

# PRIMEIRO RELATO DA INSERÇÃO DO SISTEMA DE BIOFLOCOS NA MATURAÇÃO EM CATIVEIRO DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei*\*

Fernanda Guimarães de CARVALHO<sup>1</sup>; Lucas Gomes MENDES<sup>2</sup>; Janaína Gonçalves da SILVA<sup>2</sup>; Edemar Roberto ANDREATTA<sup>3</sup>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica da utilização do sistema de bioflocos na maturação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em cativeiro. Este é o primeiro trabalho de pesquisa com inserção da tecnologia de bioflocos no sistema de maturação de camarões desta espécie em cativeiro. Foi proposto o uso de uma estrutura móvel para concentração e suspensão das matrizes a fim de contornar a falta de transparência da água. Estratégias adaptadas de manejo alimentar e qualidade de água também foram aplicadas. Os ajustes foram avaliados quanto aos valores de pH, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos suspensos, alcalinidade, amônia total, nitrito e nitrato, assim como quanto a número de cópulas com desova, número de ovos/fêmea, número de náuplios/fêmea e taxa de eclosão de ovos observados durante o período de análise. Detectou-se que os resultados de desempenho reprodutivo e dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água são compatíveis com a espécie cultivada.

**Palavras chave:** cultivo heterotrófico; reprodução em cativeiro; agregados microbianos

## FIRST REPORT OF BIOFLOCS SYSTEM INSERTION IN MATURATION IN CAPTIVITY OF MARINE SHRIMP *Litopenaeus vannamei*

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the feasibility of maturation in captivity of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in bioflocs system. This is the first research work with the insertion of bioflocs technology in *L. vannamei* broodstock. It is proposed to use a portable structure to concentrate and elevate of the breeders in order to overcome the lack of transparency of the environment. New feed management and water quality management strategies in this alternative system are also proposed. Rearrangements were evaluated for pH, dissolved oxygen, temperature, suspended solids, alkalinity, total ammonia, nitrite and nitrate, and the number of spawns, number of eggs/spawn, number of nauplii/spawn and hatching rate observed during the analysis period. It turned out that the results of reproductive performance and physico-chemical parameters of water quality are consistent with the specific pattern.

**Keywords:** heterotrophic culture; broodstock; microbial aggregates

---

**Relato de Caso:** Recebido em 23/06/2014 - Aprovado em 12/05/2015

<sup>1</sup> Núcleo de Pesca e Aquicultura - Núcleo Sul, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense - Campus Araquari. Caixa Postal 21 - CEP: 89.245-000 - Araquari - SC - Brasil. e-mail: carvalhofernanda@ifc-araquari.edu.br (autora correspondente)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Rod. Admar Gonzaga, 1346 - CEP: 88034-000 - Florianópolis - SC - Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Laboratório de Camarões Marinhos (LCM). Caixa postal 476 - CEP: 88.040-900 - Florianópolis - SC - Brasil

\* Apoio Financeiro: FAPUEU - Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária; CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/521454/473572/2012-5).

## INTRODUÇÃO

A maturação de matrizes em cativeiro consiste na manutenção em regime de confinamento para produção de larvas em laboratório (BRAY e LAWRENCE, 1992), permitindo o fornecimento constante e eficaz de pós-larvas (PLs) em quantidade e qualidade adequadas para fazendas de cultivo (BROWDY, 1998; ANDREATTA e BELTRAME, 2008). A eficácia desta etapa depende da garantia da sua plena biossegurança, através do fechamento do ciclo de produção de matrizes, possibilitando a diminuição do fluxo de água do sistema e, conseqüentemente, dos riscos de dispersão e disseminação de doenças (SCHVEITZER *et al.*, 2008; EMERENCIANO, 2012).

Para um melhor desempenho de sistemas de maturação totalmente fechados, o fator fundamental representa maior estabilidade do ambiente de cultivo (WABETE *et al.*, 2006), a fim de garantir maior conforto aos organismos confinados. Neste aspecto, a aplicação de um sistema com reduzidas taxas de renovação de água, aliado ao sombreamento característico do ambiente de reprodução em cativeiro, pode proporcionar um maior equilíbrio de parâmetros físico-químicos da água, o que, associado à reciclagem gradual dos compostos nitrogenados presentes, pode se tornar ferramenta importante para a potencialização do desempenho reprodutivo em cativeiro (CRAB *et al.*, 2009; EMERENCIANO *et al.*, 2012).

Neste contexto encontra-se o sistema de bioflocos (BFT), ou cultivo heterotrófico (EMERENCIANO *et al.*, 2007; DE SCHRYVER *et al.*, 2008; SCHVEITZER *et al.*, 2008; AVNIMELECH, 2009), que consiste em agregados microbianos formados pela adição de fontes de carbono concomitante com aeração constante e vigorosa da água do viveiro (WASIELESKY *et al.*, 2006; CRAB *et al.*, 2007; 2012; AZIM e LITTLE, 2008). Estes agregados assimilam os compostos nitrogenados presentes na água, além de servirem como fonte adicional de alimento, possibilitando um menor percentual de proteína bruta na formulação das rações, assim como uma maior densidade de estocagem (AVNIMELECH, 1999; WASIELESKY *et al.*, 2006; GAO *et al.*, 2012).

A aplicação do sistema de bioflocos na maturação em cativeiro, portanto, pode trazer

vantagens, tais como a possibilidade de maiores densidades de estocagem, menores gastos com bombeamento e, conseqüentemente, aquecimento da água de cultivo e disponibilidade constante de alimento natural de alta qualidade (SCHVEITZER *et al.*, 2008). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar, em cativeiro, a viabilidade da maturação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Local de execução e Material Biológico*

Este trabalho foi realizado, entre agosto e dezembro de 2013, no Laboratório de Camarões Marinhos - LCM/UFSC, localizado na cidade de Florianópolis (SC). Foram utilizados 45 machos e 45 fêmeas do camarão marinho *L. vannamei* provenientes de cultivo em bioflocos em estufas localizadas no mesmo laboratório (SCHVEITZER *et al.*, 2008). Os critérios utilizados para sua seleção foram: peso de machos e fêmeas (entre 30 e 40 g), integridade dos apêndices, ausência de áreas necrosadas no exoesqueleto, estágio do ciclo de muda (intermuda) e integridade do petasma e dos espermatóforos, no caso dos machos. Após a seleção, os reprodutores foram transferidos para o tanque de cultivo, na densidade de 8 camarões m<sup>-2</sup>, com o auxílio de puçás e baldes de transporte. Finalizados os ajustes na estratégia de manejo e captura de reprodutores, estes foram submetidos a um período de sete dias de aclimação ambiental e alimentar, seguida da ablação unilateral de pedúnculo ocular das fêmeas estocadas. Após esse procedimento, as mesmas foram monitoradas diariamente para observação de sua maturação gonadal e da ocorrência de cópulas.

### *Ambiente de cultivo*

Para este trabalho, foi destinado um tanque circular de fibra de vidro, com 4 m de diâmetro, dreno central de 60 cm e nível de água mantido em 45 cm, totalizando 5,65 m<sup>3</sup> de volume de água. Este tanque foi inicialmente abastecido com água oceânica, com salinidade entre 33 e 34, sendo o fotoperíodo mantido artificialmente com o auxílio de lâmpadas fluorescentes de cor branca e incandescentes de cor amarela, dispostas acima do mesmo. A duração do fotoperíodo foi de 12,5 h

luz : 11,5 h escuro, controlada através de timer analógico (BITTENCOURT, 2000). A aeração da água de cultivo foi constante e mantida por meio de sete "air-lift's" dispostos em padrão circular, além de um dispersor de ar central de mangueira microperfurada (AeroTubes™). A temperatura da água foi mantida entre 28 °C e 29 °C com a utilização de aquecedor de titânio e termostato.

#### Manejo alimentar

Os reprodutores foram alimentados durante todo o período experimental com uma dieta padrão constituída de lula (*Loligo* sp. - Pioneira da Costa S/A), a uma taxa diária de 42% da matéria seca da dieta; mexilhão (*Perna perna* - Laboratório de Moluscos Marinhos/UFSC), com taxa diária de 28% da matéria seca da dieta; e ração comercial (Inve Aquaculture - BREED-S FRESH, 40% proteína bruta; 9,1% gordura), a uma taxa diária de 30% da matéria seca da dieta. Os alimentos foram distribuídos em sete refeições, em horários alternados ao longo do dia. As dietas foram fornecidas até a saciedade aparente dos reprodutores, com uma taxa diária inicial de 3% da biomassa estocada, sendo a quantidade de cada item monitorada e ajustada através de duas bandejas de alimentação dispostas no tanque.

#### Estratégia para manejo e captura de reprodutores

Para minimizar a falta de transparência da água de cultivo com bioflocos, foi utilizada uma armação móvel que permitiu a concentração e suspensão dos reprodutores até uma altura que possibilitasse a visualização dos mesmos. Esta armação consistiu de uma gaiola móvel, em formato triangular, com 1,8x1,8x1,0 m, constituída por tubos de PVC de 32 mm nas laterais e 70 mm na porção central, de forma que a mesma se encaixasse e evitasse escapes no dreno central de água (Figura 1A). A concentração dos reprodutores no interior da estrutura armada era possível através de uma tela móvel retangular armada removível (Figura 1B), com 1,8x1,0 m, constituída por tubos de PVC de 32 mm de diâmetro. Já a suspensão da gaiola foi garantida por roldanas e cordas (Figura 1C), para a visualização dos reprodutores. A gaiola e a tela móvel foram revestidas com tela plástica com 2 cm de abertura de malha. A estrutura inteira ocupou uma área de 3,12 m<sup>2</sup>, ou 25% do fundo do tanque. Uma vez montada, a estabilidade, a funcionalidade e a adaptação do manejo produtivo à estrutura foram analisadas no tanque de cultivo povoado. Essa análise foi realizada durante um período de quatro meses e meio, em água clara, para visualização e ajustes da mesma.



**Figura 1.** Estrutura armada utilizada para visualização de reprodutores de *Litopenaeus vannamei*: A) Gaiola móvel; B) Tela móvel destacável; C) Roldanas para suspensão da estrutura completa.

#### Inoculação de bioflocos

Durante o período de ajustes da armação móvel em água clara, o tanque foi mantido com uma taxa de troca diária de 200%, através de duas modalidades de renovação: uma contínua, na qual o volume total do tanque foi trocado continuamente, em pequenos volumes, ao longo

das 24 h; e uma de impacto, na qual todo o volume do tanque foi trocado como intuito de retirar fezes, exúvias e restos de alimento. Passado este período, o tanque foi inoculado com 3 m<sup>3</sup> de água com bioflocos oriunda das estufas de berçário do próprio laboratório (SCHVEITZER *et al.*, 2008). Após a inoculação, os agregados

microbianos foram mantidos através da própria alimentação dos animais e da adição de melão de cana em pó, de forma a se estabelecer uma proporção carbono-nitrogênio (C:N) ao redor de 20:1 para retirada do nitrogênio na forma de amônia do meio (AVNIMELECH, 1999; 2009). Essa proporção foi medida e mantida levando em conta as composições bromatológicas do próprio melão (EMERENCIANO *et al.*, 2007) e de cada item da dieta adotada (VAN WYK, 2006; CARVALHO *et al.*, 2010). O material suspenso foi monitorado com auxílio de tanque de decantação de 40 L (SCHVEITZER *et al.*, 2013), e a salinidade, corrigida através de bombeamento de água doce.

#### *Manejo de qualidade de água*

Temperatura, salinidade, transparência e oxigênio dissolvido (OD) foram monitorados duas vezes ao dia utilizando-se Medidor Multiparâmetros (marca YSI®). Já as variáveis pH, sólidos sedimentáveis (SS), alcalinidade, amônia total (AT-N), nitrito (N-NO<sub>2</sub>) e nitrato (N-NO<sub>3</sub>) foram monitorados duas vezes por semana. O pH foi monitorado com auxílio de Medidor Multiparâmetros (marca YSI®), enquanto que os sólidos sedimentáveis foram medidos através da decantação dos flocos em cones Imhoff (AVNIMELECH, 2009). A alcalinidade, AT-N, N-NO<sub>2</sub> e N-NO<sub>3</sub> foram avaliados conforme metodologia da APHA (1998).

#### *Desempenho reprodutivo*

Após ajustes da estratégia de manejo de reprodutores e inoculação do biofilme no tanque de cultivo, o mesmo foi averiguado diariamente para detecção e captura de fêmeas copuladas. Uma vez detectadas, as fêmeas eram capturadas e colocadas individualmente em caixas de 200 L para desova. Essas caixas foram abastecidas com água oceânica, com temperatura entre 29 °C e 30 °C e salinidade corrigida para 30 como forma de favorecer a fertilização dos óvulos (TRUJILLO, 1996). Após um período de quatro horas, cada fêmea era devolvida ao tanque de origem, sendo seus ovos sifonados e transferidos para tanques cilíndrico-cônicos de incubação de 90 L, onde eram contados por estimativa volumétrica. No dia seguinte, os náuplios eclodidos foram quantificados da mesma forma que os ovos, e seu estado geral, observado microscopicamente.

## RESULTADOS

### *Qualidade de Água*

Em relação aos parâmetros físico-químicos da água observados diariamente, o valor médio de temperatura foi de  $28,27 \pm 0,47$  °C (mínimo-máximo: 26,6 - 29,3 °C), enquanto o valor do oxigênio dissolvido foi mantido em  $5,13 \pm 0,47$  mg L<sup>-1</sup> (4,0 - 5,7 mg L<sup>-1</sup>). A transparência apresentou valor médio de  $21,66 \pm 10,00$  cm (11 - 40 cm).

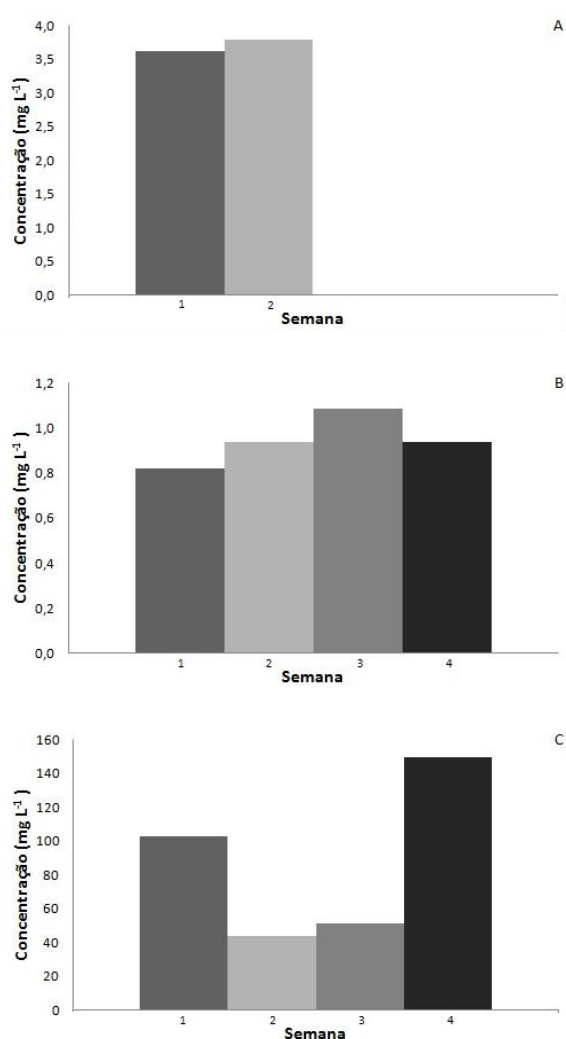
Quanto aos resultados dos parâmetros da água avaliados semanalmente, o pH manteve-se em torno de  $7,73 \pm 0,12$  (7,6 - 7,8), enquanto que a salinidade média foi  $35,67 \pm 1,15$  (34 - 37). O resultado dos sólidos sedimentáveis foi de  $13,0 \pm 9,90$  mL L<sup>-1</sup> (4-30 mL L<sup>-1</sup>); e a alcalinidade média,  $211,67 \pm 86,07$  mg L<sup>-1</sup> (115 - 280 mg L<sup>-1</sup>). A amônia total do ambiente de cultivo manteve-se em  $2,71 \pm 2,35$  mg L<sup>-1</sup> (0,0 - 5,99 mg L<sup>-1</sup>), enquanto que o nitrito e o nitrato mantiveram-se em  $0,95 \pm 0,11$  mg L<sup>-1</sup> (0,82 - 1,09 mg L<sup>-1</sup>) e  $86,73 \pm 49,29$  mg L<sup>-1</sup> (43,74 - 149,39 mg L<sup>-1</sup>), respectivamente. Vale ressaltar que, durante todo o período após a inoculação de bioflocos, não houve necessidade de renovação da água de cultivo.

A Figura 2 demonstra o comportamento dos níveis de AT-N, N-NO<sub>2</sub> e N-NO<sub>3</sub> ao longo do período de análise. Os teores dos compostos nitrogenados oscilaram ao longo do tempo. Inicialmente, os valores de amônia total (Figura 2A) apresentaram comportamento crescente, seguido de quedas abruptas até chegar a zero. Já o nitrito (Figura 2B) apresentou comportamento crescente durante os três primeiros períodos de coleta, passando, então, a apresentar uma tendência de queda nos seus valores. O nitrato (Figura 2C), por sua vez, apresentou uma queda abrupta no segundo período de coleta, seguida de um comportamento crescente nos seus valores.

### *Desempenho reprodutivo*

Durante o período de cópulas e desovas, a taxa média de fêmeas maduras no tanque foi de  $13,75 \pm 1,77\%$  (12,5 - 15,0%), enquanto que o valor médio do número de cópulas com desova no período foi de  $1,5 \pm 0,71$  (1 - 2). O número médio de ovos por desova foi de  $185,48 \times 10^3 \pm 32,56 \times 10^3$  ( $150 \times 10^3$  -  $214 \times 10^3$ ), enquanto que o número de náuplios por fêmea foi de  $99,67 \times 10^3 \pm 8,74 \times 10^3$

( $90 \times 10^3 - 107 \times 10^3$ ), correspondendo a uma taxa média de eclosão de  $54,33 \pm 5,13\%$  (50 - 60%).



**Figura 2.** Comportamento dos níveis de AT-N (A), N-NO<sub>2</sub> (B) e N-NO<sub>3</sub> (C) ao longo do período de análises (quatro semanas).

## DISCUSSÃO

Na presente pesquisa, a ausência de renovação da água de cultivo para a manutenção de níveis adequados dos parâmetros físico-químicos da água demonstra a efetividade do sistema na sua estabilidade (EMERENCIANO *et al.*, 2013a; BRAGA *et al.*, 2013). Adicionalmente, durante todo o período experimental, os valores alcançados encontraram-se adequados para camarões peneídeos (BRAY e LAWRENCE, 1992; CAVALLI *et al.*, 1998; PÉREZ-ROSTRO *et al.*, 2004; ARANA, 2010; BRAGA *et al.*, 2013).

Os elementos fundamentais para o estabelecimento dos microagregados de bioflocos são biomassa mínima de 300 g de camarões m<sup>-2</sup>, o ingresso regular de alimento em conjunto com uma fonte de carbono externa e taxas reduzidas de renovação da água. É importante que o valor destes sólidos não ultrapasse o limite de 15 mL L<sup>-1</sup>, principalmente para indivíduos com peso corporal acima de 15 g (EMERENCIANO *et al.*, 2012; 2013a), a fim de se evitar o entupimento de suas câmaras branquiais (TAW, 2010). Os valores médios alcançados neste trabalho encontram-se, portanto, entre aqueles considerados adequados para a modalidade de cultivo (AVNIMELECH, 2009; EMERENCIANO *et al.*, 2013b; BRAGA *et al.*, 2013).

Nos sistemas aquícolas é fundamental a remoção do excedente de amônia e de nitrito do ambiente, pois ambos são compostos extremamente tóxicos para os organismos cultivados (ARANA, 2010). No sistema de bioflocos, essa retirada se dá através da transformação desses compostos em biomassa celular, possibilitando uma melhor qualidade do ambiente de cultivo e sua transformação em fontes alternativas de alimento, o que evita gastos com renovações de água (AVNIMELECH, 2009; ZHAO *et al.*, 2012; EMERENCIANO *et al.*, 2013a). Considerando os níveis de AT-N, N-NO<sub>2</sub> e N-NO<sub>3</sub>, CAVALLI *et al.* (1998) sugerem que valores de AT-N em torno de 2,86 mg L<sup>-1</sup> não interferem na sobrevivência ou desempenho reprodutivo de *Farfantepenaeus paulensis*, enquanto BRAGA *et al.* (2013), em sistemas de pré-maturação de machos de *L. vannamei* em bioflocos, observaram níveis de N-NO<sub>3</sub> entre 28,04 e 30,46 mg L<sup>-1</sup>. Os resultados deste trabalho, portanto, encontram-se dentro dos limites de variação dos níveis considerados adequados para camarões peneídeos.

É importante salientar que, embora o período de detecção de maturação e de desovas tenha sido reduzido, foi observada a possibilidade de ocorrência desses processos neste sistema, o que, aliado à inexpressiva taxa de renovação de água com que o mesmo opera, traz um novo universo de possibilidades para a maturação em cativeiro. Ainda assim, neste trabalho, o número médio de ovos por fêmea encontra-se dentro do esperado

para camarões peneídeos. WOUTERS *et al.* (2002), ao avaliar dietas experimentais para reprodutores de *L. vannamei*, obtiveram resultados entre 181,6 e 230,8 x 10<sup>3</sup> ovos fêmea<sup>-1</sup>, enquanto que ANDRIANTAHINA *et al.* (2012), ao analisar o desempenho reprodutivo de camarões da mesma espécie originados de viveiros e da natureza, obtiveram resultados entre 43,66 e 47,88 x 10<sup>3</sup> ovos fêmea<sup>-1</sup>.

Em relação ao número médio de náuplios por desova, PALACIOS e RACOTTA (2003) determinaram valores médios entre 64 e 93 x 10<sup>3</sup> náuplios fêmea<sup>-1</sup> para *L. vannamei*, enquanto BITTENCOURT (2000), ao avaliar o uso de minhocas terrestres na alimentação de reprodutores, observou valores entre 36 e 50 x 10<sup>3</sup> náuplios fêmea<sup>-1</sup>. Quanto à taxa de eclosão de náuplios, CHUNG *et al.* (2011) verificaram taxas médias entre 58,8 e 80,5% ao utilizar alginato de sódio para aprimorar o desempenho reprodutivo e larvário de *Penaeus monodon*, enquanto WOUTERS *et al.* (2002) obtiveram taxas entre 38,4 e 52,9%. Estes resultados, portanto, corroboram os obtidos no presente trabalho.

## CONCLUSÕES

Este é o primeiro trabalho de pesquisa com inserção da tecnologia de bioflocos no sistema de maturação de *L. vannamei* em cativeiro. Foi detectada a ocorrência de maturação neste ambiente, revelando a possibilidade de inserção do sistema de bioflocos na maturação de camarões da espécie. Adicionalmente, os resultados indicam que existe viabilidade no manejo a ser adotado nesta modalidade alternativa de reprodução em cativeiro, assim como a possibilidade de manutenção dos parâmetros físico-químicos de água adequados à espécie em questão.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FAPEU - Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através da Chamada Universal nº 14/2012 (CNPq/521454/473572/2012-5), pelo apoio financeiro a este trabalho de pesquisa.

## REFERENCIAS

- ANDREATTA, E.R. e BELTRAME, E. 2008 Cultivo de camarões marinhos. In: POLI, C.R.; POLI, A.T.B.; ANDREATTA, E.R.; BELTRAME, E. (eds) *Aquicultura: Experiências brasileiras*. Florianópolis, SC: EdUFSC. v. único, p.199-220.
- ANDRIANTAHINA, F.; LIU, X.; HUANG, H.; XIANG, J.; YANG, C. 2012 Comparison of reproductive performance and offspring quality of domesticated Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 324-325: 194-200.
- APHA. 1998 *Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater*. 20<sup>th</sup> ed. Washington, USA: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. 1496p.
- ARANA, L.V. 2010 *Qualidade da água em aquicultura: princípios e práticas*. 2<sup>a</sup> ed. Florianópolis, SC. 238p.
- AVNIMELECH, Y. 1999 Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176(3-4): 227-235.
- AVNIMELECH, Y. 2009 *Biofloc Technology - A practical guide book*. Baton Rouge, Louisiana, USA: The World Aquaculture Society. 181p.
- AZIM, M.E. e LITTLE, D.C. 2008 The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283(1-4): 29-35.
- BITTENCOURT, M. 2000 *Avaliação da influência de três estratégias alimentares no desempenho reprodutivo do camarão Litopenaeus vannamei em cativeiro*. Florianópolis. 53p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC). Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/78752>>
- BRAGA, A.L.; LOPES, D.L.A.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, W. 2013 Spermatophore and sperm quality of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* fed with fresh food supplemented with pollen and paprika. *Aquaculture*, 380-383: 29-32.
- BRAY, W.A. e LAWRENCE, A.L. 1992 Reproduction of *Penaeus* species in captivity. In: FAST, A.W. E LESTER, L.J. (eds) *Marine Shrimp culture: Principles and Practices*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers. 1<sup>st</sup> ed. p.93-169.

- BROWDY, C.L. 1998 Recent developments in penaeid broodstock and seed production technologies: improving the outlook for superior captive stocks. *Aquaculture*, 164(1-4): 3-21.
- CARVALHO, F.G.; ANDREATTA, E.R.; FRACALOSSO, D.M. 2010 Avaliação da gônada de peixe marinho e da biomassa de *Artemia* sp. como itens alimentares sobre o desempenho reprodutivo de *Litopenaeus vannamei*. *Boletim do Instituto de Pesca*, 36(2): 111-121.
- CAVALLI, R.O.; PEIXOTO, S.M.; WASIELESKY, W. 1998 Performance of *Penaeus paulensis* (Pérez-Farfante) broodstock under long-term exposure to ammonia. *Aquaculture Research*, 29(11): 815-822.
- CHUNG, M.-Y.; LIU, C.-H.; CHEN, Y.-N.; CHENG, W. 2011 Enhancing the reproductive performance of tiger shrimp, *Penaeus monodon*, by incorporating sodium alginate in the broodstock and larval diets. *Aquaculture*, 312(1-4): 180-184.
- CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. 2007 Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270 (1-4): 1-14.
- CRAB, R.; KOCHVA, M.; VERSTRAETE, W.; AVNIMELECH, Y. 2009 Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering*, 40(3): 105-112.
- CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. 2012 Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356-357: 351-356.
- DE SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOON, N.; VERSTRAETE, W. 2008 The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277(3-4): 125-137.
- EMERENCIANO, M.G.C.; WASIELESKY JUNIOR, W.; BORDA SOARES, R.; BALLESTER, E.C.; IZEPPI, E.M.; CAVALLI, R.O. 2007 Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 29(1): 1-7.
- EMERENCIANO, M.G.C. 2012 *Biofloc Tchnology (BFT) application on reproduction of penaeid shrimp (Decapoda: Penaeidae) and its effects on biochemical composition and fatty acid profile*. Sisal, Yucatan, Mexico. 205p. (Tese de Doutorado. Universidade Nacional Autonoma de Mexico). Disponível em: <<http://www.pcml.unam.mx>>
- EMERENCIANO, M.; CUZON, G.; MASCARÓ, M.; AREVALO, M.; NORENA-BARROSO, E.; JERONIMO, G.; RACOTTA, I.; GAXIOLA, G. 2012 Reproductive performance, biochemical composition and fatty acid profile of wild-caught and 2<sup>nd</sup> generation domesticated *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) broodstock. *Aquaculture*, 344-349: 194-204.
- EMERENCIANO, M.; CUZON, G.; ARÉVALO, M.; MIQUELAJAUREGUI, M.M.; GAXIOLA, G. 2013a Effect of short-term fresh food supplementation on reproductive performance, biochemical composition, and fatty acid profile of *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared under biofloc conditions. *Aquaculture International*, 21(5): 987-1007.
- EMERENCIANO, M.; CUZON, G.; ARÉVALO, M.; GAXIOLA, G. 2013b Biofloc technology in intensive broodstock farming of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*: spawning performance, biochemical composition and fatty acid profile of eggs. *Aquaculture Research*, 45(10): 1713-1726.
- GAO, L.; SHAN, H.-W.; ZHANG, T.-W.; BAO, W.-Y.; MA, S. 2012 Effects of carbohydrate addition on *Litopenaeus vannamei* intensive culture in a zero-water exchange system. *Aquaculture*, 342-343: 89-96.
- PALACIOS, E e RACOTTA, I.S. 2003 2003 Effect of number of spawns on the resulting spawn quality of 1-year-old pond-reared *Penaeus vannamei* (Boone) broodstock. *Aquaculture Research*, 34(5): 427-435.
- PÉREZ-ROSTRO, C.I.; RACOTTA, I.S.; IBARRA, A.M. 2004 Decreased genetic variation in metabolic variables of *Litopenaeus vannamei* shrimp after exposure to acute hypoxia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 302(2): 189-200.
- SCHVEITZER, R.; ANDREATTA, E.R.; SOUZA, J.; ARANTES, R.; SEIFFERT, W.Q. 2008 Cultivo com bioflocos: engorda e formação de matrizes de *Litopenaeus vannamei*. *Panorama da Aquicultura*, 107(mai/jun): 38-43.

- SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; COSTÓDIO, P.F.S.; ESPÍRITO SANTO, C.M.; ARANA, L.V.; SEIFFERT, W.Q.; ANDREATA, E.R. 2013 Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. *Aquacultural Engineering*, 56: 59-70.
- TAW, N. 2010 Biofloc Technology Expanding At White Shrimp Farms. *Global Advocate*, 10: 20-22.
- TRUJILLO, L.R. 1996 *Técnicas e procedimentos empregados na maturação de camarões peneídeos*. In: WORKSHOP DO ESTADO DO CEARÁ SOBRE CULTIVO DE CAMARÃO MARINHO, 1, Fortaleza, 4 a 6/09/1996. *Anais... Grupo de Estudos de Camarão Marinho - GECMAR*. p.67-85.
- VAN WYK, P. 2006 *Production of Litopenaeus vannamei in Recirculating Aquaculture Systems: Management and Design Considerations*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE RECIRCULATING AQUACULTURE, 6., Virginia. *Anais... Virginia Tech University* (ed.). p.38-47.
- WABETE, N.; CHIM, L.; PHAM, D.; LEMAIRE, P.; MASSABUAU, J.-C. 2006 A soft technology to improve survival and reproductive performance of *Litopenaeus stylirostris* by counterbalancing physiological disturbances associated with handling stress. *Aquaculture*, 260(1-4): 181-193.
- WASIELESKY JR., W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. 2006 Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258(1-4): 396-403.
- WOUTERS, R.; ZAMBRANO, B.; ESPIN, M.; CALDERON, J.; LAVENS, P.; SORGELOOS, P. 2002 Experimental broodstock diets as partial fresh food substitutes in white shrimp *Litopenaeus vannamei* B. *Aquaculture Nutrition*, 8(4): 249-256.
- ZHAO, P.; HUANG, J.; WANG, X.-H.; SONG, X.-L.; YANG, C.-H.; ZHANG, X.-G.; WANG, G.-C. 2012 The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture*, 354-355: 97-106.