

Efeito do tipo de sedimento na eficiência alimentar, crescimento e sobrevivência de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

Daniele Bezerra dos Santos¹, Cibele Soares Pontes^{1*}, Fúlvio Aurélio Moraes Freire² e Ambrósio Paula Bessa Júnior³

¹Bioecologia Aquática, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Praia de Mãe Luíza, Via Costeira, s/n, 59014-100, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. ²Departamento de Ciências Animais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. ³Setor de Aquicultura, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: csportes@ufersa.edu.br

RESUMO. Este estudo avaliou o desempenho zootécnico do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em diferentes tipos de substratos não consolidados. Juvenis ($0,97 \pm 0,27$ g) foram aclimatados na densidade de 52 m^{-2} , em 21 caixas de polietileno com biofiltros individuais, em um sistema fechado de filtração contínua, sendo submetidos aos tratamentos: 1) A = 25% silte + 25% argila + 25% areia muito fina + 25% areia fina; 2) B = 50% areia fina + 50% areia muito fina e 3) Controle = sem substrato, em um delineamento experimental completamente casualizado, com três tratamentos e sete repetições cada. Os animais foram alimentados com 12% da biomassa/dia com ração peletizada (35% de proteína bruta), ofertada em bandejas e parcelada em duas ofertas diárias (8 e 16h). O estudo teve duração de 48 dias, sendo avaliados: consumo aparente de ração, eficiência alimentar, taxa de crescimento específico, sobrevivência e ganho de peso. Foram acompanhados diariamente salinidade, pH, amônia e temperatura da água. A análise estatística dos dados se deu por meio dos testes Anova ou Kuskal-Wallis, em função da sua parametricidade. Não foram observadas diferenças significativas com relação aos fatores avaliados nas diferentes granulometrias de sedimento testadas, indicando que estas não exerceram influência sobre o desempenho zootécnico de *L. vannamei* juvenil.

Palavras-chave: carcinicultura, substrato, etologia aplicada, *Litopenaeus vannamei*, aquicultura

ABSTRACT. Effect of sediment type on feed efficiency, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). This study aimed to evaluate the zootechnical performance of *Litopenaeus vannamei* shrimp at different types of unconsolidated substrate. Juvenile shrimp (0.97 ± 0.27 g) were acclimatized, in a stocking density of 52 m^{-2} , to 21 polyethylene boxes (50 L) connected individually to biofilters in a closed water exchange system. The animals were submitted to the treatments: 1) A = 25% silt + 25% clay + 25% very fine sand + 25% fine sand; 2) B = 50% fine sand + 50% very fine sand and 3) Control = no sediment, with seven replications each. Photoperiod was set on 12L: 12D. Shrimps were fed twice a day (at 08:00 and 16:00h) with 12% total biomass day^{-1} . Food was offered in feeding trays 2 cm from the substrate. The experiment had a duration of 48 days, evaluating: apparent ration intake, food efficiency, specific growth rate, survival and weight gain. During this period, water quality was monitored daily. Data was analyzed by Anova or Kuskal-Wallis test, depending on normality (SigmaStat 3.1, 2004 and STATISTICA 6.0, 2001). There were no differences among groups regarding weight gain, food intake, SGR and survival, indicating that these did not exert influence on the zootechnical performance of *L. vannamei* juvenil.

Keywords: shrimp culture, substrate, applied ethology, *Litopenaeus vannamei*, aquaculture.

Introdução

A carcinicultura marinha brasileira experimentou um extraordinário crescimento a partir da introdução da espécie exótica *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), no ano de 1982 no Estado da Bahia (BUENO, 1989), e vem ocupando nos últimos anos lugar de destaque no cenário mundial. Dentre os fatores que contribuem para este crescimento está o desenvolvimento e a adoção de tecnologias

apropriadas em todas as etapas do processo produtivo.

Atualmente, a metodologia de cultivo utilizada para produção deste camarão está baseada em sistema de cultivo semi-intensivo (PONTES, 2006), caracterizado pela utilização de viveiros de 1 a 10 ha escavados em terra, troca de água mínima por bombeamento (de 1 a 5% ao dia), densidade de estocagem populacional moderada (aproximadamente $30 \text{ camarões m}^{-2}$), alimentação

natural (fitoplâncton, zooplâncton, bentos etc.) complementada por ração balanceada; aeração mecânica nos horários mais críticos de escassez de oxigênio, investimento inicial médio e pouca exigência em mão-de-obra especializada (VINATEA-ARANA, 2004).

Uma vez que os camarões passam grande parte do seu ciclo de vida sobre o substrato, enterrados e até mesmo ingerindo partes dele, as condições do solo são particularmente importantes para os mesmos (DALL et al., 1995), sendo também a qualidade do solo um fator determinante para as características da água e para a produção aquática animal (BOYD, 1990, 1995). Em sistemas de cultivo, a presença ou ausência de sedimento e outras áreas de superfície podem ter efeitos positivos ou negativos sobre a produção do camarão (BRATVOLD; BROWDY, 2001).

As condições dos sedimentos encontrados nos tanques de aquicultura podem ser afetadas por diversos fatores: densidade de estocagem, manejo de alimento artificial e práticas de aeração (PETERSON, 1999). Quanto maior a densidade de estocagem, aliado ao uso de práticas inadequadas de manejo alimentar, maior será a geração de resíduos, e o acúmulo de matéria orgânica pode acelerar o processo de degradação do solo e da água de cultivo e de áreas adjacentes (NUNES et al., 1996). Jory (1995) apud Peterson (1999) identificou que a acumulação de detritos no solo de tanques incentivou a incidência de doenças. Lemonnier et al. (2004) estudaram a influência das características do sedimento sobre a fisiologia dos camarões e identificaram o pH do solo como principal parâmetro comprometedor.

Em sistemas de cultivo fechados, com mínima ou nenhuma troca de água, o sedimento pode atuar como fonte de macronutrientes, tais como nitrogênio e fósforo ou pode ainda conter elevadas concentrações de micronutrientes que, geralmente, não estão presentes em grandes concentrações na coluna d'água (cobre, ferro, manganês e zinco) e que quando em excesso podem prejudicar toda a produção (AVNIMELECH; RITVO, 2003). Dall et al. (1995), em revisão bibliográfica, citam que materiais detriticos e microbianos compõem uma parte da dieta natural dos camarões. Da perspectiva comportamental e física, espécies que exibem comportamento de enterramento, hipoteticamente, necessitam do substrato de sua maior preferência para garantir uma produção ótima (ALLAN; MAGUIRE, 1995).

Poucos estudos científicos relacionaram o substrato de fundo com a produtividade dos cultivos de camarão. Méndez et al. (2004) avaliaram o efeito

do sedimento sobre o crescimento e sobrevivência de pós-larvas de *Litopenaeus stylirostris*. Allan e Maguire (1995) examinaram os efeitos de diferentes tipos de substratos na sobrevivência e crescimento do camarão *Metapenaeus macleayi*. Arnold et al. (2006) avaliaram a produção intensiva do camarão juvenil *Penaeus monodon* em diferentes densidades de estocagens e tipos de substratos. Bray e Lawrence (1993) argumentaram que o tipo de sedimento exerce um papel significativo sobre o comportamento e nutrição de camarões peneídeos cultivados. Porém, ao avaliarem o crescimento e sobrevivência de *L. vannamei* juvenis em substratos compostos de quatro diferentes tipos de substratos, obtiveram melhores resultados em tanques sem sedimentos. Ritvo et al. (1998) analisaram o crescimento de *L. vannamei* e sua relação com diferentes sedimentos de fazendas de cultivo. No entanto, existe ainda uma lacuna de conhecimento no que diz respeito à granulometria do sedimento que compõe o solo do viveiro e seus efeitos diretos e indiretos sobre o bem-estar animal e os resultados zootécnicos do cultivo.

A carcinicultura marinha sendo considerada uma atividade economicamente importante no Brasil existe a necessidade de desenvolvimento de estudos e metodologias que visem melhorar o cultivo em termos de custo-benefício, como também na orientação da implantação de projetos. Diante disso, esta pesquisa objetivou estudar os parâmetros químicos dos substratos, bem como o ganho de peso (crescimento), a taxa de crescimento específico, a eficiência alimentar, consumo aparente e a taxa de sobrevivência do camarão juvenil *L. vannamei* em diferentes substratos não consolidados, característicos das fazendas de cultivo.

Material e métodos

Pós-larvas (PL₁₀) do camarão *Litopenaeus vannamei* foram adquiridas da empresa Larvi Aquicultura Ltda. e cultivadas por 45 dias em tanque berçário de 20.000 L, com aeração constante, temperatura da água de 27 ± 0,3°C e salinidade de 4‰. Os animais foram alimentados com 12% da biomassa dia⁻¹, com ração peletizada contendo 35% de proteína bruta (PB), ofertada de 2 em 2h. Ao final dos 45 dias, os juvenis foram transferidos para o sistema experimental, com 0,97 ± 0,27 g de peso inicial.

Foram utilizadas 21 caixas de polietileno (35 x 30 x 55 cm) de cor azul, conectadas individualmente a 21 biofiltros (10 L) com 26 cm de diâmetro. Cada caixa continha 50 L de água com salinidade de 4‰, mantida com aeração constante em um sistema

fechado de recirculação contínua de água, com filtragem realizada com filtro biológico acoplado ao tanque e movimentação da água por meio de 2 "air lifts" adaptado de Valenti (1998). Cada filtro biológico era composto de 20% de cascalho de pedra (brita zero) e 80% de conchas de moluscos. Para evitar a passagem de sedimento da caixa para o biofiltro, foi utilizado um filtro mecânico com lã de vidro, havendo a renovação da água da caixa em 22 vezes ao longo de 24h.

Após a montagem do sistema fechado (caixa-biofiltro), foi inoculada em cada unidade experimental 200 mL de água proveniente do tanque berçário para que houvesse a colonização dos filtros por bactérias nitrificantes (VALENTI, 1998). Para controle e estabilização do sistema, procedeu-se a adição de 0,25 mL de amoníaco (100%) por dia durante cinco dias e monitoraram-se, por meio de testes colorimétricos, os níveis de amônia até que não fosse mais detectada, indicando assim a efetividade da sua retirada pelo filtro. O sistema de recirculação da água permaneceu em funcionamento durante oito dias até a maturação do filtro biológico.

Para a preparação dos sedimentos, foram utilizadas silte, argila, areia muito fina e areia fina (todos de origem comercial). Os tratamentos aplicados consistiram nestes materiais, misturados em partes iguais: A) silte (25%) + argila (25%) + areia fina (25%) + areia muito fina (25%); B) areia fina (50%) + areia muito fina (50%); C) sem substrato (controle). Foram retiradas seis amostras de cada tipo de sedimento para realização de análises físicas (Técnica de Peneiramento Diferencial, com as frações granulométricas adaptadas ao padrão americano WENTWORTH, 1922) (Tabela 1). Foram aplicados três tratamentos, cada um com sete réplicas, totalizando 21 unidades experimentais, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado. Cada substrato foi colocado em cada caixa de forma aleatória, cobrindo 5 cm do fundo do tanque.

Tabela 1. Fração granulométrica adaptada seguindo o padrão americano. Wentworth (1922).

Substrato	Tamanho da partícula (mm)
Silte + argila	< 0,0625
Areia muito fina + areia fina	0,0625 -- 0,25
Areia média + areia grossa + areia muito grossa + cascalho	0,25 -- > 2,0

Os camarões juvenis foram pesados individualmente antes do povoamento das unidades experimentais, e então, aclimatados numa densidade populacional de 52 camarões m⁻² (dez camarões caixa⁻¹), alimentados duas vezes ao dia (manhã e tarde), com 12% da biomassa dia⁻¹. Utilizou-se ração

peletizada (35% de PB), ofertada em bandejas situadas 2 cm acima do substrato. O laboratório contava com iluminação natural. O experimento teve duração de 48 dias e ao final deste tempo os camarões foram pesados individualmente para cálculo do ganho de peso (KURESHY; DAVIS, 2002). Os resultados obtidos serviram de base para o cálculo da taxa de crescimento específico (TCE) (WU; DONG, 2002):

$$\text{Ganho de Peso (g)} = P_f - P_i$$

$$\text{TCE (\% dia}^{-1}\text{)} = [\text{Ln}(P_f) - \text{Ln}(P_i)] \times 100 t^{-1}$$

em que:

P_i = Peso inicial; P_f = Peso final; Ln = Logaritmo; t = tempo de experimento.

O consumo aparente do alimento foi calculado pela diferença entre alimento oferecido e a sua sobra na bandeja retirada após 2h de permanência, baseado no trabalho de Pontes e Arruda (2005), que verificaram que a ração perde a atratividade após esse tempo. Diariamente, as sobras eram pesadas e ao final do experimento, para cada tratamento, somaram-se todas as sobras, estimando-se a partir daí o consumo aparente. A partir dos valores de consumo obtidos, calculou-se a eficiência alimentar (EA) (KURESHY; DAVIS, 2002):

$$\text{Consumo aparente} = \text{Ração ofertada} - \text{Sobra}$$

$$\text{Eficiência alimentar} = P_f - P_i \text{ consumo}^{-1}$$

em que:

P_i = Peso inicial; P_f = Peso final.

Com o objetivo de estimar o peso seco das sobras retiradas das bandejas, calculou-se o percentual médio de absorção de água pela ração. Para isto, 20 béqueres de peso e tamanho iguais, contendo 10 g de ração seca cada, foram inseridos dentro de uma caixa de polietileno com 50 L de água de cultivo e retirados após 2h. O valor obtido (60% de umidade) foi subtraído do peso úmido das sobras da ração. Diariamente, pela manhã, foram registradas as ocorrências de indivíduos mortos, para o cálculo da taxa final sobrevivência, definida por Bautista-Teruel et al. (2003):

$$\text{Sobrevivência (\%)} = N_f \times 100/N_i$$

em que:

N_i = Número inicial; N_f = Número final.

A água das unidades experimentais foi monitorada semanalmente por meio da mensuração dos principais parâmetros: pH (pH-metro), oxigênio dissolvido (Oxímetro), temperatura (Termômetro de eletrodo) e salinidade (Refratômetro). Diariamente, eram sorteados seis tanques para medição de amônia (teste colorimétrico).

Para realização das análises estatísticas foi utilizado o programa SIGMASTAT, versão 3.1 (2004) e STATISTIC 6.0 (2001). Os dados foram analisados utilizando-se teste Anova ou Kuskal-Wallis, dependendo da sua parametricidade (normalidade: Kolmorov-Smirnov; Homocedasticidade: Shapiro-Wilks) (ZAR, 1999), adotando-se o nível de significância de 5%.

Resultados e discussão

Os camarões não apresentaram diferenças com relação ao peso inicial e final (Kruskal-Wallis, $H = 1,683$, $gl = 2$, $p = 0,431$), bem como ao ganho de peso (Anova, $p = 0,817$) em função dos substratos testados (Figura 1A e B). Os tratamentos: "sem substrato", "A" e "B" obtiveram os seguintes valores médios $0,80 \pm 0,20$ g; $0,78 \pm 0,28$ g; $0,73 \pm 0,15$ g, respectivamente.

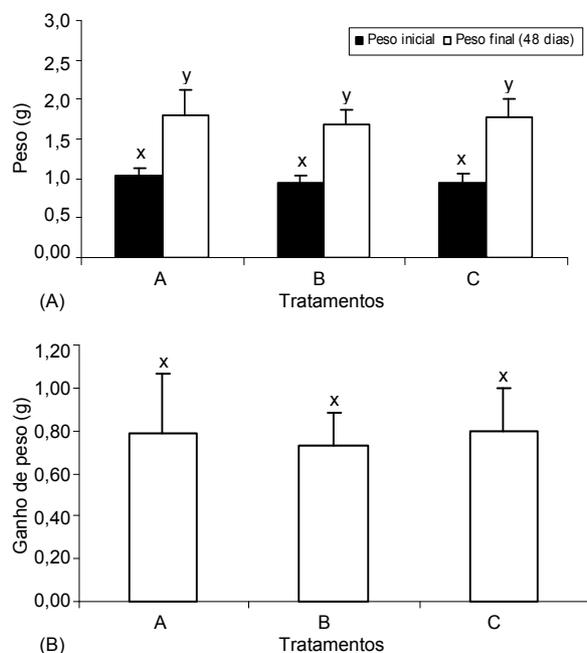


Figura 1. (A) Peso inicial e final (g) e (B) Ganho de peso (g) de juvenis do camarão *L. vannamei* cultivados em diferentes substratos (média \pm desvio-padrão). Tratamentos: A) silte (25%) + argila (25%) + areia fina (25%) + areia muito fina (25%); B) areia fina (50%) + areia muito fina (50%) e C) sem substrato. Letras diferentes representam diferenças estatísticas ($\alpha = 0,05$).

Não foram observadas diferenças no consumo aparente da ração (ANOVA, $p = 0,139$), como também quanto à eficiência alimentar apresentada pelos camarões cultivados em diferentes sedimentos (ANOVA, $p = 0,536$) (Figura 2A e B).

Não houve diferenças no crescimento (Anova, $p = 0,677$) e sobrevivência (Kruskal-Wallis, $H = 1,078$, $gl = 2$, $p = 0,583$) dos camarões *L. vannamei*, cultivados nos diferentes substratos (Figura 3A e B).

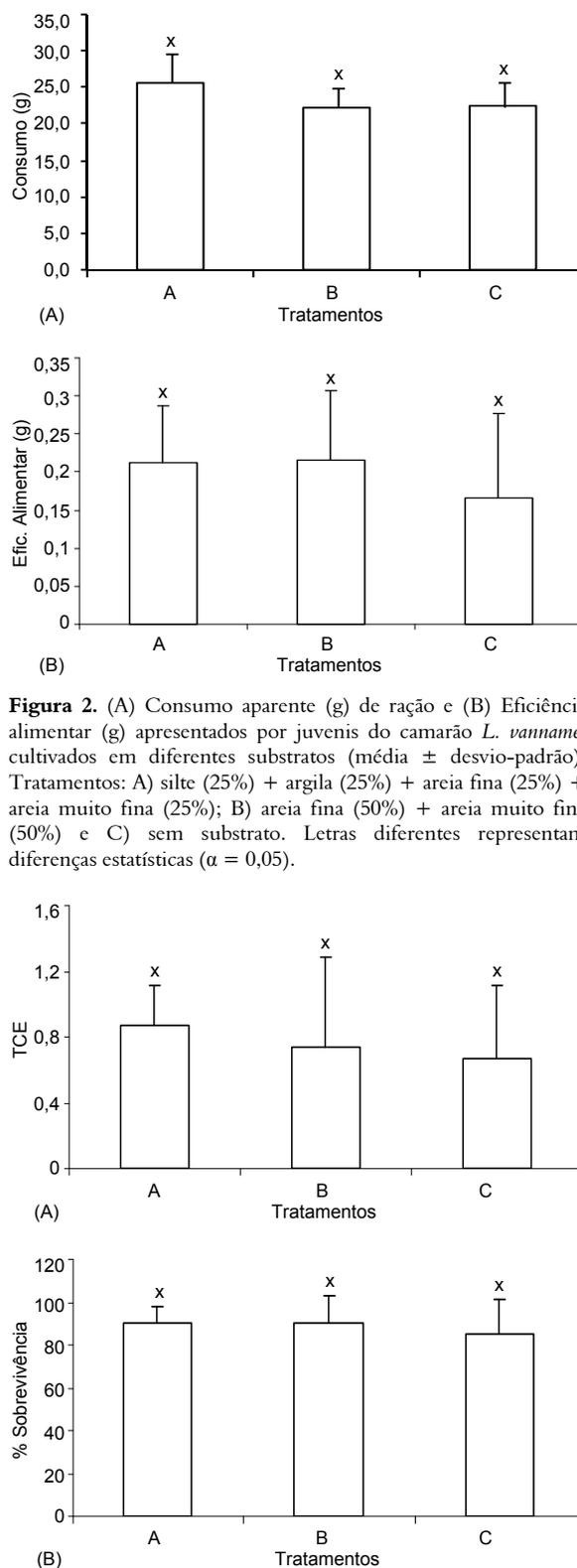


Figura 2. (A) Consumo aparente (g) de ração e (B) Eficiência alimentar (g) apresentados por juvenis do camarão *L. vannamei* cultivados em diferentes substratos (média \pm desvio-padrão). Tratamentos: A) silte (25%) + argila (25%) + areia fina (25%) + areia muito fina (25%); B) areia fina (50%) + areia muito fina (50%) e C) sem substrato. Letras diferentes representam diferenças estatísticas ($\alpha = 0,05$).

Figura 3. (A) Taxa de crescimento específico (g) e (B) Sobrevivência (%) de juvenis do camarão *L. vannamei* cultivados em diferentes substratos (média \pm desvio-padrão). Tratamentos: A) silte (25%) + argila (25%) + areia fina (25%) + areia muito fina (25%); B) areia fina (50%) + areia muito fina (50%) e C) sem substrato. Letras diferentes representam diferenças estatísticas ($\alpha = 0,05$).

Fatores abióticos

Não foram registradas diferenças entre os tratamentos aplicados com relação à temperatura da água (Anova, $p = 0,596$), pH (Anova, $p = 0,709$) e oxigênio dissolvido (Anova, $p = 0,480$). Durante todo o experimento, houve a medição diária da salinidade da água, que permaneceu invariavelmente em 4‰. Os níveis de amônia mantiveram-se baixos durante todo o experimento em todos os tratamentos.

Nossos resultados indicam que os diferentes tipos de granulometrias de sedimentos componentes do substrato utilizados neste experimento, bem como a presença ou ausência de sedimentos no mesmo, não exerceram influência direta sobre o crescimento, a eficiência alimentar e sobrevivência dos camarões *L. vannamei*. O tipo de substrato não influenciou nos parâmetros de qualidade de água medidos (Figura 4).

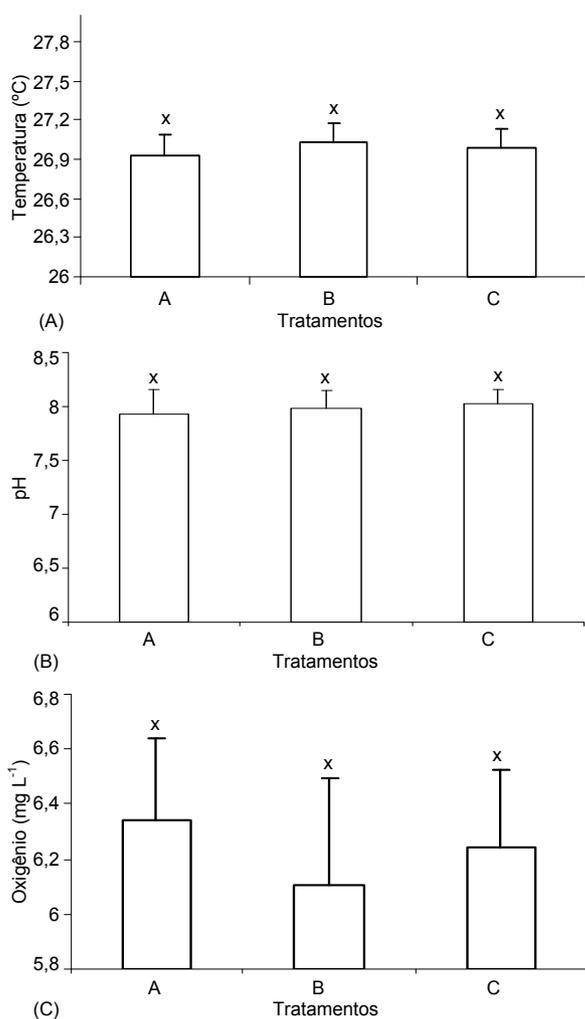


Figura 4. (A) Temperatura (°C), (B) pH e (C) Oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) da água de cultivo de *L. vannamei* em diferentes substratos não consolidados. Tratamentos: A) silte (25%) + argila (25%) + areia fina (25%) + areia muito fina (25%); B) areia fina (50%) + areia muito fina (50%) e C) sem substrato. Letras diferentes representam diferenças estatísticas ($\alpha = 0,05$).

Vários fatores, relacionados direta ou indiretamente ao tipo de substrato presente, podem influenciar no comportamento e bem-estar animal, e por sua vez podem ser determinantes para a melhoria dos índices zootécnicos do seu cultivo. Os trabalhos encontrados na literatura especializada indicam que a importância do tipo de sedimento componente do substrato assumirá maior ou menor importância em função da biologia e fisiologia da espécie cultivada, bem como das condições ambientais. Sick et al. (1972) afirmou que camarões que não se enterram tão frequentemente, como por exemplo, *Litopenaeus setiferus*, crescem em taxas similares com ou sem sedimento. Já as espécies *Marsupenaeus japonicus* e *Melicertus kerathurus* crescem melhor em presença de sedimento (LIAO, 1969; KLAODATUS, 1980; OTAZUL-ABRILL; CECCALDI, 1981).

Alguns estudos são desenvolvidos referentes ao padrão de enterramento dos camarões no substrato e sua relação direta com as condições ambientais encontradas. De acordo com Egusa e Yamamoto (1961), o camarão *Marsupenaeus japonicus* emerge do sedimento em função da diminuição das concentrações de oxigênio. Fuss e Ogren (1966), em pesquisa sobre o comportamento de *Farfantepenaeus duorarum*, concluíram que esta espécie costuma se enterrar no substrato como forma de proteção à predação e as condições ambientais adversas. Allan e Maguire (1995) avaliaram a emergência de *M. macleayi* durante a fase clara do dia e observaram que esse comportamento foi mais frequente em resposta à alta concentração de amônia.

Com relação aos parâmetros zootécnicos dos animais em cultivo e sua relação com o substrato, Chien et al. (1989) concluíram que o crescimento de *Penaeus monodon* foi significativamente maior em aquários com sedimentos quando comparados aos sem sedimentos. Allan e Maguire (1995) observaram que a presença de sedimento aumentou o crescimento de *M. macleayi*, embora o tipo de sedimento tenha tido pouco efeito sobre crescimento e eficiência de conversão alimentar. Arnold et al. (2006) avaliaram a produção de *Penaeus monodon* juvenis em diferentes substratos artificiais (verticais e horizontais) e verificaram que a adição desses substratos aumentou a produção e sobrevivência dos camarões.

De acordo com Bray e Lawrence (1993), o camarão *L. vannamei* alcançou maior ganho de peso em tanques sem sedimento e com salinidade moderada, em torno de 27‰, indicando que a presença de sedimento não é um fator determinante para o seu crescimento. Por outro lado, Ritvo et al. (1998) avaliaram em laboratório o crescimento de

L. vannamei em solos trazidos de várias fazendas de cultivo de camarões do Texas, e encontraram relação direta e maior crescimento dos animais e produção ocorreu em solos provenientes daquelas fazendas que apresentavam maiores produtividades. Bratvold e Browdy (2001) observaram maior ganho de peso, sobrevivência e produção de *L. vannamei* em tanques com sedimento e superfícies verticais (Aquamat).

Alguns trabalhos apontam a ocorrência de canibalismo em camarões cultivados na ausência de sedimento, havendo registros para *F. duorarum* e *Farfantepenaeus aztecus* (SUBRAHMANYAN; OPPENHEIMER, 1969) e *M. japonicus* (OTAZUL-ABRILL; CECCALDI, 1981). Contrariamente, a ausência de sedimento não induziu este comportamento em *M. macleayi* (ALLAN; MAGUIRE, 1995), *L. setiferus* (SICK et al., 1972) e *P. monodon* (CHIEN et al., 1989). Esta pesquisa também não evidenciou canibalismo para *L. vannamei* em tanques com ausência de sedimento.

A qualidade da água em sistemas de aquicultura é um conjunto de características ótimas que devem ser mantidas no ambiente para garantir o sucesso do cultivo, buscando o equilíbrio dinâmico entre todas as variáveis físicas, químicas e biológicas (VINATEA-ARANA, 2004). No presente experimento, a qualidade da água manteve-se dentro dos padrões aceitáveis para o cultivo da espécie *L. vannamei* (RITVO et al., 1998; BEZERRA et al., 2007), não afetando assim o crescimento e sobrevivência dos organismos nos três tratamentos.

Conclusão

Diante dos resultados encontrados, pode-se concluir que a granulometria do substrato não influencia diretamente nos índices zootécnicos de cultivo do camarão marinho *L. vannamei* em sua fase juvenil.

Referências

- ALLAN, G. L.; MAGUIRE, G. B. Effect of sediment and acute ammonia toxicity for the school prawn, *Metapenaeus macleayi* (Haswell). **Aquaculture**, v. 131, n. 1-2, p. 59-71, 1995.
- ARNOLD, S. J.; SELLARS, M. J.; CROCOS, P. J.; COMAN, G. J. Intensive production of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon*: An evaluation as stocking density and artificial substrates. **Aquaculture**, v. 261, n. 3, p. 890-896, 2006.
- AVNIMELECH, Y.; RITVO, G. Shrimp and fish pond soils: processes and management. **Aquaculture**, v. 220, n. 1-4, p. 549-567, 2003.
- BAUTISTA-TERUEL, M. N.; EUSEBIO, P. S.; WELSH, T. P. Utilization of feed pea, *Pisum sativum*, meal as a protein source in practical diets for juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, v. 225, n. 1-4, p. 21-131, 2003.
- BEZERRA, A. M.; SILVA, J. A. A.; MENDES, P. P. Seleção de variáveis em modelos matemáticos dos parâmetros de cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 385-391, 2007.
- BOYD, C. E. **Water quality in ponds for Aquaculture**. Alabama Agricultural Experimental Station. Auburn: Auburn University, 1990.
- BOYD, C. E. **Bottom soils, sediment and pond aquaculture**. New York: Chapman and Hall, 1995.
- BRATVOLD, D.; BROWDY, C. L. Effect of sand sediment and vertical surfaces (Aquamats) on production, water quality and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. **Aquaculture**, v. 195, n. 1-2, p. 81-94, 2001.
- BRAY, W. A.; LAWRENCE, A. L. The effect of four substrates on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* at two salinities. **Ciencias Marinas**, v. 19, n. 2, p. 229-244, 1993.
- BUENO, S. L. S. **Técnicas, procedimentos e manejo para a produção de pós-larvas de camarões peneídeos: experiência vivida pela Maricultura da Bahia S.A.** Brasília: CIRM-Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, 1989.
- CHIEN, Y. I.; LAI, H. T.; CHANG, S. K. The effects of using steel-making waste slags as substrates on shrimp *Penaeus monodon* reared in aquaria. **Asian Fisheries Science**, v. 2, n. 1, p. 147-161, 1989.
- DALL, W.; HILL, B. J.; ROTH LISBERG, P. C.; STAPLES, D. J. The biology of the Penaeidae. In: BLAXTER, J. H. S.; SOUTHWARD, A. J. (Ed.). **Advances in marine biology**. San Diego: Academic Press, 1995. v. 27.
- EGUSA, S.; YAMAMOTO, T. Studies on the respiration of the "kuruma" prawn, *Penaeus japonicus* Bate, burrowing behaviour with special reference to its relation to environmental oxygen concentration. **Bulletin Japan Society of Science Fisheries**, v. 27, n. 1, p. 22-27, 1961.
- FUSS, C. M.; OGREN, L. H. Factors affecting activity and burrowing habitats of the pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. **The Biological Bulletin**, v. 130, n. 2, p. 170-191, 1966.
- JORY, D. E. Feed management practices for a healthy pond environment. In: BROWDY, C. L.; HOPKINS, J. S. (Ed.). **Swimming through troubled water, proceedings of the special session on shrimp farming**. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 1995. p. 118-143.
- KLAODATUS, S. Observations on the growth of juveniles of *Penaeus keratharus* (Forsk.) at different stocking densities and varying ecological conditions. **FAO, General Fisheries Council for the Mediterranean, Studies and Reviews**, v. 57, n. 1-2, p. 93-100, 1980.
- KURESHY, N.; DAVIS, D. A. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 204, n. 1-2, p. 125-143, 2002.

- LEMONNIER, H.; BERNARD, E.; BOGLIO, E.; GOARANT, C.; CONCHARD, J. Influence of sediment characteristics on shrimp physiology: pH as principal effect. **Aquaculture**, v. 240, n. 1-4, p. 297-312, 2004.
- LIAO, I. C. Study on the feeding of "kuruma" prawn, *Penaeus japonicus* Bate. **Collection Repr Tungking Marine Laboratory**, v. 1, n. 1, p. 17-24, 1969.
- MÉNDEZ, L. C.; RACOTTA, I. S.; ACOSTA, B.; PORTILHO-CLARK, G. Effect of sediment on growth and survival of post-larval *Litopenaeus stylirostris* (Boone, 1931). **Aquaculture Research**, v. 35, n. 7, p. 652-658, 2004.
- NUNES, A. J. P.; GODDARD, S.; GESTEIRA, T. G. V. Feeding activity patterns of Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. **Aquaculture**, v. 144, n. 4, p. 371-386, 1996.
- OTAZUL-ABRILL, M.; CECCALDI, H. J. Contribution a l'étude du comportement de *Penaeus japonicus* (Crustacea Decapode) em élevage, vis-a-vis de la lumière et du sediment. **Tethys**, v. 10, n. 1, p. 149-156, 1981.
- PETERSON, E. L. Benthic shear stress and sediment condition. **Aquacultural Engineering**, v. 21, n. 2, p. 85-111, 1999.
- PONTES, C. S. Padrão de deslocamento do camarão branco *Litopenaeus vannamei* (Boone) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) nas fases clara e escura ao longo de 24 horas. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 1, p. 223-227, 2006.
- PONTES, C. S.; ARRUDA, M. F. Comportamento do *Litopenaeus vannamei* (Boone) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) em função da oferta do alimento artificial nas fases claras e escuras do período de 24 horas. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 3, p. 648-652, 2005.
- RITVO, G.; SAMOCHA, T. M.; LAWRENCE, A. L.; NEILL, W. H. Growth of *Penaeus vannamei* on soils from various Texas shrimp farms, under laboratory conditions. **Aquaculture**, v. 163, n. 1-2, p. 101-110, 1998.
- SICK, L. V.; ANDREWS, J. W.; WHITE, D. B. Preliminary studies of selected environmental and nutritional requirements for the culture of penaeid shrimp. **Fisheries Bulletin**, v. 70, n. 1, p. 101-109, 1972.
- SUBRAHMANYAN, C. B.; OPPENHEIMER, C. H. Food preference and growth of grooved penaeid shrimp. In: YOUNGKEN JR., H. W. (Ed.). **Food and drugs from the sea**. Washington, D.C.: Marine Technology Society, 1969. p. 65-75.
- VALENTI, W. C. **Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de camarões**. Brasília: Fapesp; Ibama, 1998.
- VINATEA-ARANA, L. **Fundamentos de aquicultura**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2004.
- WENTWORTH, C. K. A scale of grade and terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, n. 1, p. 377-392, 1922.
- WU, L.; DONG, S. Effects of protein restriction with subsequent realimentation on growth performance of juvenile Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*). **Aquaculture**, v. 210, n. 1-4, p. 343-358, 2002.
- ZAR, J. H. **Bioestatistical analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice-hall, 1999.

Received on January 19, 2009.

Accepted on August 17, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.