

EFEITO DE DIFERENTES FERTILIZANTES INORGÂNICOS NA COMPOSIÇÃO DO FITOBENTOS EM VIVEIROS DE CULTIVO DE *Litopenaeus vannamei*

Effect of different inorganic fertilizers on the phytobenthos composition in *Litopenaeus vannamei* culture ponds

Luis Otavio Brito¹, João Batista Pereira-Neto², Danielli Matias de Macêdo Dantas², Rebeca Ferreira Lemos Vasconcelos², Alfredo Olivera Galvez²

RESUMO

A composição do fitobentos foi analisada em viveiros de *Litopenaeus vannamei* submetidos a diferentes estratégias de fertilização inorgânica. O desenho experimental foi completamente casualizado com dois tratamentos: T1 - nitrato de sódio enriquecido com fósforo, silicato, boro, magnésio, enxofre e potássio, e T2 - ureia, superfosfato triplo e silicato de sódio. O fitobentos foi coletado na quinta e nona semanas de cultivo e os grupos identificados foram: Cyanophytas, Bacillariophytas Pennales e Centrales. A densidade média das Bacillariophytas Pennales ($p < 0,05$) foi significativamente maior na nona semana de cultivo no T2 (84.333 cel./mL) comparada ao de T1 (31.000 cel./mL). Porcentagem média das densidades de Cyanophytas e Bacillariophytas Centrales, e peso dos camarões foram similares em ambos os tratamentos.

Palavras-chaves: *Litopenaeus vannamei*, cultivo, nitrato de sódio, uréia, Cyanophytas, Bacillariophytas.

ABSTRACT

The composition of phytobenthos in *Litopenaeus vannamei* culture ponds was analyzed using different inorganic fertilization strategies. The experimental design was completely randomized with two treatments: T1 - sodium nitrate enriched with phosphate, silicate, boron, magnesium, sulfur and potassium; T2 - urea, triple superphosphate and sodium silicate. The phytobenthos was collected in the fifth- and ninth-week culture and groups in the identification were: Cyanophytas, Pennales and Centric Bacillariophytas. Mean Pennales Bacillariophytas ($p < 0,05$) density was significantly higher in T2 (84,333 cel./ml) in the ninth week as compared to T1 (31,000 cel/ml). Mean Cyanophytas and Centric Bacillariophytas percentage densities, and shrimp's weight shrimp were similar in both treatments.

Key words: *Litopenaeus vannamei*, farming, sodium nitrate, urea, Cyanophyta, Bacillariophyta.

¹ Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, Departamento de Extensão Rural e Assistência Técnica, Av. General. San Martin, 1371, Recife, PE 50761-000, Recife. E-mail: engpescalo@hotmail.com, luis.otavio@ipa.br

² Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Recife, PE 52171-900. E-mail: alfredo_oliv@yahoo.com

INTRODUÇÃO

As algas têm sua distribuição controlada pela luminosidade, podendo ser encontradas em diferentes ambientes aquáticos como rios, lagoas, estuários, oceanos e mares, nas fases planctônica e bentônica, bem como aderidas a substratos (Eskinazi-Leça *et al.*, 2002).

Os produtores primários que formam parte do plâncton em viveiros de camarão marinho têm sido relativamente mais estudados (Campos *et al.*, 2007; Pereira-Neto *et al.*, 2008; Brito *et al.*, 2009; Melo *et al.*, 2010; Messias *et al.*, 2010; Maia *et al.*, 2011 e 2013), mas pouca ênfase tem sido dada às microalgas bentônicas que têm função fotossintética mais destacada em estuários e outros ecossistemas rasos (Macintyre *et al.*, 1996), além da fixação de nutrientes como nitrogênio e carbono através da degradação de partículas orgânicas melhorando a qualidade do solo (Sipaúba-Tavares & Rocha, 2001).

A produção e manejo adequado do alimento natural contribuem para melhorar a sobrevivência e crescimento dos camarões marinhos (Abreu *et al.*, 2007; Ballester *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2008a; Khatoo *et al.*, 2009; Godoy *et al.*, 2012; Sánchez *et al.*, 2012). Para que isso ocorra são adicionados fertilizantes inorgânicos e orgânicos nos viveiros, que servem para aumentar a abundância do alimento natural (Mischke & Zimba, 2004; Santana *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2008b; Brito *et al.*, 2009; Campos *et al.*, 2009; Souza *et al.*, 2009; Froes *et al.*, 2012; Lara-Anguiano *et al.*, 2013).

Mesmo em sistemas mais intensivos a biota natural pode contribuir substancialmente para as necessidades nutricionais dos camarões (Burford *et al.*, 2003). Para a fase de pós-larva de *Penaeus esculentus* em altas densidades (5.720 e 11.430 ind./m²) o alimento natural teve contribuição significativa no crescimento individual do camarão (Burford *et al.*, 2004). Segundo Martinez-Cordova *et al.* (2004) esta contribuição pode chegar a 70% de suas necessidades nutricionais, dependendo de vários fatores como estágio de desenvolvimento, intensificação do sistema de cultivo, condições ambientais, qualidade da água, sedimentos e tipo de comunidades predominantes.

Apesar da importância da fertilização no desenvolvimento da biota natural, sua eficiência está relacionada a fatores como fonte de água de abastecimento, tipo de sedimento, taxa de alimentação e densidade de estocagem. A sua utilização de forma descontrolada pode estimular um florescimento de grupos fitoplânctônicos indesejáveis como, por exemplo, Cyanophytas e Pirrophytas (Brito *et al.*, 2006).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a composição do fitobentos em viveiros do camarão *Litopenaeus vannamei* fertilizados com nitrato de sódio, ureia, superfosfato triplo e silicato.

MATERIAL E MÉTODOS

Noves viveiros comerciais de cultivo de *L. vannamei* foram utilizados para avaliar diferentes regimes de fertilização inorgânica. Os regimes de fertilização foram: T1- nitrato de sódio enriquecido com fósforo, silicato, boro, magnésio, enxofre e potássio, sendo utilizados seis viveiros com área variando entre 4,2 a 8 ha e T2 - ureia, superfosfato triplo e silicato, sendo utilizados três viveiros com área variando de 6,9 a 10 ha.

As pós-larvas (PL₁₀) do camarão foram adquiridas em laboratório comercial e cultivadas em tanques berçários durante 10 dias, antes do povoamento dos viveiros. A densidade de estocagem foi de 37,5 ind./m² e a dieta alimentar dos camarões nos viveiros constou de ração comercial de 30% proteína bruta, distribuída pelo método de bandejas (50/ha). As renovações de água foram periódicas ao longo do período de cultivo.

Dez dias antes da estocagem, todos os viveiros foram esvaziados, e tiveram suas comportas de adução e drenagem lacradas e dotadas de duas baterias consecutivas de telas com 500 e 1000 micra, respectivamente. As áreas úmidas foram tratadas com uma solução de cloro a 100 ppm. Para o T1 foi aplicado nitrato de sódio numa primeira dosagem de 250 kg/ha no solo, sem dissolver, em faixas, de cinco em cinco metros a partir do talude dos viveiros. Vinte e quatro horas após a aplicação no solo, foi realizado o enchimento dos viveiros até atingir 50% do nível de operação, após o que deixou-se o nitrato de sódio atuar no solo por sete dias e, após o enchimento (50% do nível) e povoamento dos viveiros, foi aplicada a primeira dose de nitrato de sódio dissolvido na água (Castro, 2000).

No T2 foi realizada a correção do solo através da calagem, a partir da aplicação de calcário dolomítico em quantidades ajustadas ao pH do solo de cada viveiro (Boyd, 1997). Os fertilizantes inorgânicos utilizados foram ureia, superfosfato triplo e silicato de sódio, cujas dosagens variaram de acordo com a transparência da água (Boyd, 2003).

As amostras de fitobentos foram obtidas na quinta e nona semanas de cultivo com o auxílio de um coletor de tubo PVC com diâmetro de 50 mm e graduado com marcações de 5 cm. A medição da

quantidade de sedimento (98,1 cm³) foi baseada na visualização das marcações graduadas em relação à lâmina de água. O material coletado foi colocado em saco plástico e fixado com formol (6%), e tamponado com bórax (1%) (Pereira-Neto *et al.*, 2008).

Antes de armazenar o fitobentos para análise foi necessário diluir o sedimento para possibilitar a visualização das microalgas na câmara de Sedgewick – Rafter, realizado em redes de 1000 e 200 µm para a retenção de objetos maiores e redução do material particulado, respectivamente. O sedimento coletado foi diluído 60 vezes em água salgada, mantendo a fixação e o tamponamento inicial da amostra para armazenamento em recipientes plásticos de 10 mL (Pereira-Neto *et al.*, 2008).

As amostras de fitobentos foram analisadas no Laboratório de Produção de Alimento Vivo (LAPAVI) localizado no Departamento de Pesca e Aqüicultura/UFRPE. Para a realização das análises qualitativa e quantitativa, através da identificação e quantificação das amostras de microalgas, foi utilizada câmara de Sedgewick-Rafter, microscópio óptico binocular (OLYMPUS CH30) com aumento de 800 vezes de imagem total e as referências especializadas Hoek *et al.* (1995) e Stanford (1999). As amostras foram analisadas a partir de três diferentes subamostragens. As densidades foram expressas em células por mililitro (cel./mL) e estimadas de acordo com Pereira-Neto *et al.* (2008):

$$DFB = [(nm / nq) \times 1000] \times F$$

onde, DFB = densidade fitobentônica; nm = número de microalgas encontradas nos compartimentos percorridos da câmara; nq = número de compartimentos percorridos na câmara; 1000 = número de compartimentos da câmara de Sedgewick-Rafter; F = fator de correção de diluição (60).

A temperatura (°C) e o oxigênio dissolvido (mg/L) foram mensurados diariamente (5:00h e 15:00h) com um oxímetro digital YSI modelo 55 12 FT. A salinidade (refratômetro modelo S.Mill, marca ATAGO) e o pH (medidor digital, modelo L 55, marca HANNA) foram mensurados duas vezes por semana. As análises químicas da água foram determinadas utilizando respectivamente as seguintes metodologias: ni-

trito (mg/L) baseado Golterman *et al.* (1978), nitrato (mg/L) baseado Mackereth *et al.* (1978); amônia total (mg/L) baseado em Koroleff (1976) e ortofosfato (mg/L) baseado em APHA (1995) e foram mensuradas uma vez na semana.s

Os dados biométricos da quinta e nona semanas de cultivo foram coletados para avaliar o crescimento dos camarões. Os dados gerados foram submetidos ao método estatístico descritivo e posteriormente, aplicou-se o teste “t” de Student, com nível de significância ($p < 0,05$). Todos os dados foram analisados através do programa Assistat versão 7.6.

RESULTADOS

As médias máximas e mínimas do oxigênio dissolvido (5,5-6,4 mg/L), temperatura (27,5-29,4°C), salinidade (15-32) e pH (7,2-8,7) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$). As concentrações médias de amônia total, nitrato, nitrato e ortofosfato nos tratamentos: T1 (0,023 ± 0,012 mg/L; 0,002 ± 0,001 mg/L; 0,004 ± 0,001 mg/L; 0,029 ± 0,018 mg/L) e T2 (0,030 ± 0,017 mg/L; 0,002 ± 0,002 mg/L; 0,014 ± 0,013 mg/L; 0,010 ± 0,011 mg/L) foram significativamente iguais ($p > 0,05$). Os valores de ortofosfato apresentaram diferenças entre os tratamentos durante as semanas de cultivo, enquanto nitrato apenas no início do cultivo (Figura 1).

Os valores médios das densidades do fitobentos estão descritos na Tabela I e representados em porcentagem na Figura 2. O percentual médio de Bacillariophytas Pennales foi maior em relação aos demais grupos em ambos os tratamentos. Em relação às Bacillariophytas Centrales o percentual aumentou durante o tempo de cultivo, enquanto as Cyanophytas o percentual reduziu. Diferenças significativas ($p < 0,05$) foram observadas para a densidade de Bacillariophytas Pennales na nona semana de cultivo, a densidade no T2 foi superior ao T1 (Tabela I).

O peso médio dos camarões na quinta (4,51g e 4,31g) e nona (6,08g e 5,40g) semanas de cultivo, respectivamente para os tratamentos T1 e T2, não apresentaram diferença significativa entre os mesmos ($p > 0,05$) (Figura 3).

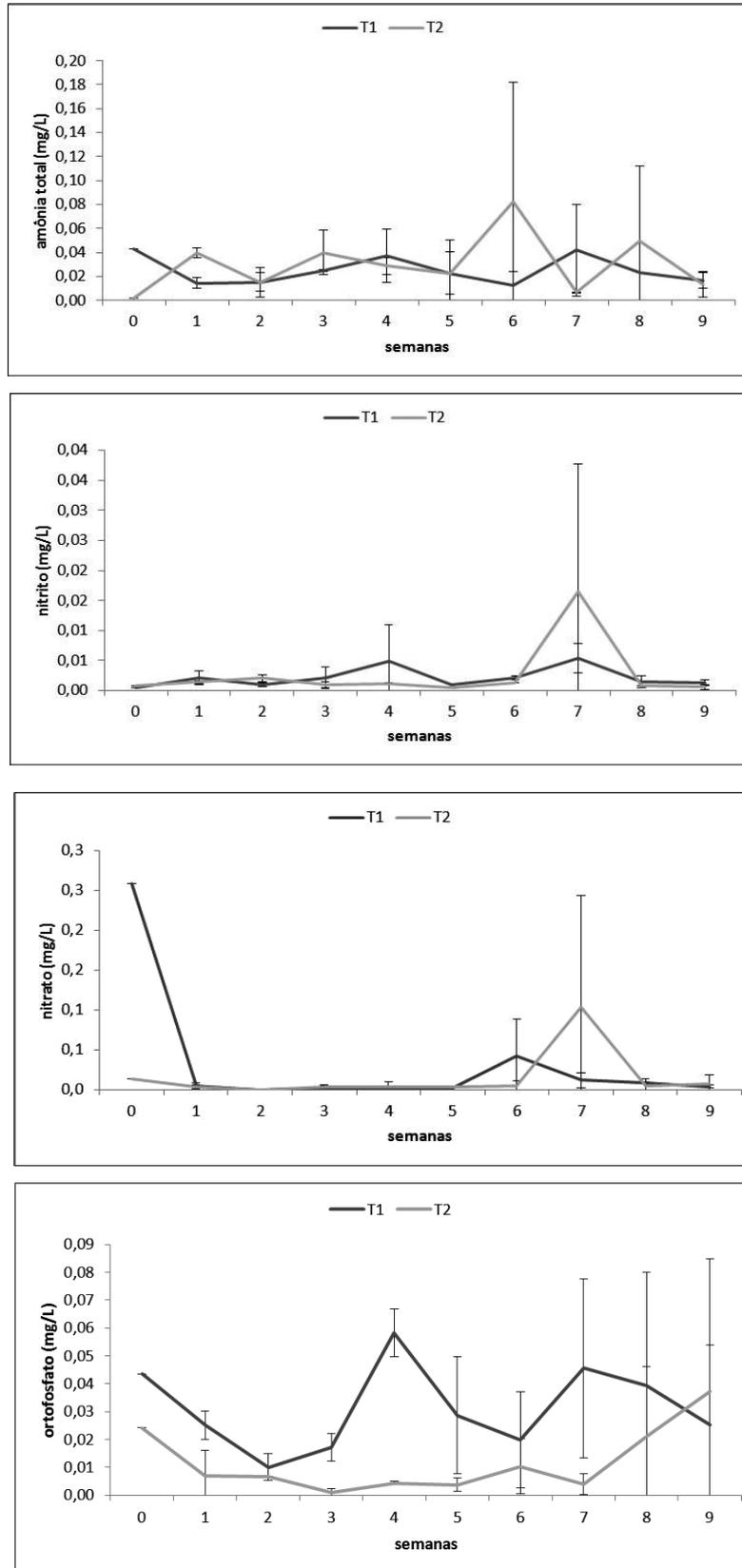


Figura 1 - Flutuações de amônia total, nitrito, nitrato e ortofosfato durante o cultivo de *Litopenaeus vannamei* com dois regimes de fertilização inorgânica: T1 - nitrato de sódio enriquecido com fósforo, silicato, boro, magnésio, enxofre e potássio e T2 - ureia, superfosfato triplo e silicato.

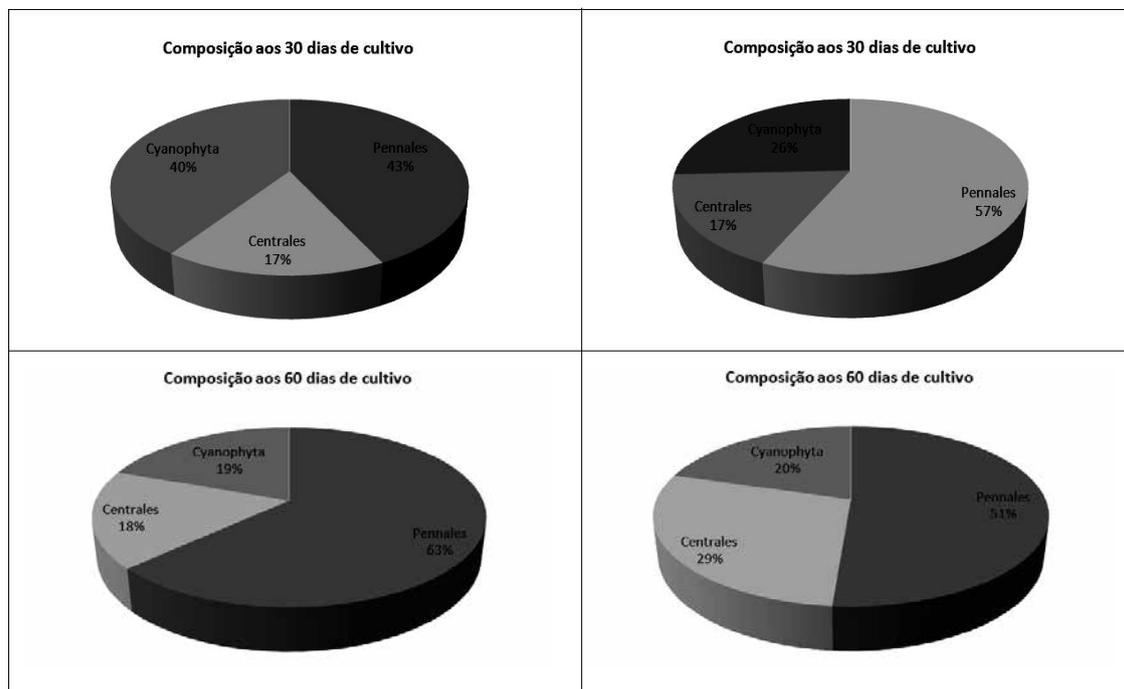


Figura 2 - Composição do fitobentos na quinta e nona semanas de cultivo de *Litopenaeus vannamei*, com dois regimes de fertilização inorgânica. Lado esquerdo da figura T1 - nitrato de sódio enriquecido com fósforo, silicato, boro, magnésio, enxofre e potássio e lado direito da figura T2 - ureia, superfosfato triplo e silicato.

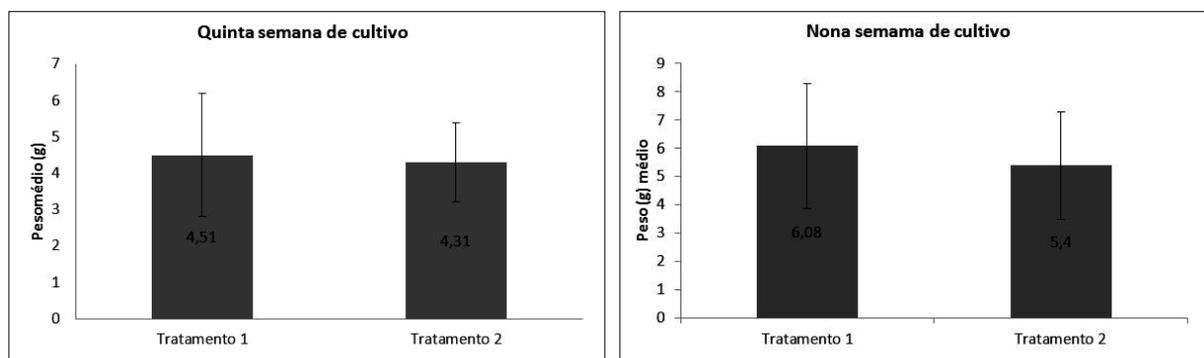


Figura 3 - Peso (g) médio dos camarões na quinta e nona semana de cultivo de *Litopenaeus vannamei*, em viveiros fertilizados com dois regimes de fertilização inorgânica: T1 - nitrato de sódio enriquecido com fósforo, silicato, boro, magnésio, enxofre e potássio e T2 - ureia, superfosfato triplo e silicato.

Tabela I - Densidade do fitobentos (cel./mL) em viveiros de cultivo de *Litopenaues vannamei* submetido a diferentes estratégias de fertilização inorgânica.

| Semana | Bacillariophytas Pennales | | Bacillariophytas Centrales | | Cyanophytas | |
|----------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | T1 | T2 | T1 | T2 | T1 | T2 |
| 5 ^a | 15.800 (1.000 - 48.000) | 53.883 (2.500 - 105.000) | 6.250 (3.000 - 15.000) | 16.500 (2.000 - 45.000) | 14.917 (3.000 - 33.000) | 24.333 (5.000 - 54.000) |
| 9 ^a | 31.000 ^a (9.000 - 87.000) | 84.333 ^b (66.000 - 100.000) | 11.500 (9.000 - 18.000) | 51.333 (25.000 - 75.000) | 8.000 (0 - 12.000) | 17.333 (9.000 - 25.000) |

Observação: valores fornecidos como média e mínimo e máximo (entre parênteses). Letras diferentes na mesma linha dentro do mesmo do mesmo grupo do fitobentos indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste "t" (p < 0,05): T1 - nitrato de sódio enriquecido com fósforo, silicato, boro, magnésio, enxofre e potássio; T2 - ureia, superfosfato triplo e silicato.

DISCUSSÃO

As variáveis ambientais que indicam a qualidade da água podem influenciar na composição da biota natural. Khaton *et al.* (2009) encontraram menores concentrações de amônia total e nitrito em tanques com microalgas em relação ao controle, e Thompson *et al.* (2002), avaliando a importância do biofilme na qualidade da água, também observaram menores concentrações de amônia total em relação ao controle.

Case *et al.* (2008) consideram os organismos do plâncton como excelentes indicadores das condições ambientais e saúde dos viveiros, pois estes grupos são sensíveis a mudanças na qualidade do ambiente. No presente trabalho não foi encontrada diferença significativa nas variáveis de qualidade com os diferentes fertilizantes, provavelmente pelas sucessivas trocas de água no sistema convencional de cultivo. Resultados semelhantes foram observados por Khatoo *et al.* (2007) em relação à redução da influência do perifiton na qualidade da água com as sucessivas trocas de água.

Maiores densidades na composição do fitobentos de Bacillariophytas quando comparadas com as Cyanophytas em ambos os tratamentos, com predominância nas primeiras semanas de cultivo também foram relatadas por Yussolf *et al.* (2002; 2010), Khatoo *et al.* (2007) e Case *et al.* (2008). Burford & Pearson (1998) avaliando o efeito da fertilização de viveiros de *Penaeus monodon* com uréia e nitrato de sódio observaram predominância inicial de Bacillariophytas e posterior domínio de Pyrrophytas, porém não encontraram diferenças significativas entre os tipos de fertilizantes.

Maior participação das Bacillariophytas na fase inicial do cultivo e redução nas fases posteriores pode estar relacionada aos ajustes da relação inicial de nitrogênio-fósforo que sucessivamente vai sendo

desbalanceada devido às altas taxas de alimentação e ao acúmulo de matéria orgânica, ocasionando a eutrofização destes ambientes. Outro fator importante a ser considerado é a salinidade, pois as Bacillariophytas têm crescimento mais significativo em ambientes com valores maiores do que 30, enquanto as Cyanophytas crescem melhor quando os valores se encontram abaixo de 25 (Khatoo *et al.*, 2010). No presente experimento, a salinidade se apresentou inicialmente com 15 e aumentou gradativamente para valores acima de 30, amplitude que provavelmente contribuiu para alterações na composição do fitobentos.

Nos últimos anos foram relatados vários casos do surgimento de episódios de proliferação massiva de microalgas marinhas daninhas e tóxicas que afetam peixes, moluscos e crustáceos e, inclusive, os humanos (Perez-Linares *et al.*, 2003). A exposição crônica a toxinas pode provocar efeitos letais ou subletais, conduzindo a anormalidades nos hábitos alimentares, disfunções fisiológicas, redução do crescimento, patologia e mortalidade. (Perez-Linares *et al.*, 2003; Zimba *et al.*, 2006). Neste trabalho foi observada redução da porcentagem de Cyanophytas ao longo do período de avaliação e, como consequência, ocorreu um aumento das Bacillariophytas Pennales e Centrales.

Campos *et al.* (2009), avaliando fertilizantes orgânicos e inorgânicos no cultivo de *L. vannamei*, sem troca de água, observaram no fitobentos abundância entre 24,8 a 60,17% de Bacillariophytas e Cyanophytas entre 29,68 e 65,59%. Santana *et al.* (2008) avaliando a fertilização de tanques de *L. vannamei* com farelo de arroz, farelo de trigo, melão e controle (ureia e superfosfato triplo) encontraram maiores densidades de Cyanophytas na composição, com exceção do tratamento com melão, onde ocorreu maior densidade de Bacillariophytas.

Outro fator que pode influenciar na composição da biota natural é o sistema de cultivo, pois

ocorreram diferenças entre os sistemas semi-intensivo, orgânico e intensivo, sendo maior a predominância de Cyanophytas em relação a Bacillariophytas nos sistemas semi-intensivo e intensivo, enquanto no orgânico ocorreu o inverso, provavelmente devido à carga de nutrientes disponibilizados via ração ofertada aos camarões (Melo *et al.*, 2010).

Pereira-Neto *et al.* (2008), avaliando a composição do fitobentos em viveiros comerciais de cultivo de *L. vannamei*, observaram maior abundância de Bacillariophytas em relação às Cyanophytas nos períodos seco e chuvoso em viveiros fertilizados com ureia, silicato e superfosfato triplo. No presente estudo a fertilização com nitrato de sódio enriquecido atuou mais na redução da comunidade de Cyanophytas fitobentônicas, sendo as densidades de Bacillariophytas gradativamente incrementadas.

Segundo Avault (2003), a comunidade fitobentônica bem desenvolvida pode ajudar na qualidade do ambiente aquático, pois melhora a assimilação de nutrientes como amônia e outros metabólitos tóxicos, a não ser quando ocorre excesso de microalgas. Moss & Pruder (1995) relatam a importância das Bacillariophytas Pennales e Centrales na alimentação de camarões marinhos cultivados. Segundo Gordon *et al.* (2006), Bacillariophytas bentônicas possuem de 32 a 38% de proteína bruta. Khatoor *et al.* (2009) reportam que as Bacillariophytas do bentos tem adequadas quantidades de proteínas, lipídios, carboidratos, ácidos graxos para as fases iniciais de *P. monodon*.

No presente estudo, quando se avalia crescimento em peso do camarão *L. vannamei* entre os tratamentos, pode-se perceber uma diferença de 0,68 g entre T1 e T2, provavelmente pelo adequado balanceamento das Bacillariophytas em relação às Cyanophytas no sedimento. Uma comunidade bem desenvolvida de perifiton podem contribuir para incrementar o crescimento do camarão (Banerjee *et al.*, 2010; Anand *et al.*, 2013), através do incremento das atividades enzimáticas (amilase, celulase, protease e tripsina) que estão relacionadas com a nutrição dos camarões (Anand *et al.*, 2013). Lara-Anguiano *et al.* (2013) não observaram diferenças significativas nos parâmetros de produção do camarão *L. vannamei* em sistema de zero troca de água com fertilização orgânica (melaço) e inorgânica (nitrato de sódio). Segundo Rodrigues (2011), em viveiros comerciais dessa espécie, observa-se que até o peso aproximado de 4 g, o camarão consome principalmente microrganismos bentônicos, mas, em seguida, o alimento artificial torna-se sua principal fonte de nutrição.

Diferentes formas de fertilização, inclusive com nitrato de sódio, considerando-se as características da água de abastecimento e o manejo dos viveiros contribuem significativamente para melhorar a composição da biota natural e, conseqüentemente, aumentam os índices zootécnicos como peso médio, sobrevivência e fator de conversão alimentar dos camarões cultivados.

Agradecimento - Alfredo Olivera Gálvez é bolsista de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, P.C.; Ballester, E.L.C.; Odebrecht, C.; Wasielesky Jr, W.; Cavalli, R.O.; Graneli, W. & Anesio, A.M. Importance of biofilm as food source for shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) evaluated by stable isotopes ($d^{13}C$ and $d^{15}N$). *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, Amsterdam, v.347, p.88-96, 2007.
- Anand, P.S.S.; Kohli, M.P.S.; Roy, S.D.; Sundaray, J.K.; Kumar, S.; Sinha, A.; Pailan, G.H. & Sukham, M.K. Effect of dietary supplementation of periphyton on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, Amsterdam, v.392, n.5, p.59-68, 2013.
- A.P.H.A. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. APHA, 560 p., Washington, 1995.
- Avault, J.W.A. Fertilization: Is there a role for it in aquaculture. *Aquaculture Magazine*, Ashville, v.29, n.2, p.47-52, 2003.
- Ballester, E.L.C.; Wasielesky Jr, W.; Cavalli, R.O. & Abreu, P.C. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: biofilm composition and shrimp performance. *Aquaculture*, Amsterdam, v.265, p. 355-362, 2007.
- Banerjee, S.; Khatoon, H.; Shariff, M. & Yusoff, F.M. Enhancement of *Penaeus monodon* shrimp postlarvae growth and survival without water exchange using marine *Bacillus pumilus* and periphytic microalgae. *Fisheries Sci*, Tokyo, v.76, n.3, p.481-487, 2010.
- Boyd, C.E. *Pond bottom soil and water quality management for pond aquaculture*. ASA, 55 p., Albany, 1997.
- Boyd, C.E. Fertilizantes químicos na aqüicultura de viveiros. *Revista da ABCC*, Recife, v.5, n.3, p.79-81, 2003.
- Brito, L.O.; Costa, W.M. & Olivera, A. Importância da fertilização em viveiros de camarão marinho.

- Panorama da Aquicult.*, Rio de Janeiro, v.16, n.93, p.35-37, 2006.
- Brito, L.O.; Dantas, D.M.M.; Pereira-Neto, J.B.; Soares, R. & Olivera, A. Efeito de duas estratégias de fertilização na composição do fitoplâncton no cultivo de *Litopenaeus vannamei*. *Arq. Ciên. Mar.*, Fortaleza, v.42, n.1, p.30-35, 2009.
- Burdord, M.A. & Pearson, D.C. Effect of different nitrogen sources on phytoplankton composition in aquaculture ponds. *Aquat. Microb. Ecol.*, Oldendorf, v.15, p.277-284, 1998.
- Burford, M.A.; Thompson, P.J.; Mcintosh, R.P.; Bauman, R.H. & Pearson, D.C. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, Amsterdam, v.219, p.393-411, 2003.
- Burford, M.A.; Thompson, P.J.; Mcintosh, R.P.; Bauman, R.H. & Pearson, D.C. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*, Amsterdam, v.232, p.525-537, 2004.
- Campos, A.A.B.; Maia, E.P.; Costa, W.M.; Brito, L.O. & Olivera, A. Descrição dos principais grupos fitoplânctônicos do afluente e efluente em fazenda de criação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* com sistema de recirculação parcial de água. *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, v.33, p.113-119, 2007.
- Campos, S.S.; Silva, U.L.; Lucio, M.Z.T. & Correia, E.S. Natural food evaluation and water quality in zero water exchange culture of *Litopenaeus vannamei* fertilized with wheat bran. *Aquacult. Int.*, Berlin, v.17, p.113-124, 2009.
- Casé, M.; Eskinazi-Leça, E.; Leitão, S.N.; Santanna, E.E.; Schwamborn, R. & Junior, A. T. M. Plankton community as indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. *Mar. Poll. Bull.*, Oxford, v.56, p.1343-1352, 2008.
- Castro, J. *Manual técnico para camaroneiras*. Universidade Agrária do Equador, 59 p., Guayaquil, 2000.
- Eskinazi-Leça, E.; Moura, A.N.; Silva-Cunha, M.G. & Koenig, M.L. Microalgas marinhas do estado de Pernambuco, p.79-96, in Tabarelli, M.E & Silva, J.M.C. (eds.), *Diagnóstico da biodiversidade em Pernambuco*. Secretária de Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco, 356 p., Recife, 2002.
- Froes, C.; Foes, G.; Krummenauer, D.; Ballester, E.; Poersch, L.H. & Wasielesky Jr, W. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. *Atlântica*, Rio Grande, v.34, n.1, p.31-39, 2012.
- Godoy, I.C.; Odebrecht, C.; Ballester, E.L.C.; Martins, T.G. & Wasielesky, W. Effect of diatom supplementation during the nursery rearing of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a heterotrophic culture system. *Aquacult. Int.*, Berlin, v.20, n.3, p.559-569, 2012.
- Golterman, H.J.; Clymo, R.S. & Ohnstad, M.A.M. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. Scientific Publications, 214 p., London, 1978.
- Gordon, N.; Neori, A.; Shpigel, M.; Lee, J. & Harpaz, S. Effect of diatom diets on growth and survival of the abalone *Haliotis discus hannai* postlarvae. *Aquaculture*, Amsterdam, v.252, p.225-233, 2006.
- Hoek, C.; Mann, D. & Jahns, H.M. *Algae: an Introduction to Phycology*. Cambridge University Press. 623 p., Cambridge, 1995.
- Khatoon, H.; Yusoff, F.M.; Banerjee, S. & Shariff, M. Formation of periphyton biofilm and subsequent biofouling on different substrates in nutrient enriched brackishwater shrimps ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, v.273, p. 470-477, 2007.
- Khatoon, H.; Banerjee, S.; Yusoff, F. M. & Shariff, M. Evaluation of indigenous marine periphytic *Amphora*, *Navicula* and *Cymbella* grown on substrate as feed supplement in *Penaeus monodon* postlarvae hatchery systems. *Aquacul. Nutr.*, Oxford, v.15, p.186-193, 2009.
- Khatoon, H.; Banerjee, S.; Yusoff, F. M. & Shariff, M. Effects of salinity on the growth and proximate composition of selected tropical marine periphytic diatoms and cyanobacteria. *Aquacul. Res.*, Oxford, v.41, p.1348-1355, 2010.
- Koroleff, F. Determination of nutrients, p.117-187, in Grasshoff, K. (ed), *Methods of seawater analysis*. Chemie Weinheim, 419 p., Verlag, 1976.
- Lara-Anguiano, G.F.; Esparza-Leal, H.M.; Sainz-Hernández, J.C.; Ponce-Palafox, J.T.; Valenzuela-Quiñónez, W.; Apun-Molina, J.P. & Gullian Klanian, M. Effects of inorganic and organic fertilization on physicochemical parameters, bacterial concentrations, and shrimp growth in *Litopenaeus vannamei* cultures with zero water exchange. *J. World Aquac. Soc.*, Baton Rouge, v.44, n.4, p.499-510, 2013.

- Macintyre, H.L.; Geider, R.J. & Miller, D.C. Microphytobenthos: the ecological role of the "secret garden" of vegetated, shallow-water marine habitats. I. Distribution, abundance and primary production. *Estuaries*, v.19, p.186-201, 1996.
- Mackereth, F.J.H.; Heron, J. & Talling, J.F. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Scientific Publications, 121 p., London, 1978.
- Maia, E.P.; Modesto, G.A.; Brito, L.O.; Olivera, A. & Gesteira, T.C.V. Effect of a commercial probiotic on bacterial and phytoplankton concentration in intensive shrimp farming (*Litopenaeus vannamei*) recirculation systems. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, Valparaíso, v.41, n.1, p.126-137, 2013.
- Maia, E.P.; Olivera, A. & Brito, L.O. Brazilian shrimp farms for *Litopenaeus vannamei* with partial and total recirculation systems. *Intern. J. Aquat. Sci.*, Teheran, n.1, p.16-26, 2011.
- Martínez-Córdova, L.R.; Campaña-Torres, A. & Martínez-Porchas, M. Manejo de la productividad natural en el cultivo del camarón, p. 671-694, in Cruz-Suárez, L.E.; Ricque, M.D.; Nieto, L.M.G.; Villarreal, D.; Scholz, U. & González, M. (eds.), *Avances em nutrição aquícola*, Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, Sonora, 2004.
- Melo, M.P.; Carvalheiro, J.M.; Cordeiro, T.A.; Queiroz, A.R.; Prado, J.P. & Borges, I. F. Phytoplanktonic composition of three cultivation systems used in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) marine shrimp farms. *Acta Scient. Biol. Scien.*, Maringá, v.32, n.3, p.223-228, 2010.
- Messias, G.A.; Brito, L.O.; Maia, E.P.; Souza, F.M.M.C.; Costa, W.M. & Gálvez, A.O. Caracterização do fitoplâncton em fazenda de carcinicultura marinha, com sistema fechado de recirculação. *Pesq. Agropec. Pernamb.*, Recife, v.15, p.29-34, 2010.
- Mischke, C.C. & Zimba, P.V. Plankton community responses in earthen channel catfish nursery ponds under various fertilization regimes. *Aquaculture*, Amsterdam, v.233, p.219-235, 2004.
- Moss, S.M. & Pruder, G.D. Characterization of organic particles associated with rapid growth in juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei* Boone, reared under intensive culture conditions. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, Amsterdam, v.187, p.175-191, 1995.
- Pereira-Neto, J.B.; Dantas, D.M.M.; Olivera, A. & Brito, L.O. Avaliação das comunidades planctônica e bentônica de microalgas em viveiros de camarão (*Litopenaeus vannamei*). *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, v.34, n.4, p.543-551, 2008.
- Pérez-Linares, J.; Cadena, M.; Rangel, C.; Venzueta-Bustamante, M.L. & Ocha, J.L. Effect of *Schizothrix calcicola* on white shrimp *Litopenaeus vannamei* (*Penaeus vannamei*) postlarvae. *Aquaculture*, Amsterdam, v.218, p.55-65, 2003.
- Rodríguez M.H.C. El bentos y su importancia en piscicultura de producción de camarón. *Aquacultura*, Guayaquil, v.84, p.34-36, 2011.
- Sánchez, D.R.; Fox, J.M.; Gatlin, D. & Lawrence, A.L. Dietary effect of squid and fish meals on growth and survival of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the presence or absence of phytoplankton in an indoor tank system. *Aquacul. Res.* Oxford, v.43, n.12, p.1880-1890, 2012.
- Santana, W.M.; Leal, A.; Santana, W.M.; Lúcio, M.Z.; Castro, P.F. & Correia, E.S. Respostas planctônica e bentônica a diferentes fertilizações no cultivo do camarão *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967). *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, v.34, n.1, p.21-27, 2008.
- Silva, C.F.; Ballester, E.; Monserrat, J.; Geracitano, L.; Wasielesky Jr., W. & Abreu, P.C. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. *Aquacul. Nutr.* Oxford, v.14, p.507-514, 2008a.
- Silva, U.L.; Campos, S.S. & Correia, E.S. Efeitos de fertilizantes orgânicos e inorgânicos na abundância de macro e meiobentos e na qualidade da água do cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Atlântica*, Rio Grande, v. 30, n. 1, p. 23-33, 2008b.
- Sipaúba-Tavares, L.H. & Rocha, O. *Produção de plâncton (zooplâncton e fitoplâncton) para alimentação de organismos aquáticos*. RIMA, 106 p., São Carlos, 2001.
- Souza, F.M.M.; Messias, G.A.; Fialho, D.H.F.; Soares, R.B. & Correia, E.S. Crescimento do camarão marinho *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) cultivado em tanques com diferentes protocolos de fertilização orgânica *Acta Scient. Biol. Scien.*, Maringá, v.31, n.3, p.221-226, 2009.
- Stanford, C. *A guide to phytoplankton of aquaculture ponds*. Collection analysis and Identification, 59 p., Queensland, 1999.
- Thompson, F.L.; Abreu, P.C. & Wasielesky Jr., W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture*, Amsterdam, v.203, p.263-278, 2002.
- Zimba, P.V.; Camus, A.; Allen, E.H. & Burkholder,

J.M. Co-occurrence of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, mortalities and microcystin toxin in a southeastern USA shrimp facility. *Aquaculture*, Amsterdam, v.261, p.1048-1055, 2006.

Yusoff, F.M.; Matias-Peralta, H. & Shariff, M. Phytoplankton population patterns in marine shrimp culture ponds with different sources of water

supply. *Aquat. Ecosyst. Health & Management*, v.13, n.4, p.458-464, 2010.

Yusoff, F.M.; Zubaidah, M.S.; Matias, H.B. & Kwan, T.S. Phytoplankton succession in intensive marine shrimp culture ponds treated with a commercial bacterial product. *Aquacul. Res. Oxford*, v.33, p.269-278, 2002.