorregulada por mudanças ambientais (VIEIRA, 2003). Porém, atualmente, os estoques desse camarão vêm sendo intensamente explorados. Dessa forma, o cultivo de *M. amazonicum* pode ser uma grande oportunidade para a introdução da carcinicultura no Estado do Amapá, uma vez que as condições climáticas conferem grande potencial para cultivo dessa espécie nativa.

2.2. A BIOLOGIA DE *Macrobrachium amazonicum*

O gênero *Macrobrachium* possui mais de 240 espécies (DE GRAVE; FRANSEN, 2011), amplamente distribuídas nas zonas tropicais e subtropicais, embora possam crescer e acasalar em ambiente dulcícola, a maioria das espécies necessita da água salobra dos estuários para seu desenvolvimento larval (LOPES; HAYD; MORAES-VALENTI, 2013; HAYD; ANGER, 2013). De acordo com o ciclo de vida, os camarões podem migrar para realizar a reprodução e a desova, o que pode influenciar a sua abundância e distribuição. A reprodução dos camarões, mais intensa

na enchente, é uma estratégia adaptativa ligada ao ciclo hidrológico em que o aumento das águas facilita a dispersão das larvas (ODINETZ-COLLART, 1993).

Macrobrachium amazonicum tem ampla distribuição na América do Sul, nas bacias dos rios Orinoco, Amazonas e Paraguai (HOLTHUIS, 1951). Além disso, há registro dessa espécie no Panamá, Costa Rica e Nicarágua, ampliando sua distribuição conhecida para Central América (MACIEL; VALENTI, 2009; ROCHA et al., 2015).

Na Amazônia, os lagos de várzeas parecem um ecossistema privilegiado para essa espécie (ODINETZ-COLLART, 1993). Este camarão tem cor bege-clara, quase transparente e incolor, e os machos adultos, em geral, maiores do que as fêmeas (HOLTHUIS, 1951). Esta espécie é caracterizada por um rostro longo, ultrapassando distintamente a extremidade do escafocerito, com a margem superior provida de 9 a 12 dentes irregularmente distribuídos, com os 7 ou 8 dentes proximais formando uma crista basal sobre a órbita, tendo a margem inferior de 8 a 10 dentes. O telson termina por uma extremidade aguda com espinhos muito curtos (HOLTHUIS, 1951). Pode atingir até 18 cm de comprimento, embora a partir de 5 - 6 cm seja considerado adulto.

Há predominância de fêmeas na população, principalmente no período reprodutivo que chega a representar até 85% da população (GARCÍA DÁVILA et al., 2000). A massa corporal pode chegar a 12 g e constitui-se em uma das principais fontes de proteína para populações ribeirinhas amazônicas, que tem a pesca desse camarão sua principal fonte de renda.

Macrobrachium amazonicum possui ovos pequenos e muito numerosos, com ciclo larval que dura aproximadamente 30 dias, no qual as larvas sofrem 10 a 12 ecdises, antes de chegar ao estágio juvenil com uma forma definitiva de camarão macho ou fêmea (MAGALHÃES, 1985). O número de ovos é proporcional ao comprimento do indivíduo, seja no meio natural ou na criação em cativeiro, variando de 150 até mais de 2.500 (ODINETZ-COLLART, 1993).

Macrobrachium amazonicum é a espécie mais indicada para povoamento de lagos, represas e açudes, já sendo bastante abundante nos açudes do Norte e Nordeste do Brasil, pois prefere clima quente e não precisa de água salobra para a sobrevivência de suas larvas. Na região de Manaus, este camarão é muito abundante nas águas brancas oriundas dos Andes, ricas em sedimentos e sais dissolvidos, tendo baixa ocorrência nas águas pretas, ácidas e pobres em nutrientes. Nos lagos de

várzea, ele chega a representar cerca de 80% da biomassa dos macrocrustáceos (ODINETZ-COLLART, 1993).

Estudos realizados por Oliveira et al. (2005) em bancos de *Salvinia oblongifolia* às margens do Reservatório da Barragem da Pedra (BA), revelaram que 59,9% dos macroinvertebrados associados a essa macrófita eram indivíduos de *M. amazonicum*. Isto demonstra que para a ocorrência e estabelecimento de uma espécie é necessário que ela encontre condições favoráveis. Assim conhecer melhor determinada espécie, bem como o seu ambiente natural, podem facilitar sua pesca e cultivo.

Pesquisas têm contribuído para o conhecimento da biologia reprodutiva de camarões em ambiente natural. Sobre a densidade de cultivo, por exemplo, estas indicam que o aumento na densidade afeta o desenvolvimento individual e populacional, com redução do tamanho de morfotipos machos e frequência de fêmeas reprodutivas. Há aumento na ocorrência de camarões menores à medida que se aumenta a densidade. A taxa de crescimento individual e o potencial reprodutivo diminuiu em densidades maiores que 40 ind.m⁻² (MORAES-VALENTI et al., 2010; Moraes et al., 2010).

Na Amazônia, a reprodução de populações naturais de *M. amazonicum* é contínua e caracterizada pela presença de fêmeas ovígeras o ano todo (ODINETZ-COLLART; MOREIRA, 1993). Porém, estudos sobre o crescimento e o estado de exploração do *M. amazonicum* na Ilha do Combú (PA) mostraram que o tamanho dos indivíduos coletados está além da sua capacidade de renovação dos estoques naturais (SILVA; FRÉDOU-LUCENA; ROSA FILHO, 2007).

Fatores abióticos são importantes na reprodução de populações; no entanto para *M. amazonicum* há poucos dados, o que pode dificultar sua criação em larga escala.

Estudos sobre a estrutura populacional de *M. amazonicum* em viveiros de cultivo mostraram que o desenvolvimento ontogenético dessa espécie na fase pós-larval é dependente da densidade populacional. Além disso, a estrutura populacional nos viveiros foi caracterizada por morfotipos de machos e fêmeas em diferentes estágios de desenvolvimento reprodutivo e o padrão de crescimento das estruturas corporais não foi alterado ao longo do desenvolvimento pós-larval. As fêmeas apresentaram elevada atividade gonadal durante quase todo o ano, o que envolve grande gasto de energia e materiais para o desenvolvimento dos óvulos, direcionado para a atividade reprodutiva (MORAES-RIODADES; VALENTI, 2002).

No Brasil, entre as espécies nativas de *Macrobrachium*, *M. amazonicum* apresenta maior resistência às doenças, maturação sexual precoce, larvicultura bem simples, independência da água salgada na fase de crescimento final, sistema de produção que atende pequenas propriedades e apresenta menor impacto ambiental (MACIEL; VALENTI, 2009).

Em se tratando de viabilidade técnica de um projeto de larvicultura de *M. amazonicum* perene, os investimentos médios seriam menores que os valores encontrados em outros estudos com a espécie *M. rosenbergii*. Um fator que contribui para a diferença de custos é o tempo menor de cultivo de *M. amazonicum*, possibilitando a realização de vários ciclos de produção ao ano (VETORELLI, 2004).

2.3. FATORES ABIÓTICOS E CULTIVO DE *Macrobrachium amazonicum*

Como *M. amazonicum* tem potencial para a carcinicultura (KUTTY, 2005b; NEW, 2005b; MACIEL; VALENTI, 2009), sua produção em larga escala pode ser incrementada pela melhor compreensão de como os fatores abióticos podem influenciar sua reprodução. Estudos têm mostrado que na Amazônia a reprodução de populações naturais de *M. amazonicum* é contínua e caracterizada pela presença de fêmeas ovígeras, possibilitando a obtenção de larvas o ano todo (ODINETZ-COLLART; MOREIRA, 1993). Porém, são necessárias informações mais precisas sobre a influência da temperatura, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, luminosidade e salinidade no seu crescimento e reprodução, questões relevantes para a viabilização da sua produção em cativeiro em larga escala.

2.3.1. Ciclo lunar

Na prática, é comum a proposição de períodos ideais de pesca com base no ciclo lunar. Assim, diversos estudos geralmente são baseados em observações e crenças populares de que espécies de animais aquáticos tendem a sincronizar sua alimentação e demais atividades com a mudança de posições do Sol e da Lua. No entanto, parece não haver estudo científico conclusivo que corrobore as alegações de que o comportamento desses animais varia durante certas épocas do ano, em resposta a mudança no ciclo lunar.

As fases da Lua referem-se às mudanças aparentes da porção visível iluminada do satélite devido sua variação da posição em relação à Terra-Sol. O ciclo completo, denominado lunação, mês lunar ou mês sinódico é de 29,53 dias, período no qual a

Lua passa da fase nova (seu crescimento), quando sua porção iluminada visível passa a aumentar gradualmente (Lua crescente) até que, duas semanas depois ocorra a Lua cheia (sua plenitude) e, por cerca de duas semanas seguintes, volta a diminuir (Lua minguante) e o satélite entra novamente na fase nova (OBSERVATÓRIO NACIONAL, 2013).

A influência da Lua na pesca, tendo a Lua cheia como melhor fase, pode ser explicada pelo fato de que nessa fase a luminosidade é maior, e conseqüentemente, a atividade dos predadores também. Assim uma boa associação para pesca eficiente seria a Lua cheia com a maré baixa, pois nessas condições a lua iluminaria uma menor coluna de água e o alimento pode ser visto mais facilmente pelos animais, como os peixes, por exemplo.

Nos crustáceos decápodes, o metabolismo e a reprodução estão relacionados ao ciclo de ecdise (troca do exoesqueleto) e ambos são influenciados por mudanças ambientais sazonais que tendem a favorecer a sobrevivência da prole. A importância relativa de fatores ambientais particulares pode variar entre diferentes espécies e ambientes (BAUER, 1992). No caso dos camarões marinhos, estudos indicam que o incremento em massa corporal ocorre nas fases de Luas cheia e nova (GRIFFITH; WIGGLESWORTH, 1993). Porém, não há informações sobre a influência da Lua na reprodução de *M. amazonicum*. Assim, para melhorar a produção desta espécie em cultivo intensivo, a compreensão de como as fases lunares podem influenciar a reprodução e crescimento pode ser útil.

2.3.2. Ablação do pedúnculo ocular

Em crustáceos decápodes, a indução da reprodução pode ser obtida pela técnica de ablação do pedúnculo ocular, com remoção do órgão-X e glândula do seio, estruturas responsáveis pela síntese e armazenamento do hormônio inibidor gonadal (SANTIAGO JR, 1977).

Desde a década de 90 essa técnica tem sido amplamente empregada no cultivo de camarões peneídeos marinhos, particularmente em espécies de difícil reprodução em cativeiro, o que não ocorre com o camarão-da-Amazônia. A ablação remove órgãos sintetizadores de hormônios inibidores das gônadas e ecdise, causando vários efeitos tais como a indução da maturação gonadal, redução do ciclo de desovas, aumento no número e redução do ciclo de ecdises (NAGARAJU, 2011; PERVAIZ;

JHON; SIKDAR-BAR, 2011; BABU; SHAILENDER; KRISHNA, 2013), trazendo vantagens econômicas ao produtor.

Assim, essa técnica de ablação vem sendo utilizada com sucesso na indução da maturação gonadal em diferentes espécies de crustáceos (SANTOS; PINHEIRO, 2000; NAGARAJU, 2011; PERVAIZ; JHON; SIKDAR-BAR, 2011; UAWISETWATHANA et al., 2011; BABU; SHAILENDER; KRISHNA, 2013).

Em *Macrobrachium* spp., a técnica de ablação do pedúnculo ocular influencia na indução da maturação das gônadas, obtendo-se uma antecipação do estado ovígero, aumento na frequência de desovas, redução do ciclo de ecdise, entre outras respostas na imunidade e fisiologia (JUINIO-MENEZ; RUINATA, 1996; SAGI et al., 1997; SANTOS; PINHEIRO, 2000; CUNHA; OSHIRO, 2010; VARALAKSHMI; REDDY, 2010; PERVAIZ; JHON; SIKDAR-BAR, 2011; ASUSENA, 2012; HUSSAIN; BORANA; SUJAD, 2014). Além disso, essa técnica influencia o período entre desovas e taxas adequadas de desova (SANTOS; PINHEIRO, 2000). Por ter demonstrado efeito positivo no crescimento e maturação dos ovários de *M. rosenbergii* (BABU; SHAILENDER; KRISHNA, 2013), por razões econômicas deve ser testada para *M. amazonicum*.

2.3.3. Luminosidade

Estudos mostram a influência da luz no desenvolvimento larval, alimentação, frequência de muda, crescimento e sobrevivência de espécies de camarão, principalmente considerando sua intensidade (HOANG et al., 2003; ARAUJO; VALENTI, 2011; GUO et al., 2012; VEGA VILLASANTE et al., 2015). A intensidade luminosa está diretamente relacionada à identificação do alimento no ambiente e essa habilidade surge ao longo do desenvolvimento larval de *M. rosenbergii*, embora nos estágios iniciais a oportunidade de encontro do alimento seja o fator principal para a sua atração. Nos estágios subsequentes, as larvas nadam em direção ao alimento, pois já possuem estímulos visuais (ARAUJO; VALENTI, 2011), o que pode ocorrer também em *M. amazonicum*, mas que necessita ainda ser investigado.

Cada receptor de cores responde a diferentes bandas do espectro colorido (SCARINCI; MARINELI, 2014). Há relação entre a cor da luz e o ciclo de vida dos camarões tem recebido pouca consideração como variável que pode afetar o seu cultivo (YOU et al., 2006; GUO et al., 2011; GUO et al., 2012). Estudos mostraram que

a flutuação periódica da luz da cor azul para verde melhora o ganho de peso e crescimento de *Litopenaeus vannamei* (GUO et al., 2011; GUO et al., 2012). Esse crescimento é importante para a produção comercial de camarões, pois o que se busca sempre é a melhorar a relação custo-benefício no crescimento desses animais (GUO et al., 2011; GUO et al., 2012).

2.3.4. Temperatura

Variação na temperatura ambiental é um dos fatores que também influenciam sobremaneira a sobrevivência, crescimento, reprodução e aumento de doenças nas espécies de camarões de água doce (AHMED et al., 2014; BOOCK et al., 2016), pois afeta diretamente consumo de alimentos e metabolismo dos animais, causando estresse. A ecdise e sobrevivência de *Macrobrachium borellii* e *Palaemonetes argentinus* foram reduzidos em temperaturas de 15 °C e 30 °C (MONTAGNA, 2011). O crescimento de *Macrobrachium rosenbergii* aumentou na faixa de temperaturas entre 24 °C e 29 °C e diminuiu em 34 °C (GHAZY; HABASHY; MOHAMMADY, 2011).

Apesar de sua importância econômica e ecológica há pouco conhecimento sobre a biologia em cultivo de *M. amazonicum*, tais os efeitos do aumento da temperatura no seu crescimento e sobrevivência, apesar das previsões de aumento de temperaturas na Amazônia (JUNK, 2013). Podem o ciclo lunar, a ablação ocular unilateral, a cor da iluminação na larvicultura e a variação da temperatura da água podem afetar o crescimento, a reprodução e sobrevivência de *M. amazonicum*? O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos do ciclo lunar, ablação ocular unilateral, cor de iluminação na larvicultura e temperatura da água no crescimento, reprodução e sobrevivência de *M. amazonicum*. Avaliar a influência de fatores abióticos no crescimento, reprodução e sobrevivência de *M. amazonicum* pode representar um significativo avanço na compreensão de parâmetros biológicos que auxiliarão no seu cultivo intensivo.

3 PERGUNTA NORTEADORA

Embora estudos tenham contribuído para o conhecimento da biologia reprodutiva e desenvolvimento de *M. amazonicum*, não tem sido demonstrado se fatores como fases da Lua, ablação ocular unilateral, luz e temperatura afetam o

crescimento, reprodução e sobrevivência dessa espécie. Considerando que a larvicultura desse camarão não consegue ainda fornecer uma quantidade de indivíduos suficiente para o cultivo intensivo, a indagação que norteou essa pesquisa foi como as fases lunares, a ablação unilateral de fêmeas, a cor da iluminação em tanques de larvicultura e a temperatura da água podem afetar o crescimento, reprodução e sobrevivência de *M. amazonicum*?

4 HIPÓTESES

1. A reprodução e crescimento de fêmeas de *M. amazonicum* podem ser afetadas pelo ciclo lunar, pois determinadas fases afetam positivamente tais parâmetros;
2. A ablação ocular unilateral de fêmeas de *M. amazonicum* é eficiente na redução do tempo de maturação sexual em fêmeas na fase de maturação gonadal, pois possibilita um ciclo reprodutivo menor.
3. A cor de iluminação no ambiente influencia a larvicultura de *M. amazonicum*, pois ambiente claro favorece sua produtividade e sobrevivência;
4. A temperatura influencia o crescimento e sobrevivência de *M. amazonicum*, pois temperaturas mais elevadas diminuem a taxa de crescimento, reprodução e sobrevivência.

5 OBJETIVOS

Geral

Investigar os efeitos do ciclo lunar, ablação ocular unilateral, cor de iluminação na larvicultura e temperatura da água no crescimento, reprodução e sobrevivência de *M. amazonicum*.

Específicos

- Avaliar a influência do ciclo lunar na reprodução de fêmeas de *M. amazonicum*;
- Estudar os efeitos da ablação ocular unilateral na maturação sexual de fêmeas de *M. amazonicum*;
- Testar o efeito de diferentes cores de iluminação ambiental na larvicultura de *M. amazonicum*, avaliando sua produtividade e sobrevivência;

- Comparar as taxas de crescimento e sobrevivência de *M. amazonicum* submetidos a diferentes temperaturas;

Esta tese está estruturada em Introdução Geral, quatro artigos (capítulos) e Considerações Finais.

O capítulo I (Artigo I), intitulado “**A influência do ciclo lunar na reprodução e tempo de incubação de ovos de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae)**” foi submetido como capítulo do livro “Conhecimento e manejo sustentável da biodiversidade amapaense”, Editora Blucher, São Paulo, assim segue as normas desse livro. O capítulo II (Artigo II), intitulado “**Efeitos da ablação ocular unilateral no crescimento, frequência de ecdises e reprodução de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae)**” foi submetido ao periódico Aquaculture (Qualis B2 em Biotecnologia), assim segue as normas desse periódico. O capítulo III (Artigo III), intitulado “**A cor da iluminação do ambiente pode afetar a larvicultura de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae)?**” foi submetido ao periódico Biological Conservation (Qualis A1 em Biotecnologia), assim segue as normas desse periódico. O capítulo IV (Artigo IV), intitulado “**Efeitos do aumento da temperatura na sobrevivência e desempenho de crescimento de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) e implicações de alteração climática na Amazônia**”, foi submetido ao periódico Ecology Letters (Qualis A1 em Biotecnologia), assim segue as normas desse periódico.

6 REFERÊNCIAS

AHMED, N.; BUNTING, S. W.; RAHMAN, S.; GARFORTH, C. J. Community-based climate change adaptation strategies for integrated prawn-fish-rice farming in Bangladesh to promote social-ecological resilience. *Reviews in Aquaculture*, v. 6, n. 1, p. 20–35, 2014.

ARAUJO, M. C.; VALENTI, W. C. The effects of light intensities on larval development of Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum*. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 37, n. 2, p. 155–164, 2011.

ASUSENA, A.-C. J. The effects of eyestalk ablation on the reproductive and immune function of female *Macrobrachium americanum*. *Journal of Aquaculture Research &*

Development, v. 03, n. 8, p. 156, 2012.

AYA-BAQUERO, E.; VELASCO-SANTAMARÍA, Y. Fecundidad y fertilidad de *Macrobrachium amazonicum* (Héller 1862) (Decápoda, Palaemonidae) del Piedemonte Llanero Colombiano. *Revista MVZ Córdoba*, v. 18, n. 3, p. 3773–3780, 2013.

BABU, S. C.; SHAILENDER, M.; KRISHNA, P. Comparative study of spawning success in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* broodstock by unilateral and bilateral eyestalk ablation methods. *International Journal of Research in Biological Sciences*, v. 3, n. 2, p. 88–93, 2013.

BASTOS, A.M. Modelagem de escoamento ambiental como subsídio à gestão de ecossistemas aquáticos no baixo igarapé da Fortaleza - AP. 2010.

BAUER, R. T. Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species *Invertebrate Reproduction & Development*, 1992.

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

BOOCK, M. V.; DE ALMEIDA MARQUES, H. L.; MALLASEN, M.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W. C. Effects of prawn stocking density and feeding management on rice–prawn culture. *Aquaculture*, v. 451, n. p. 480–487, 2016.

CUNHA, C. H.; OSHIRO, L. M. Y. The influence of eyestalk ablation on the reproduction of the freshwater *Macrobrachium acanthurus* shrimp in captivity. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 32, n. 3, p. 217–221, 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, n. 3, p. 489–500, 2004.

DINIZ, M. J. T.; DINIZ, M. B.; JÚNIOR, J. N. de O.; FERREIRA E SILVA, A. L.; ROSA, R. F.S. Setor pesqueiro no estado do Pará: concentração espacial e fragilidades da cadeia produtiva. *Revista de Estudos Sociais*, v. 1, n. 23, p. 30–61, 2010.

DRUMMOND, J. A.; PEREIRA, M. de A. P. O Amapá nos tempos do manganês: um estudo sobre o desenvolvimento de um estado amazônico - 1943-2000. [s.l.] Garamond, 2007.

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 1-224, 2016.

GARCÍA DÁVILA, C. R.; ALCÁNTARA BOCANEGRA, F.; VASQUEZ R., E.; CHUJANDAMA S., M. Biología Reprodutiva do camarão *Macrobrachium brasiliense*

(Heller, 1862) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) em Igarapés de Terra Firme da Amazônia Peruana Acta Amazonica, 2000.

GHAZY, M. M. E.; HABASHY, M. M.; MOHAMMADY, E. Y. Effects of pH on survival , growth and reproduction rates of the crustacean, *Daphnia magna*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, v. 5, n. 11, p. 1–10, 2011.

DE GRAVE, S; FRANSEN, C. H. J. M. Carideorum Catalogus: The Recent Species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean Shrimps (Crustacea: Decapoda). Zoologische Mededelingen, 85: 195-589. 2011.

GRIFFITH, D. R. W.; WIGGLESWORTH, J. M. Growth rhythms in the shrimp *Penaeus vannamei* and *L. schmitti*. Marine Biology, v. 115, p. 295–299, 1993.

GUO, B.; WANG, F.; DONG, S.; GAO, Q. The effect of rhythmic light color fluctuation on the molting and growth of *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, v. 314, n. 1-4, p. 210–214, 2011.

GUO, B.; WANG, F.; LI, Y.; DONG, S. Effect of periodic light intensity change on the molting frequency and growth of *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, v. 396-399, p. 66–70, 2012.

HAYD, L. e ANGER, K. Reproductive and morphometric traits of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda:Palaemonidae) from the Pantanal, Brazil, suggests initial speciation. *Revista de Biología Tropical*, 61: 39-57. 2013.

HOANG, T.; BARCHIESIS, M.; LEE, S. Y.; KEENAN, C. P.; MARSDEN, G. E. Influences of light intensity and photoperiod on mounting and growth of *Penaeus merguensis* cultured under laboratory conditions. Aquaculture, v. 216, n. 1-4, p. 343–354, 2003.

HOLTHUIS, L. B. a General Revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the Americas. I. the Subfamilies Euryrhynchinae and Pontiinae. Allan Hancock Foundation Publications, Occ. Pap., v. 11, p. 1–332, 1951.

HUSSAIN, S.; BORANA, K.; SUJAD, N. Effect of eyestalk ablation on reproductive organ of *Macrobrachium lamarrei* (H. Milne Edwards, 1837). Indo American Journal of Pharmaceutical Research, v. 4, n. 04, p. 2247–2250, 2014.

JUINIO-MENEZ, M. A.; RUINATA, J. Survival, growth and food conversion efficiency of *Panulirus ornatus* following eyestalk ablation. Aquaculture, v. 146, n. 3-4, p. 225–235, 1996.

JUNK, W. J. Current state of knowledge regarding South America wetlands and their future under global climate change. **Aquatic Sciences**, 75:113–131, 2013.

KUTTY, M. N. Towards sustainable freshwater prawn aquaculture - lessons from shrimp farming, with special reference to India. Aquaculture Research, v. 36, n. 3, p. 255–263, 2005a.

- KUTTY, M. N. Towards sustainable freshwater prawn aquaculture - Lessons from shrimp farming, with special reference to India. *Aquaculture Research*, v. 36, n. 3, p. 255–263, 2005b.
- LIMA, J. D. F.; MAURICIO, L.; CARVALHO, T.; GARCIA, S.; PEREIRA, I. S.; DALLA, K.; AMARAL, S. Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda : Palaemonidae) in the State of Amapá. *Acta Amazonica*, v. 44, n. 2, p. 245–254, 2014.
- LIMA, J. de F.; SANTOS, T. dos S. e. Aspectos econômicos e higiênico-sanitários da comercialização de camarões de água doce em feiras livres de Macapá e Santana, Estado do Amapá. *Biota Amazônia*, v. 4, n. 1, p. 1–8, 2014.
- LOPES, C. de L.; HAYD, L. de A.; MORAES-VALENTI, P. M. C. Desenvolvimento Larval em diferentes salinidades e crescimento de juvenis de *Macrobrachium* sp. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul Universitária de Aquidauana Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, v. 1, p. 1–7, 2013.
- MACIEL, C. R.; VALENTI, W. C. Biology, fisheries, and aquaculture of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review. *Nauplius*, v. 17, n. 2, p. 61–79, 2009.
- MAGALHÃES, C. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemonídeos da Região Amazônica. *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (Crustacea, Decapoda). *Amazoniana*, v. IX, n. 2, p. 247 – 274, 1985.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA- MPA. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura – 2010.
- MONTAGNA, M. C. Effect of temperature on the survival and growth of freshwater prawns *Macrobrachium borellii* and *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Palaemonidae). *Iheringia. Série Zoologia*, v. 101, n. 3, p. 233–238, 2011.
- MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C. Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 19, n. 4, p. 1181–1214, 2002.
- MORAES-VALENTI, P.; DE MORAIS, P. A.; DE LIMA PRETO, B.; VALENTI, W. C. Effect of density on population development in the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Aquatic Biology*, v. 9, n. 3, p. 291–301, 2010.
- NAGARAJU, G. P. C. Reproductive regulators in decapod crustaceans: an overview. *The Journal of experimental biology*, v. 214, n. 1, p. 3–16, 2011.
- NEW, M. B. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. *Aquaculture Research*, v. 36, n. 3, p. 210–230, 2005.
- OBSERVATÓRIO NACIONAL. Fases da Lua, 2013.
- ODINETZ-COLLART, O. Ecologia e potencial pesqueiro do camarão-canela,

Macrobrachium amazonicum, na bacia amazônica. Amazoniana, v. 2, p. 147–166, 1993.

ODINETZ-COLLART, O.; MOREIRA, L. C. Potencial pesqueiro de *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Carneiro) variação da abundância e do comprimento. Amazoniana, v. XII, n. 3, p. 399 – 413, 1993.

OLIVEIRA, K. F. de; BOCCARDO, L.; MEYER, M. Macroinvertebrados associados à macrófita *Salvinia longifolia* (salviniaceae) no Reservatório da Barragem da Pedra - BA. Resultados preliminares. XV encontro de zoologia do nordeste. Livro de resumos. I simpósio da Biodiversidade de Insetos e suas Interações com as Plantas. 419 pp. 2005.

PAVANELLI, C. A. Viabilidade técnica e econômica da larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em diferentes temperaturas. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

PERVAIZ, P. A.; JHON, S. M.; SIKDAR-BAR, M. Studies on the effect of unilateral eyestalk ablation in maturation of gonads of a freshwater prawn *Macrobrachium dayanum*. World Journal of Zoology, v. 6, n. 2, p. 159–163, 2011.

ROCHA, S. S.; SILVA, R. L. S.; SANTOS, J.L.; OLIVEIRA, G. Length-weight relationship and condition factor of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) from a reservoir in Bahia, Brazil. Nauplius, v. 23, n. 2, p. 146–158, 2015.

ROCHA, C. M. C. de; RESENDE, E. K. De; ROUTLEDGE, E. A. B.; LUNDSTED, L. M. Prefácio Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. v. 147, n. 1, p. 2011–2013, 2013.

RURAL NEWS, R. Rural News. Disponível em: <<http://www.ruralnews.com.br/visualiza.php?id=562>>.

SAGI, A.; SHOUKRUN, R.; LEVY, T.; BARKI, A.; HULATA, G.; KARPLUS, I. Reproduction and molt in previously spawned and first-time spawning red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* females following eyestalk ablation during the winter reproductive-arrest period. Aquaculture, v. 156, n. 1-2, p. 101–111, 1997.

SANTIAGO JR, A. C. Successful spawning of cultured *Peneaus monodon* Fabricius after eyestalk ablation. Aquaculture, v. 11, p. 185–196, 1977.

SANTOS, M. J. M. Dos; PINHEIRO, M. A. A. Ablação ocular no camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae): efeitos sobre a reprodução, pigmentação epidérmica e atividade alimentar. Revista Brasileira de Zoologia, v. 17, n. 3, p. 667–680, 2000.

SCARINCI, A. L.; MARINELI, F. O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 1, p. 1–14, 2014.

SILVA, L. M. A.; TAVARES DIAS, M. A pesca artesanal no estado do Amapá: estado atual e desafios. Boletim Técnico-Científico do CEPNOR, v. 10, n. 1, p. 43–53, 2010.

SILVA, M.; FRÉDOU-LUCENA, F.; ROSA FILHO, J. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da ilha de Combú, Belém, estado do Pará. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, v. 2, n. 4, p. 85–104, 2007.

UAWISETWATHANA, U.; LEELATANAWIT, R.; KLANCHUI, A.; PROMMOON, J.; KLINBUNGA, S.; KAROONUTHAISIRI, N. Insights into eyestalk ablation mechanism to induce ovarian maturation in the black tiger shrimp. PLoS ONE, v. 6, n. 9, 2011.

VALENTI, W. C. Freshwater prawn culture in Brazil. Journal of the World Aquaculture Society, v. 1, n. 24, p. 29 – 34, 1993.

VALENTI, W. C. A aquicultura brasileira é sustentável? Palestra apresentada durante o IV seminário Internacional de Aquicultura, Maricultura e Pesca, Aquafair 2008, Florianópolis, 13-15 de maio de 2008, v. 11, n. Pillay 1992, p. 1–11, 2008.

VARALAKSHMI, K. N.; REDDY, R. <Title/>. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 10, n. 3, p. 403–410, 2010.

VEGA VILLASANTE, F.; MARTINEZ OCHOA, E. F.; GARCÍA GUERRERO, M. U.; ARRONA ORTIZ, J. D. Efecto de diferentes intensidades de luz sobre la expresion de cromatoforos, crecimiento y supervivencia en juveniles de *Macrobrachium tenellum*. Latin American Journal of Aquatic Research, v. 43, n. 1, p. 255–261, 2015.

VETORELLI, M. Viabilidade técnica e econômica da larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum* em diferentes densidades de estocagem. 2004. 2004.

VIEIRA, I. M. Bioecologia e pesca do camarão, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) no baixo Rio Amazonas – AP. 2003. 142 f. Dissertação (Mestrado Gestão e Política Ambiental). Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2003.

YOU, K.; YANG, H.; LIU, Y.; LIU, S.; ZHOU, Y.; ZHANG, T. Effects of different light sources and illumination methods on growth and body color of shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, v. 252, n. 2-4, p. 557–565, 2006.

CAPÍTULO I (ARTIGO 1)

A influência do ciclo lunar na reprodução e tempo de incubação de ovos de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae)

Artigo submetido como capítulo do livro “Conhecimento e manejo sustentável da biodiversidade amapaense”, Editora Blucher, São Paulo, 2016

A influência do ciclo lunar na reprodução e tempo de incubação de ovos de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae)

Argemiro Midonês Bastos, Jô de Farias Lima, Marcos Tavares-Dias

RESUMO

O ciclo lunar tem efeito sobre o comportamento de camarões, mas pouco se conhece sobre esta influência na eclosão de larvas. Este estudo investigou o efeito das fases lunares na eclosão de larvas e tempo de incubação de ovos de *Macrobrachium amazonicum*. Durante dois meses sinódicos, de novembro a dezembro de 2014, foram observadas 155 fêmeas ovígeras. A eclosão de larvas ocorreu em 50% das fêmeas, com diferenças para o tempo médio de incubação. A maior quantidade de fêmeas que desovaram foram isoladas na Lua Minguante (41%) e a menor na Lua Crescente (13%). O menor período de incubação foi observado para fêmeas isoladas na Lua Crescente ($8,2 \pm 2,4$ dias) e o maior na Lua Nova ($11,5 \pm 0,9$ dias), enquanto que para fêmeas agrupadas foi de $9,5 \pm 1,9$ dias. O número de larvas eclodidas foi maior em fêmeas isoladas na Lua Crescente (1138 ± 472 larvas) e menor na Lua Minguante (908 ± 450 larvas). Conclui-se que a Lua Minguante influenciou o sucesso da desova, porém o tempo de incubação dos ovos de *M. amazonicum* e o número de larvas eclodidas foram melhores na Lua Crescente.

Palavras-chave: Camarão, Eclosão, Fertilidade, Reprodução.

1 INTRODUÇÃO

A força de atração gravitacional que a Lua exerce sobre a Terra tem influência sobre qualquer líquido existente no planeta, desde aqueles das camadas superficiais (rios, mares e oceanos) até os contidos no interior dos vegetais e corpo do homem. Assim, a influência da Lua nas atividades relacionadas à agricultura, pesca, clima e saúde do homem têm sido investigadas (MENIN et al., 2014).

Além disso, uma série de parâmetros geofísicos sutis, como as forças eletromagnéticas, passam por mudanças no ciclo lunar e, portanto, podem ter certa influência em determinados ciclos biológicos (FRANKE; HOERSTGEN-SCHWARK, 2013).

As fases da Lua referem-se à mudança aparente da porção visível iluminada do satélite devido sua variação da posição em relação a Terra e Sol. O ciclo completo, denominado lunação, mês lunar ou mês sinódico é de 29,53 dias, período no qual a Lua passa da fase nova (seu crescimento), quando sua porção iluminada visível passa a aumentar gradualmente (Lua Crescente) até que, duas semanas depois ocorra a Lua Cheia (sua plenitude) e, por cerca de duas semanas seguintes, volta a diminuir (Lua Minguante) e o satélite entra novamente na fase nova (OBSERVATÓRIO NACIONAL, 2013).

Nos crustáceos decápodes, o metabolismo e a reprodução estão relacionados ao ciclo de ecdise (troca do exoesqueleto) e ambos são influenciados por mudanças ambientais sazonais que tendem a favorecer a sobrevivência da prole. A importância relativa de fatores ambientais particulares pode variar entre diferentes espécies e ambientes (BAUER, 1992; CHARMATIER-DAURES e VERNET, 2004).

Ciclos de muda podem estar associados às fases distintas de ciclos geofísicos (FRANKE; HOERSTGEN-SCHWARK, 2013). Em geral, os padrões temporais de muda e reprodução são controlados pela frequência e amplitude das mudanças de temperatura e comprimento da luz do dia, especialmente em espécies que habitam latitudes subtropicais e temperadas cujas estações climáticas são bem marcadas (ITUARTE et al., 2004). No entanto, a ecdise e reprodução em crustáceos marinhos pode também ser associada a ciclos mais curtos de periodicidades ambientais, tais como o ciclo lunar mensal, o semi-lunar, ciclo de marés vivas-morta, o ciclo diário, e do ciclo das marés (KLAPOW, 1972). Segundo Franke e Hoerstgen-Schwark (2013),

o significado adaptativo destes fenômenos, bem como a base subjacente dos mecanismos ainda são pouco compreendidos.

No caso dos camarões marinhos, estudos indicam que o incremento em massa corporal ocorre nas fases de Lua Cheia e Lua Nova (GRIFFITH; WIGGLESWORTH, 1993). Porém, não há informações sobre a influência da Lua na reprodução de *Macrobrachium amazonicum*, *decápode nativo* que possui grande importância econômica para a pesca na Amazônia, bem como potencial para aquicultura na América do Sul (AYA-BAQUERO; VELASCO-SANTAMARÍA, 2013). Contudo, para produção em larga escala é necessário compreender como fatores abióticos tais como as fases lunares podem influenciar na reprodução e crescimento desta espécie. Assim, o presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos da fase lunar na eclosão de larvas e tempo de incubação dos ovos de *M. amazonicum*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Durante dois meses sinódicos, de novembro a dezembro de 2014, foram observadas 155 fêmeas ovígeras. Para o acasalamento de *M. amazonicum*, utilizou-se animais adultos, oriundos de larvicultura realizada no período de junho a agosto de 2014, no Laboratório de Larvicultura da Embrapa Amapá (0° 0'50.07"S e 51° 5'8.58"O), Macapá, Estado do Amapá (Brasil). Os animais foram mantidos em quatro tanques de 1.000 L, com sistema de recirculação de água e aeração constante. Os tanques foram povoados com 88 machos do morfotipo Ciannamon Claw e 384 fêmeas em diferentes estágios de maturação gonadal, o que correspondeu a uma proporção sexual de 4,4 fêmeas para cada macho.

À medida que essas fêmeas de *M. amazonicum* ficaram ovígeras foi registrado a fase da Lua com base no calendário lunar 2014 do Observatório Nacional. As fêmeas foram então isoladas em recipientes plásticos de cor preta, com capacidade de 2 L de água doce, aeração constante e fotoperíodo de 12 horas diárias de luz e 12 horas de escuro. A alimentação consistiu de ração comercial peletizada (35% de proteína bruta), com oferta diária de 2 pellets para cada fêmea. A cada três dias a água dos recipientes dos recipientes era totalmente substituída e os parâmetros de qualidade de água (temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica) foram medidos com o uso de uma sonda multiparâmetros (Horiba, modelo U-52G). A

amônia total foi medida a cada três dias antes da troca de água com auxílio de um Fotômetro medidor de Amônia, marca Hanna, Modelo HI 96715C.

O número de larvas eclodidas (fertilidade) foi determinado pelo método de amostragem, tendo como base a média aritmética da contagem do número de larvas presentes em 2 ml utilizando-se 20 amostras, em seguida a média foi extrapolada para o volume real do recipiente que continha as larvas. Todas as fêmeas foram agrupadas em classes de comprimento total e massa, para identificar possíveis padrões de desova, considerando as diferentes fases da Lua. Os grupos de classes apresentam intervalos de 10 mm de comprimento total e 1,0 g de massa.

Para cada fêmea de *M. amazonicum* foram medidos a massa corporal (g) em balança de precisão (Marte, modelo BL 320H) e o comprimento total (mm), que se refere a extremidade livre do rostro até a extremidade livre do telson, usando um paquímetro digital (Starrett 150 mm). De posse desses dados foram determinados a relação massa-comprimento e fator de condição relativa (Kn). Para calcular a relação massa-comprimento foi usada a equação $M_t = aC^b$, onde M_t é a massa total em g, C_p é o comprimento padrão em mm, e a e b são coeficientes. Estas constantes foram estimadas pela regressão linear da equação transformada: $M = \log a + b \times \log C$. O nível de significância de r foi estimado e o valor de b testado através do teste- t para saber se $b = 3$ (LE CREN, 1951).

2.1. ANÁLISE ESTATÍSTICAS DOS DADOS

Para verificar as relações das desovas com o comprimento, massa corporal, fator de condição relativo e tempo de incubação foi usado o coeficiente de correlação linear de Pearson (ZAR, 2010). Além disso, foi usada regressão linear múltipla para verificar quais fatores apresentaram correlação com a desova das fêmeas de *M. amazonicum*.

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para testar a normalidade nos conjuntos de dados, que foram então submetidos à Análise de Variância (ANOVA) fatorial, na qual comprimento, massa, fator de condição, tempo de incubação e número de larvas eclodidas foram utilizados como variável dependente e como fatores "Status", com dois níveis (desovou e abortou) e, "fases da Lua" com quatro níveis (Nova, Crescente, Cheia e Minguante) foram usados como variável independente. Quando observadas diferenças entre os tratamentos foi usado o teste de Tukey para comparação entre

médias. Tais análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software R (R CORE TEAM, 2015) e utilizando 5% como valor de significância estatística.

3 RESULTADOS

3.1. PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Observou-se que para todas as fases da Lua, no período em que as fêmeas foram isoladas, não houve variações nos valores médios de temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e amônia na água utilizada na incubação (Tabela 1).

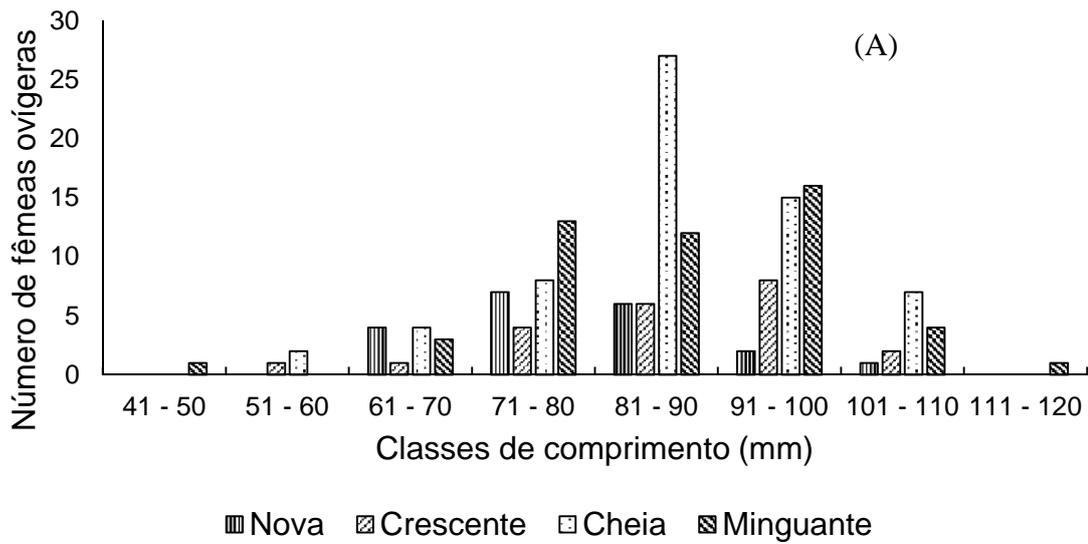
Tabela 1: Valores médios \pm desvio padrão (DP) dos parâmetros de qualidade da água no período de incubação de *Macrobrachium amazonicum*. Em nenhum parâmetro houve diferença significativa entre as fases da Lua.

Parâmetros	Fases da Lua			
	Nova	Crescente	Cheia	Minguante
Temperatura (°C)	28,70 \pm 0,12	28,04 \pm 0,39	28,42 \pm 0,23	28,49 \pm 0,22
pH	7,60 \pm 0,07	7,60 \pm 0,10	7,59 \pm 0,05	7,59 \pm 0,08
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,70 \pm 0,06	7,72 \pm 0,09	7,70 \pm 0,12	7,710 \pm 0,08
Condutividade elétrica (μ S/cm)	0,16 \pm 0,01	0,16 \pm 0,02	0,16 \pm 0,02	0,16 \pm 0,01
Amônia total (mgL ⁻¹)	0,22 \pm 0,03	0,23 \pm 0,03	0,23 \pm 0,04	0,23 \pm 0,03

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

3.2. MASSA-COMPIMENTO E FATOR DE CONDIÇÃO DAS FÊMEAS OVÍGERAS DE *M. amazonicum*

O comprimento padrão variou de 45 a 120 mm e as maiores frequências ocorreram entre 80 e 90 mm. A massa variou de 1,20 a 13,5 g e as maiores frequências foram no intervalo de 4,0 a 5,0 g (Figuras 1A e 1B).



Fonte: Pesquisa de campo (2015)

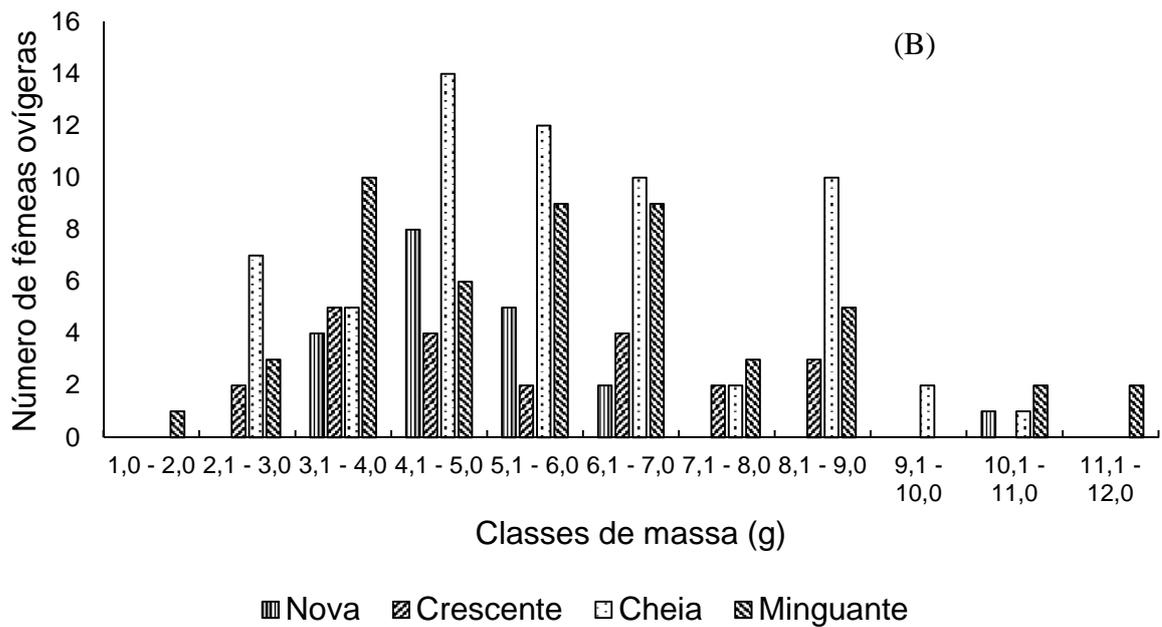


Figura 1. Distribuição das classes de (A) comprimento padrão e (B) massa corporal de fêmeas ovíferas de *Macrobrachium amazonicum* isoladas de acordo com a fase lunar.
Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Não houve diferença estatística significativa tanto para o comprimento quanto para a massa entre as fases da Lua. Os dados mostraram-se homogêneos para o comprimento e heterogêneos para a massa (Tabela 2).

Tabela 2: Média \pm desvio padrão (DP), mínimo (Min) e máximo (Max) do comprimento total (mm) e massa (g) de fêmeas de *M. amazonicum* desovada e Coeficiente de Variação (CV), de acordo com a fase da Lua. Em nenhuma fase houve diferença significativa entre os parâmetros pelo Teste de Tukey ($p>0,05$).

Fases lunares	N	Comprimento (mm)			Massa corporal (g)		
		Média \pm DP	Min-Max	CV (%)	Média \pm DP	Min-Max	CV (%)
Nova	20	83,1 \pm 10,8	3,22-10,8	13,0	5,37 \pm 1,83	3,22-10,8	34,1
Crescente	22	84,2 \pm 12,2	2,10-8,94	14,5	5,51 \pm 2,02	2,10-8,94	36,7
Cheia	63	84,9 \pm 11,3	1,75-10,0	13,3	5,83 \pm 3,01	1,75-10,0	34,4
Minguante	50	84,0 \pm 13,0	1,20-13,3	15,5	5,95 \pm 2,46	1,20-13,3	41,4

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

A eclosão das larvas ocorreu em quase metade das fêmeas ovígeras isoladas. A Figura 2 mostra o percentual de fêmeas isoladas segundo a fase da Lua e o percentual das que tiveram larvas eclodidas em cada fase.

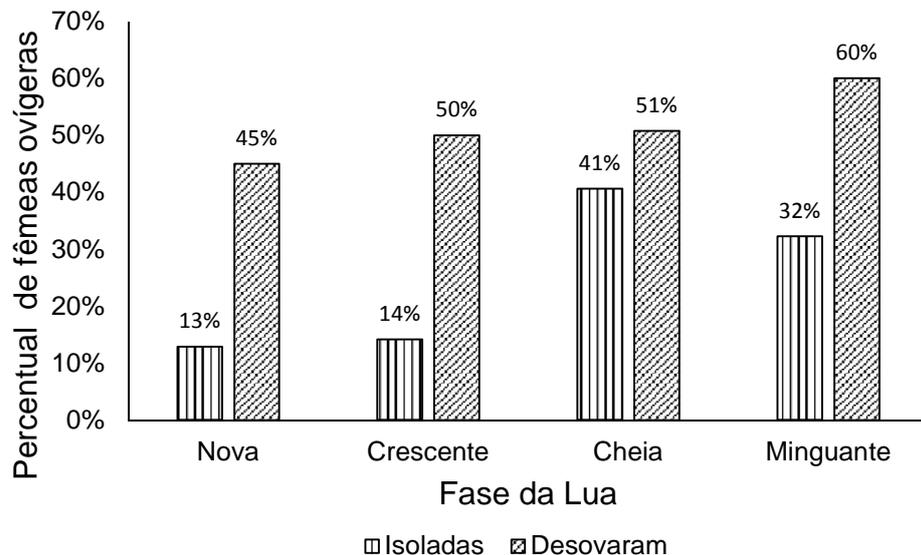


Figura 2. Percentual de fêmeas ovígeras de *M. amazonicum* isoladas que tiveram larvas eclodidas durante 60 dias de experimento, de acordo com as fases da Lua e percentual das que tiveram larvas eclodidas em cada fase.

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

O fator de condição, foi maior na Lua Crescente, indicando que as fêmeas de *M. amazonicum*, nesta fase, possuíam melhores condições de reprodução. Ao testar a influência da fase da Lua no número de fêmeas que tiveram larvas eclodidas, usando o Kn parâmetro, observou-se interação entre as fases Minguante-Cheia e Nova-Crescente. Portanto, é possível que durante a atividade reprodutiva, em decorrência da mobilização das reservas energéticas, a Lua exerça influência sobre as fêmeas ovígeras.

As equações que descrevem a relação massa-comprimento das fêmeas de *M. amazonicum*, em cada fase lunar, mostrou crescimento do tipo alométrico negativo, que indica maior incremento na massa corporal que no comprimento. O Kn foi maior na Lua Minguante e menor na Lua Crescente (Tabela 3).

Tabela 3: Equações da relação massa-comprimento e fator de condição relativa (Kn) para as fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* de acordo com a fase da Lua. Letras diferentes, na mesma coluna, indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fase da Lua	N	Equação crescimento	Kn	B	R ²
Nova	20	$M = 2E-04C^{2,315}$	$1,00 \pm 0,08a$	2,3150	0,9106
Crescente	22	$M = 6E-05C^{2,5563}$	$0,98 \pm 0,07a$	2,5563	0,9348
Cheia	63	$M = 3E-05C^{2,7216}$	$0,99 \pm 0,06b$	2,7216	0,9368
Minguante	50	$M = 2E-05C^{2,8306}$	$1,01 \pm 0,06b$	2,8306	0,9613
Agrupado	155	$M = 4E-05C^{2,6901}$	$1,00 \pm 0,06$	2,6901	0,9424

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Houve presença de fêmeas ovígeras em quase todos os dias do período do experimento. O período mais curto de desova foi de 5 dias após o isolamento das fêmeas e o mais longo após 13 dias (Figura 3).

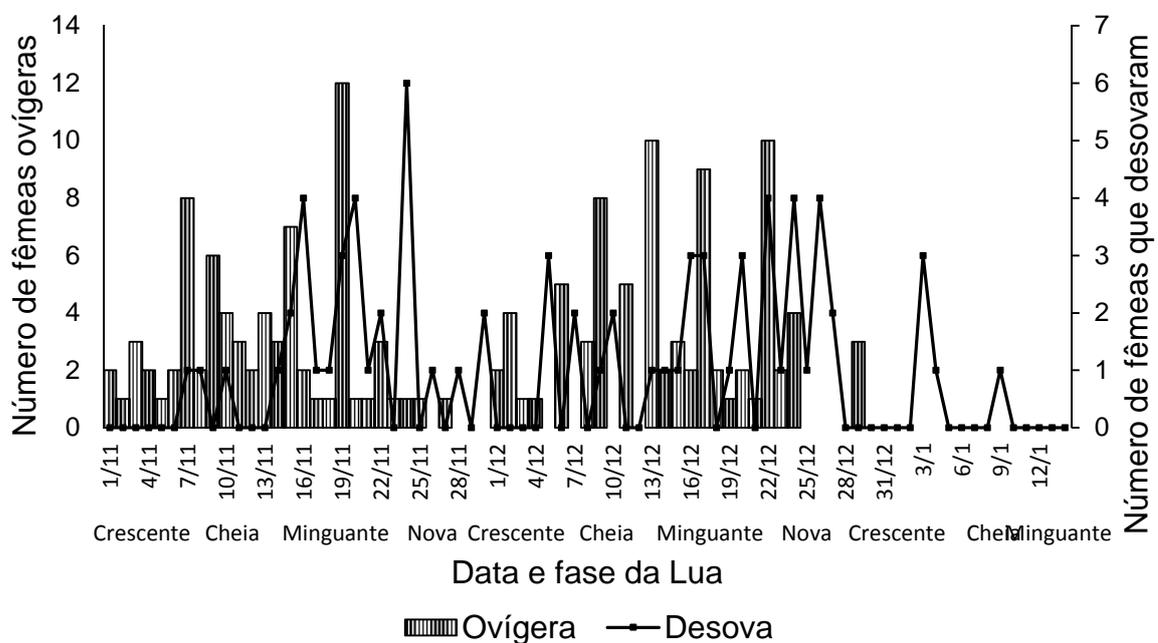


Figura 3. Número de fêmeas ovígeras de *M. amazonicum* isoladas e número de fêmeas que tiveram larvas eclodidas após o período de isolamento.

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

3.3. TEMPO DE INCUBAÇÃO E DESOVA

Houve diferença no período de incubação ($F = 4,6$, $p < 0,05$). O menor período de incubação foi observado para fêmeas isoladas na Lua Crescente ($8,2 \pm 2,4$ dias) e o maior na Lua Nova ($11,5 \pm 0,9$ dias), enquanto que para fêmeas agrupadas foi de $9,5 \pm 1,9$ dias. (Figura 4).

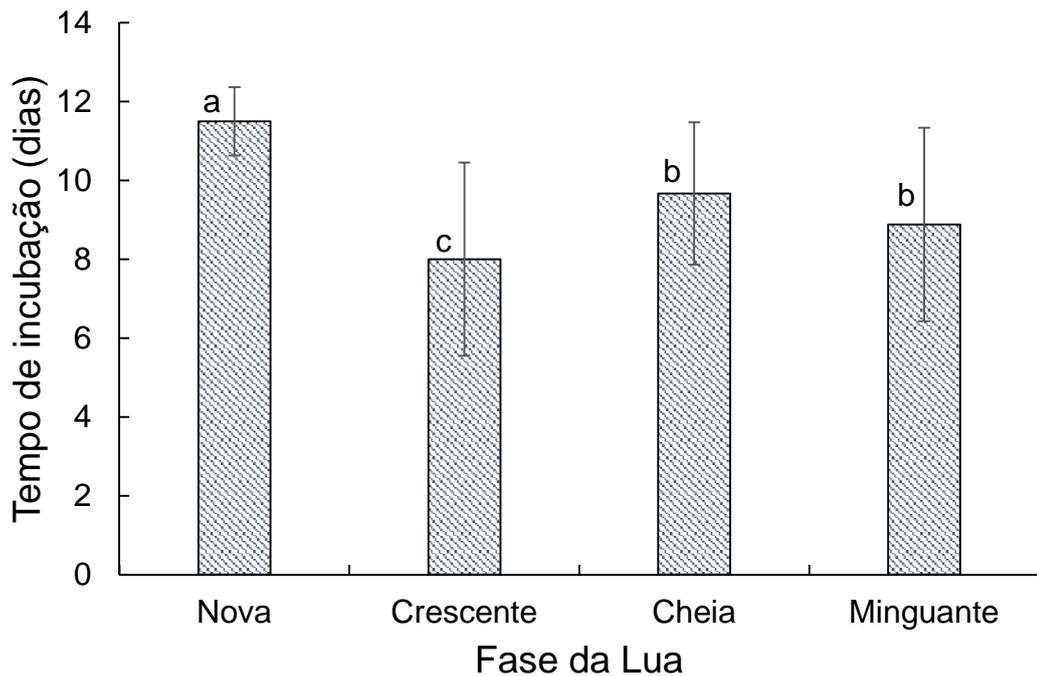


Figura 4. Média + desvio padrão do período de incubação das fêmeas de *Macrobrachium amazonicum*, segundo a fase da Lua. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Houve diferença no número de larvas eclodidas ($F = 5,6$, $p < 0,05$). A maior taxa de eclosão de larvas ocorreu na Lua Crescente (1138 ± 472 larvas) e a menor na Lua Minguante (908 ± 450 larvas) (Figura 5). A fertilidade apresentou correlação positiva com o comprimento ($r = 0,8405$) e a massa corporal ($r = 0,8091$) das fêmeas de *M. amazonicum* (Tabela 4).

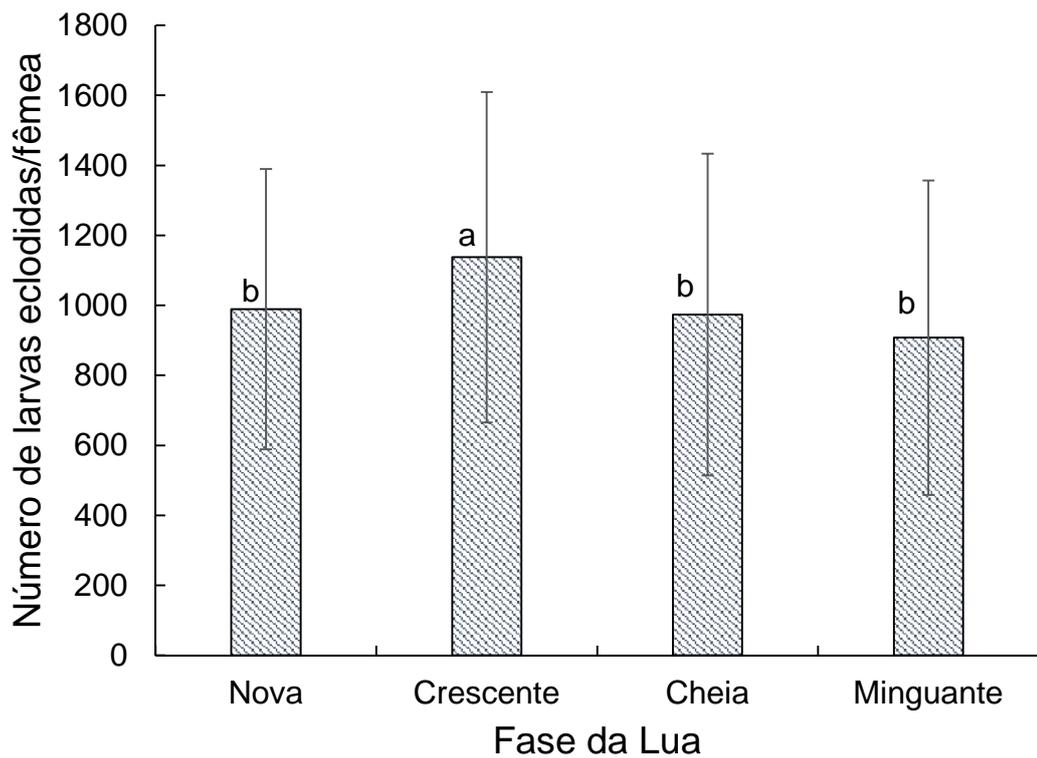


Figura 5. Número de larvas eclodidas (fertilidade) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum*, segundo a fase da Lua. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Tabela 4: Coeficiente de correlação de Pearson da taxa de fertilidade como o comprimento (C) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum*, de acordo com a fase da Lua.

Fase da Lua	Equação de fertilidade	r (comprimento)	r (massa)
Nova	$F = 34,133C - 1946,1a$	0,90	0,88
Crescente	$F = 39,165C - 2422,1a$	0,97	1,00
Cheia	$F = 29,479C - 1545,8a$	0,82	0,80
Minguante	$F = 29,865C - 1642,9a$	0,84	0,84
Agrupado	$F = 30,791C - 1680,8$	0,84	0,81

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

4 DISCUSSÃO

Os parâmetros de qualidade da água neste estudo mantiveram-se dentro dos padrões recomendados para cultivo de *M. amazonicum* (VALENTI; MORAES-RIODADES, 2001; PRETO, et al., 2011; AYA-BAQUERO; VELASCO-SANTAMARÍA, 2013). A utilização da água proveniente dos tanques onde estavam os reprodutores, utilizada na renovação da água de cultivo para incubação das fêmeas, a cada três

dias e o controle da quantidade de ração diária possibilitaram a manutenção dos valores adequados de pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e amônia.

Macrobrachium amazonicum pode atingir até 17 cm de comprimento, mas pode ser considerado adulto a partir de 4,5 cm quando inicia a maturidade reprodutiva (DA SILVA et al., 2004). No estuário amazônico, há uma leve predominância de fêmeas na população, principalmente no período reprodutivo (LIMA, 2014). Para fêmeas de *M. amazonicum* cultivadas na Colômbia, Aya-Baquero e Velasco-Santamaría (2013) descreveram comprimento total variando de 4,0 cm a 5,8 cm. Porém, na natureza há registro de indivíduos capturados medindo com 15 cm de comprimento total (LIMA, 2014). No nordeste do Brasil, há registro de capturas de animais com comprimento entre 4,5 cm e 10,5 cm (SAMPAIO et al., 2007). Em cativeiro, são relatados valores médios inferiores aos encontrados em ambiente natural, por exemplo, Lobão et al. (1986) avaliaram a fertilidade em fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com comprimentos entre 3,8 cm e 6,7 cm. Neste estudo, o comprimento total das fêmeas variou de 4,8 a 12 cm. Além disso, houve correlação positiva do comprimento total com a massa corporal dos camarões, como esperado.

O crescimento de *M. amazonicum* em todas as fases da Lua foi alométrico negativo, similar ao descrito para essa mesma espécie capturada em região estuarina do estado do Pará (NÓBREGA et al., 2014). A relação massa-comprimento é uma importante ferramenta nos estudos de biologia, fisiologia e ecologia pesqueira, pois é útil para determinar a massa corporal, quando apenas as medidas de comprimento são avaliadas e permite comparações entre o crescimento de diferentes populações (DEEKAE; ABOWED, 2010).

Uma análise de variância revelou que o tempo médio para a eclosão de larvas foi diferente entre as quatro fases da lua. Verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) no período de incubação para fêmeas isoladas na Lua Crescente. Este período em média é 4 (quatro) dias inferior ao observado para as desovas ocorridas na Lua Nova. O tempo médio de incubação das fêmeas neste estudo foi de 8,8 dias, enquanto para esta mesma espécie cultivada na Colômbia, o tempo de incubação foi de 19 dias (AYA-BAQUERO; VELASCO-SANTAMARÍA, 2013). A comparação com outros estudos é prejudicada, pois os mesmos não registraram a fase da Lua quando da eclosão de larvas. No entanto, os resultados sugerem que o desenvolvimento embrionário de *M. amazonicum* é influenciado pela fase da Lua.

Quanto à taxa de eclosão, esta é influenciada por fatores abióticos (tamanho, qualidade do ambiente, latitude, temperatura, qualidade e quantidade do alimento) e bióticos, principalmente as condições fisiológicas dos animais (AYA-BAQUERO; VELASCO-SANTAMARÍA, 2013).

O sucesso reprodutivo de machos depende da sua capacidade de encontrar e fecundar o maior número de fêmeas receptivas (CORREA; THIEL, 2003). Entretanto, fatores como crescimento e mortalidade atuam diferentemente em machos e fêmeas, podendo alterar a proporção sexual esperada em ambiente natural que é 1:1. Assim, uma proporção maior de fêmeas pode ser vantajosa para o sucesso da cópula. Outro fator que contribui para a criação intensiva é que *M. amazonicum* tem baixa fertilidade quando comparada a outras espécies de *Macrobrachium* (SILVA, SAMPAIO; SANTOS, 2004). Oliveira (2010), por exemplo, encontrou maior índice de fertilidade para fêmeas de *M. amazonicum* ao utilizar a proporção de um macho para 6 fêmeas (1:6).

A fertilidade das fêmeas está relacionada ao tamanho (comprimento e massa corporal) dos animais. Para *M. amazonicum*, o período de reprodução é contínuo, com picos nos meses de abril-maio, setembro-outubro e dezembro-janeiro (SILVA et al., 2007). Além disso, a síntese de hormônios: estradiol, progesterona e testosterona podem causar variação na fertilidade dos animais (MACIEL; VALENTI, 2009).

Neste estudo, foi utilizado a proporção de 1 macho para 4 fêmeas (1:4), e os resultados não indicaram qualquer diferença na fecundidade entre as fases da Lua, durante o período do experimento. O número de larvas eclodidas variou de 908 a 1.138, com taxa de eclosão de 50%, indicando correlação positiva entre o tamanho em comprimento e massa corporal com o número de larvas. Esse número foi maior que o descrito por (AYA-BAQUERO; VELASCO-SANTAMARÍA, 2013), para *M. amazonicum* (102 a 703 larvas). Lobão et al. (1986) relataram variação de 21 a 1.848 larvas.

5 CONCLUSÕES

Ao testar a influência do ciclo lunar no número de fêmeas que tiveram larvas eclodidas, conclui-se que as fases da Lua influenciaram este parâmetro. Este estudo mostra que o ciclo lunar influencia positivamente a taxa de eclosão de larvas, tempo de incubação dos ovos e fertilidade. Os resultados contribuem para melhoria do

conhecimento da espécie e aplicação das informações em cultivo intensivo. No entanto, é recomendável que estudos futuros avaliem a influência do ciclo lunar em possíveis alterações dos hormônios responsáveis pela ecdise e reprodução.

6 AGRADECIMENTOS

Aos bolsistas Alex Anderson, Elane Tavares Lobo, Evandro Freitas dos Santos, Osiel Amoras de Araújo júnior, Sting Silva Duarte e Tainá Martins de Carvalho, pelo apoio nas biometrias e manejo dos experimentos. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Amapá - FAPEAP (processo nº 250.203/058/2014), pelo apoio financeiro.

7 REFERÊNCIAS

AYA-BAQUERO, E.; VELASCO-SANTAMARÍA, Y. Fecundidad y fertilidad de *Macrobrachium amazonicum* (Héller 1862) (Decápoda, Palaemonidae) del Piedemonte Llanero Colombiano. *Revista MVZ Córdoba*, 2013. 3773-3780.

BAUER, R. T. Testing generalizations about latitudinal variations in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and carideans shrimp species. *Invertebrate Reproduction & Development*, 1992. 193-202.

CHARMATIER-DAURES, M.; VERNET, G. Moulting, autotomy, and regeneration. *Crustacea*, 2004. 161-255.

CORREA, C.; THIEL, M. Mating systems in caridean shrimp (Decapoda: Caridea) and their evolutionary consequences for sexual dimorphism and reproductive biology. *Revista Chilena de Historia Natural*, n. 76, p. 187 - 203, 2003.

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

DEEKAE, S. N.; ABOWED, J. F. N. *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851) length-weight relationship and Fulton's condition factor in Luubara creek, Ogoni Land, Niger Delta, Nigeria. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2010. 155-162.

FRANKE, R.; HÖRSTGEN-SCHWARK, G. Lunar-rhythmic molting in laboratory populations of the noble Crayfish *Astacus astacus* (Crustacea, Astacidea): an experimental analysis. *PLoS ONE*, 2013. 1-11.

GRIFFITH, D. R. W.; WIGGLESWORTH, J. M. Growth rhythms in the shrimp *Penaeus vannamei* and *L. schmitti*. *Marine Biology*, v. 115, 1993. 285-299.

- HECKLER, G. S. et al. Biologia populacional e reprodutiva do camarão sete-barbas na baía de Santos, São Paulo. Boletim do Instituto de Pesca, 2013. 283-297.
- ITUARTE, R. B.; SPIVAK, E. D.; LUPPI, T. A. Female reproductive cycle of the southwestern Atlantic estuarine crab *Chasmagnathus granulatus* (Brachyura: Grapsoidea: Varunidae). Science Marine, 2004. 127-137.
- KLAPPOW, L. A. Fortnightly molting and reproductive cycles in the. Biological Bulletin, 1972. 568-591.
- LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). Journal of animal Ecology, n. 20, 1951. 201-219.
- LIMA, J. D. F. Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the State of Amapá, Amazon River mouth. Acta Amazônica, Manaus, 44, n. 2, 2014. 245-254.
- MACIEL, C. R.; VALENTI, W. C. Biology, fisheries and aquaculture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review. Nauplius, 2009. 61-79.
- MENIN, L. F. et al. A. Influência das fases lunares no desenvolvimento das culturas de rúcula (*Eruca sativa* Hill) e rabanete (*Raphanus sativus* L.). Revista Brasileira de Agroecologia, 2014. 117-123.
- NÓBREGA, P. S. V.; BENTES, B.; MARTINELLI-LEMOES, J. M. Population structure and relative growth of the Amazon shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) on two islands in the fluvial-estuarine plain of the Brazilian Amazon. Nauplius, 2014. 13-20.
- OBSERVATÓRIO NACIONAL. Fases da Lua, Rio de Janeiro, p. 49, 2013.
- OLIVEIRA, W. D. S. Efeito da proporção sexual no comportamento reprodutivo do camarão-de-água-doce *Macrobrachium amazonicum* em cativeiro. 43f. Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras dos Trópicos), Manaus, 2010.
- PRETO, B. L. et al. Production strategies for short term grow-out of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) in ponds. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 2011. 1-8.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. [S.l.]: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.
- SAMPAIO, C. M. S. et al. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). Brazilian Journal Biology, 2007. 551-559.
- SILVA, M. C. N.; FRÉDOU, F. L.; FILHO, J. S. R. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). Ciência & Desenvolvimento, Belém, 2007. 85-104.

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

VALENTI, W. C.; MORAES-RIODADES, P. M. C. Freshwater prawn farming in Brazil. Global Aquaculture Advocate, 2001. 52-53.

ZAR, J. H. Biostatistical Analysis. 5^a. ed. Illinois: Pearson, 2010. 960 p.

CAPÍTULO II (ARTIGO 2)

Influência da ablação ocular unilateral de *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) no crescimento, frequência de muda e reprodução

Artigo submetido ao periódico "Aquaculture" (ISSN 0044-8486)

Volume xx, Número xx, Pág xx-xx, Ano: 2016.

Efeitos da ablação ocular unilateral no crescimento, frequência de ecdises e reprodução de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae)

Argemiro Midonês Bastos, Jô de Farias Lima, Marcos Tavares-Dias

RESUMO

Macrobrachium amazonicum é uma espécie de interesse econômico para a Amazônia, devido ao seu grande potencial para aquicultura. Embora tenha processo reprodutivo contínuo, sua fertilidade é pequena quando comparada a outras espécies cultivadas, reforçando a necessidade de tecnologias que potencializem sua reprodução. Este estudo investigou a influência da técnica de ablação unilateral no crescimento, frequência de ecdises, fecundidade e fertilidade de *M. amazonicum* ao longo de 90 dias de cultivo. Foram utilizadas 96 fêmeas de *M. amazonicum* ($72,48 \pm 9,0$ mm e $3,59 \pm 1,35$ g) com três meses de idade, em tratamentos (com ablação unilateral (A) e sem ablação unilateral (C)) com seis réplicas cada, na proporção de 4 fêmeas para 1 macho em tanques de 70 L de água interligados a um filtro biológico. Durante 90 dias foram monitorados parâmetros de qualidade de água, sobrevivência, intervalo e número de ecdises e número de ocorrência de ovígeras. Foram realizadas biometrias mensalmente e para cada fêmea foi determinado a fecundidade, o investimento reprodutivo e a fertilidade de cada tratamento. Os parâmetros temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e amônia não foram estatisticamente diferentes entre os tratamentos. O tipo de crescimento e o ganho de peso também foram similares. O procedimento de ablação não afetou significativamente as taxas de sobrevivência, fecundidade e fertilidade, nem o fator de condição das fêmeas, sendo relativamente similar entre os tratamentos. Por outro lado, a ablação unilateral reduziu em 30% o período entre ecdises (de 19 para 13 dias), aumentou o número de ecdises e a frequência de ocorrência de fêmeas ovígeras, além de incrementar o investimento reprodutivo. A ablação unilateral influencia positivamente a reprodução e pode ser recomendada para fêmeas de *M. amazonicum* a partir de 70 mm de comprimento total.

Palavras-chave: Camarão. Cativeiro. Fertilidade. Sobrevivência.

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de camarões do gênero *Macrobrachium* Bate, 1868 é um dos setores da aquicultura que mais cresceu (NEW e NAIR, 2012). Dentre as várias espécies nativas da Amazônia, *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862 (camarão-da-Amazônia) é a espécie de água doce com relativa tecnologia disponível para sua produção em cultivo intensivo (MARQUES e MORAES-VALENTI, 2012). Como a pesca dessa espécie é uma das principais fontes de proteína e renda para populações ribeirinhas da região amazônica, o volume de indivíduos capturados está além da capacidade de renovação de seus estoques pesqueiros naturais (SILVA et al., 2007). O cultivo de *M. amazonicum* em escala comercial pode ser uma maneira de reduzir a pressão sobre os seus estoques naturais e garantir o abastecimento do mercado já estabelecido

A produção comercial do camarão-da-Amazônia depende da disponibilidade de pós-larvas desta espécie, que é limitada pela baixa disponibilidade de fêmeas ovígeras fora do período sazonal de reprodução, que ocorre geralmente durante o período de estiagem na Amazônia (FREIRE et al. 2012). Outro fator limitante é a baixa fecundidade de fêmeas, que produzem no máximo 5 mil ovos por desova, enquanto outras espécies de maior porte tais como *Macrobrachium rosenbergii* (camarão-gigante-da-Malásia) e *Macrobrachium carcinus* (pitu) podem produzir 50 mil e 240 mil ovos, respectivamente (LARA e WEHRTMANN, 2009; LIMA et al., 2014). Assim, é necessário intensificar as pesquisas que visem melhorar a produção e produtividade de *M. amazonicum* reduzindo o seu tempo de desenvolvimento reprodutivo.

Em crustáceos decápodes, a indução da reprodução pode ser obtida pela técnica de ablação do pedúnculo ocular, com remoção do órgão-X e glândula do seio, estruturas responsáveis pela síntese e armazenamento do hormônio inibidor gonadal (SANTIAGO, 1977).

Desde a década de 90 esta técnica tem sido amplamente empregada no cultivo de camarões peneídeos marinhos, particularmente em espécies de difícil reprodução em cativeiro, o que não ocorre com o camarão-da-Amazônia.

A ablação remove órgãos sintetizadores de hormônios inibidores das gônadas e da ecdise, causando vários efeitos como: indução da maturação gonadal, redução do ciclo de desovas, aumento no número e redução do ciclo de ecdises (NAGARAJU, 2011; PERVAIZ et al., 2011; SURESH-BABU et al., 2013), trazendo vantagens

econômicas ao produtor. Essa técnica de ablação vem sendo utilizada com sucesso na indução da maturação gonadal em diferentes espécies de crustáceos (SANTOS e PINHEIRO, 2000; NAGARAJU, 2011; PERVAIZ et al., 2011; UAWISETWATHANA et al., 2011; SURESH-BABU et al., 2013).

Em camarões de água doce pertencentes ao gênero *Macrobrachium*, a técnica de ablação do pedúnculo ocular também tem apresentado sucesso na indução da maturação das gônadas, obtendo-se uma antecipação do estado ovígero, aumento na frequência de desovas, redução do ciclo de ecdise, entre outras respostas na imunidade e fisiologia em diversas espécies (JUINIO-MENÉZ; RUTNATA, 1996; SAGI et al., 1997; SANTOS; PINHEIRO 2000; CUNHA; OSHIRO 2010; VARALAKSHMI; REDDY, 2010; PERVAZ et al., 2011; ASUSENA et al. 2012; HUSSAIN et al. 2014).

No entanto, não há registro de aplicação desta técnica e seus efeitos em *M. amazonicum*. Este estudo investigou os efeitos da ablação ocular unilateral na sobrevivência, crescimento, frequência de ecdises, fecundidade, investimento reprodutivo e fertilidade. A hipótese é que ablação ocular unilateral é eficiente para a indução da maturação sexual em fêmeas de *M. amazonicum*, possibilitando um menor ciclo reprodutivo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ANIMAIS E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Larvicultura da Embrapa Amapá (0° 0'50.07"S e 51° 5'8.58"O), Macapá, Estado do Amapá, Brasil. Foram utilizados 24 machos do morfotipo Ciannamon Claw (mais frequentes na região) e 96 fêmeas de *M. amazonicum* em muda, selecionados por inspeção da margem do exopodito do urópodo, conforme sugerido por Drach and Tchernigovtzeff (1967). Os animais foram distribuídos em 12 tanques de fundo preto com capacidade de 70 litros de água e sistema de recirculação com filtragem biológica e aeração constante, densidade de dois machos e oito fêmeas por tanque. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia com ração comercial peletizada para camarão (35% de proteína bruta), com oferta diária de 10% da biomassa em cada tanque durante 90 dias. Cada fêmea foi observada duas vezes ao dia (às 8:00 h e 17:00 h), para observação de ecdises e ocorrência de fêmea ovígeras.

Os parâmetros de qualidade da água dos tanques (temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido) foram monitorados diariamente utilizando medidor multiparâmetro (Horiba, modelo U-52G). As concentrações de amônia foram medidas a cada três dias utilizando fotômetro medidor de amônia (Modelo HI 96715C, Hanna).

2.2. ABLAÇÃO DAS FÊMEAS DE *M. amazonicum*

Fêmeas de *M. amazonicum* ($74 \pm 4,3$ mm e $3,63 \pm 0,65$ g) com três meses de idade foram usadas na ablação ocular unilateral. Foi usado o método de ablação ocular unilateral com remoção do pedúnculo direito descrito por Primavera (1985), como algumas pequenas modificações, que consistiram do uso prévio de um anestésico (Xilocaína©) seguido de uma cauterização quente com um cauterizador elétrico. Em seguida, cada fêmea foi devidamente marcada para facilitar a avaliação do seu número de ecdise.

As fêmeas foram divididas em dois grupos: fêmeas com ablação e fêmeas sem ablação (controles), consistindo de 6 repetições contendo 8 fêmeas e 2 machos. Porém, nenhum macho foi submetido a ablação unilateral. Em cada tanque de cultivo foram colocados 10 pedaços de cano de PVC de 40 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento para servir de abrigo. Em cada tanque foi usando um sistema fechado de recirculação com areação individual e filtro biológico, e fotoperíodo de 12 horas. Após ablação foram determinados, a cada 30 dias, a massa corporal (g) e comprimento total (mm) de cada fêmea. Foram também analisados o comprimento total e massa corporal antes e depois de cada ecdise para cada fêmea. A massa corporal foi medida em balança semi-analítica (Marte, mod. BL 320H, precisão de 0,001 g) e o comprimento total (da extremidade livre do rostro e extremidade livre do telson) usando um paquímetro digital (Starrett, precisão de 0,01 mm).

2.3. CRESCIMENTO E PARÂMETROS BIOMÉTRICOS DE FÊMEAS DE *M. amazonicum*

O comprimento total e massa corporal de cada animal foram avaliados antes e após 90 dias de experimento. O crescimento foi avaliado a partir da relação massa-

comprimento calculada utilizando a equação $W = aL^b$, onde W é a massa total em g, L é o comprimento padrão em mm, e a e b são constantes. Estas constantes foram estimadas pela regressão linear da equação transformada: $W = \log a + b \times \log L$. O valor de b testado através do teste-t para saber se $b = 3$ (LE CREN, 1951). De posse desses dados biométricos, foi determinado, individualmente, o fator de condição relativo (Kr): massa total observada (W_t)/Massa esperada (W_e).

Para registro do número de ecdises, intervalo entre ecdises e frequência de ocorrência de fêmeas ovígeras todos os animais foram marcados individualmente utilizando recortes (3 mm x 3 mm) de Etil Vinil Acetato (EVA) com diferentes cores. Foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r) para avaliar a correlação linear entre comprimento total e massa corporal antes e depois de cada ecdise, entre comprimento total e a duração do ciclo de inter-ecdise e entre comprimento total e a fecundidade e fertilidade dos animais.

2.4. FECUNDIDADE, INVESTIMENTO REPRODUTIVO E FERTILIDADE DE *M. amazonicum*

A fecundidade foi determinada pela contagem dos ovos extraídos de 20 fêmeas ovígeras com ablação e 11 sem ablação, que após biometria foram devolvidas aos tanques de origem. O investimento reprodutivo (reproductive output – RO) foi calculado para cada fêmea a partir da fórmula descrita por Clarke et al. (1991): $RO = WO/W$, onde WO representa a massa úmida total dos ovos e W é a massa úmida da fêmea sem os ovos. A fertilidade foi determinada utilizando outras 14 fêmeas com ablação e 13 sem ablação, que após biometria foram isoladas em tanques de eclosão de 2 L, onde permaneceram até a eclosão das larvas, sendo posteriormente devolvidas aos tanques de origem. O número de larvas foi determinado pelo método de amostragem, tendo como base a média aritmética da contagem do número de larvas presentes em 2 mL, utilizando-se 20 amostras, em seguida a média foi extrapolada para o volume total do recipiente contendo as larvas.

2.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os dados foram previamente avaliados nos pressupostos de normalidade e homocedasticidade usando Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Nos casos em que os dados seguiram uma distribuição normal e homocedástica, o teste-t foi usado para comparação entre tratamentos: fêmeas com ablação e sem ablação. Os dados de incremento na massa não foram normais, então utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Coeficiente de Pearson (r) foi usada para avaliar possíveis correlações as várias investigadas (ZAR, 2010). As análises estatísticas foram realizadas usando o software R (R CORE TEAM, 2015).

3 RESULTADOS

3.1. PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA

Durante os 90 dias de experimento houve poucas variações nos valores médios de temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e amônia total da água de cultivo de *M. amazonicum* sendo estatisticamente similares entre os tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água nos tanques de cultivo fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com ablação e sem ablação. Em nenhum parâmetro houve diferença significativa entre os tratamentos.

Parâmetros	Com ablação	Sem ablação
Temperatura (°C)	27,06 \pm 0,31	27,06 \pm 0,24
pH	7,51 \pm 0,09	7,24 \pm 0,13
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	7,17 \pm 0,01	7,18 \pm 0,01
Condutividade elétrica (μ S.cm ⁻¹)	0,519 \pm 0,003	0,518 \pm 0,001
Amônia total (mgL ⁻¹)	0,12 \pm 0,07	0,10 \pm 0,08

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

3.2. CRESCIMENTO APÓS ABLAÇÃO OCULAR UNILATERAL

Após 90 dias foram avaliados o incremento no comprimento total e na massa de 66 fêmeas de *M. amazonicum* sobreviventes. O comprimento final (80,50 \pm 2,86

mm e $78,53 \pm 4,87$ mm) e massa corporal ($5,20 \pm 0,38$ g e $5,70 \pm 0,57$ g) de fêmeas com e sem ablação não demonstraram diferenças entre os tratamentos ($t = -1,12$, $p = 0,26$ e $t = -0,121$, $p = 0,22$, respectivamente). Numericamente, o incremento no comprimento e massa também não mostrou diferenças entre fêmeas com ablação ($7,22 \pm 1,25$ mm) e sem ablação ($6,88 \pm 2,63$ mm) ($t = 0,728$, $p = 0,47$). No entanto, houve um incremento em massa corporal de 13% em fêmeas com ablação. As taxas diárias de crescimento para fêmeas com e sem ablação foram $0,02 \pm 0,006$ mm e $0,019 \pm 0,006$ mm, respectivamente, não diferindo entre si ($t = 1,03$, $p > 0,05$).

Para fêmeas sem ablação ocular a equação que descreve a relação massa corporal (W) e comprimento, bem como para fêmeas com ablação ocular mostraram similar crescimento alométrico negativo (Figura 1), indicando que houve maior incremento em massa corporal que em comprimento; além disso, que a ablação não afetou o tipo de crescimento dos animais.

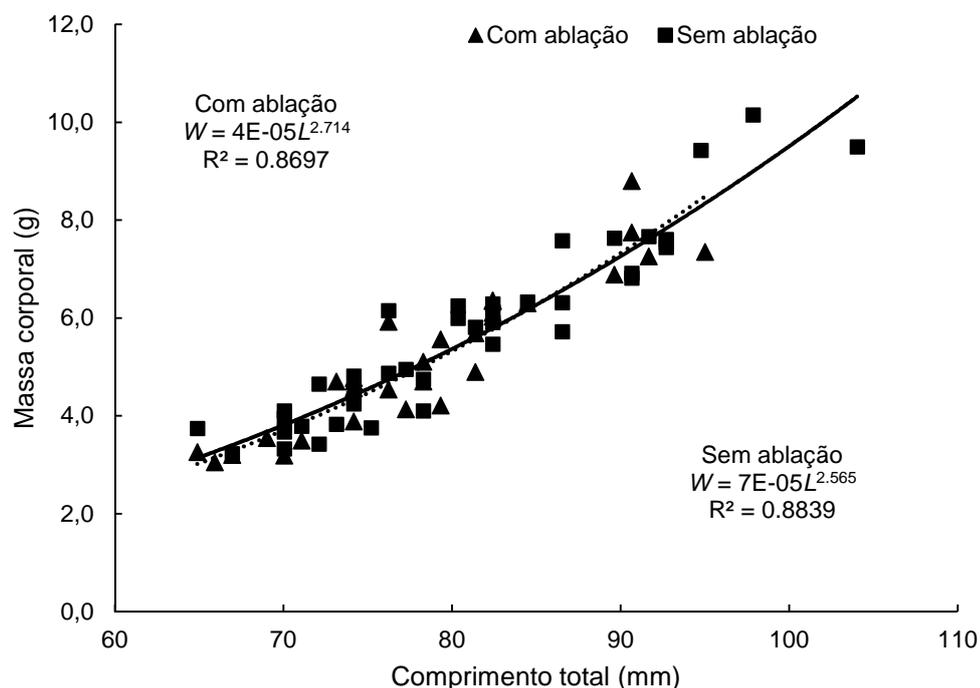
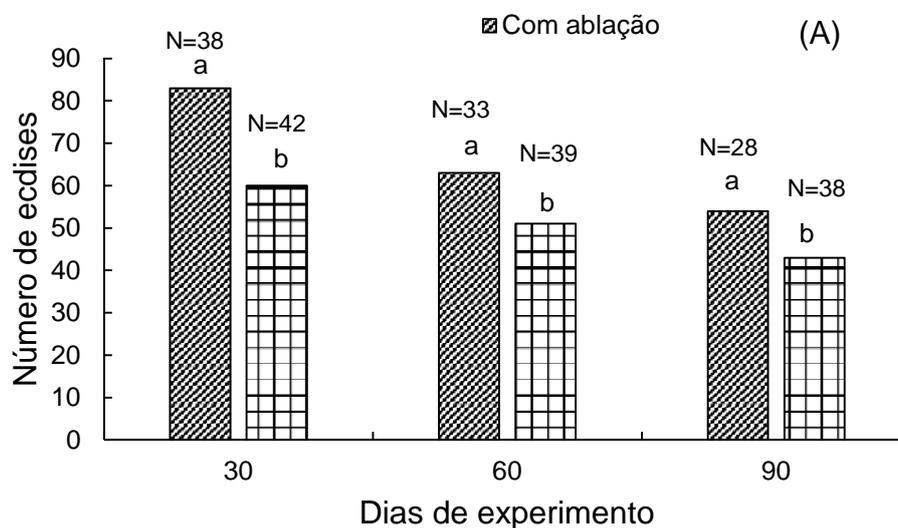


Figura 1. Relação comprimento e massa corporal em fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com e sem ablação após 90 dias de cultivo.
 Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Os valores médios do fator de condição de fêmeas com ablação ($Kn = 0,99 \pm 0,02$) e sem ablação ($1,00 \pm 0,02$) foram similares ($t = -0,260$; $p = 0,796$) e não diferiram ($t = -0,226$; $p = 0,969$) dos valores padrão ($Kn = 1,00$), indicando que o procedimento de ablação não afetou a condição corporal dos animais.

3.3. NÚMERO E PERÍODO INTER-ECDISES DE *M. amazonicum*

Durante os 90 dias de cultivo ocorreram 354 ecdises, sendo 200 em fêmeas com ablação ($4,16 \pm 2,14$) e 154 em fêmeas sem ablação ($3,20 \pm 1,38$), como diferenças entre os tratamentos ($t = 2,59$, $p = 0,01$) (Figura 2A). Nas fêmeas com ablação, 133 (67%) das ecdises ocorreram entre 60 mm e 70 mm de comprimento total e para fêmeas sem ablação, nessa mesma faixa de comprimento total, o número de ecdise foi de 97 (63%). O período médio entre ecdise foi diferente ($t = -7,09$; $p < 0,001$) entre fêmeas com ablação ($13,9 \pm 7,5$) e sem ablação ($17,5 \pm 3,0$). Fêmeas com ablação apresentaram uma redução média de seis dias no período de ecdise em comparação às fêmeas sem ablação (Figura 2B).



Fonte: Pesquisa de campo (2015)

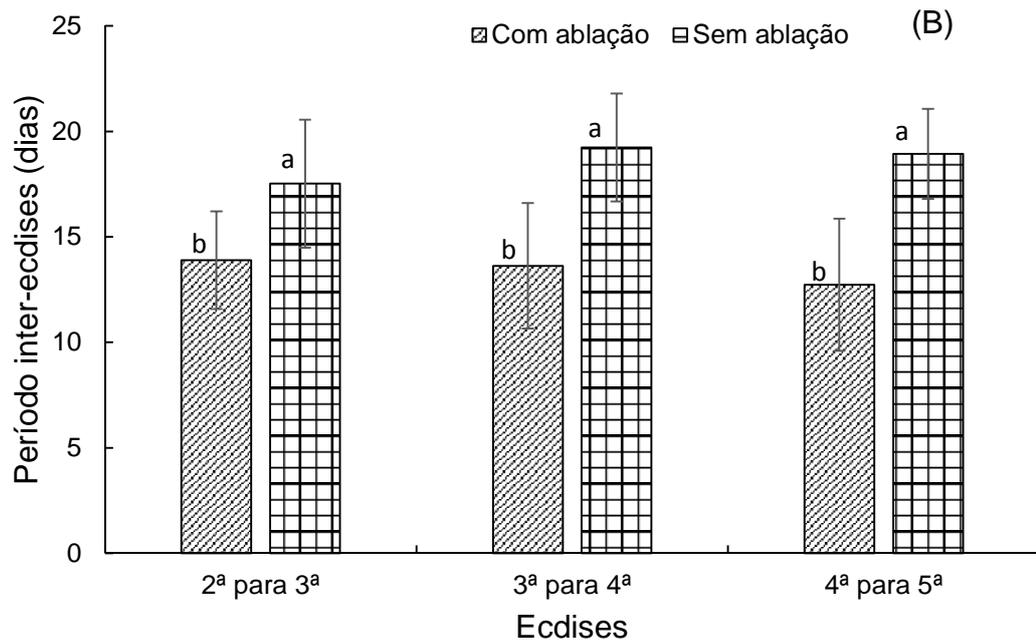


Figura 2. Número de ecdises durante o experimento (A) e período médio + desvio padrão inter-ecdise (B) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com ablação e sem ablação. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste-t ($p < 0,05$).

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

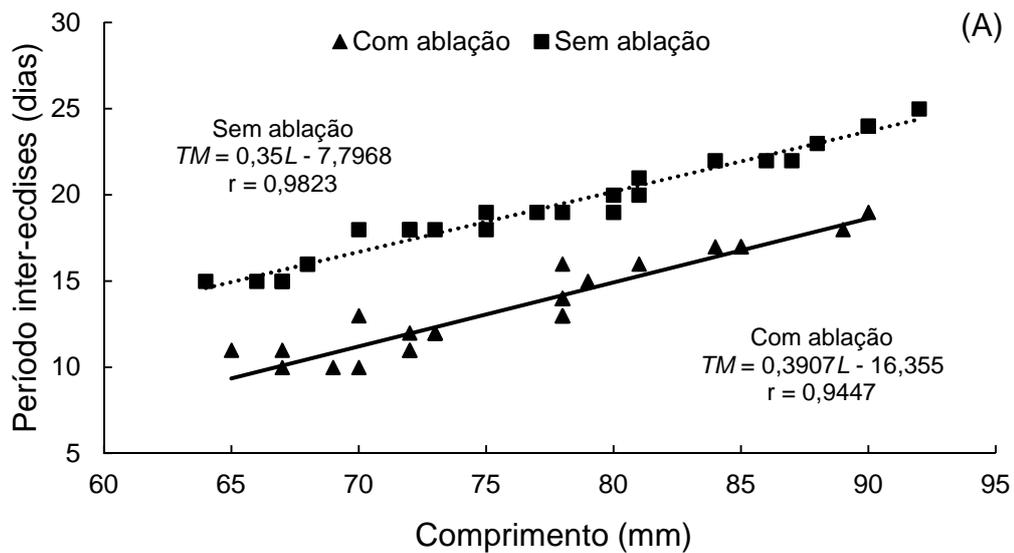
Observou-se tendência no aumento do intervalo entre ecdises à medida que as fêmeas cresceram. O período de inter-ecdise das fêmeas com ablação foi similar entre as classes de comprimento nos primeiros 30 dias, aumentando posteriormente ao longo do cultivo (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios \pm desvio padrão do período entre ecdise em fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* segundo a classe de comprimento (mm). As médias seguidas pela mesma letra (minúscula na mesma classe e maiúsculas entre classes) não diferem entre si pelo Teste t ($p > 0,05$).

Classe de comprimento (mm)	Período entre ecdise (dias)					
	30 dias		60 dias		90 dias	
	Com ablação	Sem ablação	Com ablação	Sem ablação	Com ablação	Sem ablação
60-65	14,0 \pm 0,7aA	14,0 \pm 0,3aA	-	15,0	11,0	-
66-70	14,3 \pm 1,2aA	18,5 \pm 3,2bB	12,7 \pm 2,1aA	15,8 \pm 1,1bA	10,0 \pm 1,2aA	18,5 \pm 1,1bA
71-75	13,6 \pm 2,3aA	15,2 \pm 0,7bA	12,4 \pm 3,5aA	18,2 \pm 0,4bB	11,7 \pm 0,5aA	17,0 \pm 2,2bA
76-80	13,2 \pm 2,7aA	17,0 \pm 1,4bB	10,5 \pm 2,1aA	19,3 \pm 0,4bB	14,0 \pm 1,0aB	18,1 \pm 1,0bA
81-85	14,7 \pm 2,4aA	18,7 \pm 3,9bB	11,7 \pm 1,7aA	21,0 \pm 0,8bB	16,8 \pm 0,4aB	19,0 \pm 1,2bA
86-90	15,0 \pm 3,0aA	18,5 \pm 1,7bB	12,7 \pm 2,4aA	23,0 \pm 0,4bB	18,5 \pm 0,5aA	21,8 \pm 0,8bB
91-95	15,0 \pm 0	-	15,7 \pm 4,1B	25,0bB	-	-
Média	13,9 \pm 7,5a	17,5 \pm 3,0b	12,7 \pm 3,1a	19,2 \pm 3,0b	13,6 \pm 2,6a	18,9 \pm 1,8b

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Por outro lado, o período de inter-ecdise das fêmeas sem ablação aumentou seguindo o crescimento do animal, mantendo-se estável nas diferentes classes de comprimento. O período de ecdises apresentou forte correlação positiva com o comprimento total e com a massa corporal para fêmeas com e sem ablação (Figura 3A- B).



Fonte: Pesquisa de campo (2015)

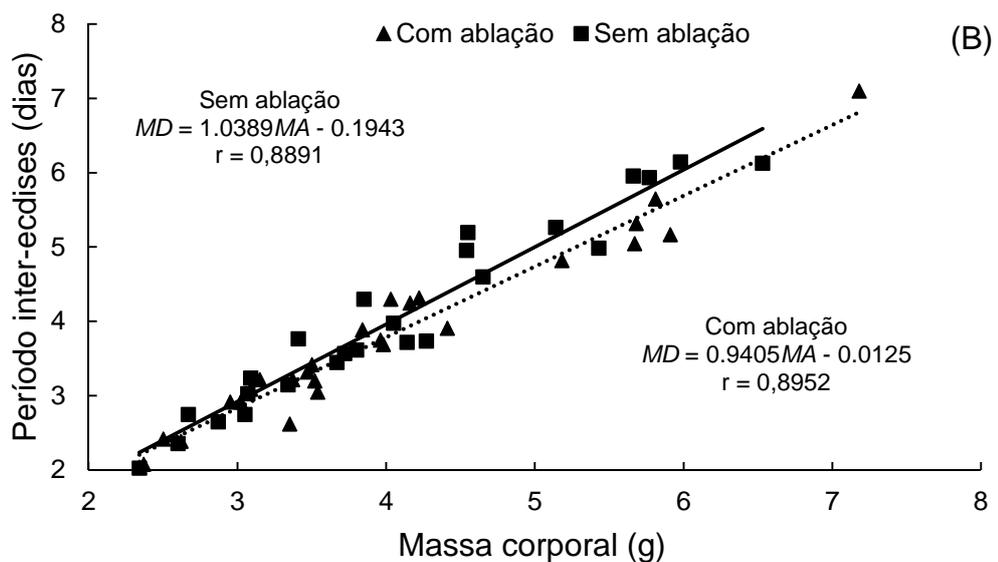


Figura 3. Correlação do período inter-ecdises com o comprimento total (A) e massa corporal (B) de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com ablação e sem ablação.
 Fonte: Pesquisa de campo (2015)

3.4. FECUNDIDADE, INVESTIMENTO REPRODUTIVO E FERTILIDADE EM *M. amazonicum*

As fêmeas com gônadas maduras apresentaram, macroscopicamente, coloração verde visíveis através da carapaça, e a cópula ocorreu, geralmente, após o período de 24-48 horas da ecdise. O número médio de ocorrência de fêmeas ovígeras com ablação ($1,22 \pm 0,97$) foi maior ($t = 1,99$, $p = 0,04$) que em fêmeas sem ablação ($0,83 \pm 0,97$) (Figura 4).

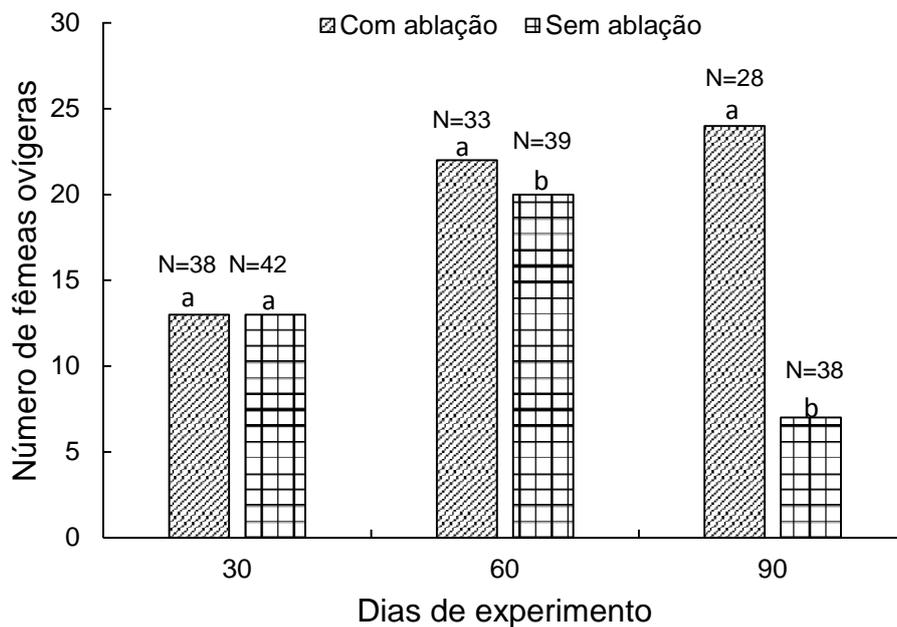


Figura 4. Número de ocorrência de fêmeas ovígeras de *Macrobrachium amazonicum* com ablação e sem ablação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste-t ($p < 0,05$).
Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Houve correlação positiva entre o investimento reprodutivo e o comprimento total de fêmeas com ablação ($r = 0,821$; $p < 0,001$), bem como em fêmeas sem ablação ($r = 0,886$; $p < 0,001$), indicando que esse é influenciado pelo tamanho das fêmeas de *M. amazonicum* (Figura 5A). O investimento reprodutivo foi maior ($t = 4,07$, $p < 0,001$) em fêmeas com ablação ($6,17 \pm 2,06$) quando comparado a fêmeas sem ablação ($4,12 \pm 0,95$), indicando que a ablação influenciou positivamente o investimento reprodutivo das fêmeas (Figura 5B).

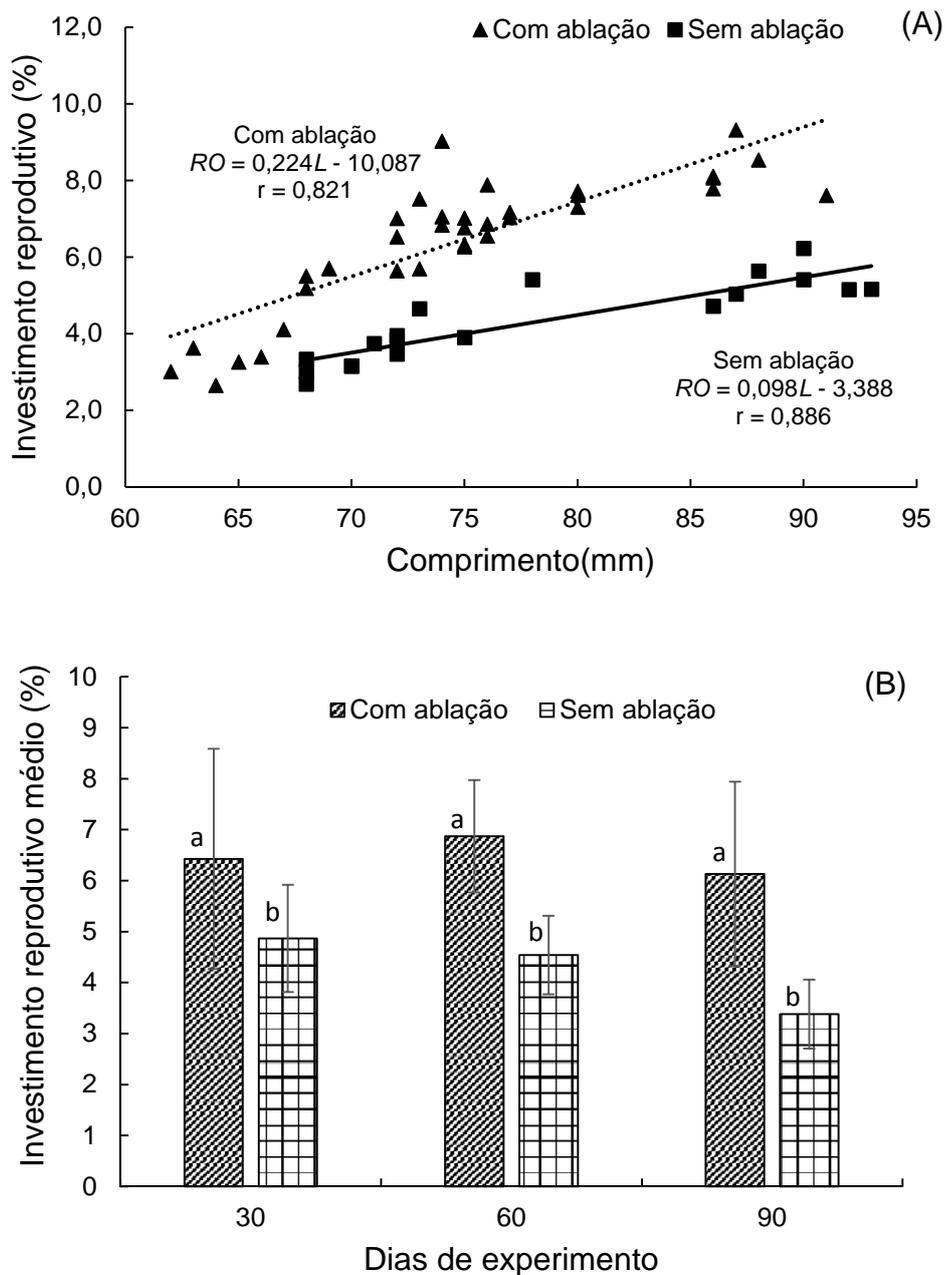


Figura 5. Correlação da média do investimento reprodutivo (RO) e comprimento total (A) e valores médios do investimento reprodutivo durante o cultivo de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com ablação e sem ablação (B). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste-t ($p > 0,05$).

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Não houve diferenças ($t = 0,644$, $p = 0,522$) entre a fecundidade de fêmeas com ablação ($792,3 \pm 276,9$) e sem ablação ($850,44 \pm 199,78$). Foi observado correlação positiva do número de ovos produzidos como o comprimento de fêmeas com ablação (Figura 6), indicando que a fecundidade aumenta à medida que as fêmeas aumentam de tamanho e que o procedimento de ablação não interferiu nessa correlação.

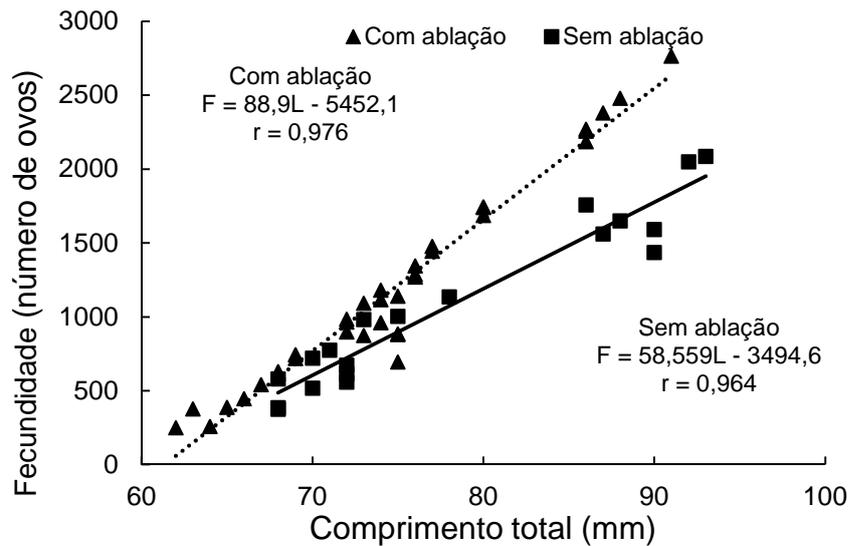


Figura 6. Relação entre fecundidade (F) e comprimento total (L) para fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com e sem ablação, após 90 dias de cultivo.

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Os dados de fertilidade (número de larvas eclodidas) não apresentaram diferenças ($t = -0,77$, $p = 0,44$) entre fêmeas com ablação ($662,1 \pm 205$) e sem ablação ($859,8 \pm 237$). Porém, houve correlação positiva do número de larvas eclodidas com o comprimento de fêmeas com ablação ($r=0,850$; $p=0,001$) e sem ablação ($r=0,800$, $p= 0,01$), indicando que a fertilidade também aumenta à medida que as fêmeas crescem (Figura 7).

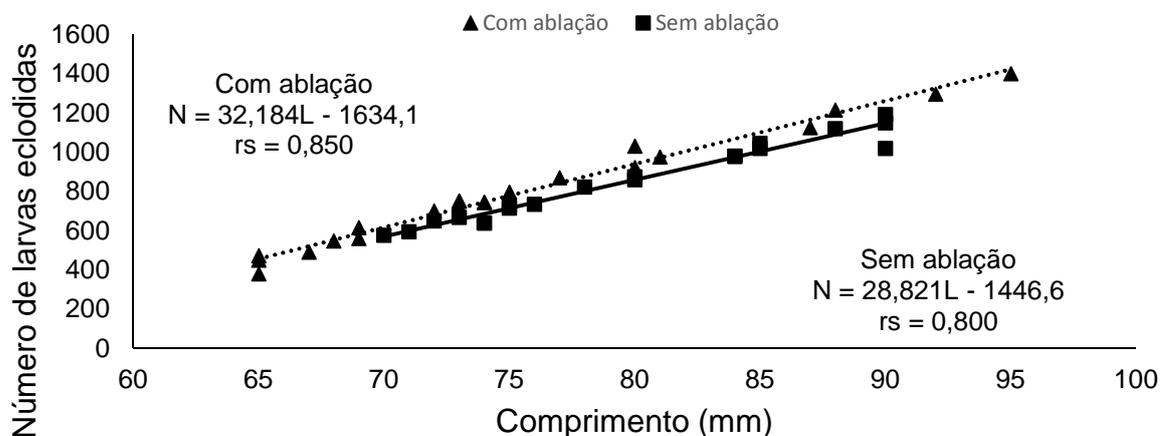


Figura 7. Relação entre fertilidade (N) e comprimento total (L) para fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com e sem ablação, após 90 dias de cultivo.

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

3.5. SOBREVIVÊNCIA DE FÊMEAS DE *M. amazonicum*

Um total de 30 fêmeas morreram, sendo 20 que sofreram ablação e 10 sem ablação. Foi observado que a morte em 70% das fêmeas com ablação ocorreu após a ecdise em animais de 60 a 75 mm de comprimento (Tabela 3), mesmo com os abrigos nos tanques de cultivo. O maior número de mortalidade de fêmeas com ablação ocorreu após a 3ª ecdise, enquanto para fêmeas sem ablação não houve um período específico de mortalidade, indicando que o procedimento de ablação não afetou diretamente a sobrevivência dos animais seja por possíveis infecções ou por debilitação. Porém, possivelmente, essa maior mortalidade em fêmeas com ablação pode ter sido afetada indiretamente pelas alterações fisiológicas em decorrência desse procedimento.

Tabela 3. Número e percentagem de mortes entre fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* com ablação e sem ablação, segundo a classe de comprimento, no período de fevereiro a maio de 2015.

Classe de comprimento (mm)	Número de mortos			
	Com ablação	%	Sem ablação	%
60-65	8	40	1	10
66-70	2	10	2	20
71-75	4	20	4	40
76-80	1	5	1	10
81-85	3	15	2	20
86-90	1	5	0	0
91-95	1	5	0	0
Total	20	100	10	100

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

4 DISCUSSÃO

Durante o presente ensaio, os parâmetros de qualidade da água mantiveram-se dentro dos padrões recomendados para cultivo de *M. amazonicum* (VALENTI e MORAES-RIODADES, 2001; PRETO et al., 2011; AYA-BAQUERO e VELASCO-SANTAMARÍA, 2013), indicando que o manejo e sistema de recirculação fechada foram eficientes na manutenção da qualidade de água. A temperatura apresentou pouca variação, apesar de não ter sido controlada, fato relacionado à proximidade da

região deste estudo com linha do equador (SOUZA e CUNHA, 2010). Silva et al. (2005) citam que em ambiente natural, a temperatura influencia na frequência de fêmeas ovígeras de *M. amazonicum*. Como não houve diferença na temperatura em qualquer dos tratamentos, as diferenças no comportamento reprodutivo das fêmeas de *M. amazonicum* estão associadas ao uso da técnica de ablação ocular unilateral.

Fêmeas de *M. amazonicum* com e sem ablação apresentaram crescimento do tipo alométrico negativo, similar ao descrito para essa mesma espécie capturada na região estuarina da Amazônia oriental (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2002; SILVA et al., 2007; NÓBREGA et al., 2014). Mesmo apresentando maior número de ecdises e maior percentual de incremento na massa, as fêmeas com ablação mantiveram o mesmo tipo de crescimento durante o cultivo. O que indica que as variáveis biométricas não foram influenciadas pelo uso da técnica de ablação. Além disso, a avaliação do comprimento de fêmeas com e sem ablação, antes e após as ecdises, indicaram que o crescimento em ambos tratamentos foram inferiores ao descrito por Lobão (1986), também para *M. amazonicum*.

A relação massa corporal-comprimento é uma importante ferramenta usada em biologia pesqueira e para avaliar o fator de condição de uma população (DEEKAE e ABOWEI, 2010). O fator de condição é um indicador quantitativo da condição corporal em resposta às condições alimentares, reprodutivas e ambientais (LE-CREN, 1951; DEEKAE e ABOWEI, 2010). O fator de condição das fêmeas de *M. amazonicum* antes e depois do procedimento de ablação foi similar e próximo ao valor de padrão (LE-CREN, 1951). As fêmeas com ablação tiveram incremento de 13% na massa corporal e de 1% no comprimento total em relação às fêmeas sem ablação. Esse incremento pode estar relacionado ao fator inibidor da alimentação que tem sua produção reduzida após o procedimento de ablação, causando alterações no padrão alimentar e acúmulo de reservas, comumente observado em crustáceos submetidos ao procedimentos de ablação ocular tais como *Penaeus orientalis* (Arnstein et al., 1975), *Penaeus monodon* (Santiago, 1977; Shailendra et al., 2013), *Macrobrachium rosenbergii* (SANTOS; PINHEIRO, 2000; SHAIENDRA et al., 2013), *Macrobrachium malcolmsonii* (SOUNDAPARADIAN, 2008), *Macrobrachium lanchesteri* (VARALAKSHMI and REDDY, 2010), *Metapenaeus monoceros* (VENKITRAMAN et al. 2010) e *Macrobrachium acanthurus* (CUNHA; OSHIRO, 2010). Portanto, de acordo

com os resultados desses estudos o procedimento de ablação promove aceleração do metabolismo e aumento no consumo de alimentos.

Em geral, em crustáceos, o ciclo de ecdise é mais longo à medida que os indivíduos envelhecem (LOBÃO, 1986; SANTOS; PINHEIRO, 2000; ASUSENA et al., 2012). Nas espécies do gênero *Macrobrachium*, assim como em outros camarões carídeos, a reprodução incluindo a cópula e desova é obrigatoriamente precedida de uma muda e, esta sincronia entre muda e reprodução exige demandas consideráveis de energia para ambos os processos (HARTNOLL; BRYANT, 1985).

Diversos estudos têm demonstrado que a ablação unilateral possui efeitos não somente no ciclo de ecdises, mas também afetam a reprodução dos crustáceos. Os hormônios inibidor da gônada (HIG) e inibidor da ecdise (HIE) estão associados ao pedúnculo ocular e na retirada deste órgão tem sido registrado diversas alterações nestes eventos tais como: antecipação da primeira desova, aumento do número de ecdises e desovas consecutivas, redução dos períodos entre ecdises e desovas, além de aumentar os índices gônadosomáticos e tamanho das glândulas androgênicas (SANTOS; PINHEIRO, 2000; OKUMURA; AIDA 2001; VARALAKSHMI; REDDY, 2010; UAWISETWATHANA et al., 2011).

Tais fatos foram corroborados no presente estudo, uma vez que a ablação unilateral antecipou em 30% a desova e 13% a ecdise (aplicação disso em termos econômicos para o Amapá) em fêmeas de *M. Amazonicum*. Além disso, fêmeas de *M. amazonicum* que sofreram ablação unilateral reduziram o período inter-ecdises em até seis dias quando comparado as fêmeas sem ablação.

Para fêmeas de *M. amazonicum* a ablação não influenciou a fecundidade e fertilidade. Porém, em fêmeas de 71-a 75 mm de comprimento que sofreram ablação o número de ovos produzidos foi superior ao de fêmeas sem ablação. Tan-Fermin (1991) usando estudos histológicos mostrou que a ablação unilateral afeta o número e tamanho de ovócitos em fêmeas de *Penaeus monodon* com ablação unilateral. Varalakshmi and Reddy, (2010) também relataram aumento na produtividade de ovos em fêmeas de *Macrobrachium lanchesteri* após ablação. A fertilidade média de fêmeas de *M. amazonicum* com ablação (662 ± 205) ou sem ablação (859 ± 237) foi superior àquela descrita por Guest (1979), 565 larvas, Scaico (1992), 434 larvas, Aya-Baquero e Velasco-Santamaría (2013), 287 larvas, também para essa mesma espécie de camarão. Porém, foi menor que relatada para fêmea de *M. amazonicum* (925

larvas) por Silva et al. (2004). Tais resultados distintos para *M. amazonicum* podem ser atribuídos as diferenças ambientais, uma vez que tais estudos foram conduzidos em diferentes regiões e/ou a baixa fecundidade das fêmeas de *M. amazonicum* mesmo quando tem um tamanho corporal similar (SCAICO, 1992).

Os valores de investimento reprodutivo (RO) de *M. amazonicum* foi maior em fêmeas com ablação, indicando que a ablação unilateral foi eficiente no incremento do investimento reprodutivo nessas fêmeas. Tais valores foram similares aos encontrados por Meireles et al. (2013) para população natural de *M. amazonicum* do estado do Pará, Brasil (RO = 0,04-0,21) e por LARA e WEHRTMANN (2009) para *M. carcinus* (RO = 0,04-0,21). No entanto, foram inferiores aos relatados por Lima et al. (2014) para população natural de *M. amazonicum* (RO = 0,05-0,22) do estado Amapá, Brasil. Essas diferenças, principalmente em relação ao RO descrito por Lima et al. (2014) podem estar associadas a características do habitat dessas populações investigadas, uma vez que o peso ou volume da massa de ovos pode ser influenciado pela quantidade de água nos ovos.

Tanto a fecundidade quanto a fertilidade de *M. amazonicum* apresentaram correlação positiva com o comprimento total, independente do uso ou não de ablação. Estes resultados são similares descritos para populações de ambiente natural (LOBÃO et al., 1986; SCAICO, 1992; SILVA et al., 2004; AYA-BAQUERO E VELASCO-SANTAMARÍA, 2013).

A sobrevivência de camarões cultivados em cativeiro pode ser reduzida pelo aumento na ocorrência de agressões entre os animais adultos durante o ciclo de ecdise (VALENTI 2002); portanto, é fundamental o uso de substratos para refúgio dos animais após ecdise (WARD, 1992; NAKAYAMA et al., 2009). Neste estudo, como em ambos tratamentos foram utilizados substratos como refúgio, as diferenças na sobrevivência entre os tratamentos podem estar associadas a outros fatores.

Os efeitos da ablação na sobrevivência de camarões podem ser imediatos ou a longo prazo (LUMARE, 1979; PRIMAVERA et al., 1978; VARALAKSHMI e REDDY, 2010; PERVAIZ et al. 2011; WEIGENG WEN et al., 2015). SANTOS e PINHEIRO (2000) relataram mortalidade imediatamente após ablação de *M. rosenbergii* devido à perda de hemolinfa ou infecções. Porém, efeitos da ablação na sobrevivência de *P. monodon* (VICENTE et al., 1979), *P. plebejus* (KELEMEC e SMITH, 1980) e *M. americanum* (ASUSENA et al., 2012) não foram observados. Outros fatores

responsáveis por mortalidade em fêmeas que sofreram ablação podem estar associados à deficiência nutricional, estresse devido a muda, desova e manipulação (PRIMAVERA et al., 1979; PUDADERA et al., 1980), bem como pela presença de patógenos nos animais (CHEN et al., 2003). Neste estudo, não houve diferenças na sobrevivência de fêmeas que sofreram ablação. As mortes dos animais ocorreram, em geral, após ecdises, quando os animais estão mais suscetíveis a ataques de outros. Portanto, como os animais estavam aparentemente saudáveis, essa mortalidade observada pode ser devido ao pouco número substratos nos tanques de cultivo, pois a ablação não foi deletéria para fêmeas de *M. amazonicum*.

5 CONCLUSÕES

Este estudo mostrou que o número de ecdises, período inter-ecdises, ocorrência de fêmeas ovígeras e investimento reprodutivo de *M. amazonicum* foram influenciados de forma positiva pela ablação ocular unilateral. O procedimento de ablação não afetou significativamente as taxas de sobrevivência. Porém, recomenda-se que a ablação seja feita em fêmeas como idade mínima de 3 meses, massa corporal total igual ou superior a 5 g e comprimento total acima de 70 mm, para garantir que a fêmea já tenha passado previamente por pelo menos uma desova. A técnica da ablação ocular unilateral é recomendada para aumentar a produção de desse camarão amazônico em cultivo.

6 AGRADECIMENTOS

Aos bolsistas Alex Anderson, Elane Tavares Lobo, Evandro Freitas dos Santos, Osiel Amoras de Araújo júnior, Sting Silva Duarte e Tainá Martins de Carvalho, pelo apoio nas biometrias e manejo dos experimentos. Os autores agradecem a Fundação a Pesquisa do Estado do Amapá (FAPEAP) pelo apoio financeiro e ao CNPq pela bolsa de pesquisa em produtividade para M. Tavares-Dias.

7 REFERÊNCIAS

- ASUSENA ACJ, CARLOS SHJ, ARTURO FCJ, GENARO DP. The Effects of Eyestalk Ablation on the Reproductive and Immune Function of Female *Macrobrachium americanum*. **Journal Aquaculture Research And Development**, 3:156,2012.
- AYA-BAQUERO, E.; VELASCO-SANTAMARÍA, Y. Fecundidad y fertilidad de *Macrobrachium amazonicum* (Héller 1862) (Decápoda, Palaemonidae) del Piedemonte Llanero Colombiano. **Revista MVZ Córdoba**, 3773-3780, 2013.
- BINDU, R. P., SAHOO, L.; SAHU, S.; VIJAYKUMAR, M.; SAHU, S. Effect of unilateral eyestalk ablation on ovarian maturation and occurrence of berried females in *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). **Indian Journal of Fisheries**, 57(4): 77-80, 2010.
- CHANG, E. Hormonal Control of Moulting in decapod Crustacea. **American Zoologist**, 25(1): 179-185, 1985.
- CUNHA, Cristiane Honorato e OSHIRO, Lídia Miyako Yoshii. The influence of eyestalk ablation on the reproduction of the fresh water *Macrobrachium acanthurus* shrimp in captivity. **Acta Scientiarum Biological Sciences** 32: 217-221, 2010
- DEEKAE, S.N.; ABOWEI, J.F.N. *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851) length-weight relationship and Fulton's condition factor in Luubara creek, Ogoni Land, Niger Delta, Nigeria. **International Journal of Animal and Veterinary Advances** 2(4): 155-162, 2010.
- DRACH, P., TCHERNIGOVTZEFF, C. Sur la méthode de détermination des stades d'intermue et son application générale aux crustacés. **Vie et Milieu**, 18 (3A), 595-610, 1967.
- GUEST, W.C. Laboratory life history of the Palaemonidae shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, 37(2): 141-152. 1979.
- HARTNOLL, R.G.; BRYANT, A.D. Size-frequency distributions in Decapod Crustacea. The quick, the dead, and the cast-offs. **Journal of Crustacean Biology** 10(1): 14-19, 1990.
- HUSSAIN, Showkat; BORANA, K. and SUJAD, Nahila. Effect of eyestalk ablation on reproductive organ of *Macrobrachium lamarrei* (H. Milne Edwards, 1837). **Indo American Journal of Pharmaceutical Research**, 4(4): 2247-2250, 2014.
- JUINIO-MENEZ, M.A. and RUINATA, J. Survival, growth and food conversion efficiency of *Panulirus ornatus* following eyestalk ablation. **Aquaculture**, 146: 225-235, 1996.

LARA, L.R.; WEHRTMANN I.S. Reproductive biology of the freshwater shrimp *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda: Palaemonidae) from Costa Rica, Central America. **Journal of Crustacean Biology**, 29: 343-349, 2009.

LIMA, J. de F. et al. Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the State of Amapá, Amazon River mouth. **Acta Amazonica**, 44(2): 245-254, 2014.

LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **Journal of animal Ecology**, 20: 201-219, 1951.

LOBÃO, V. L., ROJAS, N. E. & VALENTI, W. C. Fecundidade e fertilidade de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda) em laboratório. **Boletim do Instituto de Pesca**, 13(2): 15-20, 1986.

LUMARE, F. Reproduction of *Penaeus kerathurus* using eyestalk ablation. **Aquaculture**, 18: 203-214, 1979.

MARQUES, H.L.A.; MORAES-VALENTI, P. 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(7): 984-992, 2012.

MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C. Relative growth of Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) in earthen ponds. **Revista Brasileira de Zoologia**, 19(4): 955-1228, 2002.

MORAES, P. et al. Effect of density on population development in the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Aquatic Biology**, 9: 291–301, 2010.

MULLER, Y.M.R. and PRAZERES, A. Influência da salinidade e temperatura da água sobre a captura de *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836) coletados no canal da Lagoa do Peri-Florianópolis/Se. **Acta Limnológica Brasiliense**, 1(4): 175-183, 1992.

NEW, M.B.; NAIR, C.M. 2012. Review article: Global scale of freshwater prawn farming. **Aquaculture Research**, 43: 960–969, 2012.

NÓBREGA, P. S. V.; BENTES, B.; MARTINELLI-LEMOS, J. M. Population structure and relative growth of the Amazon shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) on two islands in the fluvial-estuarine plain of the Brazilian Amazon. **Nauplius**, 22:13-20, 2014.

ODINETZ-COLLART, O.; MOREIRA, L. C. Potencial pesqueiro de *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Carneiro) variação da abundância e do comprimento. **Amazoniana**, 3: 399-413, 1994.

PERVAIZ, A.; JHON,S.M.; SIKDAR-BAR, M.; KHAN, H.A.; WANI, A.A. Studies on the effect of unilateral eyestalk ablation in maturation of gonads of a freshwater prawn *Macrobrachium dayanum*. **World Journal of Zoology** 6 (2): 159-163, 2011.

PRIMAVERA, J. H. Review of maturation and reproduction in close thelycum penaeids. In: Y, Takai; Primavera, J. H. & Llobrera J. A. (Eds). **International Conference on Culture of Penaeid Prawns and Shrimps.**, 47-67, 1985

PRETO, B. L. et al. Production strategies for short term grow-out of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) in ponds. **Pan-Amarecian Journal of Aquatic Sciences**, 6: 1-8,2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. [S.l.]: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

SAGI, A.; R. SHOUKRUN; T. LEVY; A. BARKI; G. HULATA and I. KARPLUS.. Reproduction and moult in previously spawned and first-time spawning red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* females following eyestalk ablation during the winter reproductive-arrest period. **Aquaculture**, 156: 101-111, 1997.

SANTIAGO I. R., A.C. Successful spawning of cultured *Penaeus monodon* Fabricius after eyestalk ablation. **Aquaculture**, 11: 185-196. 1977.

SANTOS, M. J. M.; PINHEIRO, M. A. A. Ablação ocular no camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae): efeitos sobre a reprodução, pigmentação epidérmica e atividade alimentar. **Revista Brasileira de Zoologia**, 17(3): 667-680, 2000.

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

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

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**, 2(4): 85-104, 2007.

SKINNER DM: Moulting and Regeneration. The Biology of Crustacea - Integument, Pigments, and Hormonal Processes. Edited by: **Bliss DE**. 1985, New York: Academic Press, Inc, 9: 44-128.

SOUNDAPARADIAN, P. Effect of unilateral eyestalk ablation and diets on the growth of freshwater prawn juveniles of *Macrobrachium malcolmsonii* (H. Milne Edwards). **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, 3 (1): 47-53, 2008.

SURESH-BABU, C. H., SHAILENDER M., KRISHNA, P. V. Comparative study of spawning success in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De

Man) broodstock by unilateral and bilateral eye stalk ablation methods. **International Journal of Research in Biological Sciences**, 3(2): 88-93, 2013.

SOUZA, E. B. e CUNHA, A. C. **Climatologia de precipitação no Amapá: mecanismos climáticos de grande escala**. In: Tempo, Clima e Recursos Hídricos: Resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Capítulo 10. (Orgs) CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. Macapá – AP. IEPA. p 177-195. 2010.

TAN-FERMIN, Josefa D. Effects of unilateral eyestalk ablation on ovarian histology and oocyte size frequency of wild and pond-reared *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock. **Aquaculture**, 93: 77-86, 1991.

UAWISETWATHANA, U. LEELATANAWIT R, Klanchui A, PROMMOON J, KLINBUNGA S, KAROONUTHAISIRI N. Insights into eyestalk ablation mechanism to induce ovarian maturation in the black tiger shrimp. **PLoS ONE**, 6(9). e24427. doi:10.1371/ journal.pone.0024427

VALENTI, W. C.; MORAES-RIODADES, P. M. C. Freshwater prawn farming in Brazil. **Global Aquaculture Advocate**, 52-53,2001.

VENKITRAMAN, P. R., JAYALAKSHMY, K .V., BALASUBRAMANIAN, T. Effect of eyestalk ablation on moulting and growth in penaeid prawns, *Metapenaeus monoceros*. **Indian Journal of Fisheries**, 57(2): 25-32, 2010.

VARALAKSHMI, K.N. and REDDY, R. Effects of Eyestalk Ablations on Growth and Ovarian Maturation of the Freshwater Prawn *Macrobrachium lanchesteri* (de Man). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 10: 403-410, 2010.

WARD, J.V. Aquatic insect ecology. 1. Biology and habitat. New York, **John Wiley & Sons Inc.**, 438p, 1992.

WEIGENG WEN, LIHUA QIU, QIBIN YANG, JIANHUA HUANG, FALIN ZHOU. Effect of eyestalk ablation on ovarian maturation and spawning in green tiger shrimp *Penaeus semisulcatus* (De Haan 1844). **Indian Journal of Fisheries**, 62(3): 141-145, 2015.

ZAR, J. H. **Biostastical Analysis**. 5^a. ed. Illinois: Pearson, 2010. 960 p.

CAPÍTULO III (ARTIGO 3)

Efeitos da iluminação do ambiente na larvicultura de camarão de água doce da Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*)

Artigo submetido ao periódico "Biological Conservation" (ISSN 0006-3207)

Volume xx, Número xx, Pág xx-xx, Ano: 2016.

Efeitos da iluminação do ambiente na larvicultura de camarão de água doce da Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*)

Argemiro Midonês Bastos, Jô de Farias Lima, Marcos Tavares-Dias

RESUMO

A cor da luz utilizada em larvicultura é um dos fatores abióticos menos estudados, apesar da potencialidade de afetar parâmetros de crescimento e fisiológicos de camarões e outros crustáceos. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da luz vermelha, amarela, verde, azul, violeta e branca utilizadas na iluminação durante a larvicultura de *Macrobrachium amazonicum*. Foram usadas 2.400 larvas recém-eclodidas, distribuídas em 24 tanques transparentes com 1 litro de água à salinidade de 10 ‰, divididas em seis tratamentos com quatro réplicas. As larvas foram alimentadas diariamente com náuplios de *Artemia salina* e a partir do estágio V a alimentação foi complementada com ração comercial para camarão. A cor da iluminação afetou a temperatura, pH, oxigênio dissolvido, consumo de náuplios, sobrevivência e produtividade de *M. amazonicum*. Em tanques com iluminação vermelha a temperatura média, concentração de oxigênio e pH foram menores quando comparados aos demais. O consumo médio de náuplios *A. salina* foi 15% superior em animais dos tanques com iluminação azul e violeta em comparação à vermelha. Não houve diferença no desenvolvimento larval, as larvas cultivadas com iluminação branca completaram o ciclo em quatro dias antes que as larvas cultivadas com iluminação vermelha. A produtividade de larvas cultivadas com iluminação branca e violeta foi 45% superior à de larvas cultivadas com iluminação vermelha, enquanto a sobrevivência foi superior 75%. Os resultados indicam que o cultivo de larvas de *M. amazonicum* é melhor em tanques com iluminação com luz clara, preferencialmente branca, pois cores escuras podem afetar o desenvolvimento larval devido à dificuldade de percepção do alimento no tanque de cultivo.

Palavras-Chave: Camarão, Ciclo larval, Pós-larva, Produtividade.

1 INTRODUÇÃO

A luz compreende a um complexo de fatores externos e ecológicos, incluindo fotoperíodo, espectro de cor e intensidade. Porém, as características da luz são muito específicas em ambiente aquático, e a luz é extremamente variável em ambiente natural (MEYER-ROCHOW, 2001; GUO et al., 2013). A luz é um variável ambiental particularmente crítico, especialmente em cultivo intensivo de camarão que usam tanques dentro de alojamentos cobertos e dependentes da luz artificial. Portanto, a iluminação pode afetar a taxa de alimentação dos camarões, principalmente na larvicultura e, conseqüentemente a produtividade. As espécies de camarão que vivem em águas naturais movimentam-se em diferentes camadas de água e, assim, experimentam diferentes cores de luz (GUO et al. 2011; GUO et al. 2012).

Estudos mostram forte influência da luz no desenvolvimento larval, alimentação, frequência de muda, crescimento e sobrevivência de espécies de camarão (HOANG et al., 2003; ARAÚJO; VALENTI, 2011; GUO et al. 2013 VEGA-VILLASANTE et al., 2015), principalmente considerando a intensidade luminosa.

A intensidade luminosa está diretamente relacionada à identificação do alimento no ambiente e essa habilidade surge ao longo do desenvolvimento larval de *Macrobrachium rosenbergii*, embora nos estágios iniciais a oportunidade de encontro do alimento seja o fator principal para a sua atração.

Nos estágios subsequentes, as larvas nadam em direção ao alimento, pois já possuem estímulos visuais (ARAÚJO; VALENTI, 2011), similarmente ao que parece ocorrer em *Macrobrachium amazonicum* Heller 1866. Cada receptor de cores responde a diferentes bandas do espectro colorido (SCARINCI; MARINELI, 2014). Porém, a relação entre a cor da luz e o ciclo de vida de camarões tem recebido pouca consideração como variável que pode afetar o cultivo de camarões (YOU, 2006; ZHANG et al., 2006; GUO et al. 2011; GUO et al. 2012). Estudos mostraram que a flutuação periódica da luz da cor azul para verde melhora o ganho de peso e crescimento de *Litopenaeus vannamei* (GUO et al. 2011; GUO et al. 2012). Esse crescimento é importante para a produção comercial de camarões, pois o que se busca sempre é a melhorar a relação custo-benefício no crescimento dos animais (GUO et al. 2011; GUO et al. 2012).

Como a larvicultura é a fase crucial na cadeia produtiva do camarão de água doce da Amazônia, este estudo visa minimizar a dificuldade de obtenção de pós-larvas

desse camarão, através do melhor conhecimento sobre sua larvicultura, que requer condições ambientais adequadas para o sucesso na produção de pós-larvas. Neste estudo nós testamos a hipótese de que o uso prolongado de luz clara pode aumentar a produtividade e sobrevivência de larvas de *M. amazonicum*. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da cor da iluminação dos tanques de cultivo no ciclo larval, produtividade e sobrevivência de larvas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ANIMAIS E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

Este experimento com *M. amazonicum* teve duração de 28 dias e foi conduzido no Laboratório de Larvicultura da Embrapa Amapá (0° 0'50.07"S e 51° 5'8.58"O), Macapá, Estado do Amapá, Brasil. Foram utilizadas 2400 larvas recém-eclodidas oriundas de larvicultura realizada no laboratório, a partir de fêmeas coletadas na bacia Igarapé da Fortaleza (0° 1'35.75"S e 51° 8'16.40"O).

O ensaio consistiu em seis tratamentos (luz vermelha, amarela, verde, azul, violeta e branca) e quatro repetições cada. As larvas recém-eclodidas de *M. amazonicum* foram distribuídas em tanque pretos com capacidade de 70 litros cada, envolvidos em tecido não tecido (TNT) preto para isolar da iluminação externa. Internamente, os tanques foram iluminados, diariamente, durante 12 h com lâmpadas (empalux®) fluorescentes monocromáticas (15 W) nas cores vermelha (R), amarela (Y), verde (G), azul (B), violeta (V) e branca (W, posicionadas a 70 cm de altura, em relação ao fundo dos tanques. Os valores de frequência, energia de cada fóton e quantidade de luz para as cores utilizadas são apresentados na Tabela 1. Dentro de cada tanque foram colocadas quatro caixas transparentes de 1 L de água com salinidade de 10 ‰, contendo 100 larvas cada. Durante o período experimental foi mantida aeração constante em cada caixa, sem controle da temperatura.

Diariamente, foram medidos a temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido usando analisador multiparâmetro (Horiba®, mod. U-52G), seguido de limpeza para retirada de restos de alimento e larvas mortas em cada tanque. As concentrações de amônia total foram medidas a cada três dias utilizando fotômetro medidor de amônia (Hanna® mod. HI 96715C).

Tabela 1. Faixa de frequência, comprimento de onda, energia de cada fóton e quantidade de luz para as cores utilizadas.

Cor da luz	Frequência (10^{14} Hz)	Energia (10^{-19} J)	Quantidade de luz (lux)
Vermelha	4,30 – 4,80	2,85 – 3,18	45
Amarela	5,10 - 5,40	3,38 – 3,58	200
Verde	5,40 – 5,80	3,58 – 4,00	225
Azul	6,10 – 6,70	4,00 – 4,45	110
Violeta	6,70 – 7,50	4,45 – 4,97	5
Branca	-	-	400

Fonte: Adaptado de Halliday (2015)

2.2. ALIMENTAÇÃO E CONDIÇÕES DAS LARVAS

As larvas foram alimentadas, a partir do segundo dia de cultivo, sempre pela manhã (8:00 h), com náuplios recém-eclodidos de *Artemia salina* e o consumo dos náuplios foi estimado diariamente conforme metodologia sugerida por Maciel; Valenti (2014). Após o estágio V, a alimentação das larvas foi complementada com ração comercial para camarão fornecida às 16:00 h. Ao final do experimento, foram contadas as larvas e pós-larvas de cada repetição para determinação da taxa de sobrevivência (S) e produtividade (P).

A cada dois dias, 10 larvas de cada réplica coletadas ao acaso, foram analisadas para estimar o Índice de Estágio Larval (IEL) identificado de acordo com metodologia preconizada por Guest (1979) e determinado pelo método da média ponderada de Manzi et al. (1977). Além disso, foi estimado o Índice de Condição Larval (ICL) seguindo as recomendações de Maciel; Valenti (2014). O experimento foi encerrado quando houve aparecimento 80% de pós-larvas em todos os tratamentos.

2.3. ANALISES ESTATÍSTICAS

Previamente, a normalidade e homocedasticidade dos dados foram testadas utilizando teste de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Como os dados não seguiram padrão de distribuição normal, o teste de Khuskall-Wallis foi usado, seguido

pelo teste de Tukey, para avaliar as diferenças entre os seis tratamentos (Zar, 2010). Todas essas análises foram realizadas usando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

3 RESULTADOS

Durante os 28 dias de ensaio, para as variáveis físicas e químicas monitoradas, nos tanques com iluminação vermelha a temperatura média foi menor e o pH e oxigênio dissolvido foram maiores que nos demais tanques, exceto naqueles com iluminado com luz amarela. As concentrações de amônia não foram afetadas (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios \pm desvio padrão da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, oxigênio dissolvido (mgL^{-1}) e amônia total (mgL^{-1}) durante de 28 dias da larvicultura de *Macrobrachium amazonicum* sob diferentes cores de luz.

Cor	Parâmetros			
	Temperatura	pH	Oxigênio	Amônia total
Vermelha	29,6 \pm 0,9a	7,45 \pm 0,11a	7,28 \pm 0,17a	0,06 \pm 0,003a
Amarela	30,0 \pm 1,0ab	7,40 \pm 0,11ab	7,21 \pm 0,18ab	0,05 \pm 0,003a
Verde	30,3 \pm 1,0b	7,36 \pm 0,12b	7,14 \pm 0,19b	0,05 \pm 0,003a
Azul	30,4 \pm 1,0b	7,35 \pm 0,12b	7,13 \pm 0,18b	0,05 \pm 0,003a
Violeta	30,5 \pm 1,0b	7,35 \pm 0,12b	7,12 \pm 0,20b	0,05 \pm 0,003a
Branca	30,4 \pm 0,9b	7,35 \pm 0,11b	7,12 \pm 0,17b	0,05 \pm 0,003a
Tukey	64,71	64,71	64,71	0,69
p	<0,01	<0,01	<0,01	>0,05

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey.
Fonte: Pesquisa de campo (2015)

O consumo de náuplios de *A. salina* foi afetado pela cor de iluminação dos tanques nos primeiros dias da larvicultura (Tukey = 4,4 e $p < 0,01$). Este foi 15% maior em larvas de *M. amazonicum* mantidos com luz azul (2708 náuplios/larva e violeta (2640 náuplios/larva) em comparação às larvas sob iluminação vermelha (2322 náuplios/larva). Houve aumento de consumo para todos os tipos de iluminação até o 14^o dia do ensaio, aproximadamente quando as larvas já tinham atingindo o estágio V. A partir da oferta de ração para complementar a alimentação diária das larvas, houve estabilidade no consumo diário de náuplios, em torno de 100 náuplios/larva por tratamento, até a completa metamorfose das larvas (Figura 1).

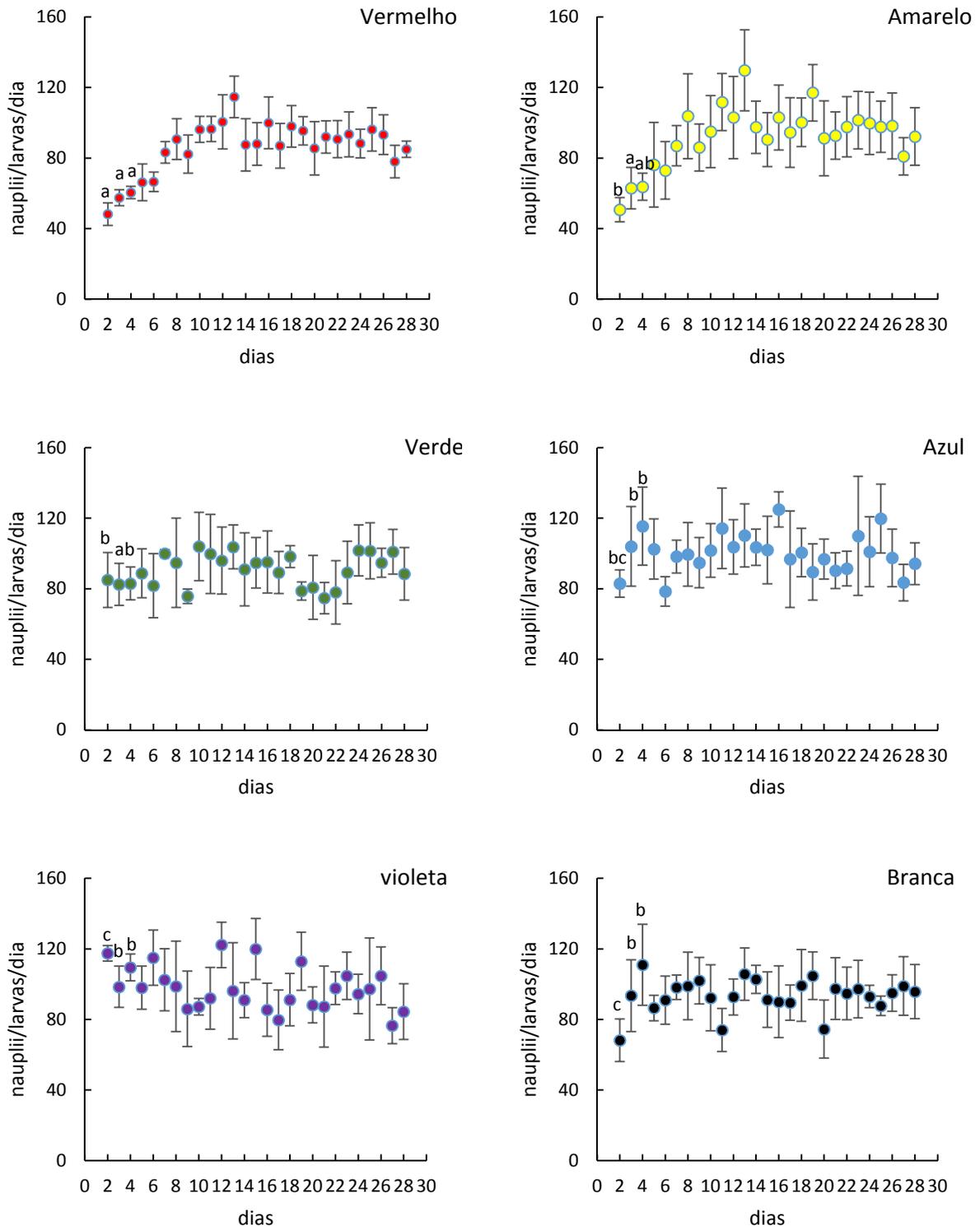


Figura 1. Média \pm desvio padrão do consumo de náuplios de *Artemia salina* por larvas de *Macrobrachium amazonicum* em tanques sob diferentes cores de luz, durante 12 h/dia. Médias com letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos no mesmo dia pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Houve diferença significativa para o desenvolvimento larval em função da cor de iluminação (Tukey = 2,64; $p < 0,05$). Larvas iluminadas com a cor branca completaram o ciclo de desenvolvimento larval quatro dias antes que as iluminadas com cor vermelha. Após o 8º dia de experimento, apenas nos tanques iluminados com cor branca e violeta foram identificadas larvas no estágio V (Figura 2). Para as larvas sobre influência de luz vermelha, a duração do período larval foi o maior entre os observados, apresentando um tempo médio de três dias em cada estágio. As primeiras pós-larvas foram identificadas para as cores branca e violeta no 18º dia de experimento.

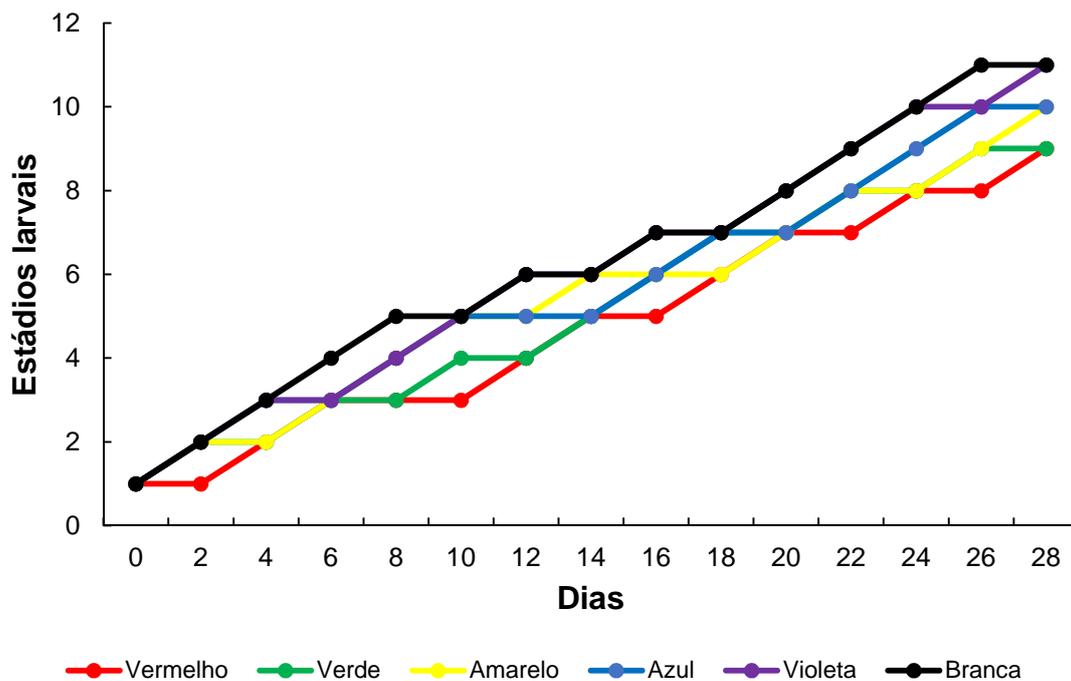


Figura 2. Desenvolvimento larval de *Macrobrachium amazonicum* exposto a iluminação com diferentes cores luz, por 12 h/dia, em um período de 28 dias de larvicultura.
Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Houve diferenças (Tukey = 6,52; $p < 0,01$) significativa para o Índice de Condição Larval (ICL) em função da cor da luz usada para iluminar os tanques. Para larvas de *M. amazonicum* sob iluminação com as cores vermelha ou verde ICL foi 1,52 e 1,65, respectivamente, nos primeiros dez dias do experimento. Os melhores índices foram observados em larvas cultivadas com luz branca (ICL = 1,95) e violeta (ICL= 1,88).

A sobrevivência das larvas também foi influenciada pela cor da luz usada no tanque de cultivo (Tukey = 11,14; $p < 0,01$), pois a maior sobrevivência foi nos tanques com iluminação branca. As larvas mantidas em tanques com luz vermelha foram as que apresentaram menor sobrevivência, cerca de 40% (Figura 3).

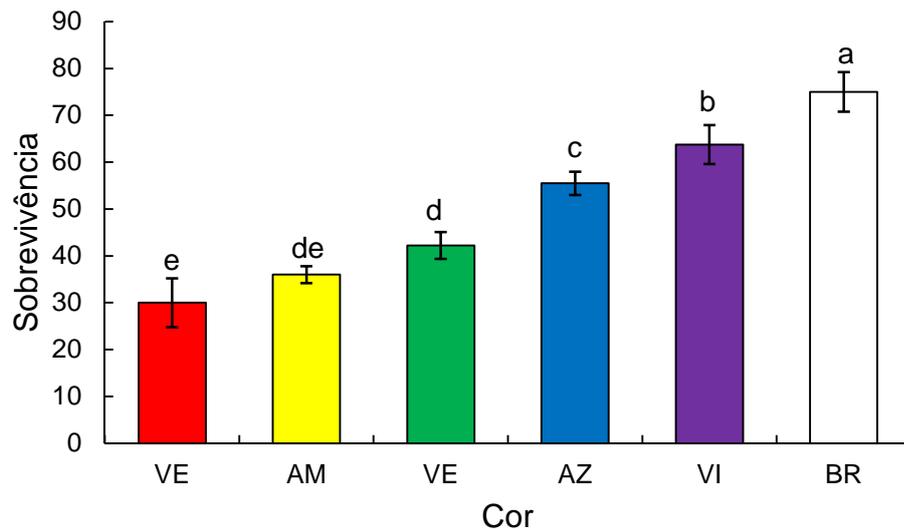


Figura 3. Número de larvas e pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum* sobreviventes após 28 dias de cultivo em tanque sob luz com diferentes cores e iluminação de 12/dia. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Khuskall-Wallis ($p < 0,01$), e barras representam o desvio padrão das médias. VE: vermelho, AM: amarelo, VE: verde, AZ: azul, VI: Violeta, BR: Branca. Fonte: Pesquisa de campo (2015)

A cor da luz usada na iluminação dos tanques afetou a produtividade (P) (Tukey = 12,2 e $p < 0,01$), que foi maior nos tanques com luz branca ($75,0 \pm 4,2 \text{ L}^{-1}$) e violeta ($63,0 \pm 4,8 \text{ L}^{-1}$) quando comparado com a luz vermelha ($30,0 \pm 3,1 \text{ L}^{-1}$), amarela ($36,0 \pm 0,7 \text{ L}^{-1}$), verde ($42,0 \pm 1,8 \text{ L}^{-1}$) e azul ($55,0 \pm 2,3 \text{ L}^{-1}$).

4 DISCUSSÃO

Na larvicultura de *M. amazonicum* usando luz verde, azul, vermelha, amarela, violeta e branca e substituição diária de 50% do volume de água, houve uma redução na temperatura dos tanques com luz vermelha e aumento nas concentrações de pH e oxigênio dissolvido em comparação aos tanques com luz verde, azul, violeta e branca. Porém, as concentrações de amônia não foram influenciadas neste estudo. O aumento da temperatura nos tanques sob iluminação com luz verde, azul, amarela,

violeta e branca está associado à energia transmitida à água pelos fótons de radiação de cada cor, pois quanto maior a frequência, maior é a energia dos fótons (CRAIG, 2006). Portanto, esta energia pode ser convertida parcialmente em energia térmica fornecida à massa de água dos tanques usando luz vermelha. A redução dos valores de pH e oxigênio dissolvido observada é resultado do aumento de temperatura nos tanques de cultivo. Todavia, mesmo com essa variação na temperatura, pH e oxigênio, os valores encontrados foram similares aos descrito por outros estudos (ARAÚJO; VALENTE, 2011. MACIEL; VALENTI, 2014), também para a larvicultura de *M. amazonicum*.

Olhos compostos, órgãos frontais, ocelo intracerebral e fotorreceptores caudal são os principais detectores de luz e escuro, mas eles não precisam estar todos presentes em um indivíduo e em alguns crustáceos há presença de fotorreceptores (MEYER-ROCHOW, 2001).

As espécies de camarão que vivem em águas naturais movimentam-se em diferentes camadas de água e tem contato com diferentes cores de luz no ambiente (GUO et al. 2011; GUO et al. 2012). O funcionamento dos olhos das espécies de *Macrobrachium* é ainda desconhecido; porém, a visão desses os tornam bem adaptado para sua ecologia, pois esta correlacionada com o seu comportamento natural. O olho é capaz de funcionar sob condições de pouca luz, mas se o habitat está altamente turvo pode haver dificuldades em explorar seu habitat, para alimentar, acasalar e migrar, pois a visão é de grande importância na dinâmica predador-presa (MATSUDA; WILDER, 2014).

Para larvas de *M. amazonicum* deste estudo a cor na luz usada nos tanques de cultivo influenciou o aproveitamento do alimento, desenvolvimento larval, condição larval, sobrevivência e produtividade. GUO et al. (2012) relataram que variação periódica do espectro azul para verde promoveu o crescimento do camarão *Litopenaeus vannamei*, recomendam então a utilização de oscilação periódica de cores de luz na regulação de cor clara no cultivo desse camarão.

A alimentação das larvas de *M. amazonicum* com *A. salina* foi padronizada em todos os tratamentos usados aqui, seguindo recomendações prévias (MORAES-VALENTI; VALENTI, 2010; ARAÚJO; VALENTI, 2011), para evitar superalimentação ou fornecimento inferior às necessidades das larvas. A cor do alimento vivo oferecido às larvas de camarão tem importante efeito na percepção visual para essas, pois o contraste entre a coloração do alimento e do tanque aumenta a eficiência de captura

das larvas, interferindo na sobrevivência e crescimento dos animais (HAYD et al., 2008). Os dados aqui obtidos mostram a importância da cor de iluminação dos tanques para alimentação de larvas de *M. amazonicum*.

Assim, a maior sobrevivência observada em larvas de *M. amazonicum* de tanques com luz branca pode estar relacionada à distribuição do alimento na coluna d'água e à quantidade de energia transportada por esta luz. Porém, uma redução na disponibilidade de energia para o metabolismo em conjunto com o aumento no comportamento agonísticos e estresse podem reduzir a sobrevivência das larvas de *M. amazonicum* nos tanques mantidos com luz vermelha.

Os náuplios de *A. salina* parecem ser alaranjados, pois quando iluminados com luz branca absorvem as demais frequências de onda, refletindo apenas o laranja. No entanto, esta coloração dos náuplios apresenta espectro diversos sob iluminação das diferentes cores. Devido à pigmentação natural dos náuplios, estes parecem mais escuros quando iluminados com luz vermelha ou verde. Outra característica da luz vermelha é o maior índice de refração quando comparada com outras cores primárias, sendo facilmente desviada ou absorvida na água (CRAIG, 2006, HALLIDAY et al. 2012).

Estes fatores indicam uma dificuldade de captura dos náuplios de *A. salina* pelas larvas de *M. amazonicum* deste estudo em tanques iluminados com cor vermelha, uma vez que a percepção se dá pela luz refletida. Assim, nos tanques iluminados com luz de cor escura, a captura dos náuplios por larvas de *M. amazonicum* foi prejudicada, pois o principal mecanismo de obtenção de alimento das larvas e encontro com os náuplios (ARAÚJO; VALENTI, 2011) é a visão (MACIEL; VALENTI, 2014). Por isso, no ambiente de cultivo a cor de iluminação pode afetar a taxa de alimentação de *M. amazonicum* e, conseqüentemente a produção e produtividade.

Para larvas de *M. amazonicum* cultivadas em tanques de diferentes cores Maciel; Valenti (2014) observaram maior consumo de alimento vivo nos tanques de cor verde e vermelha. Porém, neste ensaio anterior, havia reflexão da luz nas paredes coloridas dos tanques, mas a radiação que penetrava no tanque podia não corresponder à da onda referente a cor dos tanques. Por outro lado, como a luz branca é o conjunto de todas as cores do espectro visível (CRAIG, 2006), o melhor contraste ocorreu quando os tanques de cultivo de larvas de *M. amazonicum* foram iluminados

com uma luz branca, que penetrava em todo o tanque com intensidade constante. Logo, tais diferenças de resultados nesses estudos podem estar relacionadas à forma de dispersão da luz e às dimensões dos tanques.

O ciclo larval de *M. amazonicum* é curto, com aproximadamente 20 dias de duração, com intervalo de 1 - 2 dias entre os estádios larvais (HAYD, 2008) e ocorrem alterações morfológicas das larvas em cada estágio (MACIEL; VALENTI, 2014). Porém, a duração do ciclo larval de *M. amazonicum* pode variar dependendo da quantidade e qualidade do alimento oferecido, luminosidade, temperatura da água, bem como de outras variáveis de qualidade da água (MORAES-RIODADES; VALENTI, 2010). Todavia, no presente estudo, não houve diferenças no tempo de duração do ciclo larval. Resultados similares foram descritos para larvas de *M. amazonicum* cultivados em tanques de diferentes cores (MACIEL; VALENTI, 2014). Por outro lado, os resultados apontam para um retardo na mudança dos estádios iniciais nas larvas de *M. amazonicum* sob iluminação com luz vermelha quando comparado as larvas sob iluminação com luz branca. Conseqüentemente, o retardo na mudança dos estádios manteve-se ao longo de todo ensaio, levando a um atraso de quatro dias no fechamento do ciclo larval de *M. amazonicum* sob iluminação com luz vermelha.

5 CONCLUSÕES

O aumento da frequência na cor de luz usada na iluminação de tanques na larvicultura de *M. amazonicum* aumenta a temperatura, pH e o oxigênio dissolvido na água, além de proporcionar um bom aproveitamento do alimento vivo, redução no desenvolvimento larval, aumento no índice de condição larval, sobrevivência e produtividade. É possível que larva de *M. amazonicum* apresente olhos funcionais desde o primeiro estágio larval e adaptados à visão em ambiente claro, e essa acuidade visual tem um papel importante na localização e captura de presas. Porém, a iluminação de tanques com luz de cor escuras, por exemplo, vermelho, dificultam a visão das larvas. Portanto, o cultivo de larvas de *M. amazonicum* é melhor em tanques com iluminação com luz clara, preferencialmente branca, pois cores escuras podem afetar o desenvolvimento larval devido à dificuldade de percepção do alimento no tanque de cultivo.

6 AGRADECIMENTOS

Aos bolsistas Alex Anderson, Elane Tavares Lobo, Evandro Freitas dos Santos, Osiel Amoras de Araújo júnior, Sting Silva Duarte e Tainá Martins de Carvalho, pelo apoio nas biometrias e manejo dos experimentos. Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amapá (FAPEAP) pelo apoio financeiro e ao CNPq pela bolsa de pesquisa em produtividade para M. Tavares-Dias.

7 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. C., VALENTI, W.C. Efeito da intensidade luminosa no desenvolvimento larval do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. **Boletim do Instituto de Pesca**, 37(2): 155-164, 2011.
- CRAIG, F. B. Fundamentals of Atmospheric Radiation: An Introduction with 400 Problems. **Wiley-VCH**. ISBN 3-527-40503-8. 2006.
- GUEST, W. C. Laboratory life history of the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, 37 (2):141-152. 1979.
- GUO, Biao; WANG, Fang; DONG, Shuanglin; GAO, Qinfeng. The effect of rhythmic light color fluctuation on the molting and growth of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**. 314, 210–214, 2011.
- GUO, Biao; MU, Yingchun; WANG, Fang; DONG, Shuanglin. Effect of periodic light color change on the molting frequency and growth of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**. 362–363: 67–71. 2012.
- GUO, Biao; WANG, Fang; LI, Ying; DONG, Shuanglin. Effect of periodic light intensity change on the molting frequency and growth of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 396–399, 66–70, 2013.
- HAYD, L.A., ANGER, K. & VALENTI, W.C. The moulting cycle of larval Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* reared in the laboratory. **Nauplius**, 16, 55–63. 2008.
- HALLIDAY, David; WALKER, Jearl; RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física - Vol. 2 - Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 9 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 384 p.
- HOANG, T., Y. Lee, C. Keenan & G. Mardsen. Spawning behavior of *Penaeus (Fenneropenaeus) merguensis* De Man and the effect of light intensity on spawning. **Aquaculture Research**, 33(5): 351-357, 2002.

- LIMA, J. F. e SANTOS, T. S. Aspectos econômicos e higiênico-sanitários da comercialização de camarões de água doce em feiras livres de Macapá e Santana, Estado do Amapá. **Biota Amazônia**, 4(1): 1-8, 2014.
- MACIEL, C. R.; VALENTI, W. C. Biology, Fisheries, and Aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review. **Nauplius**, 17: 61-79, 2009.
- MACIEL, C. R.; VALENTI, W. C. Effect of tank colour on larval performance of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Aquaculture Research**, 45: 1041–1050. 2014.
- MANZI, J.J., MADDOX, M.B. & SANDIFER, P.A. Algal supplement enhancement of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) larviculture. **Proceedings of the World Mariculture Society**, 8, 207–223. 1977.
- MATSUDA, Keishi & WILDER, Marcy N. Eye structure and function in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Fisheries Sciences**, 80:531–541. 2014.
- MEYER-ROCHOW, V. B. The Crustacean Eye: Dark/Light Adaptation, Polarization Sensitivity, Flicker Fusion Frequency, and Photoreceptor Damage. **Zoological Science**, 18(9):1175-1197. 2001.
- MORAES-VALENTI, P. & VALENTI, W.C. Culture of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. In: **Freshwater Prawns: Biology and Farming** (ed. by M.B. New, W.C. Valenti, J.H. Tidwell, L.R. D’Abramo, & M.N. Kutty), pp. 485–501. Wiley-Blackwell, Oxford. 2010.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. [S.l.]: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.
- SCARINCI, A L; MARINELI, F. O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 36: 1309, 2014.
- VEGA-VILLASANTE, F; MARTINEZ-OCHOA, E F; GARCIA-GUERRERO, M U y ARRONA-ORTIZ, J D. Efecto de diferentes intensidades de luz sobre la expresión de cromatóforos, crecimiento y supervivencia en juveniles de *Macrobrachium tenellum*. **Latin American Journal of Aquatic Research**, 43(1): 255-261, 2015.
- YOU, K.; YANG, H.; LIU, Y. et al. Effects of different light sources and illumination methods on growth and body color of shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 252 : 557-565, 2006.
- ZHANG, P., X. Zhang, J. Li & G. Huang. The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture**, 256(1-4): 579-587. 2006.
- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5ª. ed. Illinois: Pearson, 2010. 960 p.

CAPÍTULO IV (ARTIGO 4)

Efeitos de diferentes temperaturas na sobrevivência e desempenho de crescimento de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae)

Artigo submetido ao periódico "Ecology Letters" (ISSN 1461-023X)

Volume xx, Número xx, Pág xx-xx, Ano: 2016.

Efeitos de diferentes temperaturas na sobrevivência e desempenho de crescimento de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae)

Argemiro Midonês Bastos^{1*}, Jô de Farias Lima², Marcos Tavares-Dias²

¹Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia (PPG-BIONORTE), Macapá, AP, Brasil.

²Embrapa Amapá, Macapá, AP, Brasil.

*Autor para correspondência:

argemiro.bastos@ifap.edu.br

RESUMO

Macrobrachium amazonicum é uma espécie de camarão que habita água doce das regiões Neotropicais e tem grande importância para a economia da Amazônia. Assim, este estudo avaliou os efeitos do aumento da temperatura na sobrevivência e desempenho zootécnico de juvenis de *M. amazonicum*. Inicialmente, 360 pós-larvas de *M. amazonicum* ($29,12 \pm 4,13$ mm e $218,87 \pm 90,25$ mg) foram distribuídas em tanques de 70 L usando três tratamentos (temperatura ambiente de $28 \pm 0,5$ °C, temperatura de $30 \pm 0,2$ °C e temperatura de $32 \pm 0,2$ °C) e 4 réplicas com 30 camarões cada. Os tanques de cultivo foram conectados a um sistema de recirculação com filtragem biológica e aeração constante, na densidade de 30 animais por tanque. Durante 90 dias os animais foram alimentados duas vezes ao dia com 5% da biomassa dividida em dois tratos (8:00 h e 17:00 h) utilizando-se ração comercial peletizada para camarão com 35% de proteína bruta. Ao final desse período, o incremento total no comprimento e massa corporal dos animais cultivados em temperatura ambiente ($28 \pm 0,5$ °C) foi 78% e 433%, respectivamente. Enquanto que nos demais, as taxas de crescimento específico, fator de condição, ganho de massa e comprimento e sobrevivência dos animais cultivados em temperatura de $30 \pm 0,2$ °C e $32 \pm 0,2$ °C foram menores que naqueles cultivados em $28 \pm 0,5$ °C, enquanto a conversão alimentar foi maior. Portanto, o aumento na temperatura da água pode comprometer o crescimento e sobrevivência de *M. amazonicum* no cultivo.

Palavras-Chave: Camarão de água doce, crescimento, temperatura.

1 INTRODUÇÃO

Cenários do aumento da temperatura indicam variação de 1,7 °C a 3,9 °C até 2100 para a América do Sul, mas o aquecimento para a Amazônia será maior que isso (JUNK, 2013). Na Amazônia, é esperado que as alterações climáticas levem a mudanças nos padrões de precipitação causando o predomínio de longos períodos de seca e diminuição global da disponibilidade de água para a bacia.

Devido a essa redução na disponibilidade de água é esperado um aumento da temperatura da água no sistema do Rio Amazonas e, conseqüentemente, alterações drásticas na vida dos organismos (OBERDORFF et al., 2015). Devido às mudanças

climáticas os organismos aquáticos da Amazônia serão afetados na medida em que as espécies terão que adaptar-se aos novos regimes climáticos, migrando para locais mais adequados do ponto de vista térmico ou se extinguirão (JUNK, 2013; OBERDORFF et al., 2015), pois as estratégias de adaptação às mudanças ocorrem com recursos limitados (AHMED et al. 2014). As áreas de várzeas e planícies de inundação, locais de alimentação e berçário para muitas espécies (JUNK, 2013) sofrerão uma drástica redução devido às mudanças climáticas, comprometendo a biodiversidade desses ecossistemas amazônicos.

Na Amazônia, as áreas de várzeas e planícies de inundação apresentam uma variedade de habitats que contribuem para a existência de uma fauna diversificada (ISAAC-NAHUM, 2006; JUNK, 2013). A vida da fauna aquática nessa região é altamente influenciada pela variação sazonal da precipitação e temperaturas. Todos esses fatores contribuem para que a região concentre um grande potencial pesqueiro, influenciada pela sazonalidade (ISAAC-NAHUM, 2006; MACIEL; VALENTI, 2009; JUNK, 2013; FREIRE et al., 2012 NÓBREGA et al., 2014; LIMA; SANTOS, 2014). Apesar da dificuldade de quantificar o número real da biodiversidade aquática nessa região, atualmente, muitas espécies já se encontram ameaçadas devido sobre-exploração de seus estoques naturais.

Variação na temperatura ambiental é um dos fatores que também influenciam a sobrevivência, crescimento, reprodução e aumento de doenças nas espécies de camarões de água doce (AHMED et al. 2014; BOOCK et al., 2016), pois afetam diretamente consumo de alimentos e metabolismo dos animais, causando estresse. A ecdise e sobrevivência de *Macrobrachium borellii* e *Palaemonetes argentinus* foram reduzidos em temperaturas de 15 °C e 30 °C (MONTAGNA, 2011). O crescimento de *Macrobrachium rosenbergii* aumentou em temperaturas de 24 °C a 29 °C e declinou em 34 °C (HABASHY; HASSAN, 2011).

O decápode *Macrobrachium amazonicum* Heller 1866 (camarão-da-amazônia) tem ampla distribuição, incluindo várias bacias hidrográficas, tais como Orinoco, Amazonas, São Francisco, Araguaia-Tocantins, Paraná, Paraguai e rios nas costas do Nordeste, Leste e Norte do Brasil. Além disso, há registro dessa espécie no Panamá, Costa Rica e Nicarágua, ampliando sua distribuição conhecida para Central América (MACIEL; VALENTI, 2009; ROCHA et al., 2015).

Na bacia amazônica, além de *M. amazonicum* fazer parte da dieta alimentar das populações urbanas e ribeirinhas desempenha funções ecológicas importantes

nos ecossistemas aquáticos como componente da cadeia trófica (VIEIRA, 2003; MACIEL; VALENTI, 2009; LIMA; SANTOS, 2014). Além da grande importância econômica para a pesca artesanal na Amazônia e em muitos reservatórios do Nordeste do Brasil (MACIEL; VALENTI, 2009), também uma espécie com grande potencial de produção e características zootécnicas importantes tais como o crescimento rápido e rusticidade (MACIEL; VALENTI, 2009; LIMA; SANTOS, 2014). Porém, há pouco conhecimento sobre sua biologia em cultivo, e os efeitos do aumento da temperatura no seu crescimento e sobrevivência não foram ainda estudados, apesar das previsões de aumento de temperaturas na Amazônia. Em um contexto, de mudanças globais na temperatura, pode uma variação da temperatura ambiental de $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C} - 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ afetar o crescimento de *M. amazonicum*? O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos do aumento da temperatura da água na sobrevivência e desempenho de crescimento de *M. amazonicum*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ANIMAIS E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

Este experimento de 90 dias foi conduzido no Laboratório de Larvicultura da Embrapa Amapá ($0^{\circ} 0'50.07''\text{S}$ e $51^{\circ} 5'8.58''\text{O}$), em Macapá, Estado do Amapá, Brasil. Foram utilizados 360 juvenis de *Macrobrachium amazonicum* ($29,12 \pm 4,13$ mm e $218,87 \pm 90,25$ mg) oriundos de larvicultura realizadas do laboratório, a partir de fêmeas coletadas na bacia Igarapé da Fortaleza ($0^{\circ} 1'35.75''\text{S}$ e $51^{\circ} 8'16.40''\text{O}$), Macapá, Estado do Amapá (Brasil). As pós-larvas e juvenis foram mantidos em tanque de cor preta, seguindo recomendações prévias (MACIEL; VALENTI, 2014).

Os juvenis de *M. amazonicum* foram submetidos a três tratamentos com diferentes temperaturas: T0 – temperatura ambiente de $28 \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle), T1 – temperatura de $30 \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e T2 – temperatura de $32 \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, com 4 réplicas por tratamento e 30 animais em cada repetição. Esses 360 camarões foram distribuídos em um total de 12 tanques com capacidade de 70 litros de água doce acoplados a um sistema de recirculação com filtragem biológica e aeração constante. A temperatura, apesar de monitorada, não foi controlada no tratamento controle e demais tratamentos foi mantida com auxílio de termostatos (Roxin[®] mod. HT 1900 de 100 W). Assim, para os tanques dos tratamentos com temperatura controlada, essa foi aumentada em

0,5°C a cada dois dias a partir da temperatura ambiente, para aclimatação térmica dos animais. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 horas) com ração comercial peletizada (35% de proteína bruta) para camarão, com oferta diária de 5% da biomassa, dividida em 50% dessa biomassa para cada refeição ao dia. Quinzenalmente após biometria, todos os camarões eram retirados do cada tanque para essa análise e, posteriormente, devolvidos as suas respectivas unidades experimentais, quando então a biomassa era ajustada e, em seguida, era realizada a troca de 50% da água dos tanques de cultivo.

Diariamente, foram determinados temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica usando analisador multiparâmetro (Horiba®, mod. U-52G), seguido de limpeza para retirada de restos de ração, fezes, observação de mudas e animais mortos em cada tanque. As concentrações de amônia total foram medidos a cada três dias utilizando fotômetro medidor de amônia (Hanna® mod. HI 96715C).

2.2. PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS CRESCIMENTO

Durante 90 dias foram medidos o comprimento total (mm) e massa corporal (g) de todos os camarões para avaliação dos índices zootécnicos tais como taxa de conversão alimentar bruta, ganho de massa em %, ganho de comprimento em %, ganho de massa em g, taxa de crescimento diário (%/dia), massa média final (g), comprimento total médio (mm) e sobrevivência (%) (CAVALLI et al., 2004; NING et al., 2007):

- a) Conversão alimentar bruta = quantidade de ração fornecida (g)/ganho de massa total (g)
- b) Ganho de massa (g) = massa média final – massa média inicial;
- c) Taxa de ganho de massa (%) (TCM) = (média da massa final – média da massa inicial/média da massa inicial) * 100;
- d) Taxa de crescimento específico = [(média da massa final – da massa inicial) * 100] / dias de experimento;
- e) Taxa de crescimento em comprimento total (%) = (média do comprimento total final – média de comprimento total inicial/média de comprimento total inicial) * 100;

f) Taxa de sobrevivência (%) = (número final de animais/número inicial de animais) * 100.

A relação massa-comprimento foi calculada utilizando a equação $W = aL^b$, onde W é a massa (g), L é o comprimento total (mm), e a e b são constantes. Estas constantes foram estimadas pela regressão linear da equação transformada: $W = \log a + b \times \log L$. O valor de b testado através do teste-t para saber se $b = 3$. Os dados de comprimento (cm) e massa corporal (g) foram também usados determinado o fator de condição relativa (Kn), seguindo as recomendações de LE-CREN (1951).

2.3. ANALISES ESTATÍSTICAS

Previamente, a normalidade e homocedasticidade dos dados foram testadas utilizando teste de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Como os dados não seguiram o padrão de distribuição normal, o teste de Khuskall-Wallis foi usado para avaliar as diferenças nos parâmetros investigados, seguido pelo teste de Tukey para avaliar as diferenças entre os três tratamentos. O Coeficiente de Pearson (r) foi usado para investigar correlações do ganho de massa corporal com parâmetros de qualidade água dos tanques de cultivo (ZAR, 2010). Todas essas análises foram realizadas usando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

3 RESULTADOS

Dentre as variáveis físicas e químicas monitoradas ao longo do experimento, foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre as médias dos valores de pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica entre os tratamentos. Os valores de amônia total não diferiram estatisticamente. Os valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros de qualidade de água observados ao longo dos 90 dias de cultivo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios seguidos de desvio padrão de pH, oxigênio dissolvido (mgL^{-1}), condutividade elétrica (μScm^{-1}) e amônia total (mgL^{-1}), ao longo de 90 dias de cultivo de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* submetidos a três temperaturas da água.

Tratamento	Temperaturas	Parâmetros			
		pH	Oxigênio	Condutividade	Amônia total
T0	28 ± 0,5a	7,78 ± 0,32a	7,85 ± 0,32a	155,4 ± 33,5a	0,04 ± 0,002a
T1	30 ± 0,2b	7,55 ± 0,43b	7,35 ± 0,86b	145,1 ± 45,1b	0,03 ± 0,002a
T2	32 ± 0,2c	7,12 ± 0,41c	6,99 ± 0,40c	115,8 ± 21,9c	0,02 ± 0,002a
Khuskall	959,08	233,72	223,94	127,73	0,69
p	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	>0,05

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Khuskall-Wallis.

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Em *M. amazonicum* submetidos a diferentes temperaturas a conversão alimentar foi maior nos animais mantidos a 30 ± 0,2 °C e 32 ± 0,2 °C quando comparados aos animais controles em temperatura de 28 ± 0,5 °C, enquanto o ganho de massa e comprimento, taxa de crescimento específico, taxa de sobrevivência e fator de condição diminuiram (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros zootécnicos de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* após 90 dias de cultivo em diferentes temperaturas.

Temperaturas	Parâmetros zootécnicos						
	CAB	GM (g)	TGM (%)	TCE (%/dia)	TCC (%)	TS (%)	Kn
28 ± 0,5 °C	2,7±0,03a	0,99±0,05a	433±46a	11,0±0,6a	74,7± 4,7a	78,7±8,9a	1,00±0,002a
30 ± 0,2 °C	2,9±0,15b	0,80±0,10b	371±40a	8,8±1,1b	65,9±5,6b	65,2±9,7b	0,98±0,009b
32 ± 0,2 °C	2,9±0,16b	0,74±0,01b	348±54a	8,3±1,07b	64,6±5,6b	36,5±9,1b	0,97±0,016b
Tukey	7,42	7,73	3,57	7,73	4,50	7,96	2,56
p	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,05

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. CAB: conversão alimentar bruta, GM: Ganho em massa, TGM: Taxa de ganho em massa, TCE: Taxa de crescimento específico, TCC: Taxa de crescimento em comprimento, TS: Taxa de sobrevivência, Kn: Índice de condição.

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

A taxa de sobrevivência diferiu (Tukey = 7,96 e p < 0,01) entre os tratamentos ao logo de 90 dias de estudos, pois os animais mantidos em temperatura de 30 ± 0,2 °C e 32 ± 0,2 °C tiveram uma taxa de sobrevivência 10% e 110% menor,

respectivamente, quando comparados aqueles mantidos em temperatura ambiente de $28 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 1).

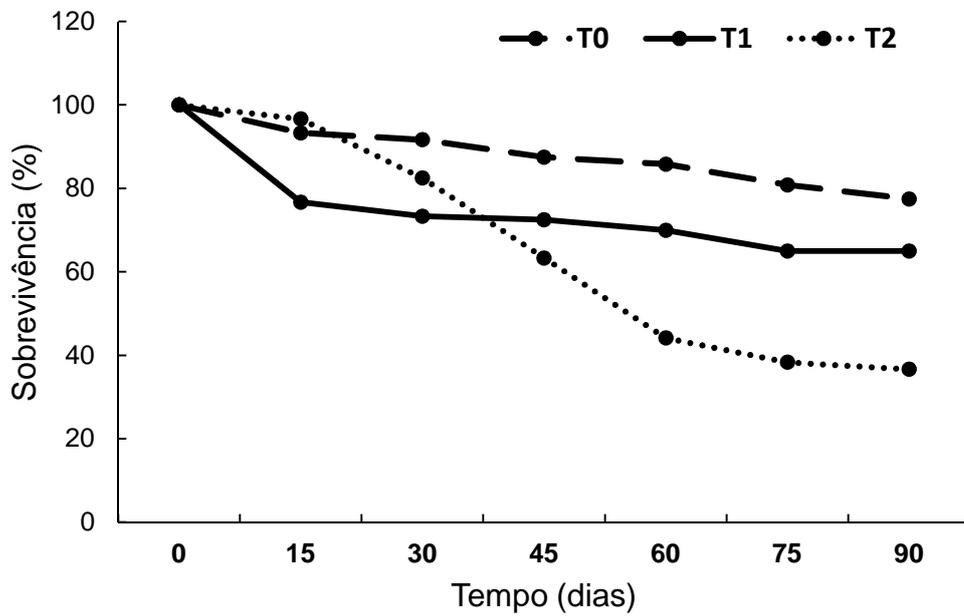


Figura 1. Variação da sobrevivência ao longo de 90 dias do cultivo de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* em diferentes temperaturas (T0: $28 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$; T1: $30 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, T2: $32 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$).
Fonte: Pesquisa de campo (2015)

O comprimento total e massa corporal do final dos animais expostos a temperatura de $30 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $32 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ foram menores que os dos animais controles, mantidos a temperatura ambiental de $28 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 2).

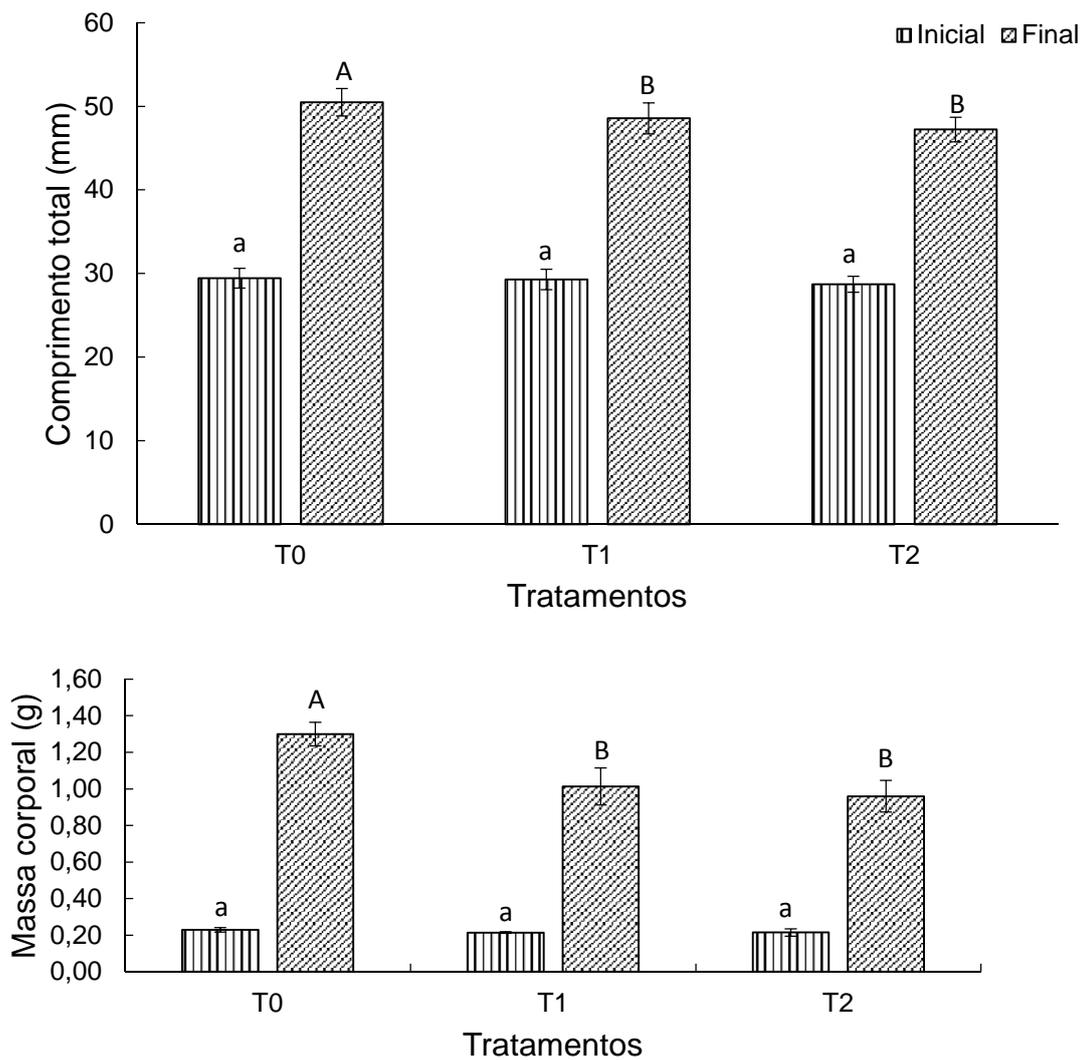


Figura 2. Valores médios do comprimento e massa corporal inicial e final para de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* após 90 dias de cultivo em diferentes temperaturas (T0: 28 ± 0,5°C; T1: 30 ± 0,2°C, T2: 32 ± 0,5°C). Médias seguidas de letras iguais (minúscula no inicial e maiúsculas para o final), em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Após a transformação dos dados da relação massa (W)-comprimento total(L), inicial e final, em logaritmos naturais, as curvas de potência para *M. amazonicum* mantidos em temperatura ambiente foi $M = 0,017L^{2,84}$, $R^2 = 0,91$), para aqueles mantidos em 30 ± 0,2°C foi $W = 0,0162L^{2,83}$, $R^2 = 0,94$ e para aqueles mantidos em temperatura 32 ± 0,5°C foi $M = 0,0283L^{2,71}$, $R^2 = 0,96$, indicando crescimento alométrico negativo. Assim, para *M. amazonicum* expostos a diferentes temperaturas o padrão de crescimento alométrico negativo foi mantido no início e final do cultivo (Figura 3).

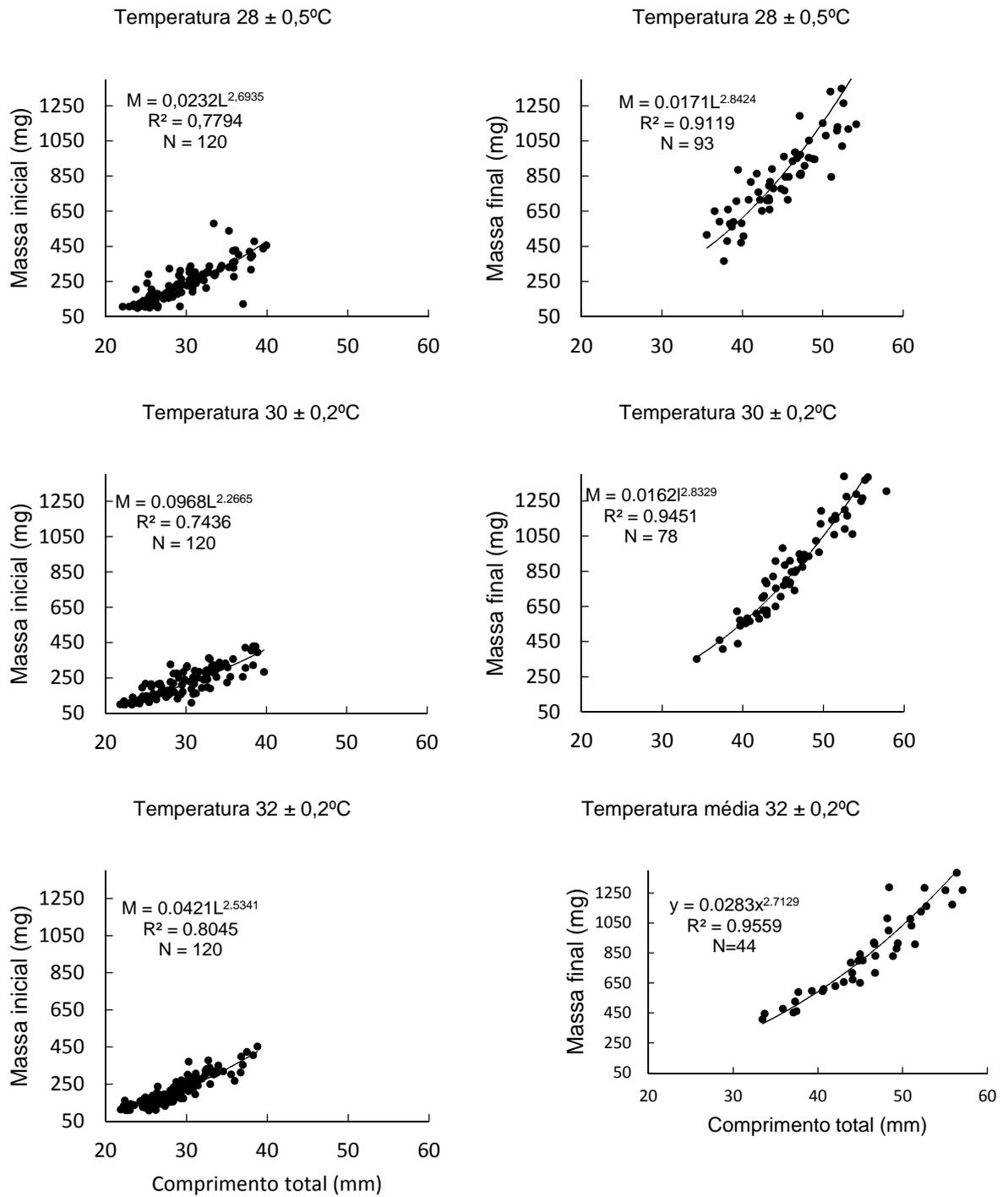


Figura 3. Curvas de crescimento inicial e final para juvenis de *Macrobrachium amazonicum* cultivados em diferentes temperaturas.
 Fonte: Pesquisa de campo (2015)

O coeficiente de Pearson mostrou forte correlação positiva do ganho de massa corporal de *M. amazonicum* com o pH ($r=0,83$, $p= 0,05$) e condutividade elétrica ($r = 0,86$, $p = 0,04$) da água de cultivo. Porém, houve correlação fraca entre o ganho de massa corporal dos camarões e o oxigênio dissolvido ($r = 0,44$, $p = 0,06$) da água de cultivo.

4 DISCUSSÃO

Os dados mostraram que as maiores temperaturas ($30 \pm 0,2$ e $32 \pm 0,5^\circ\text{C}$) usadas no cultivo de juvenis *M. amazonicum*, em sistema de recirculação fechada, reduziram os valores de pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, mas sem afetar as concentrações de amônia. Essa redução desses parâmetros foi causada pela elevação da temperatura nos tanques de cultivo, mas os valores encontrados são similares aos de outros estudos com cultivo de *M. amazonicum* (PRETO, et al., 2011; AYA-BAQUERO; VELASCO-SANTAMARÍA, 2013; KIMPARA et al., 2013; MACIEL; VALENTI, 2014), uma espécie adaptada as altas temperaturas ambientais da Amazônia. Portanto, como não tem sido ainda estabelecido os valores de qualidade de água adequados para cultivo de *M. amazonicum* (MACIEL; VALENTI, 2014), os dados de temperatura, pH, amônia, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica podem ser recomendados como valores-padrão para o cultivo intensivo dessa espécie de camarão de água doce.

Na aquicultura os dados limnológicos nos tanques de cultivo apresentam variabilidade, devido aos processos biológicos e químicos que ocorrem nos tanques de cultivo que produzem alterações nos valores das variáveis limnológicas ao longo do dia (MORAES-RIODADES et al., 2006; KEPPELER et al., 2012; KIMPARA et al., 2013). Porém, grandes oscilações nos parâmetros de qualidade da água de cultivo de camarões podem influenciar negativamente a produção e desempenho econômico. A temperatura é um dos fatores mais importantes que controlam a taxa de crescimento, ingestão e conversão alimentar e sobrevivência de camarões, bem como a resistência a doenças, assim é um dos fatores que determinam o desempenho econômico na carcinicultura (MORAES-RIODADES et al., 2006; AHMED et al 2014; BOOCK et al., 2016).

A qualidade da água nos tanques de cultivo é essencial para o sucesso da aquicultura de camarões de água doce. O efeito da temperatura no metabolismo e desenvolvimento de camarões reflete no consumo das reservas energéticas. A taxa no consumo de energia aumenta quando a temperatura aumenta (GARCÍA-GUERRERO, 2010).

No cultivo de camarões, oscilações nos valores de pH da água e oxigênio dissolvido também podem comprometer os parâmetros de desempenho do crescimento. Baixos níveis de oxigênio dissolvido provocam estresse, redução nas taxas de alimentação e crescimento (MORAES-RIODADES et al., 2006; KEPPELER et al., 2012; KIMPARA et al., 2013). Em regiões costeiras amazônicas populações adultas e juvenis de *M. amazonicum* ocorrem em água doce com níveis de oxigênio de 2,1-6,9 mg/L e pH ligeiramente ácido, 6,2-6,8 (MACIEL; VALENTI, 2009). Nesse estudo, não houve correlação do oxigênio dissolvido com o ganho de massa, em contraste a outros estudos com *Macrobrachium rosenbergii* (MENDES; MARIN, 1995) e *Macrobrachium malcolmsonii* (TABINDA et al., 2016). Como o pH variou como o aumento da temperatura da água de cultivo de *M. amazonicum*, seu crescimento foi negativamente afetando. Além disso, foi encontrada correlação positiva do ganho de massa corporal com o pH da água. Similarmente, Chen e Chen (2003) relataram crescimento de *M. rosenbergii* foi favorecido pelo aumento do pH da água de cultivo.

Neste estudo, com o aumento da temperatura da água de cultivo houve diminuição da condutividade elétrica, mesmo com a troca quinzenal de 50% da água. Além disso, os resultados mostram forte correlação positiva da condutividade com o ganho de massa corporal em de *M. amazonicum*. A condutividade elétrica pode variar devido a diversos fatores, dentre esses, a elevação da temperatura e maior concentração de íons dissolvidos (KEPPELER et al., 2012). Como os íons diretamente responsáveis pela condutividade elétrica são os macronutrientes tais como cálcio, magnésio, sódio e potássio (ESTEVES, 1998), em baixos valores de condutividade haverá menor disponibilidade de nutrientes, que pode ter implicações no crescimento dos animais.

No cultivo de *M. amazonicum* em sistema de recirculação de água deste estudo as concentrações de amônia não foram alteradas pela temperatura, mantendo-se inferiores ao limite de 0,5 mg/L, recomendado (NEW et al., 2002). Dois fatos contribuíram para essa estabilidade nas concentrações de amônia - a eficiência dos biofiltros utilizados e a troca de 50% da água dos tanques a cada 15 dias. O nitrogênio

amoniacal é uma variável pode fornecer uma estimativa aproximada do potencial de poluição em um tanque de cultivo, mas uma grande quantidade de oxigênio pode ser utilizada por bactérias nitrificantes para oxidar nitrogênio amoniacal em nitrato (KEPPELER et al., 2012).

O aumento da produção de alimentos não deve considerar apenas a intensificação das práticas produtivas, mas também deve garantir o uso sustentável dos recursos naturais. Assim, o foco deve ser o desenvolvimento de tecnologias e gestão que aumentem a produtividade dos sistemas de baixo desempenho, reduzindo os impactos negativos e reforçando os impactos positivos (BOOCK et al., 2016). Neste estudo, desempenho zootécnico de *M. amazonicum* foi melhor quando os animais foram cultivados em temperatura ambiente em torno de 28 °C, pois temperaturas acima dessa reduziram o ganho em massa corporal e em crescimento, taxa de crescimento específico, condição corporal e taxa de sobrevivência, aumentando a conversão alimentar. Similarmente, para *Macrobrachium borellii* e *Palaemonetes argentinus* a sobrevivência reduziu temperaturas de 15 °C e 30 °C (MONTAGNA, 2011). O crescimento de *Macrobrachium rosenbergii* aumentou em temperaturas de 24 °C -29 °C, reduzindo em 34 °C (HABASHY; HASSAN, 2011). Os resultados deste estudo indicam que essas espécies são sensíveis as pequenas variações na temperatura ambiental.

Na aquicultura, o crescimento é geralmente medido pelo ganho de massa, e o cultivo com desempenho econômico ideal é aquele com baixa conversão alimentar. Van Wyk (1999) cita que geralmente a conversão alimentar inferior a 2,0 é considerada boa, valores acima desses podem refletir deficiência nutricional ou superalimentação, qualidade inadequada da água e/ou efeito de alta densidade de estocagem. A conversão alimentar em camarões juvenis deste estudo, nas três temperaturas usadas, variou de 2,7 a 2,9 e, portanto, são menores que os valores (4,1- 4,2) relatados por Marques et al. (2010), também para *M. amazonicum* cultivado em tanques-rede.

O fator de condição, um indicador quantitativo da condição corporal em resposta às condições alimentares, reprodutivas e ambientais (LE-CREN, 1951; DEEKAE; ABOWEI, 2010; ROCHA et al. 2015), foi reduzido em resposta a redução no peso de *M. amazonicum* cultivados em temperatura de 30 ± 0,2 °C e 32 ± 0,5 °C. Embora essas maiores temperaturas tenham comprometido as condições corporais dos camarões deste estudo, o tipo de crescimento em todas os tratamentos foi o

alométrico negativo, que indica maior incremento em massa corporal que em comprimento. Similarmente, crescimento alométrico negativo ocorre em populações naturais de *M. amazonicum* da região estuarina da Amazônia oriental, norte do Brasil (FREIRE et al., 2012; NÓBREGA et al., 2014) e reservatório do nordeste do Brasil (ROCHA et al., 2015).

As espécies de camarão possuem temperaturas mínimas e máximas de tolerância. Para larvas de *M. amazonicum* a melhor sobrevivência ocorre em 28 °C, que em 30 °C (MACIEL; VALENTI, 2009). No presente estudo, a maior taxa de sobrevivência de juvenis *M. amazonicum* foi de 78% em temperaturas próximas a 28 °C, em 30 °C foi 65% e em 32 °C foi de apenas 36%. Estas sobrevivências em 28 °C e 30 °C podem ser consideradas elevadas para sistema de recirculação de água, pois para cultivo em viveiros de *M. amazonicum* a taxa de sobrevivência estimada é acima de 60% (MACIEL; VALENTI, 2009). Nas regiões costeiras do Nordeste do Brasil, amazônicas populações adultas e juvenis de *M. amazonicum* ocorrem em água doce com temperaturas de 26 °C a 31 °C (ROCHA et al., 2015).

Atualmente, nas regiões costeiras amazônicas as populações adultas e juvenis de *M. amazonicum* ocorrem em água doce com temperaturas de 26 °C a 30 °C (MACIEL; VALENTI, 2009) e na região Nordeste do Brasil, em temperaturas de 26 °C a 31 °C (Rocha et al., 2015). Assim, *M. amazonicum* é abundante nesses ambientes e pode representar cerca de 80% da biomassa de macrocrustáceos em alguns biótopos tais como lagos amazônicos (MACIEL; VALENTI, 2009). Todavia, com a expectativa de elevação da temperatura da água, principalmente na Amazônia, e as alterações no equilíbrio físico e químico das várias limnológicas (OBERDORFF et al., 2015) e reações biológicas desses ambientes aquáticos, as populações naturais de *M. amazonicum* da região serão certamente afetadas.

5 CONCLUSÕES

O aumento da temperatura reduz os valores de oxigênio dissolvido, pH e condutividade, afetando negativamente a sobrevivência, crescimento e engorda de juvenis de *M. amazonicum*. O uso de sistema de recirculação de água com aeração de água e manejo quinzenal da água manteve adequadamente as variáveis limnológicas e desempenho dessa espécie de camarão. Em um cenário de aumento da temperatura da água na Amazônia, os efeitos da temperatura observados sugerem

que aumento da temperatura de $\pm 2-4$ °C na água pode ser suficiente para afetar drasticamente os estoques naturais de *M. amazonicum* na Amazônia.

6 AGRADECIMENTOS

Aos bolsistas Alex Anderson, Elane Tavares Lobo, Evandro Freitas dos Santos, Osiel Amoras de Araújo júnior, Sting Silva Duarte e Tainá Martins de Carvalho, pelo apoio nas biometrias e manejo dos experimentos. Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amapá (FAPEAP) pelo apoio financeiro e ao CNPq pela bolsa de pesquisa em produtividade para M. Tavares-Dias.

7 REFERÊNCIAS

AHMED, Nesar et al.,. Community-based climate change adaptation strategies for integrated prawn–fish–rice farming in Bangladesh to promote social–ecological resilience. **Reviews in Aquaculture**, 6: 20–35. 2014.

AYA-BAQUERO, E.; VELASCO-SANTAMARÍA, Y. Fecundidad y fertilidad de *Macrobrachium amazonicum* (Héller 1862) (Decápoda, Palaemonidae) del Piedemonte Llanero Colombiano. **Revista MVZ Córdoba**, 18: 3773-3780, 2013.

BOOCK, M. V. et al. Effects of prawn stocking density and feeding management on rice–prawn culture. **Aquaculture**, 451: 480–487, 2016.

CAVALLI, R. O.; ZIMMERMANN, S.; SPECK, R. C. Growth and feed utilization of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* fed diets containing different marine protein sources. **Ciência Rural**, 34:891-896, 2004.

CHEN, SM; CHEN, JC. Effects of pH on survival, growth, molting and feeding of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, 218(1-4):613–623. 2003.

DEEKAE, S.N.; ABOWEI, J.F.N. *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851) length-weight relationship and Fulton’s condition factor in Luubara creek, Ogoni Land, Niger Delta, Nigeria. **International Journal of Animal and Veterinary Advances**, 2(4): 155-162, 2010.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência/Finep. 602p. 1998.

FREIRE, J.L.; MARQUES, C. B. e 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**, 16(2):65-76, 2012.

- GARCÍA-GUERRERO, M. Effect of temperature on consumption rate of main yolk components during embryo development of the prawn *Macrobrachium americanum* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). **Journal of the World Aquaculture Society**, 41: 84–92, 2010.
- HABASHY, Madlen M. and HASSAN, Montaser M. S. Effects of temperature and salinity on growth and reproduction of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea- Decapoda) in Egypt. **International Journal of Environmental Science and Engineering**, 1: 83-90, 2011.
- ISAAC-NAHUM, Victoria Judith. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros do litoral amazônico: um desafio para o futuro. **Ciência & Cultura**, 58(3): 33-36, 2006.
- JUNK, W. J. Current state of knowledge regarding South America wetlands and their future under global climate change. **Aquatic Sciences**, 75:113–131, 2013.
- KEPPELER, Erlei Cassiano, MORAES VALENTI, Patrícia Maria Contente e PEREIRA, Leonardo Vaz. Temporal variation in the water quality of ponds and effluent of grow-out ponds of Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Revista Peruana de Biología**, 19(3): 299-306, 2012.
- KIMPARA, J.M., SANTOS, A.A.O.; VALENTI, W.C. Effect of Water Exchange and Mechanical Aeration on Grow-out of the Amazon River Prawn in Ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, 44(6):845-852, 2013.
- LE-CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **Journal of animal Ecology**, n. 20. 201-219. 1951.
- LIMA, J. F.; SANTOS, T. S. Aspectos econômicos e higiênico-sanitários da comercialização de camarões de água doce em feiras livres de Macapá e Santana, Estado do Amapá. **Biota Amazônia**, 4(1): 1-8, 2014.
- MACIEL, C. R. and VALENTI, W. C. Biology, fisheries, and aquaculture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* a review. **Nauplius**, 17(2):61–79, 2009.
- MACIEL, C. R. and VALENTI, W. C. Effect of tank colour on larval performance of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Aquaculture Research**, 45: 1041–1050, 2014.
- MARQUES, H.L.A. et al. Stocking densities in cage rearing of Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) during nursery phases. **Aquaculture**, 307: 201-205. 2010.
- MENDES, P.P. and MARINS M. A. Diferentes colunas de água no cultivo do camarão *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, L 879). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 24: 863-873, 1995.

- MONTAGNA, Marcela C. Effect of temperature on the survival and growth of freshwater prawns *Macrobrachium borellii* and *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Palaemonidae). **Iheringia, Série Zoologia**, 101(3): 233-238, 2011.
- MORAES-RIODADES, P.M.C.; KIMPARA, J.M. e VALENTI, W.C. Effect of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrobiology. **Acta Limnológica Brasileira**, 18(3):311-319, 2006.
- NÓBREGA, Priscila Sousa Vilela da, BENTES, Bianca e MARTINELLI-LEMOSS Jussara Moretto. Population structure and relative growth of the Amazon shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) on two islands in the fluvial-estuarine plain of the Brazilian Amazon. **Nauplius**, 22(1): 13-20, 2014.
- NEW, M.B.; NAIR, C.M. 2012. Review article: Global scale of freshwater prawn farming. **Aquaculture Research**, 43: 960–969, 2012.
- NING, Q-J; FU, S-G; XU, X-J; HE, J-T. A new and practical application of JH antagonist KK-42 to promoting growth of shrimp *Penaeus schmitti*. **Aquaculture**, 270: 422 – 426, 2007.
- OBERDORFF, T. et al. Opinion Paper: how vulnerable are Amazonian freshwater fishes to ongoing climate change? **Journal of Applied Ichthyology**, 31(4): 4–9. 2015.
- PRETO, B. L. et al. Production strategies for short term grow-out of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) in ponds. **Pan-Amarecian Journal of Aquatic Sciences**, 6(1): 1-8, 2011.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. [S.l.]: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.
- ROCHA, S. S. et al. Length-weight relationship and condition factor of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) from a reservoir in Bahia, Brazil. **Nauplius**, 23(2):146-158, 2015.
- TABINDA, Amtul Bari; ALI, Rabia; YASAR, Abdullah and RIAZ, Ghazala. Growth Response of the freshwater prawn *Macrobrachium malcolmsonii* (juveniles) to isocaloric diets with variable protein levels. **Pakistan Journal of Zoology**, 48(2): 461-464, 2016.
- VAN WYK, P. Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems, Harbor Branch. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/9234254/Farming-Marine-Shrimp-inRecirculating-Freshwater-Systems>> Acesso em: 15 de fevereiro de 2016.
- VIEIRA, I. M. Bioecologia e pesca do camarão, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) no baixo Rio Amazonas – AP. 2003. 142 f. Dissertação (Mestrado Gestão e Política Ambiental). Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2003.
- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5ª. ed. Illinois: Pearson, 2010. 960 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo de *M. amazonicum* pode ser uma grande oportunidade para a introdução da carcinicultura no Estado do Amapá, uma vez que as condições climáticas conferem grande potencial para cultivo dessa espécie nativa, necessitando produção de larvas. O conhecimento da influência do ciclo lunar no processo reprodutivo desta espécie irá contribuir para o estabelecimento de larvicultura que maximizem a produção de larvas a partir do manejo e seleção de reprodutores.

A maior quantidade de fêmeas de *M. amazonicum* com desova foi observada durante a Lua Minguante e a menor quantidade durante a Lua Crescente. O menor período de incubação foi para fêmeas isoladas na Lua Crescente e o maior na Lua Nova. A Lua Minguante influenciou positivamente a desova, mas o tempo de incubação dos ovos e fertilidade foram influenciados positivamente pela Lua Crescente. O conhecimento da influência do ciclo lunar no processo reprodutivo dessa espécie de camarão pode contribuir para a maximização de sua larvicultura a partir do manejo e seleção de reprodutores. Este estudo mostra que o ciclo lunar influencia positivamente a taxa de eclosão de larvas, tempo de incubação dos ovos de *M. amazonicum* e fertilidade. No entanto, recomenda-se que estudos futuros avaliem a influência do ciclo lunar em possíveis alterações dos hormônios responsáveis pela ecdise e reprodução desse camarão.

A ablação unilateral não afetou as taxas de sobrevivência, fecundidade, fertilidade e condições corporais das fêmeas de *M. amazonicum*, mas reduziu em 30% o período entre ecdises, aumentando o número de ecdises e a frequência de ocorrência de fêmeas ovígeras, incrementando então o investimento reprodutivo. Todavia, recomenda-se que a ablação seja feita em fêmeas como mínimo de 3 meses de idade, massa corporal igual ou superior a 5 g e comprimento total acima de 70 mm, para garantir que a fêmea já tenha passado previamente por pelo menos uma desova.

A cor da iluminação afetou a temperatura, pH, oxigênio dissolvido, consumo de náuplios, sobrevivência e produtividade de *M. amazonicum*, pois em tanques com iluminação vermelha a temperatura, valores de oxigênio e pH foram menores que os demais. O consumo médio de náuplios *A. salina* foi 15% superior em animais dos tanques sob iluminação azul e violeta em comparação à vermelha. Não houve diferença no desenvolvimento larval, as larvas cultivadas com iluminação branca

completaram o ciclo em quatro dias antes que as larvas cultivadas com iluminação vermelha. A produtividade de larvas cultivadas com iluminação branca e violeta foi 45% superior à de larvas cultivadas com iluminação vermelha, enquanto a sobrevivência foi superior 75%. Esses resultados indicam que o cultivo de larvas desse camarão é melhor em tanques com iluminação com luz clara, preferencialmente branca, pois cores escuras podem afetar o desenvolvimento larval devido à dificuldade de percepção do alimento.

As taxas de crescimento específico, fator de condição, ganho de massa e comprimento e sobrevivência de *M. amazonicum* em temperatura de 30 e 32°C foram menores que naqueles cultivados em 28°C, enquanto a conversão alimentar foi maior. O aumento na temperatura da água pode comprometer o crescimento e sobrevivência desse camarão cultivado. Portanto, os efeitos do aumento da temperatura na Amazônia podem afetar o crescimento de populações naturais de *M. amazonicum*.