

EFEITO DAS ALTAS DENSIDADES DE ESTOCAGEM NO CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE *Litopenaeus vannamei* NA FASE FINAL DE ENGORDA, CULTIVADOS EM SISTEMAS DE BIOFLOCOS (BFT)

ADRIANA FERREIRA SILVA¹, GABRIELE RODRIGUES LARA², EDUARDO CUPERTINO BALLESTER³,
DARIANO KRUMENNAUER⁴, PAULO CESAR ABREU⁵, WILSON WASIELESKY JR⁵

1Pós-graduanda da Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México. dri_zootecnia@yahoo.com.br

2Pós-graduanda da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.

3Professor Doutor da Universidade Federal do Paraná, Palotina, PR, Brasil

4Doutor em aquicultura pela Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.

5Professores Doutores da Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de altas densidades de estocagem na sobrevivência, crescimento e na taxa de conversão alimentar de camarões *Litopenaeus vannamei*, na fase final de engorda em sistema de Biofloc Technology (BFT), mantendo os mesmos parâmetros de água para todos os tratamentos. Os camarões ($11,96 \pm 1,14$ g) foram estocados em microcosmos (tanques de $0,50 \text{ m}^2$), conectados a um raceway de cultivo BFT. O experimento teve duração de 45 dias. Os camarões foram estocados nas densidades de 150, 300, 450 e 600 camarões/ m^2 . Bioflocos foram coletados para análise de composição proximal. Os resultados foram submetidos à

ANOVA uma via e as diferenças foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0.05$). No T300 e T450, o crescimento e sobrevivência dos camarões não foram afetados pelas altas densidades. A maior biomassa alcançada (T450) foi de $5,1 \text{ kg}/\text{m}^2$ e a melhor conversão alimentar foi de 1,54 no T150. Os resultados deste estudo indicam que as densidades de estocagem no sistema proposto podem ser elevadas, mas não superiores a 450 camarões/ m^2 . Observou-se ainda que mesmo se a qualidade de água for mantida igual para todos os tratamentos, há efeito negativo entre densidade e crescimento dos camarões, confirmando que esse efeito é comportamental.

PALAVRAS-CHAVE: engorda de camarões; parâmetros zootécnicos; tecnologia bioflocos.

EFFECT OF HIGH STOCKING DENSITIES ON GROWTH AND SURVIVAL OF *Litopenaeus vannamei* IN FINAL GROWOUT PHASE, REARED IN BIOFLOC TECHNOLOGY (BFT) SYSTEM

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of high stocking densities on survival, growth and feed conversion rates of *Litopenaeus vannamei* shrimp, in final growout phase, in a Biofloc Technology (BFT) culture system, keeping the same water parameters for all treatments. Shrimps (11.96 ± 1.14 g) were stocked in microcosms (0.50 m^2 tanks), connected to a BFT system raceway. The study was carried out for 45 days. The shrimp were stocked at densities of 150, 300, 450 and 600 shrimp/ m^2 . Bioflocs were collected for analysis of proximate composition. The results were submitted to one-way

ANOVA, and differences were compared by Tukey test ($\alpha = 0.05$). In T300 and T450, growth and survival were not affected by high stocking densities. The highest biomass reached (T450) was $5.1 \text{ kg}/\text{m}^2$ and the best feed conversion rate was 1.54 in T150. The results of this study indicate that stocking densities in the proposed system can be high, but not exceeding 450 shrimp/ m^2 . Furthermore, even maintaining the same water parameters for all treatments, there was a negative effect between density and shrimp growth, confirming that this effect is behavioral.

KEYWORDS: Biofloc Technology; growth parameters; shrimp growth out.

INTRODUÇÃO

O incremento da densidade de estocagem em níveis super intensivos tem sido explorados para maximizar a produção por unidade de área (OTOSHI, 2001). A densidade de estocagem apresenta grande influência sobre a produção dos camarões em cativeiro (JACKSON & WANG, 1998).

Várias pesquisas indicam existir uma relação inversa entre a densidade de estocagem e desempenho dos camarões na aquicultura (OTOSHI et al., 2007). Camarões estocados em altas densidades geralmente crescem menos e apresentam menor sobrevivência do que camarões estocados em baixas densidades. Diversos autores relatam que essa redução do crescimento em altas densidades de estocagem é resultado da competição por alimento e espaço e por eventos de canibalismo. (PRETO et al., 2005; ARNOLD et al., 2006; KRUMMENAUER et al., 2006).

Todavia a principal causa desta relação inversa entre densidade de estocagem e desempenho dos camarões ainda é indefinida, devido à dificuldade de se separar os efeitos do comportamento do camarão da relativa qualidade de água (MOSS & MOSS 2004). A densidade de estocagem ideal pode variar em função da espécie, das estratégias de manejo de cultivo ou de parâmetros ambientais (WASIELESKY et al., 2001).

Sabe-se que, um dos principais objetivos de sistemas de cultivo sem renovação de água é a remoção dos nutrientes da água (AVNIMELECH, 1999). Nesse tipo de sistema, denominado *Biofloc Technology* (BFT), a produção de biomassa microbiana é estimulada e pode ser usada como suplemento alimentar adicional para a espécie estudada (DE SCHRIVER et al.; 2008).

A presença dos microorganismos pode influenciar no comportamento do camarão. A ocorrência sucessiva desses organismos pode diminuir o efeito de canibalismo, principalmente em altas densidades de estocagem.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de elevadas densidades de estocagem na sobrevivência, crescimento e na taxa de conversão alimentar do camarão *Litopenaeus vannamei* na fase final de engorda em sistema BFT, mantendo os mesmos parâmetros de água para todos os

tratamentos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Marinha de Aquicultura Prof. Marcos Alberto Marchiori (EMA), do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, RS. Pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* da linhagem *Speed Line* foram obtidas da empresa Aquatec Industrial Pecuária LTDA, Rio Grande do Norte, e foram mantidas em sistema de berçário onde permaneceram por um mês até serem estocadas em cultivo super-intensivo de camarões com sistemas de bioflocos. Os camarões foram cultivados até atingirem peso médio de aproximadamente 12 gramas.

O experimento foi conduzido em uma estufa fechada, na qual foi montado um sistema (microcosmo) com doze tanques de plástico (0.5 m², 200 L) conectados a um *raceway* de cultivo BFT. No *raceway* (macrocosmo) ocorria há dois meses um cultivo super-intensivo de *L. vannamei* na densidade de 300 camarões/m². O tanque continha substratos artificiais na posição vertical (100% da área de fundo), o que favoreceu o desenvolvimento de biofilme e a nitrificação (BALLESTER et al., 2007). A circulação de água entre o *raceway* e os microcosmos foi realizada continuamente por uma bomba a uma vazão de 6,6 L/min por tanque, o que equivale a 48 recirculações da água por dia. A saída de água ocorreu por gravidade, em uma calha, instalada na saída dos tanques, que redirecionava a água até o *raceway*. O suprimento de ar foi realizado por meio de um soprador (blower) de 4,5 CV.

Este desenho foi montado na tentativa de separar o efeito da densidade do camarão sobre a relativa qualidade de água, uma vez que a água que circulava na *raceway* era a mesma água que circulava em todos os tanques experimentais, independente do tratamento utilizado. O delineamento experimental utilizado neste trabalho foi de quatro tratamentos, com três repetições cada, sendo 150/300, 300/300, 450/300 e 600/300 camarões/m² (densidade dos camarões no macrocosmo), denominados respectivamente de T150, T300, T450 e T600. Os sub adultos usados no estudo (11,96±1,14g) foram transferidos para as unidades experimentais (microcosmos), onde

permaneceram por um dia em período de aclimatação até o início do experimento.

Os camarões foram alimentados três vezes ao dia (08h00m, 12h00m e 18h00m) com ração comercial extrusada (38 % de proteína bruta, 10% umidade, 7,5% extrato etéreo, 5% matéria fibrosa, 13% matéria mineral, 3% cálcio). A taxa de arraçoamento inicial foi igual a 2,6% da biomassa total de camarões do tanque (JORY et al., 2001), sendo esta taxa posteriormente ajustada de acordo com o consumo dos camarões. A ração foi fornecida em bandejas de alimentação de acordo com a metodologia descrita por WASIELESKY et al. (2006). A cada 15 dias, 30 camarões foram coletados aleatoriamente de cada unidade experimental e pesados individualmente em balança de precisão de 0,01g. Depois de pesados, os camarões retornaram para seus respectivos microcosmos. Ao final do experimento os camarões remanescentes em cada unidade experimental foram contados para determinar as taxas de sobrevivência e calcular a produtividade. A taxa de conversão alimentar foi determinada baseada na biomassa final dividida pelo consumo alimentar.

No tanque matriz foi realizada fertilização orgânica por meio da adição de farelo de trigo e melaço de cana-de-açúcar. Essa fertilização teve o objetivo de aumentar a relação C:N em 15-20:1. Para a adição do melaço foi utilizado um cálculo baseado nos trabalhos de AVNIMELECH (1999) e EBELING et al. (2006), no qual foi determinado que 6 g de carbono são necessários para converter 1 g de nitrogênio amoniacal total (NAT) em biomassa bacteriana.

As variáveis de temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e transparência do tanque matriz de flocos foram monitoradas diariamente, nos períodos da manhã e da tarde. A temperatura foi aferida por meio de um termômetro de mercúrio. Para a salinidade, utilizou-se um refratômetro óptico (Atago). Nas medidas de pH, foi usado o pHmetro (modelo DMpH-1, Digimed). Para o oxigênio dissolvido e transparência foram utilizados o oxímetro (modelo Handylab OXI/SET, Schott) e disco de Secchi, respectivamente.

A adição de aproximadamente 40g de HIDROpH+® (carbonato de sódio)/m⁻³ foi implementada no tanque matriz quando registrados valores de pH inferiores a 7 e valores de alcalinidade inferiores a 100 mg CaCO₃.

As concentrações de amônia total (N-NH₃

+ NH₄⁺) (UNESCO, 1983) foram analisadas em dias alternados. Já os valores de nitrito (N-NO₂), nitrato (N-NO₃), fosfato (P-PO₄) e alcalinidade (STRICKLAND & PARSONS, 1972) foram analisados a cada sete dias. Esse mesmo intervalo foi mantido para a análise de clorofila a (WELSCHMEYER, 1994), sólidos suspensos totais (STRICKLAND & PARSONS 1972) e volume do floco mL/L (VF) cone InHoff, (EATON et al., 1995 adaptado por AVNIMELECH, 2007).

A cada 15 dias foram coletadas amostras do material floculado do tanque matriz, para posterior análise da composição proximal. Essas amostras foram obtidas a partir da filtragem da água da matriz de bioflocos em malha de 50 µm. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal – LNA da Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Pelotas, Rio Grande do Sul, segundo os protocolos da AOAC (2000).

Foi aplicada análise de variância (ANOVA, $\alpha = 0,05$) para verificar se existiam diferenças significativas entre as médias dos resultados. Sendo registradas diferenças entre as médias dos diferentes tratamentos, foi aplicado o Teste de Tukey na análise *a posteriori* para a visualização das diferenças entre os tratamentos (SOKAL & ROHLF, 1969). O programa computacional utilizado foi Statistica 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental os valores médios de temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido mantiveram-se dentro da faixa ideal para o bom desenvolvimento da espécie. Já os resultados de pH (6,93±0,31) e alcalinidade (76,85±21,51mg/L), em alguns momentos, estiveram abaixo do ótimo para espécie (Tabela 1). Os valores ótimos de pH e alcalinidade para o melhor crescimento do *L. vannamei* encontram-se na faixa de 7-8,3 e ≥100mg/L, respectivamente (VAN WYK & SCARPA, 1999).

As mudanças no pH determinam a estabilidade dos flocos em viveiros (MIKKELSEN et al., 1996). No presente estudo, durante os primeiros quinze dias experimentais, a taxa de crescimento dos camarões foi menor em relação aos outros períodos (Figura 1). Provavelmente, os baixos valores de pH observados durante esse período influenciaram este resultado. Entretanto, após a aplicação do HIDROpH+® (carbonato de sódio), os valores mantiveram-se dentro da faixa

ótima para a espécie estudada. FURTADO et al 2011, analisando o efeito da alcalinidade em sistema de bioflocos, detectaram que pH abaixo de 7 diminuiu o crescimento de *L. vannamei*.

Baixos valores de pH em sistemas de bioflocos podem ser decorrentes da respiração dos microrganismos e/ou da elevada densidade de camarões no sistema de cultivo (WASIELESKY et al., 2006). DECAMP et al. (2007), investigando diferentes densidades de estocagem, observaram que o aumento das densidades refletiu na queda do pH ao longo do cultivo de *L. vannamei*. Isso acontece devido à maior entrada de alimento no sistema, associada com o rápido acúmulo do material em suspensão e metabólitos.

Os níveis de alcalinidade também estiveram abaixo dos indicados para a espécie (Tabela 1). A alcalinidade deve ser mantida acima de 100mg/L de CaCO₃ para minimizar flutuações de pH. Isso provavelmente ocorreu devido ao intenso processo de decomposição e respiração, resultado da liberação de CO₂ que, por hidrólise, origina ácido carbônico e íons de hidrogênio (VAN WYK & SCARPA, 1999). Além disso, os camarões incorporam CaCO₃ na carapaça durante o seu desenvolvimento removendo esse composto

da água.

As concentrações médias de nitrogênio amoniacal total NAT (0,11±0,05), nitrito N-NO₂ 0,56 (±0,24) e nitrato N-NO₃ (17,25±3,30) também estão dentro dos limites aceitos para o cultivo do *L. vannamei* (LIN & CHEN, 2001, 2003). Portanto, acredita-se que estes parâmetros não limitaram o crescimento e a sobrevivência dos camarões cultivados.

Os valores de clorofila α encontrados na matriz de flocos oscilaram entre 46,3 e 201,5 $\mu\text{g/L}$, sendo inferiores aos encontrados por GODOY et al. (2011), que observaram valor médio de clorofila α de 343,30 $\mu\text{g/L}$. Os autores afirmam que o grande número de cianobactérias presentes em meio aos flocos microbianos contribuiu para esse valor maior, porém, no estudo em questão, este microorganismo não foi observado na matriz de flocos.

Em relação aos sólidos suspensos totais (SST), SAMOCHA et al. (2007), recomendam valores abaixo de 500 mg/L para que seja mantida uma densidade aceitável de flocos microbianos. No presente estudo, como pode ser observado na Tabela 1, o valor de SST encontra-se de acordo com o recomendado.

Tabela 1. Médias (\pm DP), valores mínimos e máximos dos parâmetros de qualidade de água do tanque macrocosmo de cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistemas BFT

Parâmetros	Médias (\pm DP)	Mínimo	Máximo
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	28,62 \pm 0,99	26	32
Salinidade	31,37 \pm 0,93	30	33
OD (mg L^{-1})	5,00 \pm 0,51	4,20	6,60
pH	6,93 \pm 0,35	5,99	7,41
Secchi (cm)	12,53 \pm 1,80	10	15
NAT (mg L^{-1})	0,06 \pm 0,01	0,04	0,18
N- NO ₂ (mg L^{-1})	0,56 \pm 0,24	0,18	0,93
N- NO ₃ (mg L^{-1})	17,25 \pm 3,30	14,0	21,0
P-PO ₄ (mg L^{-1})	0,03 \pm 0,01	0,01	0,03
Alcalinidade (mg L^{-1} CaCO ₃) L ⁻¹)	76,85 \pm 21,51	50,0	110,0
SST (mg L^{-1})	259 \pm 90,0	127,0	357
VF (ml L^{-1})	19,14 \pm 5,9	13,0	29,0
Chl α ($\mu\text{g L}^{-1}$)	140,69 \pm 50,0	46,3	201,5

OD= oxigênio dissolvido; NAT= nitrogênio amoniacal total; N-NO₂= nitrito; N-NO₃=nitrato; P-PO₄= fósforo; SST= sólidos suspensos totais; VF= volume do floco; Chl α =clorofila α .

Em sistemas intensivos sem renovação de água, os microrganismos colonizam detritos orgânicos formando os flocos microbianos e estes

complementam a dieta dos camarões reduzindo custos com alimentação (WASIELESKY et al., 2006). No presente estudo, além da ração oferecida,

o camarão utilizou como fonte de alimento o biofilme e/ou floco microbiano. O valor nutricional dos flocos já foi estudado por diversos pesquisadores (MCINTOSH et al., 2000; TACON et al., 2002; WASIELESKY et al., 2006; JU et al. 2008).

No presente trabalho, o percentual de lipídeo dos bioflocos (Tabela 2) ao longo dos 45 dias experimentais foram muito superiores aos valores registrados por TACON et al. (2002) e WASIELESKY et al. (2006) e mais próximos dos valores encontrado por JU et al. (2008). CHAMBERLAIN et al. (2001) argumentaram que a composição de células microbianas em flocos suspensos varia muito dependendo dos microrganismos específicos e das condições sob as quais estes estão crescendo. Esses mesmos autores sugeriram que, em certo grau, esta biota que habita os flocos pode ser manipulada.

D'ABRAMO et al. (1997) recomendam níveis de 30-57% de proteína, 20% de carboidratos e

ao redor de 10% de lipídeos em dietas para camarões, os mesmos autores ressaltam que não somente a quantidade de proteína é importante, mas também a sua qualidade e digestibilidade por parte do organismo cultivado. Os níveis de proteína dos bioflocos deste estudo mantiveram-se pouco abaixo do encontrado por MCINTOSH et al. (2000), TACON et al. (2002), WASIELESKY et al. (2006) e JU et al. (2008). Entretanto, os bioflocos são considerados apenas um complemento utilizado pelos camarões e, mesmo com valores menores de proteína nos flocos, os camarões obtiveram bom desempenho. Além disso, os bioflocos são alimentos naturais ricos em vitaminas, proteínas facilmente digestíveis, enzimas e apresentam uma atratividade para camarões. O percentual de cinzas do presente estudo foi considerado elevado, variando de (23,18 a 55,51), assim como nos trabalhos de WASIELESKY et al. (2006a) e JU et al. (2008), 44,85% e 18,3 a 40,7%, respectivamente.

Tabela 2. Percentual (%) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), extrativo não nitrogenado (ENN), fibra bruta (FB) e cinzas no tanque macrocosmo de cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistemas BFT

Tempo (dias)	PB (%)	EE (%)	ENN*(%)	FB (%)	Cinzas (%)
0	23,9	7,15	22,16	10,76	36,03
15	25,29	3,77	25,81	21,95	23,18
30	23,71	2,29	24,03	6,51	43,46
45	23,8	2,48	10,16	8,05	55,51

*Estimado por diferença [100 - (PB + EE + FB + Cinzas)]

O incremento da densidade de estocagem ocasionou uma redução significativa no peso médio final dos camarões ($p < 0,05$) (Tabela 3). As progressões do crescimento em peso estão expressas na Figura 3. A sobrevivência foi semelhante entre os tratamentos T150 e T300, que foram superiores aos tratamentos T450 e T600, diferindo significativamente. Em relação à taxa de conversão alimentar (TCA), não houve diferença significativa entre os tratamentos T300 e T450 ($p > 0,05$). Observou-se uma conversão mais eficiente no tratamento T150, enquanto que o tratamento T600 apresentou a conversão menos eficiente, sendo os dois tratamentos diferentes entre si e diferentes dos tratamentos T300 e T450. O crescimento semanal foi maior para todos os tratamentos a partir do 15º dia experimental, diferindo ao longo do tempo. A produtividade final no tratamento T450 apresentou o maior valor em relação aos outros tratamentos, sendo

diferente estatisticamente ($p < 0,05$). A densidade final dos camarões após os 45 dias experimentais foi diferente significativamente apenas para o tratamento T150 quando comparado com os outros tratamentos testados.

Existe um considerável número de trabalhos indicando a relação inversa entre densidade de estocagem e peso dos camarões na aquacultura (WILLIAMS et al., 1996; MARTIN et al., 1998; WASIELESKY et al., 2001; PRETO et al., 2005; KRUMMENAUER et al., 2006; DECAMP et al., 2007). Todavia, os diferentes estágios ontogênicos e diferentes sistemas de cultivos não foram testados, produzindo resultados contrastantes.

PETERSON & GRIFFITH (1999) assumem que o comportamento agonístico do camarão, a pobre qualidade de água e o alimento limitado podem ser mitigados com o uso de substratos artificiais. MOSS & MOSS (2004), trabalhando com

diferentes densidades de estocagem para camarões *L. vannamei* em sistema de berçário com o uso de substratos artificiais, também demonstraram que pode-se reduzir esse baixo crescimento em altas densidades. Esses mesmos autores afirmam que existe uma proximidade entre densidade de estocagem e crescimento do camarão na fase final de produção

e que, ao utilizar os substratos artificiais, esse problema foi mitigado. No presente estudo foram utilizados substratos artificiais em todos os tanques experimentais, o que pode ter influenciado nos excelentes resultados de crescimento e conversão alimentar.

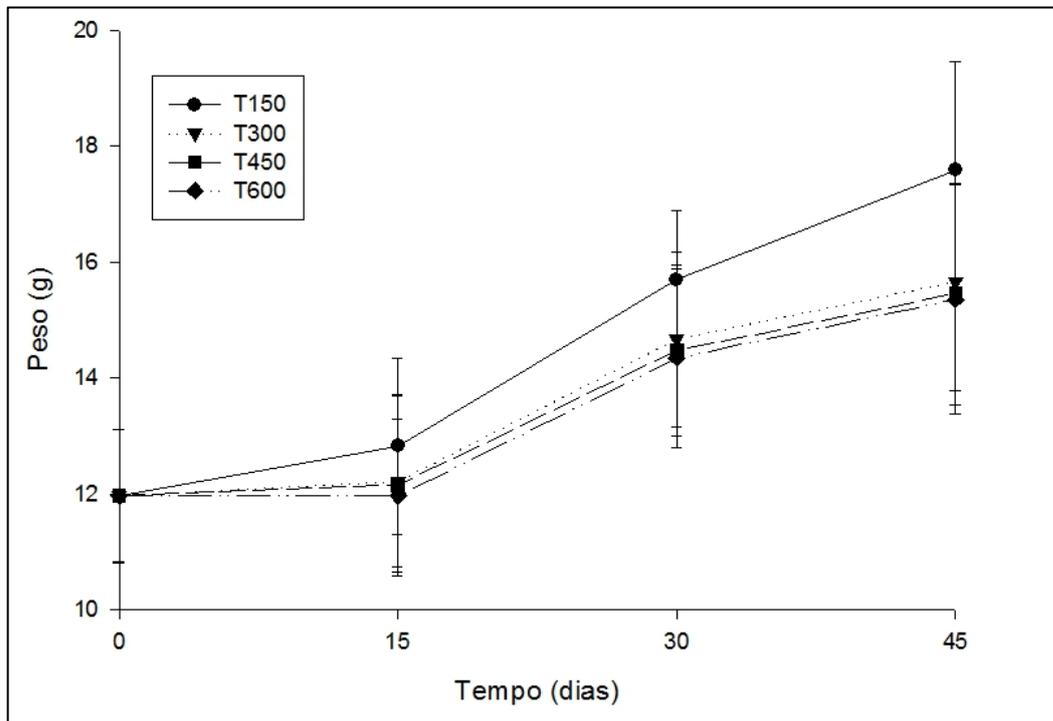


Figura1. Crescimento em peso (g) de *Litopenaeus vannamei* nas diferentes densidades de estocagem 150 (T150), 300 (T300), 450 (T450) e 600 (T600) camarões/m² cultivados em sistema BFT.

OTOSHI et al. (2007), na tentativa de separar os efeitos do comportamento do camarão da relativa qualidade da água em elevadas densidades em sistema de recirculação, relataram que a qualidade da água teve pouco efeito sobre o crescimento do camarão. Camarões estocados em baixas densidades (100 camarões/m²), abastecidos em um sistema em que a densidade da água de cultivo foi de 200 e 400 camarões/m², cresceram significativamente mais rápido do que camarões na maior densidade (600 camarões/m²). Os pesos médios (\pm DP) dos camarões na menor e maior densidade foram $14,78 \pm 0,71$ e $11,04 \pm 0,31$ g, respectivamente. Todavia, os camarões que experimentaram as condições de qualidade de água de 200 camarões/m² (peso médio de $13,20 \pm 2,36$ g), eram ligeiramente maiores do que aqueles que experimentaram a qualidade da água, de 400 camarões/m² (peso médio de $12,65 \pm 1,81$ g). Esse resultado demonstra que a qualidade da água não é a causa da relação inversa entre o crescimento e a densidade.

Outro agravante da relação inversa entre densidade de cultivo e crescimento é a disponibilidade de alimento. Em sistema BFT, existe uma maior produtividade natural que proporciona maior disponibilidade de alimento. Esse problema começa a ocorrer somente quando se utilizam elevadas densidades, o que torna difícil o acesso ao alimento vivo. WYBAN et al. (1988) e SANDIFER et al. (1998) concluíram que o crescimento de *L. vannamei* foi pouco afetado pela densidade de estocagem na faixa de 2-100 e 45-100 camarões/m² em sistema de cultivo tradicionais e (água clara). No entanto, KRUMMENAUER et al. (2011) demonstraram que, em cultivo com bioflocos, em elevadas densidades de estocagem, a produtividade final alcançou 4,09 e 3,04 kg camarões/m², com sobrevivência de 81,2 e 75%, respectivamente, com 300 e 450 camarões/m². No entanto, os resultados deste estudo indicam que a densidade de estocagem de camarões na fase final de engorda (isto é, camarões com mais de 12 gramas) pode ser incrementada significativamente em sistemas BFT sem comprometer o seu crescimento.

As maiores densidades testadas no presente estudo, T450 e T600, apresentaram uma biomassa final elevada, porém sobrevivências mais baixas (Tabela 3). A sobrevivência observada no T450 foi similar aos resultados obtidos por KRUMMENAUER et al. (2011) também no sistema de bioflocos, nessa mesma densidade de estocagem.

Observando os dados de densidade final (Tabela 3), exceto no T150, os demais tratamentos chegaram a um valor entre 292,8 – 337,9 camarões/m², o que nos permite concluir que essa é a faixa de densidade de estocagem recomendada para *L. vannamei* no sistema de bioflocos na classe de tamanho em questão (acima de 12g).

Tabela 3. Parâmetros zootécnicos: peso médio final, taxa de sobrevivência, taxa de conversão alimentar (TCA), crescimento semanal, biomassa final e densidade final dos camarões *Litopenaeus vannamei* nas diferentes densidades de estocagem 150, 300, 450 e 600 camarões/m² cultivados em sistemas BFT

Tratamentos	Peso final (g)	Sobrevivência (%)	TCA	Cresc. Sem (g/sem)	Biom. final (kg/m ²)	Densidade final (camarões/m ²)
T150	17,58 ± 1,88 ^a	99,1 ± 1,15 ^a	1,54 ± 0,07 ^a	0,93±0,03 ^a	2,6 ± 0,30 ^a	148,7±1,15 ^a
T300	15,65 ± 1,89 ^b	97,55 ± 4,04 ^a	1,66 ± 0,04 ^b	0,62±0,05 ^b	4,5 ± 0,35 ^b	292,8±4,04 ^b
T450	15,45 ± 1,91 ^b	75,1 ± 15,70 ^b	1,72 ± 0,03 ^b	0,58±0,07 ^b	5,1 ± 0,40 ^c	337,9±15,70 ^b
T600	15,35 ± 1,97 ^b	49,33 ± 21,0 ^c	2,12 ± 0,03 ^c	0,57±0,10 ^b	4,5 ± 0,45 ^b	295,8±21,0 ^b

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos sugerem que *L. vannamei*, submetido ao sistema BFT, pode ser cultivado em elevadas densidades de estocagem e que a qualidade da água não é a causa da relação inversa entre o crescimento e a densidade, confirmando que esse efeito é comportamental.

As densidades de estocagem recomendadas para *L. vannamei* com tamanho maior do que 12g cultivados em sistema de bioflocos podem ser elevadas, recomendando-se que fiquem na faixa entre 292,8 a 337,9 camarões/m². No entanto, o presente trabalho mostrou que em densidades de até 450 camarões/m² pode-se obter boa sobrevivência e produtividade final.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento do projeto. Wilson Wasielesky Jr e Paulo César de Abreu são pesquisadores dessa agência.

REFERÊNCIAS

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis of AOAC**, 16ed. Patricia Cunniff (editora), Washington, DC, 2000.

ARNOLD, S.J.; SELLARS, M.J.; CROCOS, P.J.; COMAN, G.J. An evaluation of stocking density on the intensive production of juvenile brown tiger

shrimp (*Penaeus esculentus*). **Aquaculture**, v.256,p.174-179, 2006.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in Aquaculturesystems. **Aquaculture**, v. 176 p. 227-235, 1999.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p. 140-147, 2007.

BALLESTER, E.L.C.; WASIELESKY, 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**, v. 269, p. 355-362, 2007.

CHAMBERLAIN, G.; AVNIMELECH, Y.; MCINTOSH, R.P.; VELASCO, M. Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems with balanced C:N, II: Composition and nutritional value of organic detritus. **Global Aquaculture Advocate**, p.22-24, June 2001.

D'ABRAMO, L.R.; CONKLIN D.E.; AKIYAMA, D.M. **Crustacean Nutrition**, World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, 587p, 1997.

DECAMP, O.E.; CONQUEST, L.; CODY, J.; FORSTER, I. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.38,p. 395-406, 2007.

DE SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.;

- BOON, N.; VERSTRAETE, W. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v.277, p.125–137, 2008.
- EATON, A.D.; CLESERCI, L.S.; GREENBERG, A.E. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**, 10th edition. Amer. Public. Health Assoc. (APHA), Washington D.C., 1995.
- EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B.; BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, p.346-358, 2006.
- FURTADO, P.S.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, W. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bioflocs technology (BFT) systems. **Aquaculture**, v.321, p.130-135, 2011.
- GODOY, L. C.; ODEBRECHT, C.; BALLESTER, E.; MARTINS, T. G.; WASIELESKY, W. Effect of diatom supplementation during the nursery rearing of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a heterotrophic culture system. **Aquaculture International**, v. 20, n3, p. 559–569, 2011
- JACKSON, C.J.; WANG, Y.G. Modelling growth rate of *Penaeus monodon* Fabricius in intensively managed ponds: effects of temperature, pond age and stocking density. **Aquaculture Research**, v. 29, p. 27–36, 1998.
- JORY, D.E. **Feed management practices for a healthy pond environment**. In: BROWDY, C.L.; JORY, D.E. (Eds.). *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, 375p, 2001, p. 118-143.
- JU, Z.Y.; FORSTER, I.; CONQUEST, L.; DOMINY, W.; KUO, W.C.; HORGAN, F.D.. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. **Aquaculture Research**, v.39, p. 118-133, 2008.
- KRUMMENAUER, D.; WASIELESKY, W.; CAVALLI, R.O.; PEIXOTO, S.; ZOGBI, P.R. Viabilidade do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Crustacea: Decapoda) em gaiolas sob diferentes densidades durante o outono no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.36, p. 252-257, 2006.
- KRUMMENAUER, D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, W. Superintensive culture of White shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in Southern Brazil at different stocking densities. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n.5, p.726-733, 2011.
- LIN, Y.; CHEN, J. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 259, p.109-119, 2001.
- LIN, Y.; CHEN J. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, v. 224, p. 193-201, 2003.
- MARTIN, J-L. M.; VERAN, Y.; GUELORGET, O.; PHAM, D. Shrimp rearing: stocking density, growth, impact on sediment, waste output and their relationships studied the nitrogen budget in rearing ponds . **Aquaculture**, v. 164, p.135-149, 1998.
- MCINTOSH, B.J.; SAMOCHA, T.M.; JONES, E.R.; LAWRENCE, A.L.; MCKEE, D.A.; HOROWITZ, S.; HOROWITZ, A.. The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet on outdoor tank system and no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v. 21, p. 215-227, 2000.
- MIKKELSEN, L.H.; GOTFREDSEN, A.K.; AGERBAEK, M.L.; NIELSEN, P.H.; KEIDING, K. Effects of colloidal stability on clarification and dewatering of activated sludge. **Water Science and Technology**, v.3, p. 449-457, 1996.
- MOSS, K.K.; MOSS, S.M. Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* **Journal of the World Aquaculture Society**, v.35, p. 536-542, 2004.
- OTOSHI, C.A.; MONTGOMERY, A.D.; LOOK, A.M.; MOSS, S.M. Effects of diet and water source on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.32, p. 243-249, 2001.
- OTOSHI, C.A.; NAGUWA, S.S.; FALESCH, F.C.; MOSS, S.M. Shrimp behavior may affect culture performance at super-intensive stocking densities. **Global Aquaculture Advocate**, v. 10, n.2, p. 67-69, 2007.
- PETERSON, J.J.; GRIFFITH, D.R.W. Intensive nursery systems. **Global Aquaculture Advocate** v.2, n.6, p. 60-61, 1999.
- PRETO, A.; CAVALLI, R.O.; PISSETI, T.; ABREU, P.C.; WASIELESKY, W. Efeito da

- densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós-larvas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em gaiolas. **Ciência Rural**, v.35,p. 1417-1423, 2005.
- SAMOCHA, T.M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A.; BURGER, J.M.;ALMEIDA, R.V.;AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D.L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v.36, p. 184-191, 2007.
- SANDIFER, P.A.; HOPKINS, J.S.; STOKES, A.D. Intensification of shrimp culture in earthen ponds in South Carolina: progress and prospects. **Journal the World Aquaculture Society**, n.19, v.4,p. 218-226, 1988.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**. Principle and practices of statistics in biological research. W. H. Freeman & Co, 776p., 1969.
- STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. **A practical handbook of seawater analysis**. Fishery Research Board, Ottawa,Canada, 310p., 1972.
- TACON, A.G.J.; CODY, J.J.; CONQUEST, L.D.;DIVAKARAN, S.; FORSTER, I.P.;DECAMP, O.E. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 8,p. 121-137, 2002.
- UNESCO. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. **Manual and Guides 12**, **Intergovernmental Oceanographic Commissiony**. Paris, France, 1983.
- VAN WYK, P.;SCARPA, J. **Water Quality and Management**. In: Van Wyk, P., et al. (Eds.), Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, Florida, 1999. p. 128-138.
- WASIELESKY, W.;POERSCH, L.H.; JENSEN, L.; BIANCHINI, A. Effect of stocking density on growth of pen reared pink shimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Crustacea, Penaeidae). **Náuplius**, v. 9, p.163-167, 2001.
- WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.I.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. Effect of natural production in brown water super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.258, p. 396-403, 2006.
- WELSCHMEYER, N.A. Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. **Limnology & Oceanography**, v. 39, p.1985-1992, 1994.
- WILLIAMS, A.S.; DAVIS, A.D.; ARNOLD, C.R. Density-dependent growth and survival of *Penaeus Setiferus* an *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 27, p.107-112, 1996.
- WYBAN, J.A.; SWEENEY, J.N.; KANNA, R.A. Shrimp Yields and economic potential of intensive round pond systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 19, n.4, p. 210-217, 1988.

Protocolado em: 14 jul. 2010. Aceito em 01 jul. 2013.