



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS
MESTRADO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

ELIAS JOSÉ TELES CASTRO

**A INFLUÊNCIA DA AQUAPONIA NO DESEMPENHO REPRODUTIVO E
ZOOTÉCNICO DE *Macrobrachium amazonicum***

FORTALEZA - CEARÁ

2019

ELIAS JOSÉ TELES CASTRO

INFLUÊNCIA DA AQUAPONIA NO DESEMPENHO REPRODUTIVO E ZOOTÉCNICO
DE *Macrobrachium amazonicum*

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Veterinárias da Faculdade de Veterinária da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias. Área de Concentração: Reprodução e Sanidade Animal.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Célia Maria de Souza Sampaio.

FORTALEZA - CEARÁ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Estadual do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Castro, Elias José Teles.

Influência da aquaponia no desempenho reprodutivo e zootécnico de *Macrobrachium amazonicum*. [recurso eletrônico] / Elias José Teles Castro. - 2019.

1 CD-ROM: il.; 4 ¾ pol.

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico com 35 folhas, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm).

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Faculdade de Veterinária, Mestrado em Ciências Veterinárias, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof^a Dr^a. Célia Maria de Souza Sampaio.

1. Camarão da Amazônia. 2. Sistema de Recirculação. 3. Nutrient Film Technique. I. Título.

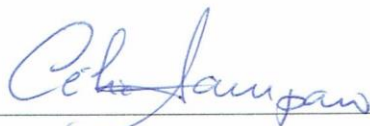
ELIAS JOSÉ TELES CASTRO

INFLUÊNCIA DA AQUAPONIA NO DESEMPENHO REPRODUTIVO E ZOOTÉCNICO
DE *Macrobrachium amazonicum*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Veterinária da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias. Área de concentração: Reprodução e Sanidade Animal.

Aprovada em: 20 de agosto de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof^{fa}. Dr^a. Célia Maria de Souza Sampaio
Universidade Estadual do Ceará - UECE



Prof. Dr^a. Carminda Sandra Brito Salmito-Vanderley
Universidade Estadual do Ceará - UECE



Prof. Dr. Oriel Herrera Bonilla
Universidade Estadual do Ceará - UECE

A minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, da Faculdade de Veterinária, da Universidade Estadual do Ceará (UECE).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao Laboratório de Carcinicultura (LACAR), da Universidade Estadual do Ceará.

À Professora Dr^a. Célia Maria de Souza Sampaio pela atenção, pelo apoio e orientação durante durante todos esses anos desde a graduação.

A todos os amigos de laboratório que foram fundamentais durante toda execução desse trabalho.

A minha mãe Mônica, meu pai Luciano e meus irmãos Raissa e Rennan, pela paciência, pelo amor e pelo suporte durante todos esses anos dedicados a vida acadêmica.

A minha namorada Scarlete, pelo amor, carinho, apoio e paciência durante toda essa caminhada.

A Deus por toda a força.

RESUMO

O *Macrobrachium amazonicum* é o principal camarão explorado comercialmente partir da pesca artesanal nas regiões Norte e Nordeste. No entanto, na carcinicultura o aporte alimentar é bastante elevado, podendo deteriorar a qualidade da água e do solo, ocasionando muitas vezes uma baixa produtividade do cultivo. Portanto, o objetivo desse trabalho foi analisar a influência da aquaponia no desempenho reprodutivo e zootécnico de *M. amazonicum*. Os animais foram coletados, pesados e medidos. Após esses procedimentos 45 animais foram estocados em três aquários de 30L sendo 10 fêmeas e 5 (cinco) machos em cada aquário, respeitando uma proporção de 2 fêmeas para 1 macho. Os aquários tinham biofiltro externo acoplado com um sistema NFT (Nutrient Film Technique) de aquaponia, com aeração e controle da temperatura. Todos os aquários tiveram controle de temperatura, e foram dotados de aeração constante e filtro biológico em um sistema de recirculação fechado acoplados com sistema de aquaponia com capacidade para três mudas. Os parâmetros da água foram monitorados e a troca parcial de água foram feitos diariamente. O experimento foi composto de três tratamentos: Controle - aquário acoplado com aquaponia e sem mudas; Tratamento 1 (T1) – a aquaponia foi semeada com três mudas de manjeriço; Tratamento 2 (T2) – a aquaponia foi semeada com três mudas de agrião. Os animais foram alimentados diariamente. Machos e fêmeas foram submetidos a um ciclo claro-escuro de 12:12 h durante um período de 45 (quarenta e cinco) dias para cada repetição. Após se observar a primeira desova os machos foram retirados, as larvas foram contadas e as fêmeas medidas e pesadas para análise do desempenho reprodutivo e zootécnico. Foi observada diferença estatística significativa na concentração de amônia e na concentração de nitrito, mas não foi observada diferença estatística significativa na fertilidade e no desempenho zootécnico. A aquaponia diminuiu os compostos nitrogenados da água do cultivo e não influenciou no desempenho reprodutivo e zootécnico nos parâmetros analisados.

Palavras-chave: Camarão da Amazônia. Sistema de Recirculação. Nutrient Film Technique.

ABSTRACT

Macrobrachium amazonicum is the main shrimp commercially exploited from artisanal fishing in the North and Northeast. However, in shrimp farming the food intake is very high, which may deteriorate the quality of water and soil, often causing low productivity of the crop. Therefore, the objective of this work was to analyze the influence of aquaponics on reproductive and zootechnical performance of *M. amazonicum*. The animals were collected, weighed and measured. After these procedures 45 animals were stored in three 30L aquariums, 10 females and 5 (five) males in each aquarium, respecting a ratio of 2 females to 1 male. The aquariums had an external biofilter coupled with an NAP (Nutrient Film Technique) aquaponics system with aeration and temperature control. All aquariums had temperature control, and were equipped with constant aeration and biological filter in a closed recirculation system coupled with aquaponics system with capacity for three seedlings. Water parameters were monitored and partial water changes were made daily. The experiment consisted of three treatments: Control - Aquaponics coupled with no seedlings; Treatment 1 (T1) - aquaponics was sown with three basil seedlings; Treatment 2 (T2) - the aquaponics was sown with three watercress seedlings. The animals were fed daily. Males and females were subjected to a 12:12 h light-dark cycle over a period of 45 (forty-five) days for each repetition. After observing the first spawning the males were removed, the larvae were counted and the females measured and weighed for analysis of reproductive and zootechnical performance. A statistically significant difference was observed in ammonia concentration and nitrite concentration, but no statistically significant difference in fertility and zootechnical performance was observed. The aquaponics decreased the nitrogen compounds of the cultivation water and did not influence the reproductive and zootechnical performance in the analyzed parameters.

Keywords: Amazon Shrimp. Recirculation System Nutrient Film Technique.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 - <i>Macrobrachium amazonicum</i>	14
Figura 2 - Estádios de maturação gonodal.....	16
Figura 3 - Sistema reprodutor de <i>M. amazonicum</i>	17
Figura 4 - Comparação dos diferentes morfotipos	17

CAPÍTULO 1

Fígura. 1 - Esquema do modelo experimental	29
Fígura. 2 - Fertilidade média de <i>M. amazonicum</i>	31

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos da água. Os valores expressados em média \pm DP. Letras diferentes em sobrescrito mostram diferenças significativas na mesma linha..... 30**
- Tabela 2 - Valores médios (\pm DP) do desempenho zootécnico de fêmeas de *M. amazonicum*. Os valores CC e CA estão expressos em milímetros (mm) e os de peso em gramas (g). Não houve diferença estatística entre os tratamentos para os parâmetros analisados 31**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	CAMARÃO DA AMAZÔNIA (<i>Macrobrachium amazonicum</i>).....	13
2.2	BIOLOGIA REPRODUTIVA DO CAMARÃO DA AMAZÔNIA	14
2.3	CULTIVO EM SISTEMAS AQUAPÔNICOS	18
3	JUSTIFICATIVA	20
4	HIPÓTESE CIENTÍFICA.....	21
5	OBJETIVOS	22
5.1	GERAL	22
5.2	ESPECÍFICOS	22
6	CAPÍTULO 1	23
7	CONCLUSÕES.....	39
8	PERSPECTIVAS.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Macrobrachium amazonicum é o principal camarão explorado comercialmente a partir da pesca artesanal nas regiões Norte e Nordeste (GURGEL; MATOS, 1984; ODINETZ-COLLART, 1987; ODINETZ-COLLART; MOREIRA, 1993) e desperta interesse para o cultivo por apresentar rápido crescimento, rusticidade e fácil manutenção em cativeiro (MACIEL; VALENTI, 2009).

Na carcinicultura em altas densidades de estocagem, o aporte alimentar é bastante elevado, podendo deteriorar a qualidade da água e do solo, ocasionando muitas vezes uma baixa sobrevivência do cultivo (VINATEA, 1999; FOSS *et al.*, 2006). A matéria orgânica presente nos viveiros de cultivo de camarão pode influenciar diretamente na qualidade da água e na saúde dos camarões confinados e a oxidação destes resíduos pode causar depleção do oxigênio dissolvido na coluna da água provocando estresse e mortalidade (ABCC, 2012).

Portanto, os resíduos oriundos da aquicultura podem contribuir para a degradação da qualidade da água dos corpos d'água receptores caracterizando-se como uma atividade poluidora do meio ambiente, pois a principal causa do enriquecimento da água proveniente de viveiros de aquicultura provem das substâncias dissolvidas, ou em suspensão, contidas nos efluentes (MACINTHOSH; PHILLIPS, 1992; VENÂNCIO; QUEIROZ, 1998; CHOPIN; SAWHNEY, 2009; PHILLIPS, 2009).

Levando em consideração que a aquicultura moderna está embasada em três pilares: a produção lucrativa, o desenvolvimento social e a preservação do meio ambiente, são necessárias atividades que reduzam os impactos ambientais. Para tanto, existem técnicas que podem ser vinculadas a cultivos, visando diminuir esses impactos, melhorar a qualidade da água e, conseqüentemente, a saúde dos animais (VALENTI, 2002).

Assim, a aquaponia pode ser uma alternativa para diminuir estes impactos, pois esta técnica é uma modalidade de cultivo de alimentos que engloba a integração entre a aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes. (HUNDLEY, 2013). Entre as vantagens da aquaponia, incluem-se o prolongado reuso da água e a integração dos sistemas de produção de organismos aquáticos e de plantas, que permitem uma diminuição dos custos (ALDER *et al.*, 2000). Segundo Lewis *et al.* (1978), trabalhos avaliando a associação de um cultivo hidropônico para remover os nutrientes da água residual de um sistema de piscicultura intensiva promoveram melhoria na qualidade da água antes de seu retorno aos tanques de criação de peixes, relatada pela redução do nível de amônia, nitrato e fosfato dissolvido no efluente.

A carga orgânica produzida pela piscicultura, tida como poluente, pode ser uma fonte de riqueza e servir de alimento para plantas, que por sua vez cumprirão a importante função de filtragem da água. A eficácia desta técnica originou uma oportunidade de negócio e a expansão da agricultura sustentável, como na integração da piscicultura intensiva com a hidroponia (SILVA, 2011).

Nesse contexto, a aquaponia apresenta potencial para diminuir o consumo de água utilizado pela carcinicultura, pois esta técnica pode economizar até 90% de água em relação ao cultivo convencional, evitando a liberação de resíduos ao meio ambiente, diminuindo os custos dos sistemas de aquicultura e auxiliando na manutenção da qualidade da água, saúde e sobrevivência dos animais (EMBRAPA, 2015).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CAMARÃO DA AMAZÔNIA (*Macrobrachium amazonicum*)

Os camarões de água doce são crustáceos decápodes pertencentes à subordem Pleocyemata, à família Palaemonidae e ao gênero *Macrobrachium*, um dos mais importantes da família. Atualmente, este gênero inclui 243 espécies com distribuição mundial em águas tropicais (DE GRAVE; FRANSEN, 2011), com 17 espécies registradas no Brasil (HOLTHUIS; NG, 2010; PILEGGI; MANTELATTO, 2010, 2012). Muitas espécies desse grupo são de grande interesse comercial, algumas são cultivadas como *Macrobrachium rosenbergii* e outras como *Macrobrachium acanthurus*, *M. amazonicum* e *Macrobrachium carcinus* são explorados pela pesca artesanal no Norte e Nordeste do Brasil (MORAES-RIODADES; VALENTI, 2001). No entanto, *M. amazonicum* é o principal camarão de água-doce explorado comercialmente nos estados do Pará e Amapá pela pesca artesanal, onde apresenta uma comercialização significativa, com um número considerável de pescadores que o utilizam para comercialização e/ou subsistência (FREIRE; BENTES, 2008, LUCENA-FRÉDOU *et al.*, 2010).

M. amazonicum se destaca entre as espécies nativas com uma representativa importância comercial, por ser uma das mais difundidas em regiões tropicais (PILEGGI; MANTELATTO, 2010; VERGAMINI *et al.*, 2011). Com ampla distribuição mundial nas águas doces e salobras habitando em todas as principais bacias hidrográficas da América do Sul, incluindo o Orinoco, Amazonas, Araguaia-Tocantins, São Francisco, Paraná e Paraguai, bem como os rios menores ao longo do Atlântico Sul, nas costas Norte e Nordeste do Brasil (BIALETZKI *et al.*, 1997; MAGALHÃES, 2000; MELO, 2003; VERGAMINI *et al.*, 2011; PILEGGI *et al.*, 2013), nos lagos de várzea, chegam a apresentar cerca de 80% da biomassa de macrocrustáceos (HOLTHUIS, 1952).

Ademais, esta espécie é bastante selecionada para estudos sobre viabilidade de cultivos, devido ao seu rápido crescimento e fácil manutenção em cativeiro, além de não apresentar riscos de invasão nos ecossistemas naturais do País, como a espécie exótica *M. rosenbergii*. *M. amazonicum* apresenta o tempo de cultivo larval mais curto (KUTTY, HERMAN & MENN, 2000), podendo crescer até 16 cm e atingir 30 g.

Apesar de apresentar um tamanho menor que outras espécies do gênero, a mesma não apresenta a agressividade característica de *M. acanthurus* e *M. carcinus*; e ainda é

resistente a doenças (LOBÃO; ROJAS, 1991). Nesse contexto o camarão da Amazônia apresenta um grande potencial para a aquicultura, pois sua carne possui textura mais firme e sabor marcante quando comparada com a de *M. rosenbergii*, sendo mais bem aceita pelos consumidores (MORAES-RIODADES; VALENTI, 2001).

A espécie se caracteriza por apresentar rostro longo e delgado com margem superior provida de nove a 12 dentes, margem inferior com oito a dez dentes distribuídos irregularmente; carapaça e abdômen lisos e transparentes e telson terminando em uma extremidade aguda com dois pares de espinhos na margem posterior. A segunda pata no adulto é a mais forte. Machos adultos exibem mero, carpo e própode cobertos por espínulos curtos os quais estão ausentes nas fêmeas (MELO, 2003) (Figura 1). Esses animais apresentam características morfológicas externas que permitem distinguir facilmente, em exemplares maduros, machos e fêmeas (MORAES-VALENTI; VALENTI, 2010).

Figura 1 - Fêmea ovígera de *Macrobrachium amazonicum*



Fonte: <https://bit.ly/2MKfHfE>

2.2 BIOLOGIA REPRODUTIVA DO CAMARÃO DA AMAZÔNIA

O estudo das características morfofisiológicas dos animais é essencial para confirmar o potencial reprodutivo das espécies. Nesse contexto, muitas pesquisas sobre a biologia reprodutiva de decápodes estão sendo feitas, afim de esclarecer diversas lacunas de conhecimento acerca das espécies, tais como: o período reprodutivo, a maturidade sexual, a análise da fecundidade e fertilidade, o tamanho dos ovos, o volume da massa de ovos, o ciclo

reprodutivo e suas relações com a temperatura e outros fatores ambientais (SOUZA; FONTOURA 1996, LIMA; OSHIRO 2000; NAZARI *et al.*, 2003).

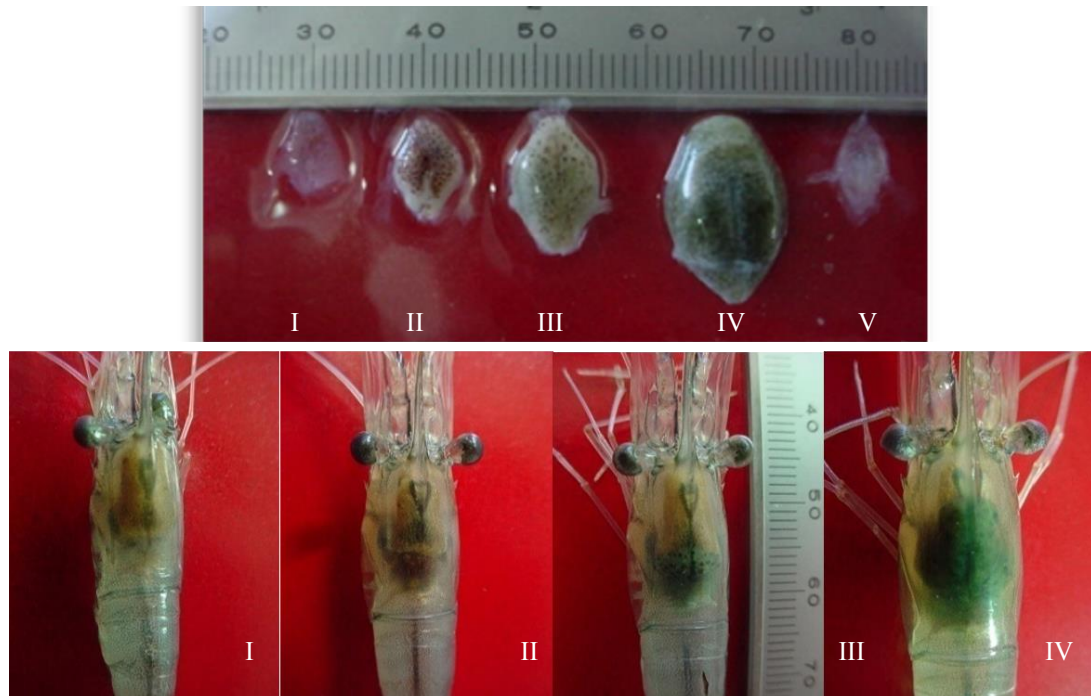
As populações de *M. amazonicum* caracterizam-se por possuírem atividade reprodutiva contínua, podendo se encontrar fêmeas em diferentes estádios de maturação gonadal em todos os meses do ano, porém mais intensificados nos períodos chuvosos (ODINETZ-COLLART, 1993; BIALETZKIET *et al.*, 1997; SAMPAIO *et al.*, 2007). São conhecidos, pelo menos, dois tipos de ciclo de vida em populações de *M. amazonicum*: prolongado ou normal e parcialmente abreviado. A população com ciclo de vida do tipo 1 é encontrada em áreas costeiras e realiza migração para os estuários durante a época de reprodução. A do tipo 2 é representado por animais habitantes de cursos ascendentes, corredores de morro e corpos de água doce represados. (JALIHAL, *et al.* 1993; MORAES; VALENTI, 2010).

No entanto, o *M. amazonicum*, se adapta melhor a áreas estuarinas ou interiores para concluir seu ciclo reprodutivo (BEZERRA *et al.* 1999). Desse modo, ocorrem variações entre populações no que diz respeito a características comportamentais (HAYD; ANGER, 2013), além das características fisiológicas e morfológicas necessárias para adaptação em diferentes habitats (água doce ou salobra) (BOUDOUR-BOUCHEKER *et al.*, 2013). Segundo Maciel e Valenti (2009) e Meireles *et al.* (2013), *M. amazonicum* apresenta variações fenotípicas, provavelmente em resposta a diversas condições ambientais encontradas pela espécie. Por exemplo, suas estratégias reprodutivas, tamanho do ovo e desenvolvimento larval são dependentes da região em que vivem, sendo as características ambientais, hidrológicas e geográficas particulares os principais fatores que influenciam esses aspectos. De acordo com Odinetz-Collart e Rabelo (1996), o tamanho do ovo aumenta à medida que a distância do oceano também aumenta. A fecundidade está relacionada com vários fatores e pode ser proporcional ao tamanho do corpo da fêmea (SILVA *et al.*, 2004), com o comprimento e volume do abdômen (COREY; REID, 1991), com o comprimento de pleópodes, a taxa de mortalidade de ovos (ANNALA, 1991) e a idade da fêmea (SASTRY, 1983).

Nas fêmeas, o aparelho reprodutor é constituído por um par de ovários associados aos ovidutos que se abrem nos gonóporos localizados na base do terceiro par de pereiópodos (KROLL *et al.*, 1992). Esses animais passam por um processo cíclico de maturação gonadal, que é dividido em cinco estádios de acordo com a coloração e o tamanho da gônada. Estádio I: ovários são pequenos e transparentes. Estádio II: apresentam coloração esbranquiçada, nesse estágio observam-se aumentos no tamanho e no volume do ovário. Estádio III: ovários apresentam coloração esverdeada e cromatóforos em sua região dorsal, é possível visualizar o

ovário através da carapaça. Estádio IV: ovários apresentam-se volumosos e de coloração esverdeada mais intensa quando comparada ao estágio III, os ovários ocupam grande parte da cavidade do celoma no cefalotórax. Estádio V: os ovários são mais volumosos e túrgidos, e de coloração verde escuro (KROLL et al., 1992; RIBEIRO, 2006) (Figura 2).

Figura 2 - Estádios de maturação gonadal

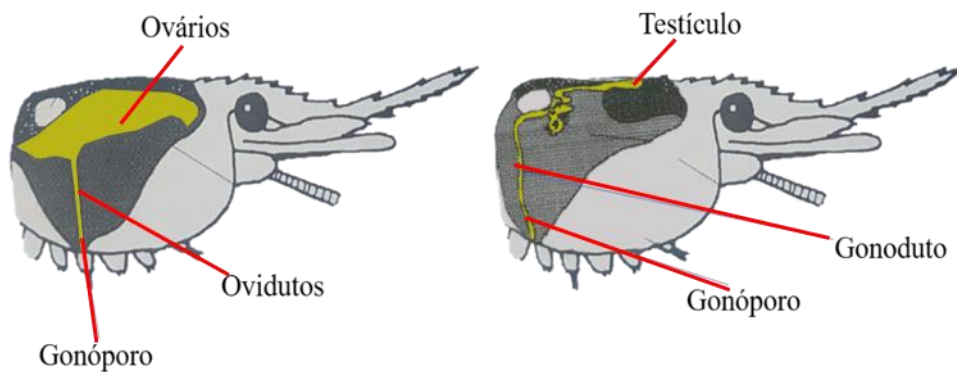


Fonte: LACAR, 2006.

Além disso, estes crustáceos apresentam incubação dos ovos junto a uma câmara de incubação, formada pela dilatação da segunda placa tergo esternal (pleura). Os ovos são unidos por meio de secreção produzida pelas glândulas de cimento localizadas na base dos pleópodos. Este comportamento das fêmeas de carregar os ovos pode ser uma das razões do sucesso deste grupo, garantindo proteção à prole da ação dos predadores (CHING; VELEZ, 1985), vale ressaltar que esta característica é atribuída aos animais da família Palaemonidae.

Nos machos o aparelho reprodutor dos camarões foi descrito para várias espécies, sendo constituído de dois testículos que são alongados e simétricos, ductos deferentes, canal ejaculador e estruturas anexas como glândulas androgênicas. (BELL; LIGHTNER, 1997; KROL et al., 1992).

Figura 3 - Sistema reprodutor de *M. amazonicum*

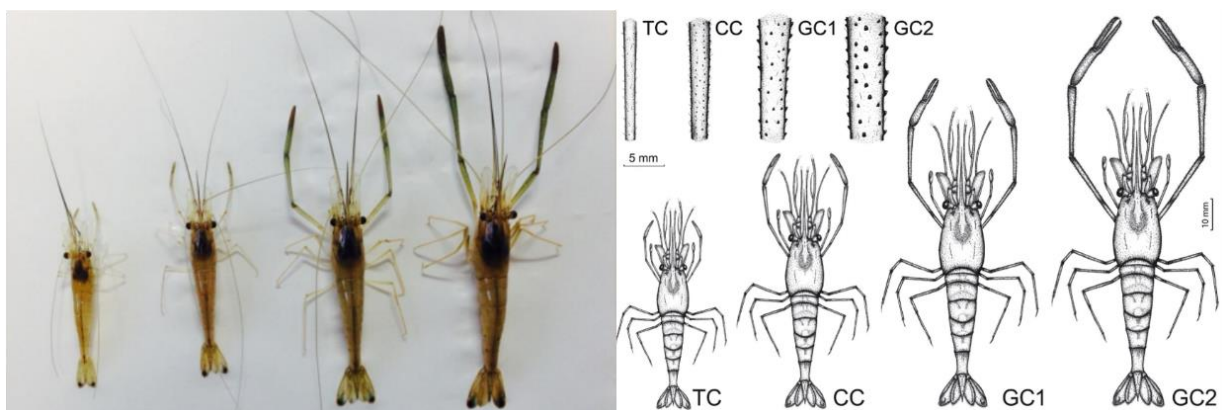


Fonte: Adaptado de VALENTI, 1998.

Além disso, em camarões de água doce existem ainda diferenças morfológicas entre os machos denominados morfotipos, nos quais ocorrem diferenciações entre os machos que compõem os indivíduos sexualmente maduros de uma população. Moraes-Riodades e Valenti (2004) descreveram quatro morfotipos em uma população adulta: Translucent Claw (TC), Ciannamon Claw (CC), Green Claw 1 (GC1) e Green Claw 2 (GC2). Essa classificação foi definida com base nas diferenças de na cor, espinação do segundo par de quelípodos e pelo padrão de crescimento (Figura 4).

Os diferentes morfotipos de machos são uma característica da espécie, mas o padrão de desenvolvimento completo das estruturas morfológicas varia em decorrência do ambiente (MACIEL; VALENTI, 2009). Papa (2007), em estudos sobre o sistema reprodutor de *M. amazonicum*, mostrou que todos os morfotipos são capazes de produzir gametas férteis, porém, a espermatogênese é menor no morfotipo CC.

Figura 4 - Comparação dos diferentes morfotipos



Fonte: MORAES-VALENTI; VALENTI,2010; lsafi.ead.unesp.br.

2.3 CULTIVO EM SISTEMAS AQUAPÔNICOS

O cuidado com o ambiente deve fazer parte do processo de produção, de modo que as técnicas devem otimizar a produção considerando os possíveis impactos do sistema no ambiente (VALENTI, 2000). Entretanto, a carcinicultura, assim como toda a atividade produtiva, acarreta impactos ambientais, por conta de uma grande produção de materiais orgânicos e inorgânicos que podem se tornar uma séria fonte de poluição com elevado risco ambiental (PILLAY 1992; TROELL *et al.* 2009; ENDUT *et al.* 2010).

Estas substâncias são provenientes das excretas dos organismos cultivado e sobras de rações, pois quando não consumidas são convertidas em materiais orgânicos suspensos, dióxido de carbono, N-amoniaco, fosfatos e outros compostos (MONTROYA *et al.*, 2000).

Vale ressaltar que os impactos dos efluentes sobre os ambientes naturais se caracterizam pelo aumento das concentrações de nutrientes na água e no sedimento, incremento das populações de fitoplâncton e de bactérias (REDDING *et al.*, 1997). A eutrofização artificial também pode comprometer os sistemas de criação, em decorrência da redução dos teores de oxigênio dissolvido, do aumento de compostos nitrogenados tóxicos e do comprometimento da qualidade do pescado (HENRY-SILVA *et al.*, 2008).

Entretanto, essa ampla variedade de materiais pode ser utilizada como suplementos para a produção de hortaliças nas águas residuais. Os efluentes de sistemas de aquicultura semi-extensiva ou intensiva tem potencial para irrigação de culturas hortícolas integradas com o cultivo de peixe e/ou camarão. (GREEN *et al.* 1989; ADLER *et al.* 2003).

Desse modo, os aquicultores estão continuamente procurando novas maneiras de produzir mais animais com menos água, terra e poluição, visando minimizar esses impactos, planejando adequadamente a utilização dos recursos naturais e elaborando estratégias eficientes para um desenvolvimento sustentável (HENRY-SILVA *et al.*, 2008).

Assim, a aquaponia surge como uma alternativa de sistema de aquicultura integrado a com hidroponia, de forma que haja benefícios para ambos, onde os animais servem como fábricas de fertilizante, e as plantas como purificadores de água, atuando como um sistema de tratamento de água e diminuindo as concentrações de nutrientes (MATSON, 2008).

Em setembro de 2015, os Estados-Membros da ONU, incluindo o Brasil, adotaram a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que incluiu conjuntos de metas para a contribuição e condução da pesca e da aquicultura para a segurança alimentar e

nutricional no uso de recursos naturais para garantir o desenvolvimento sustentável na economia. e termos ambientais (ONU - Nações Unidas 2015).

A literatura acadêmica brasileira a cerca dessa técnica ainda é incipiente. Pesquisadores de algumas universidades brasileiras e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) realizaram pesquisas voltadas para o desenvolvimento do pacote tecnológico desta técnica. (Castellani et al. 2009; Hundley e Navarro 2013; Emerenciano et al. 2015; Carneiro et al. 2015; Geisenhoff et al. 2016). Entre as os experimentos com camarões e vegetais, estão publicados o trabalho de Castellani et al. (2009), Lima et al (2019) que utilizaram a água residual do viveiro de *M. amazonicum* na produção de agrião, alface e Pinheiro et al. (2017) que utilizou a água residual do viveiro de *Litopenaeus vannamei* na produção de *Sarcocornia ambigua*, todos os trabalhos citados utilizaram a técnica de produção em canaletas (NFT).

3 JUSTIFICATIVA

Os maiores desafios da aquicultura moderna é manter a qualidade da água, saúde, sobrevivência e crescimento dos animais e reduzir os impactos causados nos corpos d'água ocasionados pelo cultivo tradicional. Na região nordeste do Brasil o clima semiárido dificulta ainda mais o trabalho dos produtores por conta da escassez de água causada pelas secas prolongadas, o que prejudica o desenvolvimento e a rentabilidade dos empreendimentos da região. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de técnicas que visem diminuir esses problemas, tornando a carcinicultura um processo lucrativo e sustentável. Portanto, a aquaponia é uma técnica alternativa e de baixo custo, que pode auxiliar na solução desses problemas, reduzindo o consumo de água, impactos ambientais e sanitários dos sistemas de cultivo e pode servir como um complemento de renda para os produtores com venda das hortaliças.

4 HIPÓTESE CIENTÍFICA

A aplicação da aquaponia em cultivos de *M. amazonicum* diminui os compostos nitrogenados dissolvidos na água, potencializando a fertilidade e o desempenho zootécnico dos animais.

5 OBJETIVOS

5.1 GERAL

Analisar a influência da aquaponia no desempenho reprodutivo e zootécnico de *M. amazonicum*.

5.2 ESPECÍFICOS

- a) Verificar se aquaponia tem influência na reprodução de *M. amazonicum*;
- b) Investigar a eficácia da aquaponia na qualidade da água do cultivo do camarão de *M. amazonicum*;
- c) Determinar os efeitos da aquaponia no crescimento e ganho de peso de *M. amazonicum*.

6 CAPÍTULO 1

**Desempenho reprodutivo e zootécnico de *Macrobrachium amazonicum*
cultivado em um sistema aquapônico**

Submetido no periódico: Ciência Rural

1 **Desempenho reprodutivo e zootécnico de *Macrobrachium amazonicum* cultivado em um**
2 **sistema aquapônico**

3 Reproductive and zootechnical performance of *Macrobrachium amazonicum* grown in an
4 aquaponic system

5 **RESUMO**

6 *Macrobrachium amazonicum* é uma espécie de água doce que possui importância econômica
7 nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, e desperta interesse comercial por sua adaptabilidade
8 para cultivo. Entretanto, a carcinicultura tradicional ocasiona impactos ambientais. Nesse
9 contexto a aquaponia é uma alternativa de baixo custo que pode diminuir esses impactos,
10 embora ainda não se saiba se essa técnica pode influenciar a reprodução, o ganho de peso e o
11 crescimento desses animais. Portanto, o presente trabalho teve o objetivo de analisar a
12 influência da aquaponia no desempenho reprodutivo e zootécnico de *M. amazonicum*. Os
13 animais foram coletados, pesados e medidos. Posteriormente 45 animais foram estocados,
14 aleatoriamente, em três aquários de 35L sendo dez fêmeas e cinco machos em cada aquário,
15 na proporção de duas fêmeas para um macho. Os aquários tiveram controle de temperatura,
16 aeração constante e filtro biológico acoplado a um sistema de aquaponia com capacidade para
17 três mudas. Diariamente realizavam-se o monitoramento dos parâmetros e a troca parcial da
18 água. O experimento foi composto de três tratamentos: Controle - aquaponia sem mudas;
19 Tratamento 1 – aquaponia semeada com manjeriço; Tratamento 2 – aquaponia semeada com
20 agrião. Os animais foram alimentados diariamente com ração comercial. Após se observar a
21 primeira desova os machos foram retirados, as larvas foram contadas e as fêmeas medidas e
22 pesadas para análise do desempenho reprodutivo e zootécnico. A aquaponia integrada ao
23 cultivo de *M. amazonicum*, reduziu os principais poluentes da água e não influenciou os
24 parâmetros analisados.

25 **Palavras-chave:** Camarão da Amazônia. Aquaponia. Nutrient Film Technique.

ABSTRACT

26

27 *Macrobrachium amazonicum* is a freshwater species that has economic importance in the
28 North and Northeast regions of Brazil, and arouses commercial interest for its adaptability to
29 cultivation. However, traditional shrimp farming causes environmental impacts. In this
30 context, aquaponics is a low-cost alternative that can reduce these impacts, although it is not
31 yet known if this technique can influence the reproduction, weight gain and growth of these
32 animals. Therefore, the present work aimed to analyze the influence of aquaponics on
33 reproductive and zootechnical performance of *M. amazonicum*. The animals were collected,
34 weighed and measured. Subsequently 45 animals were randomly stored in three 35L
35 aquariums, ten females and five males in each aquarium, in the proportion of two females to
36 one male. The aquariums had temperature control, constant aeration and biological filter
37 coupled to an aquaponics system with capacity for three seedlings. Parameter monitoring and
38 partial water change were performed daily. The experiment consisted of three treatments:
39 Control - aquaponics without seedlings; Treatment 1 - Aquaponics sown with basil;
40 Treatment 2 - Watercress sown with watercress. The animals were fed daily with commercial
41 ration. After observing the first spawning the males were removed, the larvae were counted
42 and the females measured and weighed for analysis of reproductive and zootechnical
43 performance. Aquaponics integrated to *M. amazonicum* cultivation reduced the main water
44 pollutants and did not influence the analyzed parameters.

45 **Keywords:** Amazon prawn. Aquaponics. Nutrient Film Technique.

46 INTRODUÇÃO

47 *Macrobrachium amazonicum*, um camarão de água doce conhecido como camarão da
48 Amazônia, é uma espécie endêmica da América do Sul, pertencente à ordem Decapoda e
49 família Palaemonidae. Desperta interesse comercial, pois apresenta grande potencial para a
50 aquicultura devido ao seu tamanho, ganho de peso, rusticidade e atividade reprodutiva durante

51 todo o ano (BENTES et al., 2012; LIMA & DA SILVA, 2015; MACIEL & VALENTI, 2009;
52 MORAES-VALENTI & VALENTI, 2010).

53 *M. amazonicum* é uma das espécies de camarão mais exploradas comercialmente a
54 partir da pesca artesanal nas regiões Norte e Nordeste (MACIEL & VALENTI 2009). Em
55 oposição à *Macrobrachium rosenbergii*, espécie exótica, os impactos causados por *M.*
56 *amazonicum* em ambientes naturais são reduzidos, devido ao fato de ser uma espécie nativa
57 (MORAES-VALENTI & VALENTI 2010).

58 Vale ressaltar que os impactos ambientais não se resumem somente às fugas. Os
59 métodos convencionais de produção na aquicultura raramente são sustentáveis, produzindo
60 grandes quantidades de águas residuais ricas em nutrientes, que muitas vezes contêm produtos
61 químicos usados para tratamento do solo e dos animais, o que tem um efeito prejudicial no
62 ambiente aquático receptor (KONNERUP et al., 2011).

63 Nesse contexto, novas abordagens e tecnologias alternativas são necessárias na
64 aquicultura com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável com maior
65 produtividade e menor impacto ambiental, conforme observado na Agenda 2030 (PAULY,
66 2017).

67 Assim, a aquaponia surge como uma alternativa de baixo custo, que pode diminuir os
68 impactos ambientais causados pela aquicultura e agricultura tradicional. Esta técnica é uma
69 modalidade de cultivo de alimentos que engloba a integração entre a aquicultura e a
70 hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes. (HUNDLEY & NAVARRO,
71 2013).

72 Devido a sua característica sustentável a aquaponia utiliza até 90% menos água,
73 descarga mínima de efluentes, apresentando alta produtividade de organismos aquáticos e de
74 plantas quando comparada com as produções tradicionais (EMBRAPA, 2015; DEDIU et al.,
75 2012; MARISCAL-LAGARDA et al., 2012). Além disso, possibilita a produção regiões

76 áridas ou semiáridas como na região Nordeste do Brasil e a produção de alimentos livres de
77 agrotóxicos e sem antibióticos (DIVER, 2000).

78 No entanto, fundamentos e aspectos sobre aquaponia ainda são desconhecidos ou
79 imprecisos, por isso se faz necessário o desenvolvimento de mais pesquisas afim de
80 desenvolver mais essa tecnologia (JUNGE et al., 2017). Também se desconhece os efeitos
81 que essa técnica causa na reprodução e no desempenho zootécnico dos camarões de água
82 doce. Diante disso, o presente trabalho teve o objetivo de analisar a influência da aquaponia
83 no desempenho reprodutivo e zootécnico de *M. amazonicum*.

84 MATERIAL E MÉTODOS

85 O trabalho experimental foi realizado o Laboratório de Carcinicultura (LACAR)
86 localizado no Instituto Superior de Ciências Biomédicas (ISCB) da Universidade Estadual do
87 Ceará (UECE), campus Itaperi.

88 COLETA E TRIAGEM

89 Os animais utilizados neste experimento foram capturados com uma rede de arrasto
90 coletados na Lagoa da Sapiranga, localizada em Fortaleza, Ceará (03°47'54,79"S e
91 038°27'28,73"W), entre os meses de outubro de 2017 a maio de 2019. Em seguida foram
92 transportados em caixas térmicas para o Laboratório de Carcinicultura (LACAR), onde
93 passaram por uma triagem de acordo com a espécie e o sexo, e desinfetados em um tanque
94 contendo 10 L de água doce e 25 ppm de formaldeído durante 30 minutos. Em seguida, foram
95 estocados em tanques de 500L com filtro biológico, aeração constante e controle de
96 temperatura.

97 ANIMAIS

98 Os animais utilizados no experimento foram capturados aleatoriamente nos tanques
99 com o auxílio de puçá para pesagem e medição. Foram utilizados uma balança analítica com

100 precisão de 0,0001 g e um paquímetro com paquímetro com precisão de 1mm para a tomada
101 seguintes medidas: comprimento da carapaça (CC) e o comprimento do abdômen (CA)

102 Após esse procedimento, 45 (quarenta e cinco) animais foram estocados em três
103 aquários de 35L sendo 10 (dez) fêmeas e 5 (cinco) machos em cada aquário, respeitando uma
104 proporção de 2 (duas) fêmeas para 1 (um) macho. Os aquários possuíam biofiltro externo
105 acoplado com um sistema NFT (Nutrient Film Technique) de aquaponia, com aeração e
106 controle da temperatura. Foram adicionados substratos artificiais nos aquários, afim de
107 aumentar a superfície de contato do fundo, tendo em vista que camarões de água doce são
108 animais bentônicos. Os animais de cada aquário foram alimentados diariamente com ração
109 comercial, a uma taxa de 3% da biomassa. Os animais foram submetidos a um ciclo claro-
110 escuro de 12:12 h durante um período de 45 (quarenta e cinco) dias para cada repetição.

111 Para manter os parâmetros da água dentro do estabelecido na literatura, foi realizada
112 diariamente sifonagem, aferição do pH e temperatura. A concentração de amônia (NH₃) e de
113 nitrito (NO₂) foi verificada a cada dois dias, com os testes da Labcon®.

114 O experimento foi composto de três tratamentos e três repetições: Controle - aquário
115 acoplado com aquaponia sem mudas; tratamento 1 (T1) - a aquaponia foi semeada com três
116 mudas de Agrião (*Acmella oleracea*); e tratamento 2 (T2) – a aquaponia foi semeada com três
117 mudas de Manjericão (*Ocimum basilicum L.*) (Figura 1).

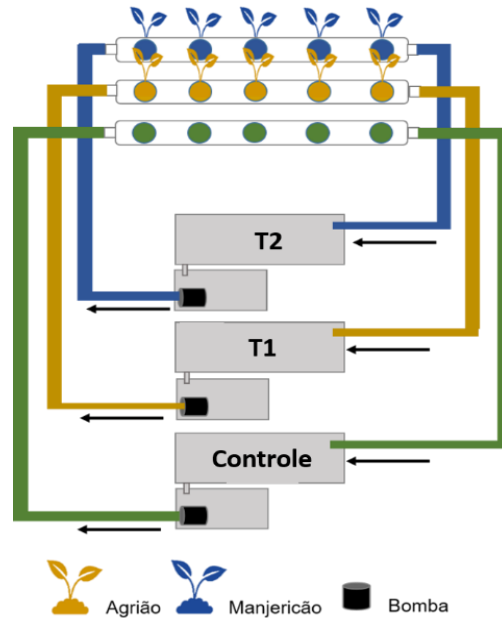


Figura. 1 - Esquema do modelo experimental

DESEMPENHO REPRODUTIVO E ZOOTÉCNICO

Para a análise do desempenho reprodutivo, os animais foram observados diariamente para verificar a presença de fêmeas ovígeras e o estágio de desenvolvimento embrionário. Quando os ovos se encontravam em estágio avançado de desenvolvimento avançado, ou seja, translúcidos (VIGOYA, 2012), os machos eram retirados e luminárias eram fixadas na borda dos aquários, próximas a saída de água, e um coletor dentro do biofiltro externo para a captura e posterior contagem das larvas.

Para avaliação do desempenho zootécnico, as fêmeas foram pesadas no início e final do experimento. Ao final foram contadas e pesadas para análise dos parâmetros zootécnicos: peso médio ($PM = \text{peso total dos camarões} / \text{número total de camarões}$); sobrevivência ($S (\%) = \text{número final de camarões} \times 100 / \text{número inicial}$); ganho de peso ($GP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$) de acordo com MACHADO et al. (2018).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Dados de qualidade de água e dos parâmetros de desempenho reprodutivo e zootécnicos foram submetidos ao teste de Bartlett e Shapiro-Wilk, para verificar a homogeneidade das variâncias e normalidade dos dados, respectivamente. Os dados foram

136 analisados por meio de ANOVA e teste de Tukey com nível de significância de 5% no
137 software GraphPad Prism 8.0.2.

138 **RESULTADOS**

139 Parâmetros físico-químicos da água.

140 Os valores médios da temperatura, pH, amônia e nitrito obtidos ao longo do período
141 experimental estão representados na Tabela 1. Não foram observadas diferença estatística
142 significativa no pH ($p > 0,05$). Foi observada diferença estatística significativa na temperatura
143 ($p < 0,05$) do tratamento 1 em relação ao controle e ao tratamento 2. Observou-se diferença
144 estatística significativa na concentração de amônia ($p < 0,05$) do controle em relação aos
145 tratamentos 1 e 2. Na concentração de nitrito houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$)
146 somente entre o controle e o tratamento 2.

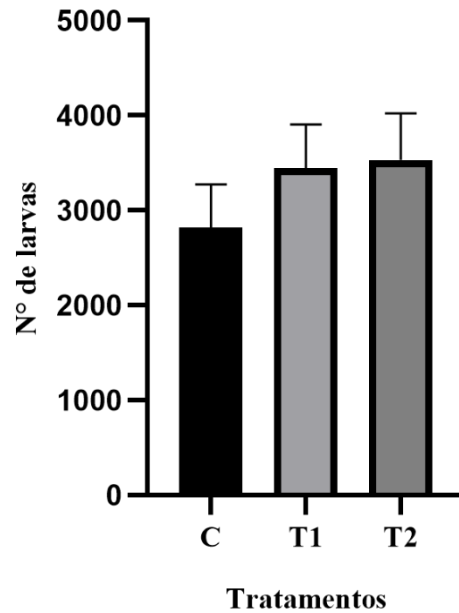
147 **Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos da água. Os valores**
148 **expressados em média \pm DP. Letras diferentes em sobrescrito na mesma linha indicam**
149 **que existe diferença estatística significativas.**

Parâmetro	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Temperatura	29,79 \pm 0,51 ^b	30,17 \pm 0,32 ^a	29,79 \pm 0,19 ^b
pH	7,24 \pm 0,33 ^a	7,22 \pm 0,29 ^a	7,21 \pm 0,28 ^a
Amônia	0,31 \pm 0,05 ^a	0,21 \pm 0,01 ^{bc}	0,13 \pm 0,02 ^{bc}
Nitrito	0,30 \pm 0,03 ^a	0,25 \pm 0,02 ^{ab}	0,19 \pm 0,01 ^b

150

151 Desempenho reprodutivo de *M. amazonicum*

152 A média de fêmeas ovígeras nos tratamentos foi de 4,8 e o número total de larvas
153 obtidas foi 29.385 (Controle – 8.453; T1-10.334; T2 – 10.598). No entanto, não foi observada
154 diferença estatística significativa na fertilidade entre o controle e os tratamentos 1 e 2 (Figura
155 2).



156

157 **Figura. 2 - Fertilidade média de *M. amazonicum* cultivados em um sistema aquapônico.**

158 Desempenho zootécnico de *Macrobrachium amazonicum*

159 Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos para nenhum
 160 dos parâmetros de desempenho zootécnico de *M. amazonicum* (Tabela 2).

161 **Tabela 2 - Valores médios (\pm DP) do desempenho zootécnico de fêmeas de *M.*
 162 *amazonicum*. Os valores comprimento da carapaça (CC) e comprimento do abdômen
 163 (CA) estão expressos em milímetro (mm) e os de peso em grama (g). Não foi observada
 164 diferença estatística entre os tratamentos para os parâmetros analisados.**

Parâmetros	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Sobrevivência	63,2%	69,9%	79,9%
CC inicial	25,9 \pm 1,2	27,3 \pm 1,6	26,6 \pm 2,2
CC final	26,1 \pm 1,7	27,4 \pm 1,5	27,6 \pm 2,0
CA inicial	31,4 \pm 2,0	32,9 \pm 2,9	32,9 \pm 2,7
CA final	33,2 \pm 2,2	34,1 \pm 1,2	33,3 \pm 3,0
Peso médio inicial	1,7 \pm 0,4	1,7 \pm 0,3	1,7 \pm 0,3
Peso médio final	1,9 \pm 0,3	2,0 \pm 0,2	2,0 \pm 0,4

165

DISCUSSÃO

166

Qualidade da água

167 Os parâmetros físico-químicos da água se mantiveram nos padrões recomendados pela
168 literatura em todo o período do experimento. Segundo MACIEL & VALENTI (2009), *M.*
169 *amazonicum* tolera uma ampla faixa de fatores abióticos. A temperatura e o pH
170 permaneceram dentro da faixa recomendada para o cultivo de *M. amazonicum* (KIMPARA &
171 VALENTI, 2006; MORAES-VALENTI & VALENTI 2007, 2010), e semelhante ao
172 observado em seu habitat natural, cuja temperatura varia entre 27,5 e 31 ° C e pH entre 7,4 e
173 8,4 (SAMPAIO et al., 2007). Controlar o valor do pH nos sistemas aquapônicos é crucial para
174 permitir uma sinergia entre as demandas microbianas e vegetais. Segundo ZOU et al. (2016) o
175 valor de pH que permita o crescimento das plantas e uma nitrificação eficiente deve ser neutro
176 (7.0) ou próximo desse valor. Neste experimento, os dados de pH ficaram dentro do intervalo
177 adequado para a espécie e para as demandas microbianas e vegetais.

178 TIMMONS et al. (2002) recomendam que em cultivos tropicais, a amônia total deve
179 estar em níveis menores que 3 ppm e o nitrito menor que 1 ppm. Diversos processos bióticos
180 e abióticos regulam a remoção de poluentes em um sistema aquapônico (SHI et al. 2011).
181 Dentre os processos bióticos existem a mineralização, a transformação (nitrificação-
182 desnitrificação) e a absorção pelo vegetal, enquanto aos processos abióticos estão presentes a
183 precipitação química, sedimentação e absorção pelo substrato (LIN et al., 2005).

184 Diante desse resultado, é possível inferir que a aquaponia semeada tanto com
185 manjeriço como agrião pode contribuir na redução dos compostos nitrogenados da água,
186 agindo como filtros nos tratamentos testados, reduzindo a concentração de amônia e nitrito da
187 água do cultivo do camarão.

188 Desempenho reprodutivo

189 As plantas não influenciaram a fertilidade média das fêmeas de *M. amazonicum*, visto
190 que não foi observada diferenças estatísticas entre o controle e T1 e T2. O tratamento controle
191 teve o menor desempenho, devido a mortalidade (36,8%) mais elevada comparando com os

192 outros tratamentos T1 – 30,1% e T2 – 20,1%. Embora a fertilidade média por tratamento não
193 tenha apresentado diferenças estatísticas, foi possível observar uma variação no número de
194 larvas eclodidas entre os tratamentos. SCAICO (1992), analisando a fecundidade e a
195 fertilidade de *M. amazonicum*, presentes em açudes do nordeste brasileiro, constatou que tanto
196 a fecundidade quanto a fertilidade aumentam de acordo com o tamanho das fêmeas. Assim,
197 fêmeas maiores possuem vantagem quando os valores reprodutivos são considerados. Estudos
198 envolvendo a variação do tamanho dos ovos de *M. amazonicum* isolados geograficamente,
199 demonstraram que quanto maior fosse a distância do litoral, maior era o tamanho dos ovos.
200 Este fato sugere uma variação intraespecífica, que promove um processo de continentalização
201 semelhante a outras espécies do gênero *Macrobrachium* (ODINETZ COLLART & RABELO,
202 1996). SAMPAIO (2004) investigou a fertilidade média de fêmeas de *M. amazonicum*,
203 provenientes do Baixo Jaguaribe, a fertilidade nesse estudo variou de 397 a 1915 dependendo
204 do tamanho e peso dos animais.

205 Desempenho zootécnico

206 Os parâmetros utilizados para avaliar o desempenho zootécnico podem não ter dado
207 diferenças significativas devido duração do experimento (45 dias/ repetição), uma vez que
208 animais adultos tem o crescimento e o ganho de peso mais demorado. FLEXA et al. (2005)
209 explicam que o crescimento nos crustáceos, geralmente, é similar entre os sexos até a
210 maturidade, a partir daí, torna-se mais lento na maioria dos crustáceos. MACHADO et al.
211 (2018) avaliou o desempenho de *M. amazonicum* durante 30 dias e não encontrou diferença
212 significativa no ganho de peso, biomassa final entre as densidades estudadas. A sobrevivência
213 do camarão neste experimento foi semelhante à relatada por PRETO et al. (2010, 2011), DE
214 ALMEIDA et al. (2012) e DUTRA et al. (2018), sugerindo que as condições do cultivo eram
215 adequadas para o desenvolvimento de *M. amazonicum*. Assim como no estudo de SANDIFER
216 et al. (1982), a utilização de substratos artificiais pode ter aumentado a sobrevivência dos

217 animais, pois aumentou a superfície de contato nos tanques, diminuindo a competição por
218 espaço e conseqüentemente o canibalismo.

219 **CONCLUSÃO**

220 Com base nos resultados obtidos neste experimento, o sistema aquaponico integrado
221 com o cultivo de *M. amazonicum*, reduz a concentração de amônia e nitrito da água do cultivo
222 do camarão. O cultivo integrado com agrião ou manjeriço não afetam a fertilidade e o
223 desempenho zootécnico. No entanto, se faz necessária a execução de mais estudos, afim de
224 melhorar os resultados, para tornar a carcinicultura de água doce uma atividade mais
225 sustentável e lucrativa.

226 **AGRADECIMENTOS**

227 Este trabalho contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível
228 Superior (CAPES) e da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do
229 Ceará (CAPES/FUNCAP) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
230 Tecnológico. Desenvolvimento Tecnológico (CNPq).

231 **REFERÊNCIAS**

- 232 BENTES, Bianca et al. Descrição socioeconômica da pesca do camarão *Macrobrachium*
233 *amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) em um estuário da costa Norte do
234 Brasil: o caso da ilha do Mosqueiro (PA). **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 25,
235 n. 1, 2018.
- 236 DA SILVA, R. R.; SAMPAIO, C. M. S.; SANTOS, J. A. Fecundity and fertility of
237 *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). **Brazilian Journal of Biology**, v.
238 64, n. 3A, p. 489-500, 2004.
- 239 DE ALMEIDA MARQUES, Helcio Luis et al. Influence of stocking densities in the nursery
240 phase on the growth of *Macrobrachium amazonicum* reared in net pens. **Aquaculture**, v. 358,
241 p. 240-245, 2012.

- 242 DE FARIAS LIMA, Jô et al. Performance of an aquaponics system using constructed semi-
243 dry wetland with lettuce (*Lactuca sativa* L.) on treating wastewater of culture of Amazon
244 River shrimp (*Macrobrachium amazonicum*). **Environmental Science and Pollution**
245 **Research**, v. 26, n. 13, p. 13476-13488, 2019.
- 246 DEDIU, Lorena; CRISTEA, Victor; XIAOSHUAN, Zhang. Waste production and
247 valorization in an integrated aquaponic system with bester and lettuce. **African Journal of**
248 **Biotechnology**, v. 11, n. 9, p. 2349-2358, 2012.
- 249 DIVER, Steve; RINEHART, Lee. **Aquaponics-Integration of hydroponics with**
250 **aquaculture**. Attra, 2000.
- 251 DUTRA, Fabrício Martins et al. Desempenho zootécnico de juvenis de *Macrobrachium*
252 *amazonicum* sob diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação. **Revista**
253 **Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 9, n. 1, p. 27-36, 2016.
- 254 EMBRAPA. **Integrar criação de peixes com hortaliças economiza 90% de água e elimina**
255 **químicos**. Brasília, DF. 2015. 50p.
- 256 FLEXA, Cassio Eduardo; SILVA, K. C. A.; CINTRA, Israel Hidenburgo Aniceto.
257 Morfometria do camarão-canela, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), no município
258 de Cametá-Pará. **Boletim Técnico-Científico do Cepnor**, v. 5, n. 1, p. 41-54, 2005.
- 259 GURGEL, J. J. S.; MATOS, M. O. M. Sobre a criação extensiva do camarão-canela,
260 *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) nos açudes públicos do nordeste
261 brasileiro. **Anais Simpósio Brasileiro de Aqüicultura**, v. 3, 1984.
- 262 HUNDLEY, Guilherme Crispim; NAVARRO, Rodrigo Diana. Aquaponia: a integração entre
263 piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.2, 2013.
- 264 JUNGE, Ranka et al. **Strategic points in aquaponics**. 2017.

- 265 KIMPARA, J. M.; VALENTI, W. C. Effect of the Amazon River prawn *Macrobrachium*
266 *amazonicum* culture intensification on ponds hydrobiology. **Acta Limnol. Bras**, v. 18, n. 3, p.
267 311-319, 2006.
- 268 KONNERUP, Dennis; TRANG, Ngo Thuy Diem; BRIX, Hans. Treatment of fishpond water
269 by recirculating horizontal and vertical flow constructed wetlands in the
270 tropics. **Aquaculture**, v. 313, n. 1-4, p. 57-64, 2011.
- 271 LIN, Ying-Feng et al. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp
272 aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. **Environmental Pollution**, v. 134,
273 n. 3, p. 411-421, 2005.
- 274 MACHADO, IGOR DA SILVA et al. Desempenho do camarão *Macrobrachium amazonicum*
275 (Heller, 1862) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae), em diferentes densidades. **Revista**
276 **Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 11, n. 1, p. 29-37, 2018.
- 277 MACIEL, Cristiana Ramalho; VALENTI, Wagner C. Biology, fisheries, and aquaculture of
278 the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review. **Nauplius**, v. 17, n. 2, p. 61-
279 79, 2009.
- 280 MARISCAL-LAGARDA, M. Martin et al. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus*
281 *vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater:
282 management and production. **Aquaculture**, v. 366, p. 76-84, 2012.
- 283 MORAES-VALENTI, Patrícia et al. Effect of density on population development in the
284 Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Aquatic Biology**, v.9, n.3, p.291-301,
285 2010.
- 286 MORAES-VALENTI, Patricia MC; VALENTI, Wagner C. Effect of intensification on grow
287 out of the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum*. **Journal of the World**
288 **Aquaculture Society**, v. 38, n. 4, p. 516-526, 2007.

- 289 MORAES-VALENTI, Patricia; VALENTI, Wagner Cotroni. Culture of the Amazon River
290 prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Freshwater prawns: biology and farming**, p.485-501,
291 2010.
- 292 ODINETZ-COLLART, O.; MOREIRA, L.C. Potencial pesqueiro do camarão
293 *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Careiro). **Amazoniana**, v. 12., n.
294 3., p. 399-413. 1993.
- 295 ODINETZ-COLLART, O.; RABELO, H. Variation in egg size of the fresh-water prawn
296 *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae). **Journal of Crustacean Biology**, v.
297 16, n. 4, p. 684-688, 1996.
- 298 ODINETZ-COLLART, Olga. Ecologia e potencial pesqueiro do camarão-canela,
299 *Macrobrachium amazonicum*, na bacia amazônica. 1993.
- 300 PAULY, Daniel; ZELLER, Dirk. Comments on FAOs state of world fisheries and
301 aquaculture (SOFIA 2016). **Marine Policy**, v. 77, p. 176-181, 2017.
- 302 PRETO, Bruno de Lima et al. Production strategies for short term grow-out of the Amazon
303 River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) in ponds. **Pan-American Journal of**
304 **Aquatic Sciences**, p. 1-8, 2011.
- 305 PRETO, Bruno L. et al. Population structure of pond-raised *Macrobrachium amazonicum*
306 with different stocking and harvesting strategies. **Aquaculture**, v.307, n.3-4, p.206-211,
307 2010.
- 308 SAMPAIO, C. M. S. et al. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females
309 (Crustacea, Palaemonidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 3, p. 551-559, 2007.
- 310 SANDIFER, PAUL A. et al. Semi-intensive grow-out of prawns (*Macrobrachium*
311 *rosenbergii*): preliminary results and prospects. In: **Giant Prawn 1980: An International**
312 **Conference on Macrobrachium (Freshwater Prawn) Farming, Bangkok (Thailand), 15-**
313 **21 Jun 1980**. 1980.

314 SCAICO, Marcos A. Fecundidade e fertilidade de *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea,
315 Decapoda) de um açude do Nordeste Brasileiro. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 19, n.
316 único, p. 89-96, 1992.

317 SHI, Yonghai et al. Performance of a constructed wetland in treating brackish wastewater
318 from commercial recirculating and super-intensive shrimp growout systems. **Bioresource**
319 **technology**, v. 102, n. 20, p. 9416-9424, 2011.

320 TIMMONS, M. B. et al. Recirculating aquaculture systems. Cayuga Aqua Ventures Inc.
321 2th. **Edition. USA**, 2002.

322 VALENTI, Wagner C.; NEW, Michael B. Grow-out systems-monoculture. **Freshwater**
323 **prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii***, p. 157-176, 2000.

324 VIGOYA, Ángel Andrés Arias. Desenvolvimento embrionário do camarão-da-amazônia
325 *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). 2012.

326 ZOU, Yina et al. Effects of pH on nitrogen transformations in media-based
327 aquaponics. **Bioresource technology**, v. 210, p. 81-87, 2016.

328 DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

329 Os autores declaram não haver conflito de interesses. Os patrocinadores não tiveram nenhum
330 papel no desenho do estudo, coleta, análise ou interpretação de dados, na redação do
331 manuscrito e na decisão de publicar os resultados.

332 CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

333 Todos os autores contribuíram igualmente para a confecção e redação do manuscrito. Todos
334 os autores revisaram criticamente o manuscrito e aprovaram a versão final.

7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesse estudo, conclui-se que:

- 1) A aquaponia pode contribuir para a melhora nos parâmetros da água reduzindo os compostos nitrogenados (amônia e nitrito)
- 2) A adição do agrião ou do manjericão não influenciam desempenho reprodutivo e zootécnico dos animais;
- 3) Se faz necessária a realização de mais estudos para que se possa aperfeiçoar essa técnica.

8 PERSPECTIVAS

O presente trabalho procurou verificar se a aquaponia influencia no desempenho zootécnico e reprodutivo de *M. amazonicum*, os resultados obtidos deixam margem para realização de mais estudos a fim de criar um protocolo adequado de integração da Carcinicultura e aquaponia. Mais estudos envolvendo cultivo de camarões de água doce e aquaponia devem ser realizados.

A espécie *M. amazonicum* apresenta características muito importantes para o cultivo comercial, além de ser uma espécie nativa e já explorada pela pesca artesanal, principalmente no norte do Brasil. Com o presente estudo esperamos poder utilizar a aquaponia para melhorar a lucratividade dos produtores, uma vez que essa técnica produz hortaliças que podem servir de fonte de renda secundária para o produtor, e assim tornar essa espécie mais atrativa para o cultivo comercial. Além do mais, por suas características de sustentabilidade, a aquaponia pode contribuir para que o cultivo de camarões de água doce se torne uma atividade mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO. **Procedimentos de boas práticas de manejo e medidas de biossegurança para a carcinicultura brasileira.** Candelária Natal-RN: ABCC, 2012. p.49-25.
- ADLER, P. R.; HARPER, J. K.; WADE, E. M.; TAKEDA, F.; SUMMERFELT, S. T. Economic analysis of an aquaponic system for the integrated production of rainbow trout and plants. **International Journal of Recirculating Aquaculture**, [S.l.], v.1, n.1, 2000.
- ADLER, P.R.; SUMMERFELT, S.T.; GLENN, D.M.; TAKEDA, F. Mechanistic approach to phytoremediation of water. **Ecological Engineering**, [S.l.], n.20, p.251-264, 2003.
- ANNALA, J.H. Factors influencing fecundity and egg production of *Jasus* species. In: Wenner, A.; Kuris, A (Ed.). **Crustacean egg production.** BALKEMA, A. A. Rotterdam, 1991, p.301- 315.
- BELL, T.A.; LIGHTNER, D.V. **A Handbook of Normal Penaeid Prawn Histology.** World Aquaculture Society, Baton Rouge, 1988. 45p.
- BIALETZKI, A.; NAKATANI, K.; BAUMGARTNER, G.; BOND- BUCKUP, G. Occurrence of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) in Leopoldo's Inlet (Ressaco do Leopoldo), upper Paraná river, Porto Rico, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, [S.l.], v.4, n.2, p.379-390, 1997.
- BOUDOUR-BOUCHEKER, N. V.; BOULO, C.; LORIN-NEBEL, C.; ELGUERO, E.; GROUSSET, K.; ANGER, M.; CHARMANTIER-DAURES, G.; CHARMANTIER. Adaptation to freshwater in the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum*: comparative ontogeny of osmore-gulatory organs. **Cell Tissue Res.**, [S.l.], n.353, p.87-98, 2013.
- CARNEIRO P.C.F.; MORAIS CAR, NUNES MUC, MARIA AN, FUJIMOTO RY. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2015a. 23p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 189) 2010, 544p.
- CASTELLANI D; CAMARGO AFM; ABIMORAD EG. Aquaponics: use of the effluent from the secondary nursery of *Macrobrachium amazonicum* for the production of hydroponic lettuce (*Lactuca sativa*) and watercress (*Rorippa nasturtium aquaticum*). **Bioikos**, [S.l.], v.23, p.67-75, 2015.
- CHING, C.A.; VELEZ, M. J. Mating, incubation and embryo number in the freshwater prawn *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann. 1836) (Decapoda: Palaemonidae) under laboratory conditions. **Crustaceana**, [S.l.], v.49, n.1, p.42-48, 1985.
- CHOPIN, T.; SAWHNEY, M. Seaweeds and their mariculture. In: STEELE, J.H.; TUREKIAN, K.K.; THROPE, S.A. **Encyclopedia of ocean science.** 2.ed. Oxford: Elsevier. Florianópolis. Ed. Da UFSC, 2009, 256p.

COREY, S.; REID, D.M. Comparative fecundity of decapod crustaceans, I. The fecundity of thirty-three species of nine families of caridean shrimp. **Crustaceana**, [S.l.], n.60, p.271-294, 1991.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Integrar criação de peixes com hortaliças economiza 90% de água e elimina químicos**. Brasília, DF: EMBRAPA 2015. 50p.

EMERENCIANO, M.G.C; G.L.M; PINHO. S.M; MOLINARI. D; BLUM, M.N. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v.25, p.24–35, 2015.

ENDUT, A.; JUSOH, A.; ALI, N.; WAN-NIK, W.; HASSAN, A. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. **Bioresource Technology**, [S.l.], n.101, p.1511-1517, 2010.

FOSS, A.; KRISTENSEN, T.; ATLAND, A.; HUSTVEIT, H.; HALVARD, H.; HOVLAND, E.; OFSTI, A.; IMSLAND, A. K. Effects of water reuse and stocking density on water quality, blood physiology and growth rate of juvenile cod (*Gadus morhua*). **Aquaculture**, [S.l.], v.256, p.255-263, 2006.

FREIRE, J. L.; BENTES, B. S. Aspectos socioambientais das pescarias de camarões dulcíolas (*Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862 e *Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879) (Decapoda, Palaemonidae) no Nordeste do Pará- Pará – Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, [S.l.], n.21, p.51-62, 2008.

GEISENHOFF LO, JORDAN RA, SANTOS RC, DEOFC, GOMES EP. Effect of different substrates in aquaponic lettuce production associated with intensive Tilapia farming with water recirculation systems. **Eng Agric.**, [S.l.], v.36, n.2, p.291–299, 2016. Disponível em; <<https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng. Agric.v36n2p291-299/2016>>. Acesso em: 20 maio 2019.

GREEN, B. W.; PHELPS, R. P.; ALVARENGA, H. R. The effects of manures and chemical fertilizers on the production of *Oreochromis niloticus* in earthen ponds. **Aquaculture**, [S.l.], n.76, p.37-42, 1989.

GURGEL, J. J. S.; MATOS, M. O. M. Sobre a criação extensiva do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller,1862) nos açudes públicos do nordeste brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 1984. São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 1984.

HARRISON, F. W. **Microscopic Anatomy of Invertebrates, Decapoda, Crustacea**. Wiley-Liss, Inc. New York, p.295-343, 1992.

- HAYD, L.; ANGER, K. Reproductive and morphometric traits of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae) from the Pantanal, Brazil, suggest initial speciation. **Revista de Biologia Tropical**, [S.l.], v.61, n.1, p.39-57, 2013.
- HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. Treatment of shrimp effluents by free-floating aquatic macrophytes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.l.], v.37, n.2, p.181-188, 2008.
- HOLTHUIS, L.B.; NG, P.K.L. Nomenclature and Taxonomy. In: NEW, M.B.; HOLTHUIS, L. B. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas. **Allan Hancock Foundation Publications**, Occasional Papers, v.12, p.396, 1952.
- HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S.l.], v.3, n.2, p.52-61. 2013.
- JALIHAI, D. R.; SANKOLLI, K. N.; SHENOY, S. Evolution of Larval Developmental Patterns and the Process of Freshwaterization in the Prawn Genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, [S.l.], v.65, p.365-376, 1993.
- KROL, R.M.; HAWKINS, W.E.; OVERSTREET, R. M. Reproductive components. In: KUTTY, M.N.; HERMANN, F. & LE MENN, H. Culture of other prawn species. In: New, M.B. & Valenti, W.C. (Eds.) **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science. 2000, p.393-410.
- LEWIS, W. M.; YOPP, J. H.; SCHRAMM J. R. H. L.; BRANDERBURG, A. M. Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. **Transactions of American Fisheries Society**, [S.l.], v.107, n.1, p.92-9, 1978.
- LIMA F., JÔ et al. Performance of an aquaponics system using constructed semi-dry wetland with lettuce (*Lactuca sativa* L.) on treating wastewater of culture of Amazon River shrimp (*Macrobrachium amazonicum*). **Environmental Science and Pollution Research**, p.1-13, 2019.
- LIMA, E.A.C.; OSHIRO, Y. Distribuição, abundância e biologia reprodutiva de *Macrobrachium potiuna* (Müller, 1880) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) do Rio Paraíba do Sul, RJ. **Acta Biologica Leopoldensia**, São Leopoldo, v.22, n.1, p.67-77, 2000.
- LOBÃO, V. L.; ROJAS, N. E. T. **Camarões de água doce: da coleta ao cultivo, à comercialização**. São Paulo: Ícone, 1991, 112p.
- LUCENA- FREDOU, F.; ROSA, J. S.; SILVA, M.C.N; AZEVEDO, E.F. Population dynamics of the River prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) on Combu island (Amazon estuary). **Crustaceana**, [S.l.], n.83, p.277-29, 2010.
- MACIEL, C. R.; VALENTI, W. C. Biology, fisheries, and aquaculture of the amazonas river prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review. **Nauplius**, [S.l.], v.17, n.2, p.61-79, 2009.

- MACINTOSH, D. J.; PHILLIPS, M. J. Environmental issues in shrimp farming. Shrimp'92, Hong Kong. In: Proceedings of the 3rd Global Conference on Shrimp Industry. **Hong Kong**, [S.l.], v.14., n.15, p.118-145, 1992.
- MALLASEN, M.; VALENTI, W. C. **Criação de camarão-de-água-doce**. Jaboticabal: FUNEP. 2008, 45p.
- MATSON, John. Fisgando peixes e plantas. **Scientific American Brasil**, São Paulo, n.89, 2008.
- MEIRELES, A.L., W.C. VALENTI; F.L. Mantelatto. Reproductive variability of the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Caridea, Palaemonidae): influence of life cycle on egg production. **Lat. Am. J. Aquat. Res.**, [S.l.], v.41, n.4, p.718-731, 2013.
- MELO, G. A. S. Famílias Atyidae, Palaemonidae e Sergestidae, In: MELO, G. A. S. (Ed.), **Manual de identificação dos crustacea decapoda de água doce do Brasil**. São Paulo: Loyola, 2003. p.289- 415.
- MONTOYA, R. A.; LAWRENCE, A. L.; GRANT, W. E.; VELASCO, M. Simulation of phosphorus dynamics in a intensive shrimp culture system: effects of feed formulation and feeding strategies. **Ecological Modeling**. v. 129. p.131-142, 2000.
- MORAES-RIODADES, P.M.C.; VALENTI, W. C. Freshwater prawn farming in Brazilian Amazonia shows potential for economic and social development. **Global Aquaculture Advocade**, [S.l.], v.4, n.5, p.73-74, 2001.
- MORAES-RIODADES, P.M.C.; VALENTI, W.C, Morphotypes in male Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Aquaculture**, [S.l.], v.236, p.297-307, 2004.
- MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W. C. Culture of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.;
- D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N., (eds). **Freshwater prawns: biology and farming**. Oxford, Wiley-Blackwell. 2010, p. 485- 501.
- NAZARI, E.M.; M.S. SIMÕES-COSTA; MULLER, Y.M.R.; Ammar, D.; Dias, M. Comparisons of fecundity, egg size, and egg mass volume of the freshwater prawns *Macrobrachium potiuna* e *Macrobrachium olfersi* (Decapoda, Palaemonidae). **Journal of Crustacean Biology**, Lawrence, v.23, n.4, p.862-868, 2003
- NEW, Michael Bernard et al. (Ed.). **Freshwater prawns: biology and farming**. 2009.
- M.; LEÃO, E. L. M.; OLIVEIRA, L.A. (Eds.) Bases Científicas para Estratégias de Preservação e desenvolvimento da Amazônia. **INPA**, [S.l.], v.2, p.147-166, 1993.
- ODINETZ-COLART, O. Ecologia e potencial pesqueiro do camarão-canela, *Macrobrachium amazonicum*, na Bacia Amazônica. In: FERREIRA, E. J.; SANTOS, G.

- ODINETZ-COLLART, O. La pêche crevettière de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas-Tocantins après fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil). **Revue d' Hydrobiologie Tropicale**, [S.l.], v.20, n .131, p. 111-118, 2002.
- ODINETZ-COLLART, O.; H. RABELO. Variation in egg size of the freshwater prawn *Macrobrachium amazo-nicum* (Decapoda, Palaemonidae). **J. Crustacean Biol.**, [S.l.], v.16, n.4, p.684-688, 1996.
- ODINETZ-COLLART, O.; MOREIRA, L.C. Potencial pesqueiro do camarão *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Careiro). **Amazoniana**, [S.l.], v.12, n.3, p.399-413. 1993.
- PHILIPS, M. Marine overview. In: STEELE, J. H.; TUREKIAN, K. K.; THROPE, S. A. Encyclopedia of ocean science. 2nd (Eds.), 2009, Portugal. **Anais...** Oxford: Elsevier. Real, Portugal. Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. 2009.
- PILLAY, T. V. R. **Aquaculture and the Environment**. Fishing News Books, Osney Mead, England. p. 189, 1992.
- PINHEIRO, ISABELA ET AL. Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. **Ecological engineering**, [S.l.], v. 100, p. 261-267, 2017.
- RAKOCY, J. E., SHULTZ, R. C., BAILEY, D. S.; THOMAN, E. S. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system, 2004. **Acta... Horticulturae (ISHS)** n. 648, p. 63-69, 2004.
- REDDING, T.; TODD, S.; MIDLEN, A. The treatment of aquaculture wastewater - A botanical approach. **Journal of Environmental Management**, [S.l.], v.50, p.283-299, 1997.
- RIBEIRO, K. **Aspectos estruturais do hepatopâncreas, desenvolvimento ovocitário e caracterização hormonal de fêmeas de *Macrobrachium amazonicum* durante as fases de maturação gonadal**. 85f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Pós Graduação em Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006.
- SAMPAIO, C. M. S.; SILVA, R. R.; SANTOS, J. A.; SALES, S. P. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). **Braz. J. Biol.**, [S.l.], v.67, n.3, p.551-559, 2007.
- SASTRY, A.N. Ecological aspects of reproduction. In: T.H. WATERMAN (Eds.). The biology of Crustacea. Environmental adaptation. **Academic Press**, New York, v.8, p.179-270, 1983.
- SILVA, R., Fr. **Inovação: hidroponia integra vegetal e animal**. São Paulo: Today 3 Tech 2011.
- SILVA, R.R.; SAMPAIO, C.M.S.; SANTOS, J.A. Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazon-cum* (Crustacea, Palaemonidae). **Braz. J. Biol.**, [S.l.], v.64, n.3, p.489-500, 2004.

SOUZA, G.D.; FONTOURA, N.F. Reprodução, longevidade e razão sexual de *Macrobrachium potiuna* (Müller, 1880) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) no arroio de Sapucaia, município de Gravataí, Rio Grande do Sul. **Nauplius**, [S.l.], n.4, p.49-60, 1996

TROELL, M.; JOYCE, A.; CHOPIN, T.; NEORI, A.; BUSCHMANN, A. H.; FANG, J. G. Ecological engineering in aquaculture - Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. **Aquaculture**, [S.l.], n.297, p.1-9, 2009.

VALENTI, W. C. Carcinicultura de água doce: tecnologia para a produção de camarões. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis, p.383, 1998

VALENTI, W. C. Introdução. In: **Aqüicultura no Brasil, bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia. p.399, 2000.

VALENTI, W.C. Comportamento reprodutivo de camarões de água doce. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, 5, 1987, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal, SP: p.195-202, 1987.

VALENTI, W.C. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para a produção de água doce. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 12, Goiânia, **Anais...** Goiânia, p. 99-106, 2002.

VALENTI, W.C.; TIDWELL, J.H.; D'ABRAMO, L.R.; KUTTY, M.N. (Eds.), **Freshwater prawn: Biology and Farming**, Wiley-Blackwell, 2010, p.12- 18.

VIGOYA, A.A.A. (2012). Desenvolvimento embrionário do camarão-da-Amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). **Dissertação de Mestrado**. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 112 p.

VINATEA, L. A. A.; Aquicultura e desenvolvimento sustentável. Subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira. Florianópolis. Ed. da UFSC, 1999.