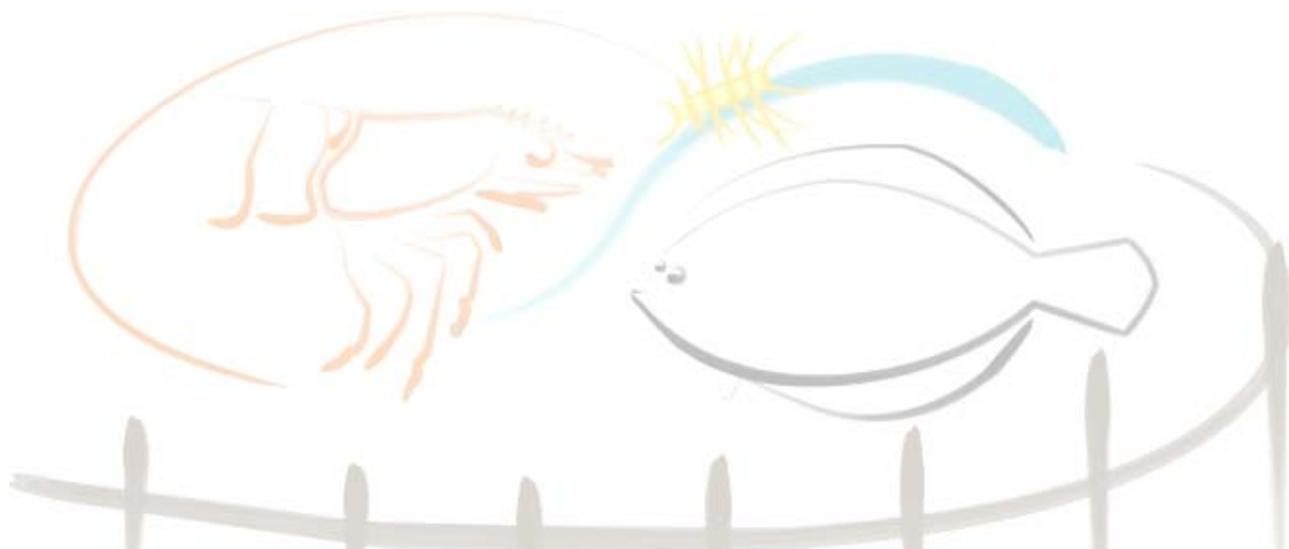




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AQUICULTURA**



**APRIMORAMENTO DAS TÉCNICAS DE MANEJO  
DO CULTIVO DO CAMARÃO BRANCO**

***Litopenaeus vannamei* (Boone) EM SISTEMA DE  
BIOFLOCOS**

**CHARLES NUNES FRÓES**

**FURG**

**RIO GRANDE, RS**

**2012**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

**APRIMORAMENTO DAS TÉCNICAS DE MANEJO DO CULTIVO  
DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei* (Boone) EM  
SISTEMA DE BIOFLOCOS**

CHARLES NUNES FRÓES

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em  
Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande -  
FURG, como requisito parcial à obtenção do título de  
Doutor.

Orientador: Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Co-orientador: Dr. Luis Henrique Poersch

RIO GRANDE

Janeiro 2012

## DEDICATÓRIA

---

Aos meus pais José e Inalva.

## AGRADECIMENTOS

---

Ao meu orientador Dr. Wilson Wasielesky pela amizade, apoio e importantes orientações. E pela incrível dedicação ao Projeto Camarão, a EMA e ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura.

Aos meus pais pelo apoio, incentivo e principalmente pelo exemplo de vida que são.

A minha família.

A Raquel pelo amor, paciência e apoio nos momentos difíceis.

Ao meu co-orientador Luis Poersch pela orientação, amizade e ajuda.

Aos membros da banca examinadora Dr. Silvio Peixoto, Dr. Marcelo Tesser e Dr. Geraldo Fóes por aceitar o contive e pelas contribuições ao trabalho.

Aos amigos Eduardo e Diana, por tornar o trabalho na larvicultura menos penoso.

Aos colegas, amigos e co-autores dos artigos Dariano, Geraldo e Gabi pelas valiosas sugestões e amizade.

As amigas Maurem e Cintia, pelo ótimo convívio dentro e fora da EMA.

Aos colegas Hermes e Marcelo pelo apoio na montagem do sistema experimental e ao Sandro pelas análises químicas.

A todos os professores, funcionários e alunos da EMA.

Aos vigilantes da EMA Lucio, Nero, Fabiano e agora colega Marcos, sempre dispostos a ajudar.

A todos meus amigos que conquistei.

A Capes pela concessão da bolsa, ao CNPq e ao Ministério da Pesca Aquicultura pelo suporte financeiro.

## ÍNDICE

---

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUÇÃO GERAL.....	3
OBJETIVO.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
BIBLIOGRAFIA.....	11
CAPÍTULO 1: Berçário do camarão branco <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema de bioflocos: efeito da densidade de estocagem e crescimento compensatório.....	17
CAPÍTULO 2: Cultivo do camarão branco <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema de bioflocos: Efeitos densidade de estocagem na engorda.....	44
CAPÍTULO 3: Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco <i>Litopenaeus vannamei</i> .....	63
CAPÍTULO 4: Despesca parcial do camarão branco <i>Litopenaeus vannamei</i> cultivado em sistema de bioflocos sem renovação de água.....	84
CONCLUSÕES GERAIS.....	102

## RESUMO

A rápida expansão da carcinocultura nas últimas décadas gerou muitos problemas ambientais como a destruição de ecossistemas circundantes, descarga de efluentes, invasão de espécies exóticas e disseminação de patógenos. Diante desse contexto o sistema de cultivo em bioflocos sem renovação de água (*BFT – Biofloc Technology*) surgiu como uma importante alternativa, pois as bactérias heterotróficas presentes nos bioflocos assimilam os compostos nitrogenados dissolvidos na água de cultivo, possibilitando que a mesma seja reutilizada em diversos ciclos, tornando o sistema ambientalmente amigável. Esta tese investigou técnicas de manejo que possibilitem a intensificação do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistemas de bioflocos sem renovação de água. Os resultados demonstraram que o aumento da densidade de estocagem afetou o crescimento e a sobrevivência em todas as fases de engorda do *L. vannamei* cultivado em sistemas de bioflocos. Pós-larvas do *L. vannamei* produzidas em altas densidades, apresentaram crescimento compensatório pleno quando re-estocados em densidades adequadas. A fertilização com uma fonte rica em carbono orgânico (melaço de cana) mostrou-se eficiente para um melhor desempenho zootécnico quando comparado ao sistema autotrófico. O uso de despesca parcial pode ser uma importante ferramenta de manejo para a utilização máxima da capacidade suporte dos viveiros, mantendo ao longo do cultivo a maior biomassa de camarões que o sistema *BFT* suporta. Os resultados obtidos na presente tese podem colaborar nos processos de intensificação para a produção de *L. vannamei*.

## ABSTRACT

The expansion of shrimp culture in recent decades generated many environmental problems such as destruction ecosystems, effluent discharge, invasion of exotic species and spread of pathogens. In this context the biofloc system with no water exchange (BFT - Biofloc Technology) has emerged as an important alternative as the heterotrophic bacteria present in bioflocos can assimilate the dissolved nitrogen in culture water, enabling successive cycles in this environmentally friendly system. This work investigated management techniques that enable the intensification of farming systems in *Litopenaeus vannamei* biofloc with no water renewal. The results showed that increasing the stocking density affected the growth and survival in different stages of the *L. vannamei* growout in biofloc systems. It was also detected that post-larvae of *L. vannamei* cultured at high density showed full compensatory growth when re-stocked at appropriate stocking densities. Fertilization using a rich source of organic carbon (molasses) in intensive culture ponds with no renewal of water shrimp *L. vannamei*, was efficient for better performance. The use of partial harvesting could an important management tool for the use of the maximum carrying capacity of the ponds, keeping along the culture of the largest biomass of shrimp that the system can support. The findings obtained in this thesis can collaborate in the process of intensification of *L. vannamei* culture.

### **1. O cultivo de camarões marinhos**

Conforme as estatísticas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO 2010), a captura mundial de pescados vem se mantendo estável (em torno de 90 milhões de toneladas/ano) nos últimos anos e não há indícios de que possa aumentar em curto ou médio prazo. Entretanto a aquicultura é a atividade de produção animal com maior taxa de crescimento no mundo (8,3% ao ano), atingindo em 2008 uma produção total de 68,3 milhões de toneladas e um valor financeiro estimado em US\$ 105,8 bilhões (FAO 2010). Previsões indicam que no ano de 2030 a produção será de 83 milhões de toneladas tornando-se uma importante ferramenta para geração de empregos e uma nova opção sócia – econômica para comunidades litorâneas (FAO 2009).

Entre as diversas atividades aquícolas, a carcinocultura destaca-se no setor devido ao alto valor comercial que os crustáceos atingem no mercado, em 2008 sua produção gerou US\$ 22,7 bilhões (FAO 2010). No Brasil a atividade mais expressiva da maricultura (IBAMA 2007). Entretanto, certas precauções são necessárias para garantir sua sustentabilidade econômica e ambiental.

A carcinocultura, até os anos 80, utilizava práticas extensivas de cultivo, assim fazendas expandiam suas áreas, como estratégia para aumentar a produção (Hargreaves 2006). No entanto, com o avanço da tecnologia, principalmente através do uso de aeradores, dietas comerciais e altas taxas de renovação de água (10-15% diária), muitos produtores aumentaram as densidades de estocagem passando a operar em sistemas semi-intensivos e intensivos (Mishra et al. 2008). Loneragan et al. (1998) destacam a necessidade de intensificar os cultivos de peneídeos, com o objetivo de minimizar os custos e garantir a sustentabilidade econômica das fazendas.

### **2. Impacto ambiental da carcinocultura**

Porém sistemas intensivos são uma fonte potencial de poluição aos corpos hídricos, pois os efluentes gerados na produção intensiva de camarão são caracterizados por altas concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e material em suspensão, conseqüentemente altos valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (Hopkins et al. 1993; McIntosh et al. 2001; Jackson et al. 2003; Cohen et al. 2005).

A maior parte do N que entra nos sistemas de cultivo de camarão é liberado na coluna de água do viveiro na forma do íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). Este composto é gerado pela decomposição da ração não consumida e pela excreção da alimentação que não foi convertida em tecido do camarão (crescimento). Thakur & Lin (2003) demonstraram em estudo com *Penaeus monodon* alimentados com ração comercial contendo 42% de proteína bruta, que os camarões assimilaram entre 23-31% e 10-13% de N e P, respectivamente. Nunes & Parson (1998) calcularam que apenas 17 % dos nutrientes da ração são despescados como biomassa de camarões ao final do ciclo, o restante acaba sendo perdido, acumulando-se no sedimento em forma de detritos. A mineralização da matéria orgânica (detritos) e a excreção dos animais cultivados resultam em aumento da concentração de nitrogênio amoniacal total (TAN) no sistema, obrigando os produtores a renovarem a água dos viveiros (Lin & Chen 2001).

Silva (2009) reporta que para cada tonelada de *Litopenaeus vannamei*, produzido em sistema intensivo, são gerados efluentes “*in natura*” com cargas de aproximadamente 20 kg de N e 4,1 kg de P. Já no cultivo de *Farfantepenaeus paulensis*, seriam liberados aproximadamente 90 kg de N e 13,5 de P para cada tonelada de camarão produzido. Com o objetivo de minimizar a liberação excessiva de nutrientes nos ecossistemas costeiros adjacentes, agências governamentais de diversos países têm imposto rigorosas diretrizes para a descarga de efluentes (Ibrekk & Elvestad 1990; Mathiesen 1990; Hopkins 1993; Samocha et al. 2002).

Além da descarga de nutrientes, os cultivos intensivos aumentam os riscos de invasão de espécies exóticas, a disseminação de patógenos e a dependência de farinha de pescado como fonte de proteína (Naylor et al. 2000; Boyd 2003). Esses problemas exigem a aplicação de novas técnicas para a manutenção da qualidade da água e sustentabilidade dos recursos hídricos, conjugando a rentabilidade do cultivo por meio de densidades de estocagem e alimentação adequadas (Gaona 2011), além da mínima ou nenhuma taxa de renovação de água ao longo do período de cultivo (Hopkins et al. 1995; Wasielesky et al. 2006).

### **3. O cultivo de camarão em sistema de biofloco sem renovação de água**

Uma maneira de evitar ou reduzir a geração de efluentes, e aumentar a densidade de estocagem são os cultivos super-intensivos sem renovação de água com presença de

bioflocos. Os benefícios deste sistema de cultivo ao meio ambiente são consideráveis quando comparado ao sistema de produção de camarões tradicional (semi-intensivo), com aproveitamento 40 vezes mais eficiente no uso da água e 10 vezes mais no uso da terra (Boyd & Clay 2002). Além de diminuir o risco de introdução e disseminação de doenças pela renovação de água (Burford et al. 2004), este sistema completa a dieta dos animais através da produtividade natural presente nos tanques (Wasielsky et al. 2006), tornando mais eficaz o uso de proteína e farinha de peixe (Naylor et al. 2000).

O cultivo em bioflocos caracteriza-se por viveiros altamente oxigenados, povoados com altas densidades de camarões e fertilizados com fontes ricas em carbono para estimular o surgimento de uma biota bacteriana predominantemente heterotrófica (Avnimelech 1999). Segundo Azam et al. (1982) estas bactérias são um importante elo no fluxo da matéria orgânica em oceanos e estuários, desempenhando um papel importante também em ambientes de cultivo. A manipulação dessas espécies pode trazer benefícios tanto ambientais como econômicos para a aquicultura, a presença de nitrogênio e fósforo na forma dissolvida estimula o crescimento de bactérias que os transformam em matéria orgânica particulada, utilizando o nitrogênio amoniacal originado da excreção dos animais e da decomposição da matéria orgânica para a produção de biomassa bacteriana (Avnimelech 1999). Este processo é mais eficiente com a relação Carbono/Nitrogênio maior que 10:1 (Moriarty 1997), o melaço pode ser utilizado como fonte de carbono, ajustando assim esta relação e estimulando o surgimento das bactérias heterotróficas, que desempenham papel fundamental na manutenção da qualidade da água, diminuindo o impacto ambiental dos efluentes (Decamp et al. 2002).

Essas bactérias, juntamente com as microalgas, são os organismos produtores de toda cadeia trófica dos ambientes de cultivo, sendo as principais produtoras da matriz orgânica, proporcionando a formação de agregados microbianos, os chamados bioflocos, uma associação de bactérias, microalgas, flagelados, ciliados, rotíferos e pequenos metazoários além de detritos orgânicos (Burford et al. 2004; Wasielsky et al. 2006). Portanto, estes microorganismos têm a capacidade de reciclar a matéria orgânica dentro do próprio ambiente de cultivo, através da absorção dos compostos nitrogenados, disponibilizando esta para os camarões na forma de proteína microbiana e, desta forma, servindo como uma fonte de alimento com alto valor nutricional para os organismos cultivados (Decamp et al. 2002; Wasielsky et al. 2006).

Sendo assim, a conversão alimentar pode melhorar através de um maior aproveitamento do alimento natural presente no ambiente de cultivo, diminuindo assim, a necessidade do fornecimento de alimento exógeno e fazendo com que os custos de produção sejam sensivelmente reduzidos (Avnimelech 2000). Diversos estudos comprovaram que os agregados, microorganismos associados a uma matriz orgânica, contribuem na nutrição de peixes e crustáceos, aumentando a sobrevivência e o crescimento dos organismos cultivados (Umesh et al. 1999; Azim et al. 2008; Mridula et al. 2003; Langis et al. 1988; Tidwell et al. 2000). Wasielesky et al. (2006) concluíram que os bioflocos, em sistemas super-intensivos de cultivo de *L. vannamei* sem renovação de água, diminuí significativamente a conversão alimentar, reduzindo custos de produção e descarga de efluentes nitrogenados. Nutrientes essenciais para os camarões podem ser fornecidos por meio de microorganismos presentes no ambiente de cultivo, complementando a alimentação e reduzindo custos (Thompson et al., 2002). Os bioflocos são ricos em minerais como o cálcio, sódio, potássio, magnésio e fósforo (Tacon 2000), além de vitaminas, importantes no sistema imune dos peneídeos, diminuindo a necessidade de adicionar estes componentes na dieta comercial (Velasco et al. 1998).

Portanto, os sistemas intensivos de cultivo de camarões os bioflocos, além de contribuir para a manutenção da qualidade da água (Ebeling et al. 2006; Samocha et al. 2007) podem sustentar uma maior biomassa de camarões cultivados garantindo seu crescimento (Anderson et al. 1987; Burford et al. 2004; Wasielesky et al. 2006). No entanto, a capacidade suporte deste sistema é determinada, principalmente pelo seu potencial de produzir alimento *in situ* para os organismos cultivados e por sua velocidade de transformar os compostos nitrogenados em proteína microbiana (Schryver et al. 2008). Atualmente, a maior parte dos compostos essenciais necessários na alimentação de organismos aquáticos é obtida de farinhas e óleos de peixe, devido à sua qualidade nutricional (Watanabe 2002). Isto representa uma forma não-sustentável de produção de alimentos, pois dependem da captura no oceano para a produção (Naylor et al. 2000) que pode ser reduzido com a produtividade natural do cultivo (resíduos metabólicos, fezes e nutrientes lixiviados da ração, etc.) fornecendo uma fonte renovável de nutrientes para camarão (Ju et al. 2008).

Anderson et al. (1987) relataram que 43-67% do crescimento de juvenis de *L. vannamei*, criados em viveiros de terra, ocorre devido à assimilação da biota natural, já os bioflocos podem ser responsáveis por até 80% do crescimento (Otoshi et al. 2006).

A composição dos bioflocos apresenta ampla variação de acordo com as condições ambientais de cultivo e a presença de microrganismos específicos (Chamberlain et al. 2001). Por exemplo, McIntosh et al. (2000), Tacon (2000) e Wasielesky et al. (2006) reportaram níveis de proteína bruta de 43,0, 33,4 e 31,0%, respectivamente. Segundo Chamberlain et al. (2001) uma razão C:N de 10:1 ou menos favorece o desenvolvimento de bactérias com alto conteúdo protéico, e a razão C:N mais alta favorece o acúmulo de lipídios em algas, leveduras e fungos. Sendo assim, a composição microbiana pode ser manipulada de alguma forma para maximizar seu valor nutricional. Para os valores de lipídios, Maicá et al. (2011) relataram porcentagem de 2,1 à 3,6%, já McIntosh et al. (2000) observou 12,5%, enquanto que Tacon (2000) e Wasielesky et al. (2006) 0,6 e 0,4%, respectivamente. Os ciliados e flagelados sintetizam os ácidos graxos poliinsaturados, consumindo as bactérias, e conseqüentemente enriquecem a composição nutricional dos bioflocos permitindo a transferência de seus nutrientes para níveis tróficos mais elevados (Brown et al. 1997; Zhukova & Kharlamenko 1999).

#### **4. Manejo do sistema de bioflocos**

Reduzir a utilização de água é um dos princípios básicos da aquicultura moderna, ambientalmente correta. A redução, ou a eliminação das trocas de água traz benefícios para o produtor que economiza nos gastos com bombeamento, maximiza a utilização dos nutrientes e protege a criação contra a entrada de possíveis organismos patogênicos (IPRSF 2006). Hari et al. (2006) relataram que a adição de carboidrato nos viveiros e a redução do nível de proteína da ração, melhoraram a sustentabilidade das fazendas de camarão, aumentando da retenção do nitrogênio na biomassa do camarão produzido e diminuindo a concentração de nitrogênio amoniacal na água de cultivo.

No entanto para o cultivo de camarões sem renovação de água, são necessários elevados custos para construção e operação do sistema, os quais são geralmente compensados pelo aumento da densidade de estocagem dos camarões (Decamp et al. 2007). O incremento das densidades de estocagem em níveis super-intensivos deve ser explorado ao máximo a fim de gerar uma maior produtividade por unidade de área (Otoshi et al. 2006; Krummenauer et al. 2011). Porém, o manejo da produção é mais complexo quando comparado aos sistemas convencionais, tornando o sucesso

econômico do sistema de cultivo dependente da capacidade de assimilação da biomassa de camarões.

Operar cultivos intensivos ambientalmente amigáveis tem sido um grande desafio para os produtores de camarão, uma vez que o aumento excessivo da densidade de estocagem pode gerar uma redução do crescimento e da sobrevivência dos camarões. Esta redução é associada a uma combinação de fatores tais como: diminuição do espaço viável e a disponibilidade de alimento natural (Peterson & Griffith 1999), aumento do canibalismo (Abdussamad & Thampy 1994), degradação da qualidade da água (Nga et al. 2005) e acúmulo de matéria orgânica no fundo do tanque (Arnold et al. 2006). Portanto, é de fundamental importância a determinação da densidade ideal de estocagem a ser utilizada, principalmente em sistemas de cultivo super intensivos onde o máximo aproveitamento do espaço disponível para o cultivo é extremamente importante.

Para obter um melhor aproveitamento das unidades de produção disponíveis seria interessante determinar as máximas densidades aplicáveis a cada fase do cultivo, desta forma segmentando a produção e potencializando a produtividade de todo o sistema, pois quanto menor o estágio de desenvolvimento dos camarões, maior a densidade de estocagem que pode ser empregada. Por exemplo, para o camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* Wasielesky et al. (2001) constataram que 30 camarões m<sup>-2</sup> seria a melhor densidade para a engorda em cercados, enquanto que Preto (2005) determinou que na fase de berçário podem ser estocados até 400 pls m<sup>-2</sup>.

Durante o berçário, fase intermediária entre a larvicultura e a engorda definitiva, onde o camarão encontra-se na fase inicial de crescimento entre 0,008g à 1g, podem ser utilizadas densidades de estocagens mais altas, diminuindo os custos de produção, possibilitando ainda o aumento do número de safras em regiões de clima temperado, maior controle de doenças e maior sobrevivência no ciclo final de produção. (Kumlu 2001; Krummenauer et al. 2011).

Além do efeito da densidade de estocagem, Fóes (2008) demonstrou que camarões estocados em sistemas de berçários com temperatura e taxas de alimentação abaixo do ideal, quando transferidos para um ambiente de cultivo adequado, apresentaram um crescimento acelerado principalmente nas primeiras semanas. Conhecido como “crescimento compensatório”, este aumento na taxa de crescimento é resultado de estratégias adotadas pelos organismos tais como: maior consumo de alimento no período pós-estresse (hiperfagia), aumento na eficiência alimentar, redução de custos metabólicos e diminuição da locomoção (Ali et al. 2003; Jobling et al. 1994;

Quinton & Blake 1990). Wu et al. (2002) relataram crescimento compensatório no *Fenneropenaeus chinensis* após ser submetido a um regime de restrição alimentar. O mesmo efeito foi notado em muitas espécies de peneídeos cultivados em condições de baixa temperatura, restrição alimentar e hipóxia (Nicieza & Metcafe 1997; Ali et al. 2003; Oh et al. 2007; Wu et al. 2001; Wu & Dong 2002), diante deste contexto avaliou-se a importância de trabalhos descrevendo crescimento compensatório de camarões cultivados com densidade de estocagem alta e posteriormente re-estocados a uma densidade adequada.

Uma maneira de estimular o crescimento compensatório dos camarões e explorar ao máximo a capacidade suporte do sistema, é a implementação de despescas parciais. Segundo Moss et al. (2005) esta técnica pode aumentar a produtividade dos viveiros, diminuir os custos operacionais e atender a um mercado específico de camarão. Nyan Taw et al. (2008) trabalhando em sistemas de bioflocos, relataram que a aplicação de seis despescas parciais em um viveiro de 2500 m<sup>2</sup>, aumentou sua produtividade de 30 toneladas ha<sup>-1</sup> para 49,5 toneladas/ha.

Portanto, para desenvolver sistemas de cultivo em bioflocos sem renovação de água, é importante não só determinar as densidades de estocagem ideais para cada fase da engorda do *L. vannamei*. Mas também descrever um manejo que explore o crescimento compensatório dos camarões cultivados em altas densidades. Bem como promover a intensificação dos sistemas de produção, através de despescas parciais, e do aproveitamento dos microorganismos presentes nos viveiros de cultivo, por meio de fertilização orgânica de carbono, proporcionando a reciclagem dos nutrientes e diminuindo assim a geração de efluentes.

## **OBJETIVO GERAL**

O objetivo desta tese foi desenvolver técnicas de manejo visando o aumento da densidade de estocagem do *L. vannamei* no sistema de cultivo em bioflocos sem renovação de água. Avaliando a ocorrência de crescimento compensatório e o efeito da densidade de estocagem no crescimento e sobrevivência, em diferentes fases do cultivo sistema BFT, bem como a comparação do sistema BFT com o sistema convencional sem presença de bioflocos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar o efeito das densidades de estocagem: 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup>, no crescimento e sobrevivência do *L. vannamei* cultivado em sistema bioflocos sem renovação de água, na fase de berçário.

- Avaliar ocorrência de crescimento compensatório do *L. vannamei* cultivado nas densidades de 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup>, e posteriormente re-estocados a 300 m<sup>-2</sup>.

- Comparar o crescimento e a sobrevivência do *L. vannamei*, com peso médio inicial próximo a 1,0g, estocado em sistema bioflocos sem renovação de água nas densidades de: 300, 450, 600, 750 e 900 camarões m<sup>-2</sup>.

- Testar o efeito das densidades de estocagens 200, 300, 400, 500 e 600 camarões m<sup>-2</sup>, na sobrevivência e crescimento do *L. vannamei*, com peso médio inicial próximo a 6,0g, em sistema de bioflocos sem renovação de água.

- Avaliar o efeito de despesas parciais no aumento da produtividade de viveiros de cultivo do *L. vannamei* operados em sistema de bioflocos.

- Comparação entre o sistema heterotrófico (BFT) e sistema autotrófico de cultivo de *L. vannamei*, em sistema intensivo com renovação mínima de água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, RK, PL PARKER, & A LAWRENCE. 1987. A  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  tracer study of the utilization of presented feed by a commercially important shrimp *Litopenaeus vannamei* in a pond growout system. J. World Aquacult. Soc, 18: 148-156.
- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture, 176: 227-235.
- AVNIMELECH, Y. 2006. Bio-filters: The need for a new comprehensive approach. Aquacult. Res., 34:172–178.
- AZAM, F. 1982. Measurement of growth of bacteria in the sea and the regulation of growth by environmental conditions. In: Hobbie, J., Williams, P. J., Le B. (eds.) Heterotrophic activity in the sea.
- AZIM, ME, DC LITTLE & JE BRON. 2008. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. Biores. Tec., 99: 3590–3599.
- BOYD CE & JW CLAY. 2002. Evaluation of Belize Aquaculture, Ltda: A Superintensive Shrimp Aquaculture System. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 17 p.
- BRATVOLD, D & CL BROWDY. 2001. Effects of sand and vertical surfaces (Aquamats<sup>TM</sup>) on production, water quality and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. Aquaculture, 195: 81-94.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high intensity, zero exchange system. Aquaculture, 232: 525–537.
- CHAMBERLAIN, G, Y AVNIMELECH, RP MCINTOSH & M VELASCO. 2001. Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems with balanced C:N, II: Composition and nutritional value of organic detritus. Global Aquacult. Advoc., June 13- 114.
- COHEN, JM, TM SAMOCHA, JM FOX, RL GANDY & AL LAWRENCE. 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of

- juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Aquacult. Eng.*, 32: 425–442.
- DECAMP, O, L CONQUEST, I FORSTER & AGJ TACON 2002. The nutrition and feeding of marine shrimp zero-water exchange aquaculture production systems: role of eukaryotic microorganisms. In: Lee C.S. and P. O’Byrne Eds. *Microbial approaches to aquatic nutrition within environmentally sound aquaculture production systems*, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, 79-86.
- DECAMP, OE, L CONQUEST, J CODY & I FORSTER. 2007. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. *J. World Aquacult. Soc.*, 38: 395-406.
- EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.
- FAO 2009. Shrimp fisheries under scrutiny. Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org). Acessado em 10/06/11.
- FAO. 2010. SOFIA – The State of World Fisheries and Aquaculture. Disponível em <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e.pdf> acessado em 01/09/2011.
- GAONA, CAP. 2011. Efeito da clarificação sobre a qualidade de água de cultivo super-intensivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema com bioflocos. Rio Grande, Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande.
- HARGREAVES, JA. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacult. Eng.*, 34: 344-363.
- HARI, B, K MADHUSOODANA, JT VARGHESE, JW SCHAMA & MCJ VERDEGEM. 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*, 241: 179-194.
- HARI, B, BM KURUP, JT VARGHESE, JW SCHRAMA & MCJ VERDEGEM. 2006. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*, 252: 248-263.
- HOPKINS JS, RD HAMILTON, PA SANDIFER, CL BROWDY & AD STROKES. 1993. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets in intensive shrimp ponds. *J. World Aquacult. Soc.*, 24 (3): 304-320

- HOPKINS, JS, PA SANDIFER & CL BROWDY. 1995. A review of water management regimes which abate the environmental impact of shrimp farming. In: C.L., Browdy, J.S., Hopkins (Eds.), *Swimming through troubled water*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, 13–22.
- IBAMA, 2007. *Estatística da Pesca e Aquicultura: grandes regiões e unidades da federação*. Brasília. 147p.
- IBREKK, HO & S ELVESTAD. 1990. The Norwegian experience. In: *Aquaculture International Congress Proceedings*, Vancouver, Canada, p. 267–277.
- INTERNATIONAL PRINCIPLES FOR RESPONSIBLE SHRIMP FARMING. 2006. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. 20 pp. Disponível em: <http://library.enaca.org/shrimp/publications/shrimp-principles-2006.pdf> acessado em: 09/09/2011.
- JACKSON, C, N PRESTON, PJ THOMPSON, & M BURFORD. 2003 Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. *Aquaculture*, 218: 397– 411
- JU, ZY, I FORSTER, L CONQUEST, W DOMINY, WC KUO & FD HORGAN. 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. *Aquacult. Res.*, 39: 118-133.
- KRUMMENAUER, D, RO CAVALLI, LH POERSCH & W WASIELESKY. 2011. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. *J. World Aquacult. Soc.*, 42: 726-733.
- LANGIS, R, D PROULX, J NOUE, & P COUTURE. 1988. Effects of bacterial biofilm on intensive *Daphnia* culture. *Aquacult. Eng.* 7, 21–38.
- LIN, Y & J CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 259: 109-119.
- LONERAGAN, N, DJ DIE, GM KAILIS, R WATSON & N PRESTON. 1998. Developing and Assessing Techniques for Enhancing Tropical Australian Prawn Fisheries and the Feasibility of Enhancing the Brown Tiger Prawn (*Penaeus esculentus*) Fishery in Exmouth Gulf. Final report on FRDC project 1998/222. CSIRO, Cleveland.
- MAICÁ FM, MR BORBA & WJ WASIELESKY. 2011 Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone)

- juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquacult. Res.*, 1-10.
- MATHIESEN, CK. 1990. Fish farming and the environment reality and myth—a Danish prospective. In: *Aquacultural Engineering Congress Proceedings*, Vancouver, Canada, 278–284.
- MCINTOSH, D, TM SAMOCHA, ER JONES, AL LAWRENCE, DA MCKEE, S HOROWITZ & A HOROWITZ. 2000. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. *Aquacult. Eng.*, 21: 215–227.
- MCINTOSH, B.J., 2000. Changing paradigms in shrimp farming: establishment of heterotrophic bacterial communities. *Global Aquacult. Advoc.*, February: 53-58.
- MCINTOSH, RP. 2001. Establishment of heterotrophic bacterial communities. *Global Aquacult. Advoc.*, February: 53-58.
- MISHRA, J K, TM SAMOCHA, S PATNAIK, M SPEED, RL GANDY & AM ALI. 2008. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquacult. Eng.*, 38: 2–15.
- MORIARTY, DJW. 1997. The role of microorganisms in aquaculture ponds. *Aquaculture*, 51: 333-349.
- MOSS, SM. 2002. Dietary importance of microbes and detritus in penaeid shrimp aquaculture. In: C. S. Lee & P. O’Byrne, editors. *Microbial approaches to aquatic nutrition within environmentally sound aquaculture production systems*. Baton Rouge, LA: World Aquaculture Society. pp. 1–18.
- MOSS, SM, CA OTOSHI, & PS LEUNG. 2005. Optimizing strategies for growing larger *L. vannamei*. *Global Aquacul. Advoc.* 8: 68–69
- MRIDULA, RM, JK MANISSERY, P KESHAVANATH, KM SHANKAR MC NANDEESHA & KM RAJESH. 2003. Water quality, biofilm production and growth of fringe-lipped carp (*Labeo fimbriatus*) in tanks provided with two solid substrates. *Biores. Techn.*, 87: 263-267.
- NAYLOR, RL, RJ GOLDBURG, JH PRIMAVERA, N KAUTSKY, MCM BEVERIDGE, J CLAY, C FOLKE, J LUBCHENCO, H MOONEY, M TROELL. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405:1017-1024.

- NYAN TAW, C, H FUAT, N TARIGAM & K SIDABUTAR. 2008. Partial harvest/biofloc system promising for Pacific White Shrimp. *Global Aquacult. Advoc.* September: 84-86.
- NUNES AJP & GJ PARSONS. 1998. Dynamics of tropical coastal aquaculture systems and the consequences of waste production. *J. World Aquacult. Soc.*, 29(2): 27-37.
- OTOSHI, CA, LR TANG, DV DAGDABAN, CM HOLL, CM TALLAMY, DR MOSS, SM ARCE & SM MOSS. 2006. Super intensive growout of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*: Recent advances at the oceanic institute. In: proceeding o the 6<sup>th</sup> International conference Recirculating Aquaculture p.1-5. Virginia Tech University, Blacksburg.
- SAMOCHA, TM, RL GANDY, DZ MCMAHON, T BLACHER, RA BENNER & A L LAWRENCE. 2002. Use of intensive nursery raceway system with limited water discharge to improve production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. In: Beijing: World Aquaculture Society.
- SAMOCHA, TM, S PATNAIK, M SPEED, A ALI, JM BURGER, RV ALMEIDA, Z AYUB, M HARISANTO, A HOROWITZ & DL BROCK. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacult. Eng.*, 36: 184-191.
- SCHRYVER PD, R CRAB, T DEFOIRD, N BOON & W VERSTRAETE. 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277: 125-137.
- SILVA, KR. 2009. Dinâmica do nitrogênio e do fósforo no cultivo super-intensivo dos camarões *Litopenaeus vannamei* e *Farfantepenaeus paulensis* sem renovação de água. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande do Sul, Brasil. 68p.
- TACON, AGJ. 2000. Shrimp feeds and feeding regimes in zero-exchange outdoor tanks. *Global Aquacult. Advoc.*, April: 15-16.
- THAKUR, DP & CK LIN. 2003. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquacult. Eng.*, 27: 159-176.
- THOMPSON, FL, PC ABREU. & WJ WASIELESKY. 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture*, 203: 263-278.
- TIDWELL, JH, SD COYLE, CD WEBSTER, JD SEDLACEK, PA WESTON, WL KNIGHT, LR D'ABRAMO, WH DANIELS & MJ FULLER. 1997. Relative

- prawn production and benthic macroinvertebrate densities in unfed, organically fertilized, and fed pond systems. *Aquaculture*, 149: 227-242.
- UMESH, NR, SHANKAR & CV MOHAN. 1999. Enhancing growth of common carp, rohu and Mozambique tilapia through plant substrate: the role of bacterial biofilm. *Aquacult. Inter.*, 7: 251-260.
- VELASCO, M, AL LAWRENCE & WH NEILL. 1998. Effects of dietary phosphorus level and inorganic source on survival and growth of *Penaeus vannamei* postlarvae in zero-water exchange culture tanks. *Aquat. Living Resour.*, 11: 29-33.
- WASIELESKY, WJ, HI ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect of natural production in brown water super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.
- WATANABE, T. 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. *Fish. Sci.*, 68: 242-252.
- ZHUKOVA, NV & VI KHARLAMENKO. 1999. Source of essential fatty acids in the marine microbial loop. *Aquat. Microb. Ecol.*, 17: 153-157.

**BERÇÁRIO DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA DE  
BIOFLOCOS: EFEITO DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM E CRESCIMENTO  
COMPENSATÓRIO**

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo, avaliar o efeito da densidade de estocagem e a ocorrência de crescimento compensatório no camarão branco *Litopenaeus vannamei*, na fase de berçário em sistema de bioflocos. Foram realizados dois experimentos em um sistema de recirculação de água, onde 12 tanques experimentais (microcosmos), com área de fundo de 0,5 m<sup>2</sup>, eram abastecidos continuamente pela água de cultivo de um tanque (macrocosmo) de 70 m<sup>2</sup>, onde ocorria um cultivo de *L. vannamei*. A água retornava por gravidade, sendo uma taxa de circulação diária de 4800%. No primeiro experimento, pós-larvas de *L. vannamei* com peso médio inicial de 0,003g, foram cultivados, durante 30 dias, nas densidades de 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup> obtendo pesos finais significativamente diferentes (P<0.05) de 0,45, 0,33, 0,30 e 0,23g, respectivamente. As sobrevivências médias estiveram acima de 87,6% em todos os tratamentos. Para avaliar o crescimento compensatório, o segundo experimento foi dividido em duas fases. Na primeira, pós-larvas de *L. vannamei* foram cultivadas nas densidades 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup>, por 35 dias. Após os camarões foram re-estocados a uma densidade de 300 m<sup>-2</sup>, por mais 20 dias, quando então apresentaram crescimento compensatório pleno, com pesos médios finais e sobrevivências sem diferenças significativas (p>0,05) em todos os tratamentos. Os resultados confirmam que a estratégia de confinamento pode ser aplicada para o cultivo da espécie estudada.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of stocking density and the occurrence of compensatory growth in white shrimp *Litopenaeus vannamei* in nursery phase using bioflocs system. Two experiments were carried in a recirculation water system, where 12 experimental tanks (microcosm), with the bottom area of 0.5 m<sup>2</sup>. The tanks were supplied by a matrix 70 m<sup>2</sup> water tank (macrocosm), where *L. vannamei* were reared. The water returns by gravity, providing a daily renewal rate about 4800%. In the first experiment, *L. vannamei* post-larvae with initial weight of 0.003 g were cultured for 30 days at densities of 1,500, 3,000, 4,500 and 6,000 shrimp m<sup>-2</sup> reaching final weights significantly different (P <0.05) of 0.45, 0.33, 0, 30 g and 0.23, respectively. The mean survival were higher than 87.6% in all treatments. To evaluate the CLG, the second experiment was divided in two phases. In the first, *L. vannamei* post-larvae were reared at densities 1,500, 3,000, 4,500 and 6,000 shrimp m<sup>-2</sup> during 35 days. After this, shrimp were re-stocked at a density of 300 m<sup>-2</sup>, for 20 days, when showed full compensatory growth. The mean final weight and survival did not show significant differences (p>0,05) in all treatments. The results confirm that the strategy of enclosure can be applied to the rearing of the studied species.

## INTRODUÇÃO

O cultivo de camarões marinhos, em nível mundial, apresentou um rápido crescimento nas últimas décadas, tornando-se uma das principais “commodities” aquícolas (FAO 2009), sendo o camarão *Litopenaeus vannamei* a espécie mais cultivada no mundo (FAO 2010). Entretanto, junto com a rápida expansão da carcinicultura, cresceu a preocupação em relação aos possíveis impactos ambientais causados por esta atividade (Naylor et al. 2000; Boyd 2003). Muitos pesquisadores destacam a necessidade de criar alternativas para a produção de camarões com menor impacto ambiental possível (Boyd & Clay 2002; Burford et al. 2003; Sandifer & Hopkins 1996).

Dentro deste contexto surgiu o interesse pelo cultivo intensivo de camarões, sem renovação de água, o chamado sistema de bioflocos (Biofloc technology systems – BFT). Neste sistema, viveiros altamente oxigenados são fertilizados com fontes ricas em carbono para estimular o surgimento de uma biota bacteriana predominantemente heterotrófica (Avnimelech 1995). As bactérias presentes nos bioflocos assimilam os compostos nitrogenados dissolvidos na água de cultivo, gerados principalmente pela excreção e restos de alimento em decomposição possibilitando que a água seja reutilizada em diversos ciclos, tornando o sistema ambientalmente amigável (Avnimelech 1999; Gómez-Jiménez et al. 2005). Além disso, os bioflocos servem como suplemento alimentar na nutrição dos camarões, reduzindo o consumo de ração (Tacon et al. 2002; Cuzon et al. 2004).

Entre as diversas variáveis relacionadas ao manejo do cultivo de camarões no sistema de bioflocos, a densidade de estocagem está diretamente relacionada ao crescimento e sobrevivência dos camarões (Moss & Moss 2004). A escolha da densidade de estocagem mais apropriada para o cultivo é fundamental para a viabilidade econômica das fazendas, exercendo grande influência sobre a produtividade do sistema (Jackson & Wang 1998). Além disso, o cultivo super-intensivo prevê a utilização de elevadas densidades de estocagem em pequenas unidades de produção (Wasielesky et al. 2006).

Na fase de berçário são utilizadas densidades de estocagens mais altas, diminuindo os custos de produção, aumentando o número de safras em regiões de clima temperado, além de garantir maior controle de doenças e maior sobrevivência no ciclo

final de produção (Kumlu et al. 2001; Fóes et al. 2011). No entanto, o aumento excessivo da densidade de estocagem pode gerar uma redução do crescimento e sobrevivência dos camarões. Este fato é associado a uma combinação de fatores como: diminuição do espaço viável e a disponibilidade de alimento natural (Peterson & Griffith 1999), aumento do canibalismo (Abdussamad & Thampy 1994), degradação da qualidade da água (Nga et al. 2005) e acúmulo de matéria orgânica no fundo do tanque (Arnold et al. 2006).

Porém muitos autores relatam que após um déficit no crescimento, causado por algum tipo de stress, os organismos podem apresentar um “crescimento compensatório”, quando cultivados em condições adequadas (Nicieza & Metcafe 1997; Ali et al. 2003; Oh et al. 2007). Este aumento na taxa de crescimento é resultado de estratégias adotadas pelos organismos como: maior consumo de alimento no período pós-estresse (hiperfagia), aumento na eficiência alimentar, redução de gastos metabólicos e diminuição da locomoção (Ali et al. 2003; Jobling et al. 1994; Quinton & Blake 1990). Alguns autores relataram crescimento compensatório do *Fenneropenaeus chinensis*, após diferentes cultivos em condições de restrição alimentar, déficit protéico na ração e temperatura baixas (Wu et al. 2000; Wu & Dong 2001; Wu & Dong 2002).

No entanto, os estudos realizados até o momento, não correlacionam densidade de estocagem e crescimento compensatório em camarões peneídeos. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar seus efeitos no *L. vannamei* cultivado em berçário no sistema BFT.

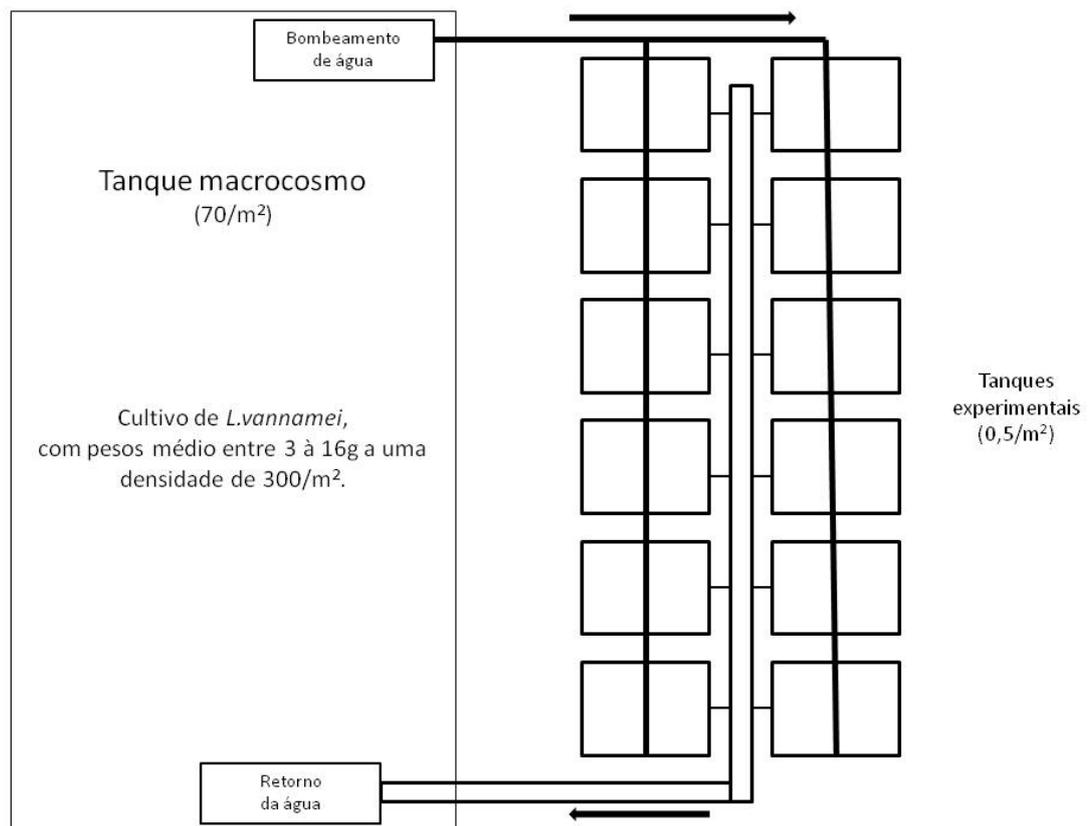
## **METODOLOGIA**

Os experimentos foram realizados na Estação Marinha de Aquicultura “Professor Marcos Alberto Marchiori” do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande - FURG (EMA/IO/FURG), Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.

### **Unidades experimentais e condições ambientais**

Para avaliar apenas os efeitos do estresse populacional sobre o desempenho zootécnico dos camarões, foi montado em uma estufa fechada tipo “greenhouse”, um sistema de recirculação de água (Figura 1.1), com 12 tanques (microcosmos), com área

de fundo de 0,5 m<sup>2</sup> e capacidade de 180 L e supridos por aeração intensa e individual, os quais possuem uma saída de água por gravidade, para uma calha que a direciona até um tanque (macrocosmo) em sistema “raceway” de 100 m<sup>3</sup>, onde o suprimento de ar era feito pro meio de um “blower”. A água era bombeada novamente para as unidades experimentais, numa vazão de 6,6 L/min por tanque (4800% de recirculação por dia). A temperatura foi mantida por quatro aquecedores de tetanio com potencia de 3500 Watts cada. Durante o período experimental, no tanque macrocosmo ocorria um cultivo em sistema de bioflocos sem renovação de água, de *L. vannamei* com peso médio entre 3 a 16g e densidade de estocagem de 300 camarões m<sup>-2</sup>. O sistema foi fertilizado com melaço a fim de se manter uma razão de 6g de carbono para cada 1g de amônia total presente na água conforme descrito por Avnimelech (2009), Samocha et al. (2007) e Ebeling et al. (2006). Para manter os níveis de pH adequados, foi utilizado carbonato de sódio (pH<sup>+</sup><sup>®</sup>, da HIDRO Ltd) conforme proposto por Furtado et al. (2011).



**FIGURA 1.1.** Sistema experimental de recirculação de água, utilizado para avaliar o efeito da densidade de estocagem e o crescimento compensatório, na sobrevivência e crescimento do *Litopenaeus vannamei* em berçários com bioflocos.

## Delineamento experimental

### Experimento 1

Foram utilizadas pós-larvas de *L. vannamei*, com 10 dias de idade após a metamorfose final (PL's 10), e peso médio inicial de 0,003g ( $\pm$  0,001) provenientes de um laboratório comercial (Aquatec Ltda., Canguaretama, Rio Grande do Norte, Brasil). O experimento teve duração de 30 dias.

O delineamento foi casualizado com quatro densidades diferentes: 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup>, sendo cada tratamento com três repetições.

### Experimento 2

O experimento 2 foi executado em duas fases. Na primeira fase, pós-larvas de *L. vannamei* com peso médio inicial de 0,002g ( $\pm$  0,001) foram cultivadas durante 35 dias nas densidades de 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup>. Após os primeiros 35 dias (fase de berçário), todos os camarões provenientes dos diferentes tratamentos foram estocados na densidade de 300 camarões m<sup>-2</sup>, com quatro réplicas cada. A segunda fase teve duração de 20 dias.

### **Parâmetros físicos e químicos da água**

As determinações de temperatura, pH, oxigênio e salinidade foram realizadas diariamente, em cada unidade experimental, com um aparelho multi-parâmetro (modelo 556 MPS, YSI Incorporated, EUA). As concentrações de amônia total (UNESCO, 1983) nitrito, nitrato e fosfato (Strickland & Parsons 1972) foram medidas a cada três dias.

Semanalmente, foram coletadas amostras de água, do tanque matriz para determinar a concentração de clorofila *a*. Para a extração do pigmento fotossintético, foi utilizada acetona 90% (Merck® PA), no escuro, a -12°C por 24 horas, posteriormente a concentração de clorofila *a* foi determinada por fluorimetria (Welschmeyer 1994). Os sólidos suspensos totais (mg L<sup>-1</sup>) também foram analisados semanalmente, sendo a metodologia adaptada de Strickland & Parsons (1972). Para o volume de sólidos sedimentáveis (ml L<sup>-1</sup>) foram utilizados cones Imhoff, onde amostras de um litro de água, foram depositadas por vinte minutos, e posteriormente foi feita a leitura do volume sedimentado (Avnimelech 2007).

### **Manejo experimental**

Os camarões foram alimentados duas vezes ao dia (às 10 e 18 horas) com uma ração comercial com 38% de proteína. A taxa de arraçoamento inicial foi de 50 % da biomassa total dos camarões, sendo este valor ajustado até 5 % no final do período de produção, de acordo com o consumo e as tabelas de Jory et al. (2001). Foram utilizadas bandejas de alimentação para determinar o consumo.

### **Análise do desempenho zootécnico dos camarões**

Em ambos experimentos, foi realizada uma biometria inicial com 200 camarões selecionados ao acaso para o cálculo do peso médio inicial. Após o início dos experimentos, 50 indivíduos de cada unidade experimental foram pesados a cada 10 dias no experimento 1 e a cada 7 dias no experimento 2. Após a pesagem os camarões foram devolvidos ao tanque de origem.

O ganho de peso dos camarões de cada unidade experimental foi obtido pela seguinte fórmula: Ganho de peso = peso médio final – peso médio inicial.

A taxa de crescimento específico diário (TCE%) foi calculada utilizando a seguinte fórmula:  $TCE = (\ln W_f - \ln W_i) \times 100 / ND$ , onde  $W_f$  representa o peso final,  $W_i$  o peso inicial e ND o número de dias de cultivo. A taxa de Conversão alimentar (TCA) foi obtida pela seguinte fórmula:  $CAA = \text{alimento oferecido} / \text{incremento de biomassa}$ .

A sobrevivência foi calculada através de:  $S\% = (N \text{ inicial} / N \text{ final}) \times 100$ . Os dados de sobrevivência foram transformados (arco-seno da raiz quadrada) antes de analisados.

### **Análise estatística dos dados**

Depois de verificada a homocedasticidade e normalidade, os dados foram verificados por análise de variância (ANOVA-uma via) e posteriormente, com teste de Tukey. As diferenças foram consideradas significativas ao nível de 95%. Os resultados são apresentados como média e desvio padrão ( $\pm DP$ ).

## **RESULTADOS**

### ***Experimento 1***

Os parâmetros de qualidade da água: temperatura, salinidade, pH, e oxigênio dissolvido não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 1.1). As concentrações máximas de amônia total, nitrito nitrato e fosfato no tanque matriz foram 0,53 mg L<sup>-1</sup> N-AT, 6,79 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>2</sub>, 11,23 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub> e 1,07 mg L<sup>-1</sup> P-PO<sub>4</sub> respectivamente (Tabela 1.2).

**TABELA 1.1.** Valores médios ( $\pm$ DP) das variáveis físico- químicas de qualidade de água, registrados no experimento de cultivo do *Litopenaeus vannamei* nas densidades: 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup> em sistema de biofoco.

Parâmetros	Tratamentos			
	1500 m <sup>-2</sup>	3000 m <sup>-2</sup>	4500 m <sup>-2</sup>	6000 m <sup>-2</sup>
Temperatura a.m. (°C)	28,3 $\pm$ 0,67	28,5 $\pm$ 0,89	28,4 $\pm$ 0,81	28,6 $\pm$ 0,98
Temperatura p.m. (°C)	29,8 $\pm$ 0,97	30,5 $\pm$ 1,02	29,7 $\pm$ 0,87	30,3 $\pm$ 0,93
Ph	7,56 $\pm$ 0,33	7,43 $\pm$ 0,41	7,61 $\pm$ 0,45	7,59 $\pm$ 0,39
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	6,28 $\pm$ 1,31	6,58 $\pm$ 1,57	6,11 $\pm$ 1,23	5,97 $\pm$ 1,07

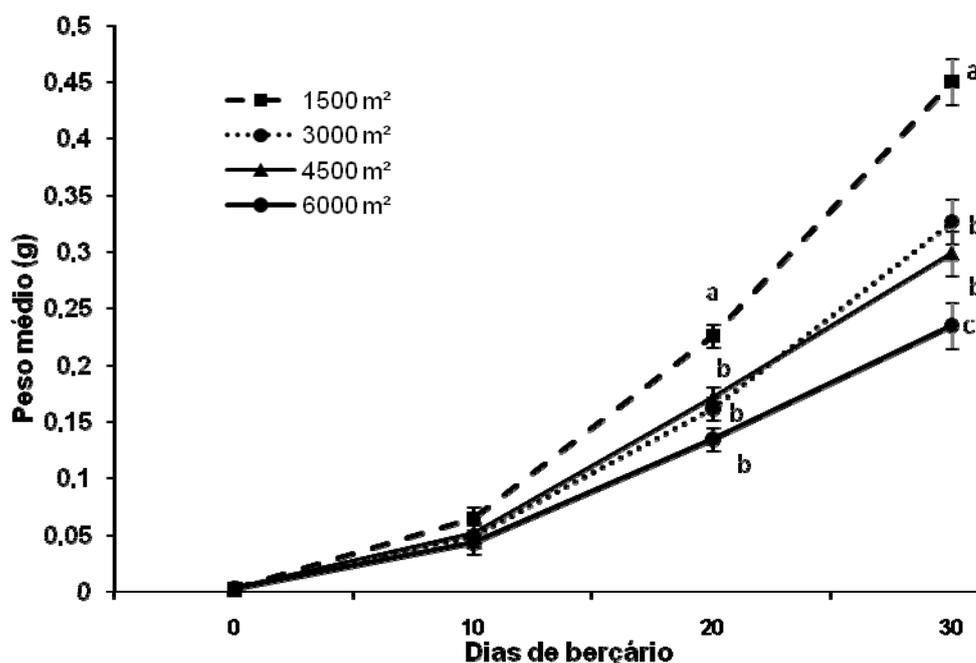
**TABELA 1.2.** Médias ( $\pm$ DP) valores mínimos e máximos dos parâmetros de qualidade de água, do tanque matriz, registrados durante o experimento de cultivo do *Litopenaeus vannamei*, em diferentes densidades no sistema de biofoco.

Parâmetros	Média ( $\pm$ DP)	Mínimo	Máximo
Salinidade	34,3 $\pm$ 0,34	33	36
Transparência (cm)	13,7 $\pm$ 2,2	9,5	16,2
Sólidos Suspensos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	273 $\pm$ 128,82	123	437
Volume do Floco (ml L <sup>-1</sup> )	24,7 $\pm$ 6,3	17,42	32,3
Clorofila $\alpha$ ( $\mu$ g/L)	204,3 $\pm$ 31,2	136,1	387,6
Amônia (N-AT mg L <sup>-1</sup> )	0,19 $\pm$ 0,06	0,04	0,53
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup> )	2,85 $\pm$ 1,9	1,45	6,79

Nitrato (N-NO <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup> )	7,65 ± 2,54	3,19	11,37
Fosfato (P-PO <sub>4</sub> mg L <sup>-1</sup> )	0,17 ± 0,05	0,09	1,07

A densidade de 1500 m<sup>-2</sup> resultou na maior sobrevivência final, com uma média de 96,26% (± 2,26) (Tabela 1.3), não apresentando diferença significativa entre as densidades de 3000 e 4500 m<sup>-2</sup> as quais resultaram em médias de 95,55% (± 6,13) e 95,49% (± 2,23) respectivamente. A menor sobrevivência, 87,6% (± 5,16), ocorreu no tratamento com 6000 m<sup>-2</sup>, diferindo estatisticamente das demais densidades.

Ao final dos 30 dias de experimento, os camarões estocados nas densidades de 1500, 3000, 4500 e 6000 m<sup>-2</sup> apresentaram um peso médio final de 0,45g (± 0,12), 0,33g (± 0,09), 0,3g (0,06) e 0,23g (± 0,09) respectivamente (Figura 1.2 e Tabela 1.3).



**FIGURA 1.2.** Crescimento, média e erro padrão, do *Litopenaeus vannamei* cultivado nas densidades de 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup> em berçário no sistema de bioflocos.

As médias de peso final e taxa de crescimento específico (G) dos tratamentos 3000 m<sup>-2</sup> e 4500 m<sup>-2</sup> não apresentaram diferença estatística entre si, no entanto, diferiram das densidades 1500 e 6000 m<sup>-2</sup>, maior e menor média respectivamente. A

conversão alimentar (CCA) dos tratamentos 1500, 3000, 4500 m<sup>-2</sup> não apresentaram diferença estatística entre si, variando de 0,95 ± 0,04 à 1,11 ± 0,05. O tratamento 6000 m<sup>-2</sup> obteve a maior média (1,61 ± 0,03), diferindo estatisticamente, dos demais. A maior biomassa foi de 1,23 Kg m<sup>-2</sup> na densidade 4500 m<sup>-2</sup> sendo estatisticamente igual ao tratamento de 6000 m<sup>-2</sup> que apresentou uma biomassa de 1,2Kg m<sup>-2</sup>. As densidades 1500 e 3000 m<sup>-2</sup> proporcionaram uma biomassa final de 0,65 e 0,94Kg m<sup>-2</sup> respectivamente, as quais diferiram estatisticamente entre si e dos demais tratamentos (Tabela 1.3).

**TABELA 1.3.** Médias (±DP) do peso final, sobrevivência, taxa de conversão alimentar (CCA), taxa de crescimento específico diário (TCE%), biomassa final e densidade final das pós-larvas do *Litopenaeus vannamei*, cultivadas nas densidades de 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup> em sistema de bioflocos.

Parâmetros	Tratamentos (camarões)			
	1500m <sup>-2</sup>	3000m <sup>-2</sup>	4500m <sup>-2</sup>	6000m <sup>-2</sup>
Peso inicial	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,001
Peso final (g)	0,45 ± 0,12 <sup>a</sup>	0,33 ± 0,13 <sup>b</sup>	0,3 ± 0,09 <sup>b</sup>	0,23 ± 0,09 <sup>c</sup>
Sobrevivência (%)	96,26 ± 2,26 <sup>a</sup>	95,55 ± 6,13 <sup>a</sup>	95,49 ± 2,23 <sup>a</sup>	87,6 ± 5,16 <sup>b</sup>
CAA	0,95 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,03 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,11 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,61 ± 0,03 <sup>b</sup>
TCE (%)	1,49 ± 0,19 <sup>a</sup>	1,09 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,99 ± 0,17 <sup>b</sup>	0,76 ± 0,1 <sup>b</sup>
Prdutividade final (kg m <sup>-2</sup> )	0,65 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,94 ± 0,04 <sup>b</sup>	1,23 ± 0,07 <sup>c</sup>	1,2 ± 0,09 <sup>c</sup>
Densidade final (m <sup>-2</sup> )	1444 ± 28,07	2886,5 ± 173,9	4297 ± 85,16	5256 ± 262,78

Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas (p< 0,05).

## Experimento 2

Os valores médios de temperatura, salinidade, pH, e oxigênio dissolvido, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 1.4).

**TABELA 1.4.** Valores médios ( $\pm$ DP) das variáveis físico- químicas de qualidade de água, registrados no experimento de cultivo do *Litopenaeus vannamei* nas densidades: 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões  $m^{-2}$  e posteriormente re-estocados a 300  $m^{-2}$ .

Parâmetros	Tratamentos			
	1500 – 300 $m^{-2}$	3000 -300 $m^{-2}$	4500 - 300 $m^{-2}$	6000 - 300 $m^{-2}$
Temperatura a.m. (°C)	27,5 $\pm$ 0,76	27,7 $\pm$ 0,68	27,1 $\pm$ 0,74	27,6 $\pm$ 0,86
Temperatura p.m. (°C)	28,8 $\pm$ 1,36	29,2 $\pm$ 1,68	28,6 $\pm$ 0,98	29,1 $\pm$ 1,43
pH	7,32 $\pm$ 0,34	7,63 $\pm$ 0,36	7,51 $\pm$ 0,48	7,64 $\pm$ 0,54
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	5,38 $\pm$ 1,31	5,17 $\pm$ 1,62	5,24 $\pm$ 1,51	5,11 $\pm$ 1,81

As concentrações máximas de amônia total, nitrito nitrato e fosfato no tanque matriz foram 0,89 mg L<sup>-1</sup> N-AT, 7,93 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>2</sub>, 17,66 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub> e 1,23 mg L<sup>-1</sup> P-PO<sub>4</sub> respectivamente (Tabela 1.5).

**TABELA 1.5.** Médias ( $\pm$ DP) valores mínimos e máximos dos parâmetros de qualidade de água, do tanque matriz, registrados durante o experimento de densidade e crescimento compensatório do *Litopenaeus vannamei*.

<b>Parâmetros</b>	<b>Média (<math>\pm</math>DP)</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Salinidade	35,3 $\pm$ 0,72	32	36
Transparência (cm)	11,7 $\pm$ 3,3	8,5	17,1
Sólidos Suspensos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	302 $\pm$ 164,19	122	444
Volume do Floco (ml L <sup>-2</sup> )	28,6 $\pm$ 6,3	16,9	35,5
Clorofila $\alpha$ ( $\mu$ g/L)	157,3 $\pm$ 22,32	136,1	187,6
Amônia (N-AT mg L <sup>-1</sup> )	0,34 $\pm$ 0,06	0,11	0,89
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup> )	2,72 $\pm$ 1,7	1,21	7,93
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup> )	9,89 $\pm$ 2,54	6,93	17,66
Fosfato (P-PO <sub>4</sub> mg L <sup>-1</sup> )	0,23 $\pm$ 0,1	0,04	1,23

Na primeira fase do experimento dois, após 35 dias de cultivo, a densidade de 1500 m<sup>-2</sup> resultou no maior peso médio final de 0,91g ( $\pm$  0,27), apresentando diferenças significativas das densidades de 3000 e 4500 m<sup>-2</sup> as quais resultaram em médias de 0,59 g ( $\pm$  0,35) e 0,55 g ( $\pm$  0,31) respectivamente (Tabela 1.6). A menor média de peso foi de 0,38g ( $\pm$  0,18), e ocorreu no tratamento com 6000 m<sup>-2</sup>, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. A menor sobrevivência (74,35%) ocorreu no tratamento com 6000 m<sup>-2</sup>, os demais tratamentos apresentaram médias acima de 91,55% (Tabela 1.6).

**TABELA 1.6.** Médias ( $\pm$ DP) do peso final, sobrevivência, taxa de conversão alimentar (TCA), taxa de crescimento específico diário (TCE%), biomassa final e densidade final do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, cultivado na fase de berçário, nas densidades de 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões  $m^{-2}$  em sistema de bioflocos.

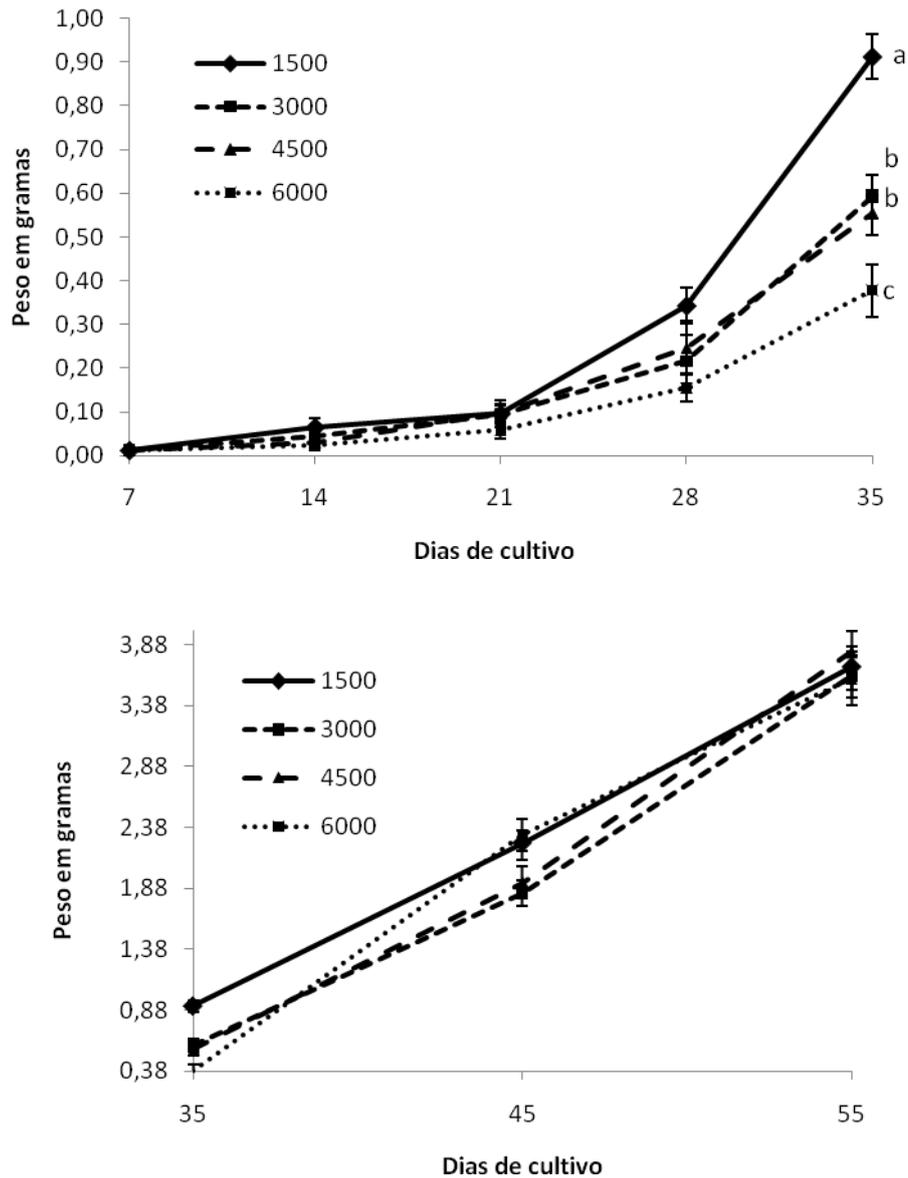
Parâmetros	Tratamentos (camarões $m^{-2}$ )			
	1500	3000	4500	6000
Peso final (g)	0,91 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>	0,59 $\pm$ 0,35 <sup>b</sup>	0,55 $\pm$ 0,31 <sup>b</sup>	0,38 $\pm$ 0,18 <sup>c</sup>
Sobrevivência (%)	92,12 <sup>a</sup>	94,17 <sup>a</sup>	91,55 <sup>a</sup>	74,35 <sup>b</sup>
CAA	1,11	1,34	1,22	1,48
TCE (%)	2,59	1,68	1,56	1,08
Produtividade final (kg $m^{-2}$ )	1,26	1,67	2,27	1,69
Densidade final ( $m^{-2}$ )	1381,8 <sup>a</sup>	2825,1 <sup>b</sup>	4119,75 <sup>c</sup>	4461 <sup>c</sup>

Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Ao final da fase berçário, os camarões provenientes das diferentes densidades, e re-estocados a uma densidade de 300 camarões  $m^{-2}$  não apresentaram diferenças estatísticas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos em nenhum dos parâmetros zootécnicos após os vinte dias do experimento de engorda. (Figura 1.3 e Tabela 1.7).

**TABELA 1.7.** Médias ( $\pm$ DP) do peso final, sobrevivência, taxa de conversão alimentar (TCA), taxa de crescimento específico diário (TCE %), biomassa final e densidade final do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, cultivado em sistema de bioflocos, nas densidades de 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup> por 35 dias e posteriormente re-estocado por mais 20 dias a uma densidade de 300 camarões m<sup>-2</sup>.

Parâmetros	Tratamentos (camarões m <sup>-2</sup> )			
	300 (1500)	300 (3000)	300 (4500)	300 (6000)
Peso final (g)	3,70 $\pm$ 1,07	3,62 $\pm$ 1,02	3,83 $\pm$ 0,94	3,60 $\pm$ 1,21
Sobrevivência (%)	93,26 $\pm$ 4,66	96,55 $\pm$ 3,47	98,14 $\pm$ 4,11	93,49 $\pm$ 4,32
TCA	1,54 $\pm$ 0,11	1,24 $\pm$ 0,17	1,32 $\pm$ 0,22	1,28 $\pm$ 0,37
TCE (%)	12,95 $\pm$ 2,35	15,15 $\pm$ 3,21	16,4 $\pm$ 3,54	16,4 $\pm$ 3,54
Produtividade final (kg/m <sup>2</sup> )	1,04 $\pm$ 0,05	1,05 $\pm$ 0,03	1,13 $\pm$ 0,04	1,01 $\pm$ 0,04
Densidade final (m <sup>-2</sup> )	279,78 $\pm$ 11,1	289,65 $\pm$ 8,67	294,42 $\pm$ 11,3	280,47 $\pm$ 11,2



**FIGURA 1.3.** Crescimento, média e erro padrão, do *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema de bioflocos, por 35 dias nas densidades de 1500, 3000, 4500 e 6000 camarões m<sup>-2</sup>, e posteriormente re-estocados a 300 camarões m<sup>-2</sup> por mais 20 dias.

## DISCUSSÃO

Os valores das variáveis físicas e químicas de qualidade de água, registradas durante os experimentos, provavelmente não interferiram na sobrevivência e no crescimento do *L. vannamei*. O sistema de microcosmos manteve as variáveis físico-

químicas basicamente idênticas para todos os tratamentos, devido à elevada taxa de renovação da água. O desenho experimental, baseado no esquema proposto por Moss & Moss (2004), mostrou-se eficiente para separar os efeitos do estresse populacional e da degradação da qualidade da água, sobre o desempenho dos camarões.

Os valores de oxigênio dissolvido mantiveram-se acima do recomendado, sendo que a concentração mínima observada foi 3,8 mg L<sup>-1</sup>. Segundo Mugnier & Soyez (2005) concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 2,8 mg L<sup>-1</sup> provocam hipóxia, podendo prejudicar crescimento e a sobrevivência do *L. vannamei*.

As concentrações de amônia, nitrito e nitrato, no tanque matriz, permaneceram abaixo dos níveis prejudiciais ao crescimento e sobrevivência da espécie (Van Wyk & Scarpa 1999; Lin & Chen 2001; Lin & Chen 2003). A amônia total foi mantida em níveis baixos durante todos os experimentos, provavelmente devido à comunidade bacteriana que se estabeleceu na água do cultivo, que através da energia do carboidrato do melão adicionado, utilizou esta fonte de nitrogênio para formar biomassa (Bratvold & Browdy 2001; Ballester et al. 2010). No presente estudo, os níveis de nitrito e nitrato aumentaram ao longo do tempo, porém não atingiram valores tóxicos, com isso, é possível supor que as comunidades de bactérias nitrificantes que oxidam a amônia em nitrito, e posteriormente a nitrato foram estabelecidas.

A temperatura é um dos fatores mais importantes no crescimento dos camarões marinhos. Wyban et al. (1995) relataram que juvenis de *L. vannamei* (3,9 g) apresentaram maior taxa de crescimento entre 27 e 31 °C. Durante os dois experimentos, a temperatura foi mantida dentro da faixa ideal para o cultivo da espécie. Quanto a salinidade, Maicá et al. (2011) recomendam valores acima de 25 ppm para o cultivo de *L. vannamei* no sistema BFT. No presente estudo, esse parâmetro foi mantido dentro dos níveis aceitáveis para essa modalidade de cultivo.

Segundo Wasielesky et al. (2006), valores de pH abaixo de 7, diminuem as taxas de crescimento e conversão alimentar do *L. vannamei*. Decamp et al. (2007) observaram que o aumento da densidade de estocagem (50, 75 e 100 camarões m<sup>-2</sup>) refletiu na queda do pH ao longo do cultivo (8,11; 7,97 e 7,79 respectivamente) de *L. vannamei* devido a maior entrada de alimento no sistema, associado ao rápido acúmulo de sólidos suspensos totais e metabólitos na água de cultivo. No presente estudo, a aplicação de carbonato de sódio manteve o pH em valores adequados para o bom desempenho zootécnico da espécie conforme proposto por Furtado et al. (2011).

Os valores de sólidos suspensos totais e volume do floco permaneceram dentro dos níveis recomendados por Samocha et al. (2007) e Gaona (2011), para uma boa densidade de bioflocos. Os valores baixos da taxa de conversão alimentar, que variaram de 1,11 a 1,64, indicam que o aproveitamento da produtividade natural pelos camarões foi eficiente para todos os tratamentos ao longo dos experimentos. Wasielesky et al. (2006) e Mishra et al. (2008) reportaram resultados similares em experimentos com *L. Vannamei*.

Diversas pesquisas reportam uma relação inversa entre a densidade de estocagem e o desempenho zootécnico de camarões peneídeos em cultivo (Williams et al. 1996, Wasielesky et al. 2001, Moss & Moss 2004, Krummenauer et al. 2006, Krummenauer et al. 2011; Fóes et al. 2011). No primeiro experimento do presente estudo, as médias de peso final e crescimento foram mais elevadas nos camarões cultivados na densidade de 1500 m<sup>-2</sup>, no entanto a maior produtividade foi do tratamento 4500 m<sup>-2</sup>, devido à elevada taxa de sobrevivência.

Nos dois experimentos a maior densidade (6000 m<sup>-2</sup>) apresentou as menores médias de peso final, TCA e TCE %, sendo o único tratamento com sobrevivência estatisticamente menor que os demais. Foes et al. (2011) trabalhando no mesmo sistema de cultivo, com pós larvas de *F. paulensis*, relataram uma queda na sobrevivência no tratamento com maior densidade (2000m<sup>-2</sup>). Arnold et al. (2006) consideram a sobrevivência o principal parâmetro a ser considerado em sistemas de berçário de *P. monodon*. Tendo em vista essa relação entre densidade e sobrevivência dos animais, a produtividade da densidade 6000 m<sup>-2</sup> torna-se inapropriada para o cultivo comercial, levando-se em consideração os altos investimentos com aquisição das pós-larvas e ração durante o período de cultivo.

A redução do crescimento e sobrevivência de juvenis de peneídeos cultivados em altas densidades está relacionada a uma combinação de fatores como diminuição da viabilidade de espaço e produtividade natural, além da degradação da qualidade da água e o acúmulo de sedimento (Maguire & Leedow 1983; Peterson & Griffith 1999). No presente estudo, a qualidade de água e disponibilidade de alimento natural foi mantida igual para todos os tratamentos. Portanto, as menores taxas de crescimento provavelmente foram consequência da limitação de espaço gerada pelas elevadas densidades utilizadas.

No segundo experimento, os camarões cultivados na densidade 4500 m<sup>-2</sup> apresentaram crescimento compensatório na fase de engorda, atingindo o mesmo peso final do tratamento 1500 m<sup>-2</sup>. Este fato está relacionado à alta taxa de crescimento específico diário (TCE%) do tratamento 4500 m<sup>-2</sup>, nos 20 dias após a re-estocagem. Embora, a TCE% não tenha apresentado diferença estatística, seu valor foi suficiente para suprir a deficiência no crescimento. Wu et al. (2001) consideram a TCE% um parâmetro adequado para identificação do crescimento compensatório. Estes autores, em experimento de restrição alimentar para *Fenneropenaeus chinensis*, obtiveram crescimento compensatório com taxas de 12,3% e 15,3% no controle e tratamento com restrição alimentar.

Alguns autores afirmam que crescimento compensatório é desencadeado pela hiperfagia, em resposta ao período de escassez alimentar, aumentando o apetite (Russel & Wootton 1992; Nicieza & Metcalfe 1997). No entanto, as taxas de conversão alimentar e consumo de ração do presente estudo mostraram-se estatisticamente semelhantes e dentro dos valores reportados por diversos autores (Wu et al. 2001; Wu & Dong, 2001; Wei et al. 2008). Freetly et al. (1995) sugerem que o crescimento compensatório é uma resposta do mecanismo fisiológico, na qual aumenta a fração energética voltada ao crescimento. Este processo ocorre através do aumento na eficiência de utilização do alimento e diminuição da perda de energia pelas fezes e mudas (Dobson & Holmes 1984; Wei et al. 2008) o que parece ter acontecido no presente estudo.

O crescimento compensatório em peixes e crustáceos submetidos a estresse ocorre, geralmente, no intervalo de 10 a 30 dias. Sendo classificado em três tipos: (1) parcial onde os animais não alcançam tratamento controle, (2) pleno atingindo o peso dos indivíduos controle e (3) sobre compensação proporcionando crescimento maior que o controle (Ali et al. 2003; Wei et al. 2008). No presente estudo, foram necessários 20 dias para os camarões, oriundos das diferentes densidades, equipararem seu peso médio final, apresentando crescimento compensatório pleno.

Os dados indicam que o aumento da densidade de estocagem diminuiu as taxas de crescimento e sobrevivência dos camarões. Estes resultados corroboram com os apresentados por Moss & Moss, (2004), Krumenauer et al. (2011) e Otoshi et al. (2007). No entanto, os melhores resultados de produtividade foram obtidos no tratamento com densidade de 4500 m<sup>-2</sup>. Estes camarões apresentaram crescimento compensatório,

quando transferidos para densidades mais baixas, tornando a densidade 4500 m<sup>-2</sup> a mais indicada para o berçário de *L.vannamei* no sistema BFT.

As fazendas de cultivo de camarões em sistemas de biofocos apresentam elevados custos de investimento e operação (Browdy et al. 2001; Boyd & Clay 2002; Wasielesky et al. 2006). Os resultados deste trabalho podem auxiliar no dimensionamento e planejamento de unidades de cultivo, para aumentar as produtividades através do máximo aproveitamento do espaço disponível e melhorando as técnicas de manejo.

## CONCLUSÃO

Os resultados confirmam que o aumento da densidade de estocagem na fase de berçário afetou o crescimento e sobrevivência das pós-larvas de *L. vannamei* cultivado em sistemas de biofocos. Porém, os camarões cultivados em altas densidades na fase de berçário, apresentaram crescimento compensatório pleno quando re-estocados em densidades adequadas para o período de engorda.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUSSAMAD, M & M THAMPY. 1994. Cannibalism in the tiger shrimp *Penaeus monodon* Fabricius in nursery rearing phase. J. Aquac. Trop., 9 (1): 67–75.
- ALI, M, A NIECIEZA & RJ WOOTTON. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish and Fisheries, 4:147-190.
- ARNOLD, SJ, MJ SELLARS, PJ CROCOS, & GJ COMAN. 2006. Intensive production of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon*: an evaluation of stocking density and artificial substrates. Aquaculture, 26: 890-896.
- AVNIMELECH Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology. Aquaculture, 264: 140-147.
- AVNIMELECH, Y, N MOZES, S DIAB, & M, KOCHBA. 1995. Rates of organic carbon and nitrogen degradation in intensive fish ponds. Aquaculture, 134: 211-216.

- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.
- AVNIMELECH, Y. 2009. *Biofloc technology - A practical guide book*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.
- BAGENAL, TB. 1978. *Methods of fish production in fresh waters*. Oxford, Blackwell Science. 365p.
- BALLESTER, ELC., PC ABREU, RO CAVALLI, MM EMERENCIANO, LL ABREU, & W WASIELESKY. 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquacult. Nutr.*, 16(2): 163-172.
- BENDSCHNEIDER, K & RJ ROBINSON. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in seawater. *J. Mar. Res.*, 11: 87-96.
- BOYD CE & JW CLAY. 2002. *Evaluation of Belize Aquaculture, Ltda: A Superintensive Shrimp Aquaculture System*. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 17 p.
- BOYD, CE. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm- level. *Aquaculture*, 226: 101-112.
- BRATVOLD, D & CL BROWDY. 2001. Effects of sand and vertical surfaces (Aquamats™) on production, water quality and a microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. *Aquaculture*, 195: 81-94.
- BROWDY, CL, D BRATVOLD, AD STOKES & RP MCINTOSH. 2001. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: Browdy, CL & DE Jory. (Eds.), *The new wave, proceedings of the special session on sustainable shrimp culture*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, p. 20-34.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensive, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219: 393-41
- CUZON, GA, LAWRENCE, G GAXIOLA, C ROSAS & J GUILLAUME. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in pounds. *Aquaculture*, 235: 513-551.

- DECAMP, OE, L CONQUEST, J CODY & I FORSTER. 2007. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. *J. World Aquacult. Soc.*, 38: 395-406.
- DOBSON, SH, & RM HOLMES. 1984. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. of Fish Biol.* 25: 649-656.
- EBELING, JM, MB TIMMONS, & JJ BISOGNI, 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.
- FAO 2010. The state of World Fisheries and Aquaculture. Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org). Acessado em 07/09/11.
- FAO 2009. Shrimp fisheries under scrutiny. Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org). Acessado em 10/06/11.
- FÓES, GK, C FRÓES, D KRUMMENAUER, L POERSCH & W WASIELESKY. 2011. Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different stocking densities. *J. of Shellfish Res.*, 30:(2), 1-7.
- FURTADO PS, LH POERSH & W WASIELESKY. 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in Bio-Flocs Technology (BFT) Systems. *Aquaculture*, 321: 130-135
- FREETLY, HC, CL FERRELL, TG JENKINS & AL. GOETSCH. 1995. Visceral oxygen consumption during chronic feed restriction and realimentation in sheep. *J. of Animal Science* 73:843-852.
- GÓMEZ-JIMÉNEZ, S, ML GONZÁLEZ-FÉLIX, M PEREZ-VELAZQUEZ, DA TRUJILLO-VILLALBA, IR ESQUERRA-BRAUER & R BARRAZA-GUARDADO. 2005. Effect of dietary protein level on growth, survival and ammonia efflux rate of *Litopenaeus vannamei* (Boone) raised in a zero water exchange culture system. *Aquacult. Res.*, 36: 834-840.
- JACKSON, CJ & YG WANG. 1998. Modelling growth rate of *Penaeus monodon* Fabricius in intensively managed ponds: effects of temperature, pond age and stocking density. *Aquacult. Res.*, 29: 27-36.

- JOBLING, M, OH MELOY, JD SANTOS & B CHRISTIANSEN. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquacult. Inter.*, 2: 75–90.
- JORY, DE, TR CABRERA, DM DUGGER, D FEGAN, PG LEE, AL LAWRENCE, CJ JACKSON, RP MCINTOSH, & J CASTAÑEDA. 2001. A global review of shrimp feed management: Status and perspectives. P.104-152 in: Browdy, C. L., Jory, D. E. (Eds.), *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.
- KRUMMENAUER, D, RO CAVALLI, EL BALLESTER & W WASIELESKY. 2010. Feasibility of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture in southern Brazil: effects of stocking density and a single or a double CROP management strategy in earthen ponds. *Aquacult. Res.*, 41: 240–248.
- KRUMMENAUER, D, RO CAVALLI, LH POERSCH & W WASIELESKY. 2011. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. *J. World Aquacult. Soc.*, 42: 726-733.
- KUMLU, M & M KIR. 2005. Food consumption, molting and survival of *Penaeus semisulcatus* during over-wintering. *Aquacult. Res.*, 36: 137-143.
- KUMLU, M, OT EROLDGAN, & B SAGLAMTIMUR. 2001. The effects of salinity and added substrates on growth and survival of *Metapenaeus monoceros* (Decapoda: Penaeidae) post-larvae. *Aquaculture*, 196: 177–188.
- LIN Y, & J CHEN. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224: 193-201.
- LIN, Y & J CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 259: 109–119.
- LIU-ZHI WEI, XIU-MEI ZHANG, JIAN LI & h GUO-QIANG. 2008. Compensatory growth of Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis* following hypoxic exposure. *Aquacult Int.*, 16:455–470.
- MAGUIRE, GB & MI LEEDOW. 1983. A study of the optimum stocking density and feed rate for school prawns *Metapenaeus macleayi* (Haswell) in some Australian brackish water farming ponds. *Aquaculture* 30, 285–297.

- MAICÁ FM, MR BORBA & WJ WASIELESKY. 2011 Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquacult. Res.*, 1-10.
- MISHRA, J K, TM SAMOCHA, S PATNAIK, M SPEED, RL GANDY & AM ALI. 2008. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquacult. Eng.* 38:2–15
- MOSS, KK & SM MOSS. 2004. Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquac. Soc.*, 35: 536-542.
- MUGNIER, C & C SOYEZ. 2005. Response of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* to temperature decrease and hypoxia in relation to molt stage. *Aquaculture*, 244: 315–322.
- NAYLOR, RL, RJ GOLDBURG, JH PRIMAVERA, N KAUTSKY, MCM BEVERIDGE, J CLAY, C FOLKE, J LUBCHENCO, H MOONEY, M TROELL. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405:1017-1024.
- NGA, B, M LURLING, E PEETERS, R ROIJACKERS, M SCHEFFER, & T NGHIA. 2005. Chemical and physical effects of crowding on growth and survival of *Penaeus monodon* Fabricius post-larvae. *Aquaculture*, 246: 455–465.
- NICIEZA, AG, & NB METCALFE. 1997. Growth compensation in juvenile atlantic salmon: responses to depressed temperature and food availability. *Ecology*, 78: 2385–2400
- OH, S, CH NOH & SH CHO. 2007 Effect of Restricted Feeding Regimes on Compensatory Growth and Body Composition of Red Sea Bream, *Pagrus major*. *J. World Aquacult. Soc.*, 38(3): 23-31.
- OTOSHI, CA, MS SCOTT, FC NAGUWA & SM MOSS. 2007. Shrimp Behavior May Affect Culture Performance at Super-Intensive Stocking densities. *Global Aquacult. Advoc.*, 2:67-69.
- PETERSON, JJ, & DR GRIFFITH. 1999. Intensive nursery systems. *Global Aquacult. Advocate*, 2: 60–61.
- QUINTON, JC & RW BLAKE. 1990. The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth-response in rainbow-trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. of Fish Biol.*, 38: 159-173.

- RUSSELL, NR & RJ WOOTTON. 1992. Appetite and growth compensation in the European minnow, *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae) following short term of food restriction. *Envir. Biol. of Fishes*, 34(3):277-285.
- SAMOCHA, TM, S PATNAIK, M SPEED, A ALI, JM BURGER, RV ALMEIDA, Z AYUB, M HARISANTO, A HOROWITZ & DL BROCK. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacult. Eng.*, 36: 184-191.
- SANDIFER, PA & JT. HOPKINS. 1996. Conceptual Design of a Sustainable Pond-based Shrimp Culture System, *Aquacult. Eng.*, 15:41-52.
- TACON, AGJ, JJ CODY, LD CONQUEST, S DIVAKARAN, IP FORSTER & OE DECAMP. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquacult. Nutr.*, 8: 121-137.
- UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Paris, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France. 53p.
- VAN WYK, P & J SCARPA. 1999. Water Quality and Management. In: Van Wyk, P., *et al.* (Eds.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, p. 128–138.
- WASIELESKY, W, LH POERSCH, L JENSEN & A BIANCHINI. 2001. Effect of stocking density on growth of pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Crustacea, Penaeidae). *Náuplius*, 9: 163-167.
- WASIELESKY, WJ, H ATWOOD, R KEGL, J BRUCE, A STOKES & CL BROWDY. 2007. Effect of pH on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a zero exchange super-intensive culture system In proceedings of the Aquaculture 2007. San Antonio, Texas, USA.
- WASIELESKY, WJ, HI ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect of natural production in brown water super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.
- WEI, L, X ZHANG, J LI & G HUANG. 2008. Compensatory growth of Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis* following hypoxic exposure. *Aquacult. Int.*, 16:455–470.
- WELSCHMEYER, NA, 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. *Limnol. Oceanogr.* 39, 1985–1992.

- WILLIAMS, AS, DA DAVIS & CR ARNOLD. 1996. Density-dependent growth and survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. *J. World Aquacult. Soc.*, 27(1): 107-112.
- WU, L, S DONG, F WANG & X TIAN. 2000. Compensatory growth response following period of starvation in Chinese shrimp, *Penaeus chinensis* Osbeck. *J. Shellfish Res.*, 19: 717– 722.
- WU, L & S. DONG. 2001. Effects of protein restriction with subsequent realimentation on growth performance of juvenile Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*). *Aquaculture*, 210: 343–358
- WU, L, S DONG, F WANG, X TIAN & S MA. 2001. The effect of previous feeding regimes on the compensatory growth response in Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. *J. of Crustacean Biol.*, 21(3): 559-565.
- WU, L & S. DONG. 2002. Compensatory growth responses in juvenile chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*, at different temperatures. *J. of Crustacean Biol.*, 22(3):511-520.
- WYBAN, J, WA WALSH, & DM GODIN. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 138: 267-279.



## **CAPÍTULO 2**

---

### **CULTIVO DO CAMARÃO-BRANCO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS: EFEITOS DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM NA ENGORDA**

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da densidade de estocagem no cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos sem renovação de água (BFT). Foram realizados dois experimentos: no primeiro, juvenis de *L. vannamei*, com peso médio inicial de 1,23g ( $\pm 0,09$ ), foram cultivados nas densidades de estocagem de 300, 450, 600, 750 e 900 camarões m<sup>-2</sup>. No segundo experimento o peso médio inicial foi de 6,32g ( $\pm 0,7$ ), e as densidades foram: 200, 300, 400, 500 e 600 camarões m<sup>-2</sup>. O aumento da densidade de estocagem afetou o crescimento e a sobrevivência dos camarões. Os melhores resultados de produtividade, no primeiro e segundo experimentos foram obtidos nas densidades 600 m<sup>-2</sup> e 400 m<sup>-2</sup>, respectivamente.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of stocking density during the culture of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc culture system (BFT system) without water exchange. Two experiments were carried out: in the first, juveniles with mean initial weight of 1.23g ( $\pm 0,09$ ), were reared at densities of 300, 450, 600, 750 and 900 shrimp m<sup>-2</sup>; Where as in the second experiment, the mean initial weight was 6.32g ( $\pm 0,7$ ) and densities of 200, 300, 400, 500 and 600 shrimps m<sup>-2</sup>. The increase of stocking density affects the growth and survival of shrimps. The best productivity results in the first and second experiments were obtained at densities 400 and 600 shrimp m<sup>-2</sup> respectively.

## INTRODUÇÃO

Alguns pesquisadores destacam a necessidade de intensificar os cultivos de camarões, com o objetivo de minimizar os custos e garantir a sustentabilidade econômica das fazendas (Loneragan et. al., 1998). A densidade de estocagem tem grande importância na produtividade das fazendas (Jackson & Wang, 1998). Entretanto, seu aumento gera uma maior dependência da tecnologia, mão de obra especializada e dietas comerciais. Além disto, cultivos intensivos de camarões utilizam elevadas taxas de renovação de água para garantir a qualidade da água do cultivo, gerando efluentes com elevadas concentrações de nutrientes e matéria orgânica, podendo contribuir para a eutrofização de ambientes aquáticos adjacentes (Boyd & Clay, 1998). Os cultivos super-intensivos, podem ainda, aumentar o risco de introdução de espécies exóticas em um ecossistema e serem extremamente dependentes da utilização de proteína de origem marinha, aumentando os impactos ambientais (Avnimelech, 2009).

Uma alternativa para aumentar a produtividade das fazendas e diminuir seu impacto ambiental é o cultivo em sistema de bioflocos sem renovação de água, no qual é estimulada a formação dos chamados flocos microbianos, compostos por bactérias, flagelados, ciliados, cianobactérias, microalgas e pequenos metazoário, além de detritos orgânicos (Wasielsky et al., 2006). Neste sistema os viveiros são altamente oxigenados e fertilizados com fontes ricas em carbono para estimular o surgimento de uma biota bacteriana predominantemente heterotrófica (Avnimelech, 2009). As bactérias presentes nos bioflocos assimilam os compostos nitrogenados dissolvidos na água de produção, gerados principalmente pela excreção e restos de alimento em decomposição, possibilitando que a água seja reutilizada em diversos ciclos, tornando o sistema ambientalmente amigável (Avnimelech, 2009). Além disso, os microorganismos do biofoco têm a capacidade de reciclar os compostos nitrogenados dentro do próprio ambiente de cultivo, disponibilizando esta para os camarões na forma de proteína microbiana e, desta forma, servindo como uma rica fonte alimentar para os organismos cultivados (Wasielsky et al., 2006), com isto, reduzindo a utilização de farinha de peixe como fonte principal de proteína para os organismos cultivados (Avnimelech, 2009). Outro aspecto positivo deste tipo de sistema de cultivo é o maior grau de biossegurança, devido à ausência de troca de água com o ambiente aquático adjacente,

evitando assim o risco de introdução e disseminação de patógenos (Wasielesky et al., 2006).

Para garantir a viabilidade econômica do sistema bioflocos é necessária uma densidade de estocagem acima de 200 camarões  $m^{-2}$  (Otoshi et al., 2007). Porém, existe uma relação negativa entre o aumento da densidade e o desempenho zootécnico dos camarões (Moss & Moss, 2004; Arnold et al., 2009). A redução do crescimento e sobrevivência, em altas densidades de estocagem é resultado da diminuição de espaço, aumentando o canibalismo, a competição por alimento natural, degradação da qualidade da água e acúmulo de sedimentos indesejáveis no fundo dos viveiros (Krummenauer et al., 2006, 2011).

Portanto, as densidades de estocagem ideais a serem utilizadas podem variar muito, dependendo da espécie, fase de vida, sistema de cultivo e práticas de manejo empregadas em cada fazenda. Devido ao alto custo de construção e operação dos sistemas de bioflocos (Boyd & Clay, 1998; Wasielesky et al., 2006), evidencia-se a importância de segmentar a fase de engorda do *Litopenaeus vannamei* a fim de utilizar ao máximo o espaço disponível, melhorando as técnicas de manejo.

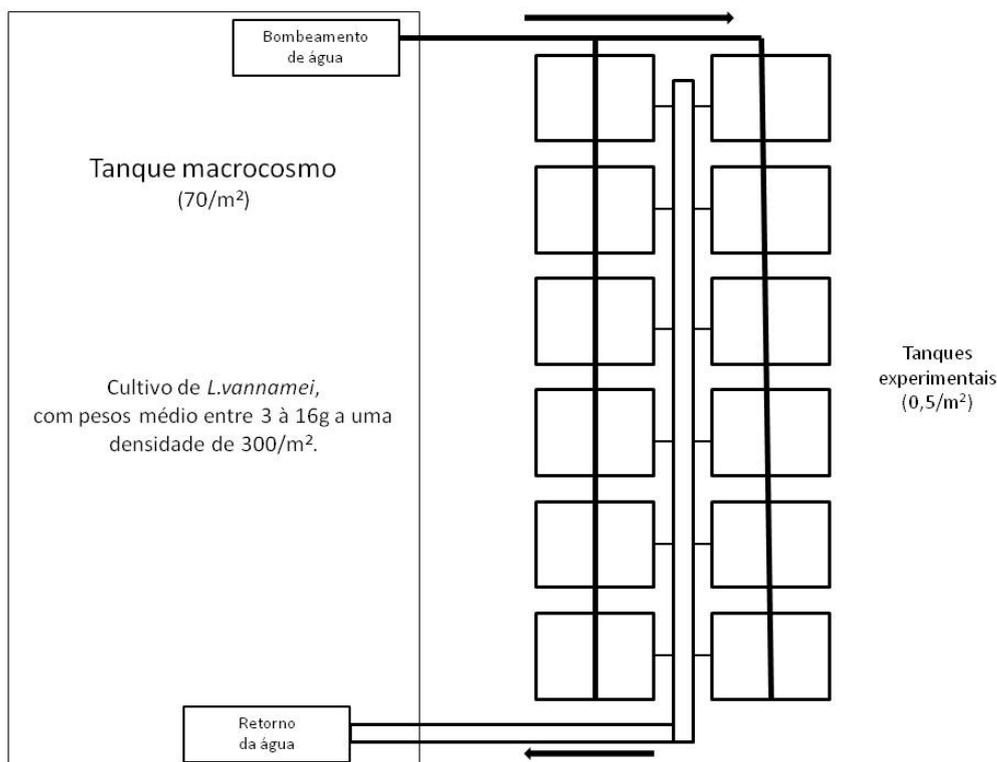
Baseado no exposto acima, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da densidade de estocagem no crescimento e sobrevivência do camarão branco *L. vannamei* cultivado em duas fases da engorda no sistema de bioflocos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Unidades experimentais e condições ambientais**

Os experimentos foram realizados na Estação Marinha de Aquacultura “Professor Marcos Alberto Marchiori” do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (EMA/IO/FURG), situada na cidade do Rio Grande, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Foi montado em uma estufa fechada, um sistema de recirculação de água (Figura 2.1), contendo 15 tanques (microcosmo), com área de fundo de  $0,5 m^2$  e capacidade de 180 L e supridos por aeração intensa e individual, os quais possuem uma saída de água por gravidade, para uma calha que a direciona até um tanque matriz (macrocosmo) em sistema “raceway” de  $70 m^2$ , onde o suprimento de ar e circulação da água era feito por meio de um soprador de ar (blower). A água é bombeada novamente para as unidades experimentais, numa vazão de  $6,6 L min^{-1}$  por tanque (5300% de recirculação dia). No tanque macrocosmo ocorria um cultivo, em

sistema de bioflocos sem renovação de água, de *L. vannamei* com peso médio e que variou, ao longo dos experimentos, de 3 à 16g e uma densidade de estocagem de 300 m<sup>-2</sup>. O sistema foi fertilizado com melaço a uma razão de 6g de carbono para cada 1mg de amônia total presente na água conforme descrito por Avnimelech (2009) com objetivo de estimular o crescimento da população bacteriana e conseqüentemente o aumento da biomassa microbiana (Bioflocos) Para manter os níveis pH adequados, foi adicionado carbonato de sódio (Ph+<sup>®</sup>, da HIDRO Ltda) conforme proposto por Furtado et al. (2011).



**FIGURA 2.1.** Sistema experimental de recirculação de água, utilizado para avaliar o efeito da densidade de estocagem, na sobrevivência e crescimento do *Litopenaeus vannamei*, cultivado em bioflocos.

### **Delineamento experimental**

Para avaliar a densidade de estocagem ideal, nas diferentes fases de engorda do *L. vannamei*, foram realizados dois experimentos. O delineamento experimental foi casualizado, com três repetições para cada tratamento.

No experimento 1, juvenis de *L. vannamei*, com peso médio inicial de 1,23 g ( $\pm$  0,09), foram cultivados por 40 dias nas densidades de 300, 450, 600, 750 e 900 camarões m<sup>-2</sup>.

No experimento 2, durante 40 dias, camarões *L. vannamei*, com peso médio inicial de 6,32g ( $\pm$  0,7), foram cultivados nas densidades: 200, 300, 400, 500 e 600 camarões m<sup>-2</sup>.

### **Análises físico-químicas**

As determinações de temperatura, pH, oxigênio e salinidade foram realizadas diariamente, em cada unidade experimental, por meio de um multi-parâmetro (modelo 556 MPS, YSI Incorporated, EUA). As concentrações de amônia total (UNESCO, 1983) nitrito, nitrato e fosfato (Strickland & Parsons, 1972) foram medidas a cada três dias. As coletas de água para análises de salinidade e nutrientes foram feitas no tanque matriz.

### **Manejo experimental**

Os camarões foram alimentados duas vezes ao dia (às 10 e 18 horas) com uma ração comercial, composta por > 38% proteína bruta. A taxa de arraçoamento inicial foi de 5% da biomassa de camarões. No início dos experimentos, 200 camarões selecionados ao acaso foram pesados, individualmente, para o cálculo do peso médio inicial. Após o início dos experimentos, 50 indivíduos de cada unidade experimental foram pesados a cada 10 dias. Após a pesagem os camarões foram devolvidos ao tanque de origem.

### **Análise dos dados**

Depois de verificada a homocedasticidade e normalidade, os dados foram verificados com análise de variância (ANOVA) univariada e posteriormente, com teste de Tukey. As diferenças foram consideradas significativas ao nível de 95% (Sokal & Rohlf, 1969). Os resultados são apresentados como média e desvio padrão ( $\pm$  DP).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Qualidade de Água**

O sistema de recirculação manteve os parâmetros físicos e químicos iguais para todas as unidades experimentais, devido à alta taxa de circulação da água. O desenho experimental, baseado no esquema proposto por Moss & Moss (2004), mostrou-se eficiente para separar os efeitos do estresse populacional e da degradação da qualidade da água, sobre a performance dos camarões. Os parâmetros de qualidade da água: temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabelas 2.1 e 2.3). As concentrações máximas de amônia total, nitrito, nitrato e fosfato no tanque matriz foram 0,71 mg L<sup>-1</sup> N-AT, 9,72 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>2</sub>, 17,2 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub> e 0,98 mg L<sup>-1</sup> P-PO<sub>4</sub> respectivamente (Tabelas 2.2 e 2.4).

**TABELA 2.1.** Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros físicos e químicos de qualidade de água, registrados nos tratamentos do experimento de cultivo de *Litopenaeus vannamei* cultivado nas densidades: 300, 450, 600, 750 e 900 camarões m<sup>-2</sup> em sistema de biofoco (Experimento 1).

Parâmetros	Tratamentos				
	300 m <sup>-2</sup>	450 m <sup>-2</sup>	600 m <sup>-2</sup>	750 m <sup>-2</sup>	900m <sup>-2</sup>
Temperatura a.m.	27,5 $\pm$ 0,78	27,1 $\pm$ 1,2	28,1 $\pm$ 0,91	27,6 $\pm$ 1,03	26,7 $\pm$ 2,01
Temperatura p.m.	29,2 $\pm$ 1,3	29,7 $\pm$ 1,02	28,3 $\pm$ 1,27	29,5 $\pm$ 1,3	29,1 $\pm$ 1,87
pH	7,32 $\pm$ 1,22	7,02 $\pm$ 0,82	7,16 $\pm$ 0,71	7,11 $\pm$ 0,9	7,27 $\pm$ 1,03
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	4,7 $\pm$ 1,51	4,8 $\pm$ 1,79	4,51 $\pm$ 2,01	4,32 $\pm$ 1,41	4,3 $\pm$ 1,3

**TABELA 2.2.** Valores médios ( $\pm$ DP), máximos e mínimos dos parâmetros físicos e químicos de qualidade de água, registrados no tanque matriz do experimento de cultivo de *Litopenaeus vannamei* cultivado nas densidades: 300, 450, 600, 750 e 900 camarões m<sup>-2</sup> em sistema de biofloco (Experimento 1).

<b>Parâmetros</b>	<b>Média (<math>\pm</math>DP)</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Salinidade	33,5 $\pm$ 0,43	32	36
Secchi (cm)	17,8 $\pm$ 3,2	8,9	21,4
Sólidos Suspensos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	223 $\pm$ 94,81	133	571
Volume do Floco (ml L <sup>-1</sup> )	18,8 $\pm$ 9,7	16,2	41,4
Amônia (N-AT mg L <sup>-1</sup> )	0,21 $\pm$ 0,06	0,09	0,71
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup> )	3,51 $\pm$ 0,8	1,39	8,91
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup> )	9,71 $\pm$ 3,47	4,71	15,22
Fosfato (P-PO <sub>4</sub> mg L <sup>-1</sup> )	0,21 $\pm$ 0,07	0,1	0,98

Em sistemas de bioflocos, a qualidade da água tende a se degradar durante o cultivo. O pH diminui e os compostos nitrogenados aumentam sua concentração ao longo do tempo (Wasielesky et al., 2007), isto ocorre devido ao acúmulo de matéria orgânica nos tanques. A adição de carbonato de sódio e melação no tanque matriz foram eficientes para manter o pH, amônia, nitrito e nitrato nos valores recomendados para o cultivo de *L. vannamei* (Wasielesky et al., 2007; Van Wyk & Scarpa, 1999; Lin & Chen, 2001; Lin & Chen, 2003). A baixa concentração de amônia total e os valores de material em suspensão, volume do floco e transparência da água indicam que a comunidade bacteriana, provavelmente, utilizou os compostos nitrogenados para formar biomassa e conseqüentemente os agregados microbianos conforme descrito por Avnimelech (2009).

Segundo Van Wyk & Scarpa, (1999) o camarão *L. vannamei* apresenta maior crescimento e sobrevivência com concentrações de oxigênio dissolvido acima de 5 mg L<sup>-1</sup>, apesar das médias do primeiro experimento terem sido um pouco inferiores ao ideal, provavelmente não foi o suficiente para comprometer o crescimento dos camarões.

No segundo experimento, as médias de temperatura pelo período da manhã variaram entre 26,4 à 25,7°C. Este valores foram menores que o recomendado por Wyban et al. (1995) para a espécie (entre 27 e 31°C). No entanto, aparentemente não prejudicou o crescimento dos camarões, pois esses valores foram devido à redução de temperatura no período da noite, tendo em vista que as médias no período da tarde foram acima de 27,9°C.

Maicá et al. (2011), estudando diferentes salinidades em sistemas de bioflocos, observaram melhor produtividade em salinidade entre 25 e 36. No presente estudo a concentração de sais permaneceu dentro desta faixa.

**TABELA 2.3.** Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros físicos e químicos de qualidade de água, registrados nos tratamentos do experimento de cultivo de *Litopenaeus vannamei* nas densidades:: 200, 300, 400, 500 e 600 camarões m<sup>-2</sup> em sistema de biofloco (Experimento 2).

Parâmetros	Tratamentos				
	200 m <sup>-2</sup>	300 m <sup>-2</sup>	400 m <sup>-2</sup>	500 m <sup>-2</sup>	600 m <sup>-2</sup>
Temperatura a.m.	26,4 $\pm$ 1,59	25,7 $\pm$ 2,03	25,9 $\pm$ 1,9	26,1 $\pm$ 1,61	25,8 $\pm$ 1,78
Temperatura p.m.	28,7 $\pm$ 1,9	27,9 $\pm$ 1,34	28,2 $\pm$ 1,66	28,1 $\pm$ 1,7	28,5 $\pm$ 1,51
pH	7,03 $\pm$ 1,4	7,21 $\pm$ 0,8	7,34 $\pm$ 1,2	7,56 $\pm$ 0,7	7,33 $\pm$ 1,2
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	5,1 $\pm$ 1,7	5,8 $\pm$ 1,92	5,45 $\pm$ 1,81	5,07 $\pm$ 1,45	5,4 $\pm$ 1,7

**TABELA 2.4.** Valores médios ( $\pm$ DP), máximos e mínimos das variáveis físico- químicas de qualidade de água, registrados no tanque matriz do experimento de cultivo de *Litopenaeus vannamei* nas densidades:: 200, 300, 400, 500 e 600 camarões m<sup>-2</sup> em sistema de bioflocos (Experimento 2).

<b>Parâmetros</b>	<b>Média (<math>\pm</math>DP)</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Salinidade	34 $\pm$ 0,7	31	35
Secchi (cm)	12,2 $\pm$ 4,3	7,1	18,7
Sólidos Suspensos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	391 $\pm$ 67,54	147	501
Volume do Floco (ml L <sup>-1</sup> )	27,1 $\pm$ 10,3	18,5	33,6
Amônia (N-AT mg L <sup>-1</sup> )	0,32 $\pm$ 0,12	0,1	0,66
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup> )	4,22 $\pm$ 1,3	2,22	9,72
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup> )	11,31 $\pm$ 4,31	5,71	17,19
Fosfato (P-PO <sub>4</sub> mg L <sup>-1</sup> )	0,32 $\pm$ 0,09	0,1	0,65

### **Performance zootécnico**

Sistemas de cultivo em bioflocos, frequentemente apresentam elevados índices de sobrevivência (Arnold et al., 2009). Porém, nos dois experimentos, as taxas de sobrevivência foram afetadas pelo aumento da densidade, observando-se relação inversa entre o aumento da densidade e a redução da sobrevivência (Tabela 2.5 e 2.6). Krumenauer et al. (2011) também relataram uma queda na sobrevivência com o aumento da densidade do *L. vannamei* cultivado em bioflocos.

**TABELA 2.5.** Médias ( $\pm$ DP) do peso final, sobrevivência, taxa de conversão alimentar (TCA), taxa de crescimento específico diário (TEC), biomassa final e densidade final do *Litopenaeus vannamei*, cultivado nas densidades de 300, 450, 600 750 e 900 camarões  $m^{-2}$  em sistema de bioflocos (Experimento 1).

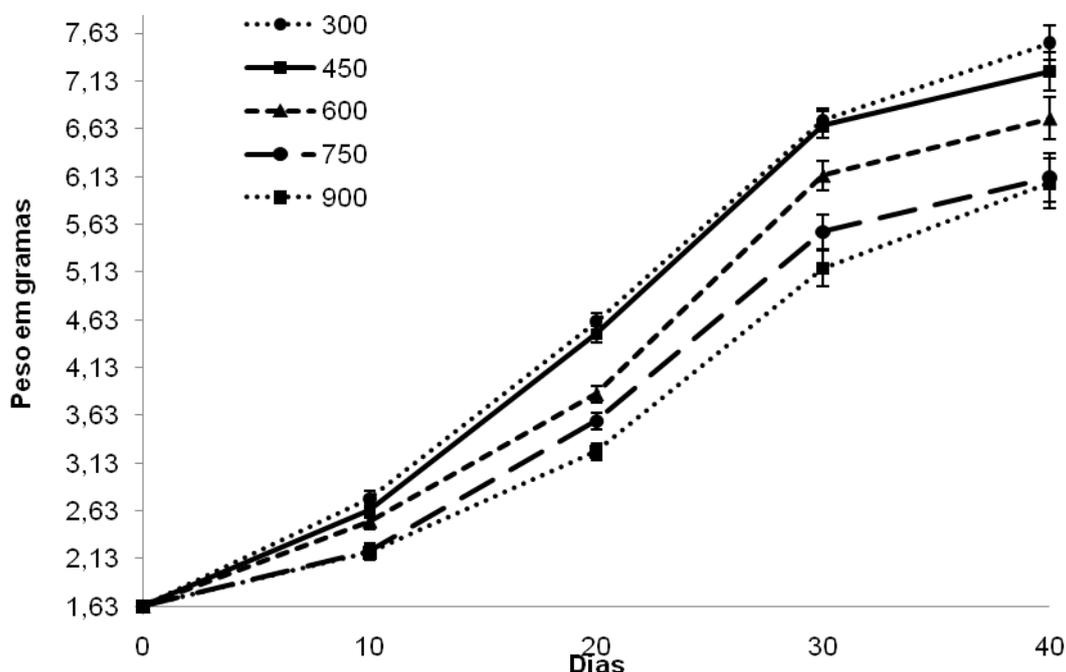
Parâmetros	Tratamentos (camarões)				
	300 $m^{-2}$	450 $m^{-2}$	600 $m^{-2}$	750 $m^{-2}$	900 $m^{-2}$
Peso final (g)	7,53 $\pm$ 0,73a	7,23 $\pm$ 0,81a	6,74 $\pm$ 0,87a	6,12 $\pm$ 1,05b	6,06 $\pm$ 1,12b
Sobrevivência (%)	84,33 $\pm$ 5,71a	91,11 $\pm$ 14,73a	89,89 $\pm$ 13,81a	68,6 $\pm$ 10,58b	62,96 $\pm$ 11,1b
TCA	1,34 $\pm$ 0,09a	1,29 $\pm$ 0,1a	1,36 $\pm$ 0,1a	1,84 $\pm$ 0,36a	2,49 $\pm$ 0,58b
TEC (%)	15,75 $\pm$ 1,4	15 $\pm$ 1,64	13,77 $\pm$ 1,75	12,22 $\pm$ 2,1	11,97 $\pm$ 1,3
Produtividade final (kg/ $m^2$ )	1,91 $\pm$ 0,09a	2,96 $\pm$ 0,2b	3,63 $\pm$ 0,26b	3,15 $\pm$ 0,32b	3,43 $\pm$ 0,43b
Densidade final ( $m^2$ )	252 $\pm$ 13,71a	410 $\pm$ 41,71b	539,3 $\pm$ 59,81c	514,5 $\pm$ 37,58c	566,6 $\pm$ 51,1c

<sup>(1)</sup>Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

No primeiro experimento a densidade de 450  $m^{-2}$  obteve a maior sobrevivência, com média de 91,1% ( $\pm$  14,73), não apresentando diferença significativa das densidades 300 e 600  $m^{-2}$ , as quais resultaram em médias de 84,3% ( $\pm$  5,71) e 89,8% ( $\pm$  13,1) respectivamente (Tabela 2.5). As menores sobrevivências ocorreram nas densidades 750 e 900  $m^{-2}$ , com médias de 68,6% ( $\pm$  10,58) e 62,9% ( $\pm$  11,1) respectivamente, sendo semelhantes ( $p < 0,05$ ). No segundo experimento as menores sobrevivências foram dos tratamentos 500 e 600 camarões  $m^{-2}$ , com valores de 63,1 e 54,1% respectivamente. Os demais tratamentos apresentaram taxas de sobrevivência acima de 90,6%. Os resultados corroboram com diversos estudos de densidade de estocagem, em diferentes espécies de peneídeos (Arnold et al., 2009; Coman, 2004; Moss & Moss, 2004; Williams et al., 1996; Wasielesky et al., 2001). Arnold et al. (2005), relataram que a falta de espaço viável gera estresse aos camarões, podendo levar ao canibalismo, o que parece ter ocorrido no presente estudo, tendo em vista que a qualidade de água foi estatisticamente semelhante em todos tratamentos.

Esta falta de espaço parece estar relacionada à biomassa por  $m^2$  que *L. vannamei* suporta em cada sistema de cultivo. Nos dois experimentos as maiores produtividades foram próximas, 3,63 e 3,88Kg  $m^{-2}$ , e ambas não comprometeram a sobrevivência, independente da densidade. Esta hipótese é reforçada ao analisarmos os resultados obtidos por Fóes et al. (2011), que ao estudar o efeito das densidades: 500, 1000, 1500, 2000  $m^{-2}$  em pós-larvas de *Farfantepenaeus paulensis*, que cultivadas no mesmo sistema, não apresentaram diferenças significativas entre as médias de sobrevivência as quais foram acima de 85,9%.

No experimento 1, o peso inicial dos camarões foi de 1,23g ( $\pm 0,09$ ). Ao final dos 40 dias de experimento, o peso médio final dos camarões cultivados nas densidades de 300, 450 e 600  $m^{-2}$  foram estatisticamente semelhantes, com valores de 7,53g ( $\pm 0,73$ ), 7,23g ( $\pm 0,81$ ) e 6,74g ( $\pm 0,87$ ), respectivamente (Tabela 2.5 e Figura 2.2). Seguindo a tendência da sobrevivência, as menores médias de peso final foram das densidades 750 e 900  $m^{-2}$  (Tabela 2.3).



**FIGURA 2.2.** Crescimento do *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistemas de bioflocos, nas densidades de 300, 450, 600, 750 e 900 camarões  $m^{-2}$  (Experimento 1).

Segundo Williams et al. (1996), o crescimento do *L. vannamei* é fortemente afetado pela densidade de cultivo. No primeiro experimento, as maiores médias de peso final

ocorreram nos tratamentos 300, 450 e 600 m<sup>-2</sup>. Já densidades 750 e 900 m<sup>-2</sup>, apresentaram um déficit de crescimento. Isto foi observado para diversas espécies de peneídeos, como *Litopenaeus stylirostris* (Martin et al., 1998), *Litopenaeus setiferus* (Williams et al., 1996), *Fenneropenaeus indicus* (Emmerson & Andrews, 1981), *Penaeus japonicus* (Coman et al., 2004) e *Penaeus monodon* (Ray & Chien, 1992). Portanto, foi demonstrada uma relação negativa entre aumento da densidade e o crescimento dos camarões, corroborando com diversos autores (Moss & Moss, 2004; Arnold et al., 2009). A redução do crescimento e sobrevivência de juvenis de peneídeos cultivados em altas densidades está relacionada a uma combinação de fatores como: diminuição da viabilidade de espaço e produtividade natural (Peterson & Griffith, 1999) bem como a degradação da qualidade da água e o acúmulo de sedimento (Arnold et al., 2005). No presente estudo, a qualidade de água e disponibilidade de alimento natural foi mantida igual para todos os tratamentos.

A densidade de 300 m<sup>-2</sup> obteve a menor biomassa (1,91kg m<sup>-2</sup> ± 0,09), diferenciando-se dos demais tratamentos, que não apresentaram diferença entre si (p<0,05), sendo que a maior produtividade ocorreu na densidade 600 m<sup>-2</sup> (3,63 kg m<sup>-2</sup> ± 0,26), devido a suas elevadas taxas crescimento e sobrevivência. Além disto, os valores da TCA variando de 1,29 a 2,49 pode resultar em custos financeiros significativos, tendo em vista que em muitos países, a alimentação é o maior custo na produção do *L. vannamei* (Wasielesky et al., 2006). Sendo assim, esta densidade pode ser considerada a ideal para o cultivo de *L. vannamei*, com peso de 1 á 7 gramas, para condições de cultivo descritas neste trabalho.

No experimento 2, todos os tratamentos apresentaram taxas de crescimento apropriadas (Tabela 2.6 e Figura 2.3), sendo o maior peso médio final 11,42 g na densidade 200 m<sup>-2</sup>, com TCA semelhante a diversos trabalhos de engorda do *L. vannamei* em bioflocos (Krummenauer et al., 2011; Wasielesky et al., 2006).

**TABELA 2.6.** Médias ( $\pm$ DP) do peso final, sobrevivência, taxa de conversão alimentar (TCA), taxa de crescimento específico diário (TEC), biomassa final e densidade final do *Litopenaeus vannamei*, cultivado nas densidades de 200, 300, 400, 500 e 600 camarões  $m^{-2}$  em sistema de bioflocos (Experimento 2).

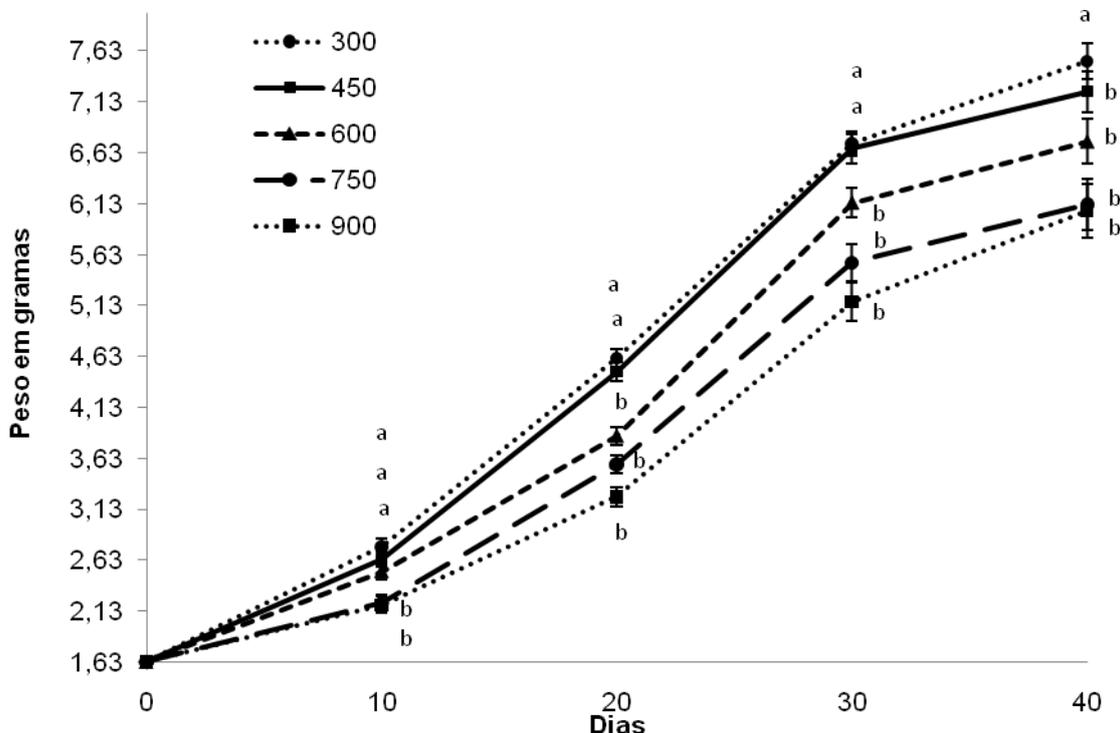
Parâmetros	Tratamentos (camarões)				
	200 $m^{-2}$	300 $m^{-2}$	400 $m^{-2}$	500 $m^{-2}$	600 $m^{-2}$
Peso final (g)	11,42 $\pm$ 0,98a	10,52 $\pm$ 0,87b	10,64 $\pm$ 1,07b	10,9 $\pm$ 1,23b	10,01 $\pm$ 1,67b
Sobrevivência (%)	90,63 $\pm$ 3,23a	95,11 $\pm$ 4,22a	91,33 $\pm$ 3,78a	63,06 $\pm$ 5,43b	54,06 $\pm$ 3,42c
TCA	1,23 $\pm$ 0,1a	1,17 $\pm$ 0,1a	1,34 $\pm$ 0,28a	1,71 $\pm$ 0,23b	1,88 $\pm$ 0,43b
TEC (%)	12,75 $\pm$ 1,33	10,5 $\pm$ 1,03	10,8 $\pm$ 1,2	11,45 $\pm$ 1,38	9,22 $\pm$ 0,98
Produtividade final (kg $m^{-2}$ )	2,07 $\pm$ 0,2a	3,0 $\pm$ 0,3b	3,88 $\pm$ 0,4c	3,43 $\pm$ 0,3c	3,24 $\pm$ 0,4bc
Densidade final ( $m^2$ )	182,2 $\pm$ 6,31a	284,3 $\pm$ 14,7b	365,32 $\pm$ 12,3c	315,3 $\pm$ 16bc	324 $\pm$ 11,5bc

<sup>(1)</sup>Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior produtividade (3,88 kg  $m^{-2}$ ) foi detectada na densidade de estocagem de 400  $m^{-2}$ , sendo igual ( $p < 0,05$ ) as densidades de estocagem de 500 e 600  $m^{-2}$  (Tabela 2.6), em contraste com a densidade de estocagem de 200  $m^{-2}$  que apresentou a menor biomassa (2,07 Kg  $m^{-2} \pm 0,2$ ). Portanto, os melhores valores de produtividade foram obtidos pelos camarões cultivados a 400  $m^{-2}$  devido as altas taxas de sobrevivência e peso médio final apresentadas nesta densidade.

A relação inversa entre a densidade e o crescimento não foi tão acentuada como no primeiro experimento. Isto pode ter ocorrido pela alta mortalidade dos tratamentos 500 e 600  $m^{-2}$  que resultaram em densidades finais de 315,3 e 324  $m^{-2}$  respectivamente. Possivelmente os camarões destes tratamentos apresentaram um crescimento compensatório como foi descrito por muitos autores (Ali et al., 2003; Oh et al., 2007), que após um déficit no crescimento, os organismos podem apresentar um crescimento compensatório, quando cultivados em condições adequadas. Este aumento na taxa de crescimento é resultado de estratégias adotadas pelos organismos como: maior consumo de alimento no período pós-estresse (hiperfagia), aumento na eficiência alimentar, redução de gastos metabólicos e diminuição da locomoção (Ali et al., 2003; Jobling et

al., 1994). Portanto após a mortalidade nos tratamentos 500 e 600 m<sup>-2</sup>, as condições ambientais como disponibilidade de espaço viável podem ter melhorado.



**FIGURA 2.3.** Crescimento do *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistemas de bioflocos, nas densidades de 200, 300, 400, 500, e 600 camarões m<sup>-2</sup> (Experimento 2).

## CONCLUSÃO

Os resultados indicam que o aumento da densidade de estocagem afeta o crescimento e sobrevivência de juvenis de *L. vannamei* cultivados em sistemas de bioflocos. A densidade de 600 m<sup>-2</sup> mostrou-se mais eficiente para o cultivo de camarões com peso médio de 1 à 7 gramas. Para a fase de engorda entre 6 e 12 gramas, a densidade recomenda é de 400 m<sup>-2</sup>. Os resultados deste trabalho podem auxiliar no dimensionamento e planejamento de unidades de cultivo, para potencializar as produtividades através do máximo aproveitamento do espaço disponível e melhorando as técnicas de manejo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, M, A NIECIEZA & RJ WOOTTON. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4:147-190.
- AQUACOP, Centre Oceanologique du Pacifique, Taravao (French Polynesia) 1984. Review of ten years of penaeid shrimp culture in Tahiti and New Caledonia (South Pacific). *J. World Maric. Soc.*, 14: 73-91.
- ARNOLD, SJ, MJ SELLARS, PJ CROCOS, & GJ COMAN. 2005. Response of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*) to intensive culture conditions in a flow through tank system with three-dimensional artificial substrate. *Aquaculture*, 246: 231-238.
- ARNOLD, SJ, FE COMAN, CJ JACKSON, & SA GROVES. 2009. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An evaluation of artificial substrates and stocking density. *Aquaculture*, 293: 42-48.
- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.
- BOYD, CE & CLAY JW. 1998. Shrimp Aquaculture and the Environment. *Scientific American*. 278(6):58-65.
- COMAN GJ, PJ CROCOS, NP PRESTON & D FIELDER. 2004. The effects of density on the growth and survival of different families of juvenile *Marsupenaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, 229: 215-223.
- EMMERSON, WD & B ANDREWS. 1981. The effect of stocking density on the growth, development and survival of *Penaeus indicus*-Milne Edwards larvae. *Aquaculture*, 23:45-57.
- FÓES, GK, C FRÓES, D KRUMMENAUER, L POERSCH & W WASIELESKY. 2011. Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different stocking densities. *J. of Shellfish Res.*, 30(2): 1-7.
- JACKSON, CJ & YG WANG. 1998. Modelling growth rate of *Penaeus monodon* Fabricius in intensively managed ponds: effects of temperature, pond age and stocking density. *Aquacult. Res.*, 29: 27-36.
- JOBLING, M, OH MELOY, JD SANTOS & B CHRISTIANSEN. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquacult. Inter.*, 2: 75-90.

- KRUMMENAUER, D, WJ WASIELESKY, RO CAVALLI, S PEIXOTO & PR ZOGBI. 2006. Viabilidade do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Crustácea: Decapoda) em gaiolas sob diferentes densidades durante o outono no sul do Brasil. *Ciência Rural*, 36: 252-257.
- KRUMMENAUER, D, RO CAVALLI, LH POERSCH & W WASIELESKY. 2011. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. *J. World Aquacult. Soc.*, 42: 726-733.
- LIN, Y & J CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 259: 109–119.
- LIN Y, & J CHEN. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224, 193-201.
- LONERAGAN, N, DJ DIE, GM KAILIS, R WATSON & N PRESTON. 1998. Developing and Assessing Techniques for Enhancing Tropical Australian Prawn Fisheries and the Feasibility of Enhancing the Brown Tiger Prawn (*Penaeus esculentus*) Fishery in Exmouth Gulf. Final report on FRDC project 1998/222. CSIRO, Cleveland.
- MAICÁ FM, MR BORBA & WJ WASIELESKY. 2011 Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquacult. Res.*, 1-10.
- MARTIN, JL, MY VERAN, O GUELORGET, & D PHAM. 1998. Shrimp rearing: stocking density, growth, impact on sediment, waste output and their relationships studied through the nitrogen budget in rearing ponds. *Aquaculture*, 164: 135-149.
- MOSS, KK & SM MOSS. 2004. Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquac. Soc.*, 35: 536-542.
- OH, S, CH NOH & SH CHO. 2007. Effect of Restricted Feeding Regimes on Compensatory Growth and Body Composition of Red Sea Bream, *Pagrus major*. *J. World Aquacult. Soc.*, 38(3): 23-31.
- OTOSHI, CA, MS SCOTT, FC NAGUWA & SM MOSS. 2007. Shrimp Behavior May Affect Culture Performance at Super-Intensive Stocking densities. *Global Aquacult. Advoc.*, 2:67-69.

- PETERSON, JJ, & DR GRIFFITH. 1999. Intensive nursery systems. *Global Aquacult. Advoc.*, 2: 60–61.
- RAY, WM & YH CHIEN. 1992. Effects of stocking density and aged sediment on tiger prawn, *Penaeus monodon*, nursery system. *Aquaculture*, 104(34):23 1-248.
- SOKAL, RR & FJ ROHLF. *Biometry. Principle and practices of statistics in biological research*. San Francisco: W. H. Freeman & Co, 1969.776p.
- STRICKLAND, JH & TR PARSONS. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Ottawa: Fishery Research Board Canada, 310p.
- VAN WYK, P & J SCARPA. 1999. Water Quality and Management. In: Van Wyk, P., et al. (Eds.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, p. 128–138.
- WASIELESKY, W, LH POERSCH, L JENSEN & A BIANCHINI. 2001. Effect of stocking density on growth of pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Crustacea, Penaeidae). *Náuplius*, 9: 163-167.
- WASIELESKY, WJ, HI ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect of natural production in brown water super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.
- WASIELESKY, WJ, H ATWOOD, R KEGL, J BRUCE, A STOKES & CL BROWDY. 2007. Effect of pH on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a zero exchange super-intensive culture system In proceedings of the *Aquaculture 2007*. San Antonio, Texas, USA.
- WILLIAMS, AS, DA DAVIS & CR ARNOLD.1996. Density-dependent growth and survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. *J. World Aquacult. Soc.*, 27(1): 107-112.

## CAPÍTULO 3

---

### **FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA COM CARBONO NO CULTIVO INTENSIVO EM VIVEIROS COM SISTEMA DE BIOFLOCOS DO CAMARÃO BRANCO**

*Litopenaeus vannamei*

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da fertilização com fonte rica em carbono, no cultivo do *Litopenaeus vannamei*, em sistema intensivo com renovação mínima de água e na presença bioflocos. Juvenis de *L. vannamei* com peso médio inicial de  $0,112 \pm 0,07$ g foram cultivados na densidade de 85 camarões  $m^{-2}$  em seis viveiros escavados (500  $m^2$  cada) revestidos com PEAD (geomembrana). No tratamento com fertilização de carbono (heterotrófico) não houve renovação da água de cultivo. No tratamento controle (autotrófico) os camarões foram cultivados sem adição de carbono, e a renovação de água foi de 10 % por semana. Não houve diferença significativa entre os parâmetros de qualidade de água ( $p > 0,05$ ). A sobrevivência e a conversão alimentar não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Entretanto, os camarões cultivados no tratamento com fertilização de carbono apresentaram peso médio final significativamente maior ( $p < 0,05$ ) ( $10,72 \text{ g} \pm 2,12$ ) em relação ao controle ( $8,45 \text{ g} \pm 2,03$ ). Os resultados confirmam que a fertilização com carbono orgânico pode aumentar significativamente a produtividade no sistema.

## ABSTRACT

This study evaluated the effects of carbon addition in the water quality and performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in a minimal water exchange intensive system with suspended microbial flocs. Juveniles with an initial mean weight of  $0.112 \pm 0.07$  g were reared in 6 lined ponds ( $500 \text{ m}^2$ ) at a stocking density of 85 shrimp  $\text{m}^{-2}$ . Two treatments with three replicates each were applied – MT (Molasses treatment) and CT (Control Treatment). In ponds where molasses was added (heterotrophic) no water was exchanged. In ponds from the control treatment (autotrophic) shrimp were reared without molasses addition and water was 10% exchanged weekly. Aeration was provided in all tanks with a 1hp paddle wheel aerators (equivalent to 20hp per hectare). The physical and chemical water quality parameters stayed within the recommended ranges for this species. These parameters did not present significant differences between treatments. Similarly, survival and feed conversion rate did not show significant differences between treatments ( $p > 0.05$ ). However, shrimp reared in the Molasses treatment achieved higher ( $p < 0.05$ ) mean final weight ( $10.72 \pm 2.12$  g) than shrimp reared in the control treatment ( $8.45 \pm 2.03$  g). The results confirm that organic carbon fertilization can increase significantly the productivity of the system.

## INTRODUÇÃO

Entre as diversas espécies produzidas na aquicultura, o cultivo de camarões marinhos em nível mundial apresentou rápido crescimento nas últimas décadas (FAO 2009). Atualmente, o camarão branco *Litopenaeus vannamei* (Boone) é a espécie de camarão mais cultivada do mundo (FAO 2009).

Em sistemas de produção intensivos a produtividade pode alcançar até 40 000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Tacon et al. 2002). Entretanto, um dos maiores problemas destes sistemas é a deterioração da qualidade da água, devido ao acúmulo de compostos nitrogenados tais como a amônia (NH<sub>3</sub>·NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Colt & Armstrong 1981). Este problema gera preocupação quanto a sustentabilidade ecológica devido a descarga de efluentes ricos em nutrientes nas águas costeiras (Naylor et al. 2000; Burford et al. 2003), obrigando um maior controle sobre a biossegurança e tratamento dos efluentes gerados nestes sistemas de cultivo (Tacon et al. 2002). Diante deste contexto, tornam-se necessárias mudanças nas estratégias de manejo para que a qualidade da água dos cultivos possa ser mantida em boas condições e redução de possíveis impactos ambientais.

Em sistemas de produção aquícola, a manipulação da comunidade microbiana pode trazer benefícios tanto ambientais como econômicos (Ballester et al. 2007; Azim et al. 2008). Pesquisas atuais têm demonstrado que os sistemas super intensivos sem renovação de água podem, por meio presença de uma biota bacteriana predominantemente aeróbica e heterotrófica, contribuir para a manutenção da qualidade da água do cultivo e ainda disponibilizar alimento para os organismos cultivados. Estas bactérias têm a capacidade de sintetizar proteínas a partir do carbono orgânico e da amônia. No entanto, é fundamental que a razão carbono: nitrogênio (C:N) seja adequada para sua utilização. Segundo Avnimelech (1999), o aumento da razão carbono-nitrogênio torna o processo de retirada do nitrogênio inorgânico através de bactérias heterotróficas mais eficiente que a nitrificação, diminuindo rapidamente as concentrações de amônia dissolvida (Azim & Little 2008).

Os sistemas de cultivo sem renovação ou com mínima renovação de água baseiam-se em viveiros altamente oxigenados e fertilizados com fontes ricas em carbono com objetivo de estimular o surgimento de uma comunidade bacteriana

predominantemente heterotrófica, a qual tem capacidade de assimilar os compostos nitrogenados e transformá-los em proteína microbiana (Avnimelech 2009). Neste meio, ocorre a formação de agregados microbianos, protozoários, metazoários, microalgas, cianobactérias, larvas de invertebrados, fezes, restos de animais mortos e exoesqueletos, os chamados bioflocos (Emerenciano et al. 2007; Ballester et al. 2009). Estes agregados têm grande importância na nutrição dos camarões marinhos (Tacon et al. 2002; Cuzon et al. 2004) e na assimilação dos compostos nitrogenados presentes na água de cultivo, gerados principalmente pela excreção e restos de alimento em decomposição (Gómez-Jiménez et al. 2005).

A reciclagem do nitrogênio em proteína microbiana possibilita melhor desempenho dos camarões em relação ao crescimento, conversão alimentar, resistência a doenças, consumo de ração e sobrevivência dos camarões (Otoshi et al. 2001; Tacon et al. 2002; Wasielesky et al. 2006). Hari et al. (2004), em estudo de adição de carboidratos no cultivo semi-intensivo em viveiros escavados de *Penaeus monodon*, obtiveram melhores taxas de crescimento e conversão alimentar com adição de farinha de mandioca como fonte de carbono orgânico, com razão C:N de 20:1. Esta razão parece ser útil para cultivo do *L. vannamei* cultivado em meio a flocos microbianos, sendo aplicada em diversos estudos com a mesma finalidade (Avnimelech 1999, Hari et al. 2004, Samocha et al. 2007).

Segundo Otoshi et al. (2007), uma das vantagens desse sistema é a possibilidade de se produzir 1 kg de camarão com apenas 160 L de água, enquanto que para os sistemas convencionais são necessários 64.000 L para essa mesma produção (Hopkins et al, 1995). Portanto, os benefícios ao meio ambiente são consideráveis quando comparados aos do sistema de produção de camarões tradicional (semi-intensivo), com aproveitamento mais eficiente no uso da água e da terra (Boyd & Clay 2002). Projetos pilotos realizados em uma fazenda comercial em Belize (Burford et al. 2003; Boyd & Clay 2002), nos Estados Unidos (Wasielesky et al. 2006a; Browdy et al. 2001) e no Brasil (Wasielesky et al. 2006b, Emerenciano et al. 2007, Ballester et al. 2009; Krumennauer 2011) vêm demonstrando resultados expressivos, com produtividades que variaram entre 20 a 60 toneladas ha<sup>-1</sup> e sobrevivências acima de 85 %.

Baseado no exposto acima, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da fertilização orgânica na qualidade de água, crescimento e sobrevivência do camarão

branco *L. vannamei* cultivado em um sistema intensivo com mínima renovação de água na presença de flocos microbianos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura “Professor Marcos Alberto Marchiori” do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (EMA/IO/FURG), situada na cidade do Rio Grande, estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

### **Unidades experimentais e condições ambientais**

O experimento teve duração de 117 dias. Pós-larvas com peso inicial de 0,112 g ( $\pm 0,07$ ) foram estocadas em uma densidade de 85 camarões  $m^{-2}$ , em seis viveiros escavados e revestidos com geomembrana de polietileno de alta densidade. Os viveiros, com área de 500  $m^2$ , foram cheios com água marinha costeira (salinidade 33). Foi utilizada aeração artificial permanente (24 horas) por meio de aeradores tipo *paddle wheel*, na potência de 20 hp  $ha^{-1}$  por viveiro.

O delineamento experimental foi constituído por dois tratamentos: o primeiro com fertilização orgânica de Carbono (melaço) e sem renovação de água e o segundo sem fertilização de carbono de orgânico e mínima renovação de água (10 %  $semana^{-1}$ ). Houve três repetições para cada tratamento, os viveiros foram povoados e escolhidos aleatoriamente para a fertilização, na qual foi utilizado melaço de cana como fonte rica em carbono. Na primeira semana de experimento os viveiros foram fertilizados com melaço a uma razão de carbono/nitrogênio de 30:1, após esta fase inicial, os viveiros foram fertilizados a fim de manter uma razão de 10:1 os dados foram estimados conforme dados apresentados por Samocha et al. (2007) e Tacon (1987).

No tratamento com fertilização de carbono não foi feita a renovação de água, apenas a reposição da água perdida por evaporação, aproximadamente 10% do volume total.

### **Análises físico-químicas**

As determinações de temperatura, pH e oxigênio foram realizadas diariamente em cada unidade experimental, às 9:00 e 17:00 horas, com um pHmetro (modelo DMpH-1, Digimed) e oxímetro (modelo Handylab OXI/SET, Schott), respectivamente. A salinidade e as concentrações de amônia total, nitrito, nitrato e fosfato foram medidas a cada três dias. A amônia foi determinada pelo método da UNESCO (1983), o nitrito pelo método de Bendschneider & Robinson (1952), o nitrato e o fosfato conforme descrito em Aminot e Chaussepied (1983) e a salinidade através de um refratômetro óptico (Atago).

### **Manejo experimental**

Os camarões foram alimentados duas vezes ao dia (10 e 18 horas), com ração comercial (Potimar 38, da Guabi Ltda). Segundo o fabricante, esta era composta por proteína bruta ( $\pm 38\%$ ), extrato etéreo ( $> 7,5\%$ ), umidade ( $< 10,0\%$ ), fibra bruta ( $< 5,0\%$ ), cinzas ( $< 13,0\%$ ), cálcio ( $< 3,0\%$ ) e fósforo ( $> 1,45\%$ ). A taxa de arraçoamento inicial foi de 50 % da biomassa de camarões, sendo este valor ajustado até 2 % no final do período de produção, de acordo com o consumo e as tabelas de Jori et al. (2001). Foram utilizadas bandejas de alimentação para determinar o consumo.

### **Parâmetros analisados**

No início do experimento, 200 camarões foram selecionados ao acaso e pesados individualmente para cálculo do peso médio inicial. Após o início do experimento, 100 indivíduos de cada unidade experimental foram pesados a cada 15 dias, em uma balança de precisão da marca Toledo do modelo Ohaus Adventure Pro, sendo devolvidos ao tanque de origem após a pesagem.

O ganho de peso dos camarões de cada unidade experimental foi obtido pela seguinte fórmula: Ganho de peso (g) = peso médio final (g) – peso médio inicial (g).

A taxa de crescimento semanal foi calculada de acordo com Bagenal (1978), utilizando a seguinte fórmula:  $G \text{ (g/semana)} = (\ln W_f \text{ (g)} - \ln W_i \text{ (g)}) \times 100 / NS$ , onde  $W_f$  representa o peso final,  $W_i$  o peso inicial e NS o número de semanas do experimento.

A conversão alimentar aparente (CAA) foi obtida pela seguinte fórmula:  $CAA = \text{alimento oferecido (g)} / \text{incremento de biomassa (g)}$ .

A sobrevivência foi calculada através da seguinte fórmula:  $S (\%) = (\text{peso total (g)} / \text{peso individual (g)}) \times 100$ . Os dados de sobrevivência foram transformados (arco-seno da raiz quadrada) antes da análise estatística.

A cada sete dias foram coletadas amostras de água dos viveiros para determinação da concentração de clorofila *a*, e peso seco dos bioflocos (MS) e sólidos sedimentáveis. Para a extração do pigmento fotossintético, foi utilizada acetona 90% (Merck® PA), no escuro, a -12 °C por 24 horas. A concentração da clorofila *a* foi determinada por fluorimetria (Welschmeyer 1994), e o material em suspensão determinado pelo peso dos filtros de fibra de vidro (GF/F 47 mm) antes e após a filtração do material em suspensão. Para o volume de sólidos sedimentáveis (ml L<sup>-1</sup>) foram utilizados cones Imhoff, onde amostras de um litro de água foram colocadas por vinte minutos, e posteriormente foi feita a leitura do volume sedimentado (Avnimelech 2007).

### **Análise dos dados**

Depois de verificada a homocedasticidade e normalidade, os dados foram verificados com análise de variância (ANOVA) univariada e posteriormente, com teste de student. As diferenças foram consideradas significativas ao nível de 95%. Os resultados são apresentados como média e desvio padrão ( $\pm$  DP).

## **RESULTADOS**

Os parâmetros de qualidade da água (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, transparência, sólidos suspensos totais, volume do floco, compostos nitrogenados) e clorofila *a*, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 3.1).

O tratamento com fertilização de carbono orgânico resultou na maior sobrevivência, com média de 96,3% (Tabela 3.2). No entanto, não apresentou diferença significativa do tratamento sem fertilização, a qual apresentou 94,2% de média.

Ao final dos 117 dias de experimento, os camarões cultivados nos viveiros fertilizados com carbono apresentaram peso médio final de 10,72 g, valor

significativamente superior que os indivíduos cultivados nos viveiros que não foram fertilizados, os quais alcançaram peso médio final de 8,45 g.

Os valores de conversão alimentar aparente (CAA) não apresentaram diferença estatística entre si, com médias de 1,01: 1 e 1,22: 1 para os tratamentos com e sem fertilização de carbono, respectivamente.

A maior produtividade alcançada foi de 0,87 kg m<sup>-2</sup> nos viveiros fertilizados com carbono, não tendo diferença estatística ao tratamento sem fertilização que apresentou produtividade de 0,67 kg m<sup>-2</sup>. Os resultados de produtividade foram de 8772 e 6759. kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**TABELAS 3.1.** Valores médios ( $\pm$ DP) das variáveis físico - químicas de qualidade de água e volume de água utilizado, nos viveiros de cultivo intensivo, do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, tratados com ou sem fertilização de carbono orgânico.

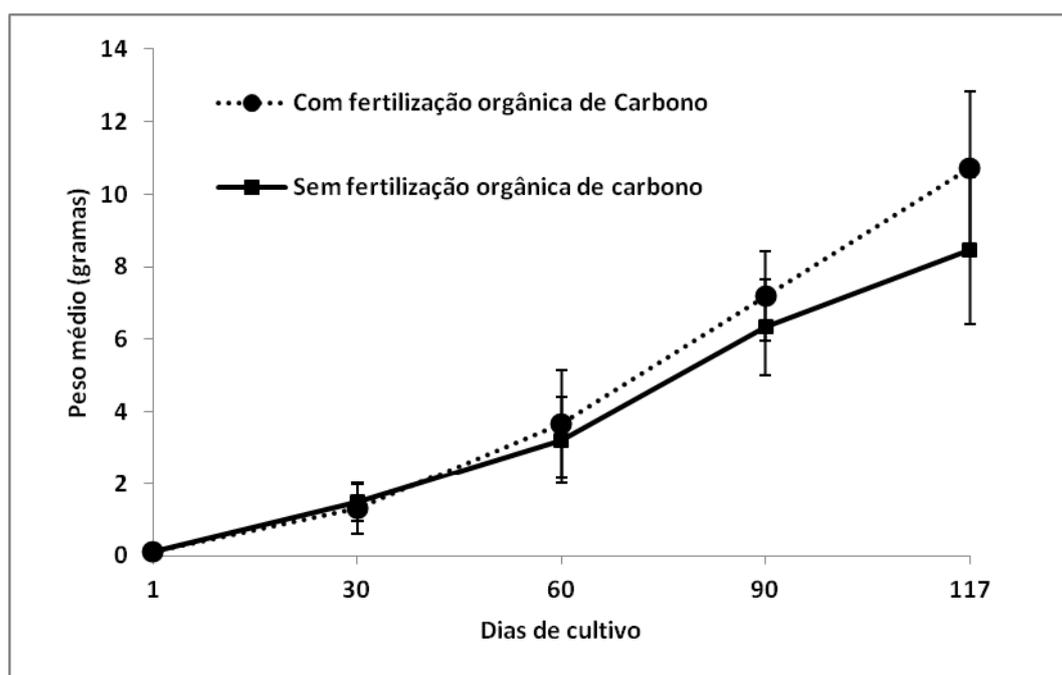
Parâmetros	Tratamentos	
	Com adição de C	Sem adição de C
Temperatura (C°) a.m.	24,3 $\pm$ 1,2	25,4 $\pm$ 1,61
Temperatura (C°) p.m.	28,3 $\pm$ 2,71	27,7 $\pm$ 1,87
pH	8,56 $\pm$ 0,83	8,61 $\pm$ 0,94
Oxigênio Dissolvido(mg L <sup>-1</sup> ) a.m	5,28 $\pm$ 1,31	5,11 $\pm$ 1,23
Oxigênio Dissolvido(mg L <sup>-1</sup> ) p.m	8,36 $\pm$ 2,23	7,98 $\pm$ 2,51
Transparência (cm)	18,7 $\pm$ 2,2	27,6 $\pm$ 3,32
Sólidos suspensos (mg L <sup>-1</sup> )	168,3 $\pm$ 68,12	111,02 $\pm$ 44,6
Volume do floco (ml L <sup>-1</sup> )	36,7 $\pm$ 12,3	30,21 $\pm$ 15,6
Clorofila $\alpha$ ( $\mu$ g L <sup>-1</sup> )	157,3 $\pm$ 22,32	180,34 $\pm$ 35,1
Amônia (N-AT mg L <sup>-1</sup> )	0,21 $\pm$ 0,09	0,34 $\pm$ 0,11
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup> )	1,15 $\pm$ 0,7	1,65 $\pm$ 0,9
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup> )	2,65 $\pm$ 1,31	2,3 $\pm$ 0,9
Fosfato (P-PO <sub>4</sub> mg L <sup>-1</sup> )	1,17 $\pm$ 0,21	1,25 $\pm$ 0,31

Volume de água (m <sup>3</sup> )	523 ± 35,4	1335 ± 200,59
----------------------------------	------------	---------------

**TABELA 3.2.** Peso médio final, sobrevivência, conversão alimentar aparente (CAA), taxa de crescimento específico diário (G%), biomassa final e produtividade, do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, cultivado em viveiros com e sem fertilização de Carbono orgânico.

Camarões/m <sup>2</sup>	Peso final (g)	Sobrevivência (%)	CAA	Ganho de peso semanal	Produtividade (kg m <sup>-2</sup> )	Produtividade (kg ha)
Com adição	10,72 ± 2,12 <sup>a</sup>	96,27 ± 4,35 <sup>a</sup>	1,01 ± 0,1 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,87 ± 0,026 <sup>a</sup>	8772,12 ± 26,1 <sup>a</sup>
Sem adição	8,45 ± 2,03 <sup>b</sup>	94,20 ± 3,5 <sup>a</sup>	1,22 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,08 <sup>b</sup>	0,67 ± 0,041 <sup>a</sup>	6759,15 ± 41,3 <sup>b</sup>

Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas (p < 0,05).



**FIGURA 3.1.** Crescimento do *Litopenaeus vannamei* cultivado em viveiros intensivos, com e sem fertilização orgânica de carbono.

## DISCUSSÃO

A análise das variáveis físico químicas da qualidade de água, registradas durante o experimento, indicaram que as condições ambientais do cultivo provavelmente não interferiram na sobrevivência e crescimento dos camarões.

O oxigênio dissolvido pode ser considerado o parâmetro de qualidade de água mais importante nos cultivos intensivos sem renovação de água. Em cultivos com bioflocos sem renovação de água, fatores como a alta densidade de estocagem, elevada quantidade de material sólido em suspensão e o metabolismo microbiano aeróbico, podem contribuir para a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido (Wasiolesky et al. 2006a; Schryver et al. 2008). Além disso, a precipitação destes sólidos suspensos pode gerar acúmulo de lodo no fundo dos viveiros (Hopkins et al. 1994), causando efeitos negativos no sistema de produção (Chapman et al. 1987, McMillan et al. 2003). Os principais impactos gerados sobre a qualidade da água em sistemas heterotróficos descritos por Ebeling et al. (2006) são a produção muito maior de biomassa bacteriana quando comparado com a biomassa de algas em cultivos autotróficos e consequente o aumento do consumo de oxigênio dissolvido.

O valor médio de oxigênio dissolvido foi de 5,28 mg L<sup>-1</sup> para o período da manhã e 8,36 mg L<sup>-1</sup> no período da tarde, sendo que a concentração mínima observada foi 3,2 mg L<sup>-1</sup>. Segundo Mugnier & Soyez, (2005), concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 2,8 mg L<sup>-1</sup> provocam hipóxia, podendo prejudicar crescimento e a sobrevivência do *L. vannamei*. Portanto, ambos os tratamentos apresentaram condições ideais de crescimento para a espécie.

Os valores médios de pH ao longo do experimento foram de 8,56 e 8,61 para os tratamentos com e sem fertilização de carbono, respectivamente. Os valores registrados neste estudo permaneceram dentro da faixa considerada ideal para a espécie, entre 7,0 e 9,0, para melhor crescimento e sobrevivência em cultivos do *L. vannamei* (Van Wyk & Scarpa, 1999).

A temperatura é um dos fatores mais importantes no crescimento dos camarões marinhos. Wyban et al. (1995) relataram que juvenis de *L. vannamei* (3,9 g) tiveram seu crescimento reduzido abaixo dos 23 °C, comparado à mesma classe de tamanho cultivado em 27 e 30 °C. Portanto, as temperaturas médias registradas durante o experimento de 24,3 e 25,4 °C pela manhã e 28,3 e 27,7 °C à tarde, para tratamento com e sem fertilização, não proporcionaram o máximo potencial de crescimento dos camarões desta espécie, principalmente nos últimos 27 dias, já no período de outono, quando as temperaturas diminuíram.

O nitrogênio nos sistemas de cultivo provém da decomposição da ração não ingerida e da excreção dos organismos cultivados (Barak et al. 2003). Em ambos os tratamentos a amônia, nitrito e nitrato estiveram abaixo dos níveis de segurança os quais são: 1 mg L<sup>-1</sup> N-AT, 25 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>2</sub> e 45 mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub> (Van Wyk & Scarpa 1999, Lin & Chen 2001, Lin & Chen 2003). No tratamento com adição de carbono orgânico, a amônia total foi mantida em níveis baixos durante todo o experimento, com uma média de 0,21 mg L<sup>-1</sup>. Provavelmente isto ocorreu devido à ação da comunidade bacteriana que, através da energia do carbono adicionado, utilizou esta fonte de nitrogênio para formar biomassa.

Nos ambientes de cultivo, a remoção da amônia pode ocorrer por meio da nitrificação das conversões de amônia para nitrato, realizada pelas bactérias nitrificantes, e de conversões de amônia para biomassa microbiana, realizada pelas bactérias heterotróficas e também pela assimilação fotoautotrófica das microalgas (Ebeling et al. 2006). Segundo Hargreaves (1997), quando há pequenas concentrações de amônia no meio, as microalgas são mais eficientes na competição por esta substância do que as bactérias nitrificantes. Entretanto, a remoção da amônia do sistema pelas microalgas representa apenas um armazenamento temporário de nitrogênio em forma de proteína celular, visto que eventualmente, as microalgas morrem e o nitrogênio orgânico presente em suas células sofre mineralização pelas bactérias heterotróficas e reciclagem para o sistema, novamente em forma de amônia (Hargreaves 2006)

No tratamento sem adição de carbono, onde foi realizada a renovação de água, os níveis de amônia também foram baixos, com média de 0,34 mg L<sup>-1</sup>. Sendo assim, é possível supor que as comunidades de bactérias nitrificantes que reduzem amônia em nitrito e nitrato foram estabelecidas e que a renovação de 10 % semanal foi suficiente para manter os níveis de nitrato aceitáveis. Uma possível estratégia para aumentar a capacidade de nitrificação do sistema seria a utilização de substratos artificiais (Bratvold & Browdy 2000, Ballester et al. 2007).

Ao contrário dos sistemas de cultivo com elevadas taxas de renovação de água, onde geralmente o amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) é a fração nitrogenada dissolvida mais abundante (Lorenzen et al. 1997), nos dois tratamentos o nitrato foi a forma predominante, correspondendo a mais de 55% do nitrogênio inorgânico dissolvido, indicando que o processo de nitrificação foi eficiente.

De acordo com Samocha et al. (2007), em sistemas fechados de cultivo, a visualização de camadas de espuma flutuantes na superfície da água, bem como de materiais particulados suspensos, indicam o desenvolvimento de flocos microbianos. A concentração dos flocos microbianos no meio de cultivo sofre variações ao longo do tempo, sendo influenciada por fatores como a sua produção, biodegradação e consumo pelos organismos cultivados. No presente estudo, os parâmetros que indicam a quantidade de microorganismos na água de cultivo: transparência, sólidos suspensos totais, volume do floco e clorofila *a* não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos.

Seria esperado que o tratamento sem fertilização de carbono apresentasse maiores concentrações de clorofila *a*. No entanto, níveis altos de material particulado reduzem a penetração de luz e assim a fotossíntese tende a diminuir. Essas partículas provavelmente forneceram substrato para bactérias que competem com o fitoplâncton por nutrientes (Vinatea et al. 2010).

O tratamento com fertilização de carbono proporcionou o maior peso médio final, conseqüentemente a maior biomassa e produtividade por hectare. Isto pode ser explicado pelo fato das bactérias heterotróficas obterem carbono e energia através de compostos orgânicos, enquanto as autotróficas absorvem o carbono do CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) como sua principal fonte de carbono (MacGraw, 2002).

Wasielesky et al. (2006a) reportaram maior média de peso final para *L. vannamei* cultivados com presença de bioflocos, que indivíduos cultivados em água

clara. Chamberlain et al. (2001) afirmaram que a composição de células microbianas em flocos suspensos varia muito, dependendo dos microrganismos específicos e das condições sob as quais estes estão crescendo. McIntosh (2000) encontrou 12,5 % de lipídeos na composição do floco microbiano, Zhukova & Kharlamenko (1999) demonstraram que zooflagelados e ciliados são capazes de sintetizar ácidos graxos poliinsaturados a partir de ácidos graxos mais simples ingeridos pela predação de bactérias, o que pode significar um incremento da qualidade lipídica nos bioflocos. Jory (2001) e Tacon et al. (2002) reportaram que os bioflocos apresentam altos níveis de proteína e outros importantes componentes que suplementam a nutrição dos camarões. Além disto, muitas bactérias heterotróficas podem apresentar propriedades probióticas para os organismos cultivados, produzindo uma maior diversidade de exoenzimas que atuam diretamente na quebra de compostos orgânicos (Moriarty 1997), além de melhorarem a resposta imune, aumentando os efeitos antivirais (Balcazar et al. 2006).

As bactérias heterotróficas aumentam sua biomassa em questão de horas enquanto as autotróficas podem levar dias (Macgraw 2002). No entanto, Hari et al. (2005), destaca que a absorção do nitrogênio inorgânico ocorre somente com uma relação carbono/nitrogênio for maior que 10:1. Esses autores, em experimento com *Penaeus monodon*, observaram uma comunidade bacteriana com maior nível protéico quando os viveiros foram fertilizados com fontes de carbono, proporcionando menor conversão alimentar e maior taxa de crescimento, diminuindo assim a necessidade do uso de ração e possibilitando utilização de dietas artificiais com baixo nível protéico.

No presente estudo a entrada de carbono e nitrogênio no sistema, por fertilização, foi mantida em uma razão acima de 10:1. Avnimelech (2009) relatam que essa manipulação na relação C/N favorece o aparecimento de proteína microbiana, de acordo com Chamberlain et al (2001) uma proporção maior que 10:1 aumenta a porcentagem de lipídeos nos microrganismos. Este processo ocorre através da produtividade natural dos viveiros, onde a fertilização com melão, que é um ingrediente de baixo custo, melhora a qualidade nutricional dos microrganismos, levando por consequência a um melhor aproveitamento da biota natural dos viveiros pelos camarões.

## **CONCLUSÃO**

A fertilização com uma fonte rica em carbono orgânico (melaço de cana), nos viveiros de cultivo intensivo sem renovação de água do camarão *L. vannamei*, mostrou-se eficiente para um melhor desempenho zootécnico. Os animais cultivados nos dois tratamentos não apresentaram diferença estatística em relação à sobrevivência e conversão alimentar, entretanto foi observado crescimento significativamente maior nos camarões cultivados em tratamento com adição de carbono orgânico.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AMINOT, A & M CHAUSSEPIED. 1983. Manuel des analyses chimiques em milieu marin. Brest: CNEXO. 395p.
- AOAC. 1984. Official methods of analysis. Arlington. Washington, Association of Official Analytical Chemists. 1141p.
- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227–235.
- AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- AVNIMELECH, Y., 2009a. Biofloc technology - A practical guide book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana.
- AVNIMELECH, Y., 2009b. ABC of shrimp BFT grow out. In: World Aquaculture 2009, Abstracts. September 25-29, Veracruz, México. p.121.
- AZIM, ME, DC LITTLE & JE BRON. 2008. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology*, 99: 3590–3599.

- AZIM, ME, DC LITTLE. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283: 29-35.
- BAGENAL, TB. 1978. *Methods of fish production in fresh waters*. Oxford, Blackwell Science. 365p.
- BALLESTER, LEC, WJ WASIELESKY, RO CAVALLI & PC ABREU. 2007. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. *Aquaculture*, 269: 355–362.
- BALLESTER, LC, PC ABREU, RO CAVALLI, M EMERENCIANO, L ABREU & WJ WASIELESKY. 2009. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquacult. Nutr.*, 16(2): 163–172.
- BENDSCHNEIDER, K & RJ ROBINSON. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in seawater. *J. Mar. Res.*, 11: 87-96.
- BOYD, CE & JW CLAY. 2002. Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Super intensive Shrimp Aquaculture System. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Pages 1-17 in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium.
- BRATVOLD, D & CL BROWDY. 2000. Effects of sand sediment and vertical surfaces (AquaMats™) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. *Aquaculture*, 195: 81-94.
- BROWDY, CL, D BRATVOLD, AD STOKES & RP MCINTOSH. 2001. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: Browdy, CL & DE Jory. (Eds.), *The New Wave, Proceedings of the special session on sustainable shrimp culture*, *Aquaculture*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA. p. 20–34.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensive, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219: 393–411.
- CHAMBERLAIN, G, Y AVNIMELECH, RP MCINTOSH & M VELASCO. 2001. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C:N composition and nutritional value of organic detritus. *Global Aquacult. Advoc.*, June: 22-24.

- CHAPMAN, PM, JD POPHAM, J GRIFFIN, D LESLIE & J MICHAELSON. 1987. Differentiation of physical from chemical toxicity in solid waste fish bioassays. *Water Air Soil Pollut.*, 33: 295–308.
- CUZON, G, A LAWRENCE, G GAXIOLA, C ROSAS & J GUILLAUME. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in pounds. *Aquaculture*, 235: 513-551.
- DECAMP, OE, L CONQUEST, J CODY & I FORSTER. 2007. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. *J. World Aquacult.Soc.*, 38: 395-406.
- EBELING, JM, MB TIMMONS, & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.
- EMERENCIANO, MG, WJ WASIELESKY, RB SOARES, EC BALLESTER, EM IZEPPI & CAVALLI, R.O. 2007. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 29: 1-7.
- FAO 2008. The state of World Fisheries and Aquaculture. Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org).
- FAO 2009. Shrimp fisheries under scrutiny. Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org).
- GÓMEZ-JIMÉNEZ, S, ML GONZÁLEZ-FÉLIX, M PEREZ-VELAZQUEZ, DA TRUJILLO-VILLALBA, IR ESQUERRA-BRAUER & R BARRAZA-GUARDADO. 2005. Effect of dietary protein level on growth, survival and ammonia efflux rate of *Litopenaeus vannamei* (Boone) raised in a zero water exchange culture system. *Aquacult. Res.*, 36: 834 840.
- HARGREAVES, J, 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacult. Eng.*, 34: 344–363.
- HARI, B, K MADHUSOODANA, JT VARGHESE, JW SCHAMA & MCJ VERDEGEM. 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*, 241: 179-194.
- HOPKINS, JS, PA SANDIFER, & CL BROWDY. 1994. Sludge Management in Intensive Pond Culture of Shrimp: Effect of Management Regime on Water

- Quality, Sludge Characteristics, Nitrogen Extinction, and Shrimp Production. *Aquacult. Eng.*, 13: 1-30.
- HOPKINS, JS, PA SANDIFER & CL BROWDY. 1995. A review of water management regimes which abate the environmental impact of shrimp farming. In: C.L., Browdy, J.S., Hopkins (Eds.), *Swimming through troubled water*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, 13–22.
- JORY, DE, TR CABRERA, DM DUGGER, D FEGAN, PG LEE, AL LAWRENCE, CJ JACKSON, RP MCINTOSH, & J CASTAÑEDA. 2001. A global review of shrimp feed management: Status and perspectives. P.104-152 in: Browdy, C. L., Jory, D. E. (Eds.), *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture*, Aquaculture. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.
- KRUMMENAUER, D, PEIXOTO S, CAVALLI RO, POERSCH LH, WASIELESKY WJ. 2011. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. *J. World Aquac. Soc.*, Aceito para publicação.
- LEMONNIER, H, E BERNARD, E BOGLIO, C GOARANT, J COCHARD. 2004. Influence of sediment characteristics on shrimp physiology: pH as principal effect. *Aquaculture*, 240: 297-312.
- LIN, YC & JC CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 259: 109-119.
- LIN, YC & JC CHEN. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224: 193-201.
- MACGRAW, WJ. 2002. Utilization of Heterotrophic and Autotrophic Bacteria in Aquaculture. *Global Aquacult. Advoc.*, December: 82-83.
- MCINTOSH, D, TM SAMOCHA, ER JONES, AL LAWRENCE, DA MCKEE, S HOROWITZ & A HOROWITZ. 2000. The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet in outdoor tank system and no water exchange. *Aquacult. Eng.*, 21: 215-227.
- MCINTOSH, RP. 2000. Changing paradigms in shrimp farming: low protein feeds and feeding strategies. *Global Aquacult. Advoc.*, April: 44-50.

- MCINTOSH, BJ. 2001a. Changing paradigms in shrimp farming: establishment of heterotrophic bacterial communities. *Global Aquacult. Advoc.*, February: 53-58.
- MCINTOSH, RP. 2001b. Establishment of heterotrophic bacterial communities. *Global Aquacult. Advoc.*, February: 53-58.
- MCMILLAN, JD, FW WHEATON, JN HOCHHEIMER & J SOARES. 2003. Pumping effect on particle sizes in a recirculating aquaculture system. *Aquacult. Eng.*, 27: 53-59.
- MCNEIL, R. 2000. Zero exchange, aerobic, heterotrophic systems: key considerations. *Global Aquacult. Advoc.*, June: 72-76.
- MORIARTY, DJW. 1997. The role of microorganisms in aquaculture ponds. *Aquaculture*, 151: 333-349.
- MUGNIER, C & C SOYEZ. 2005. Response of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* to temperature decrease and hypoxia in relation to molt stage. *Aquaculture*, 244: 315-322.
- NAYLOR, RL, RJ GOLDBURG, JH PRIMAVERA, N KAUTSKY, MC BEVERIDGE, J CLAY, C FOLKE, J LUBCHENCO, H MOONEY & M TROELL. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405: 1017-1024.
- OTOSHI, CA, AD MONTGOMERY, AM LOOK & SM MOSS. 2001. Effects of diet and water source on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquac. Soc.*, 32: 243-249.
- OTOSHI, CA, LR TANG, DV DAGDABAN, CM HOLL, CM TALLAMY, DR MOSS, SM ARCE & SM MOSS. 2006. Super intensive growout of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*: Recent advances at the oceanic institute. In: proceedings of the 6th International conference Recirculating Aquaculture p. 1-5. Virginia Tech University, Blacksburg.
- OTOSHI, CA, MS SCOTT, FC NAGUWA & SM MOSS. 2007. Shrimp Behavior May Affect Culture Performance at Super-Intensive Stocking densities. *Global Aquacult. Advoc.*, April: 67-69.
- SAMOCHA, TM, S PATNAIK, M SPEED, AM ALI, JM BURGER, RV ALMEIDA, Z AYUB, M HARISANTO, A HOROWITZ & DL BROOK. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacult. Eng.*, 36, 184-191.

- SCHRYVER, PD, R CRAB, T DEFOIRDT, N BOON & W VERSTRAETE. 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277: 125-137.
- TACON, AGJ. 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – A training manual. The essential nutrients. Brasilia, FAO. 117 p.
- TACON, AGJ, JJ CODY, LD CONQUEST, S DIVAKARAN, IP FORSTER & OE DECAMP. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquacult. Nutr.*, 8: 121–137.
- UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Paris, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France. 53p.
- VAN WYK, P & J SCARPA. 1999. Water quality and management. In: Van Wyk, P. et al. (Eds.). Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida department of agriculture and consumer services, Tallahassee, p. 128-138.
- VINATEA L, AO GALVEZ, CL BROWDY, A STOKES, J VENERO, J HAVEMAN, BL LEWIS, A LAWSON, A SHULER & JW LEFFLER. 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a superintensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. *Aquacult. Eng.*, 42: 17–24.
- WASIELESKY, WJ, H ATWOOD, A STOKS, & C BROWDY, 2006a. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based superintensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.
- WASIELESKY, WJ, M EMERENCIANO, EC BALLESTER, RB SOARES, R CAVALLI, & PC ABREU. 2006b. Flocos Microbianos: um novo caminho a ser percorrido. *Revista Panorama da Aqüicultura*, 16: 14-23.
- WELSCHMEYER, NA. 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. *Limnol. Oceanogr.*, 39: 1985–1992.
- WYBAN, J, WA WALSH, & DM GODIM. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 138: 267-279.
- ZHUKOVA, NV & VI KHARLAMENKO. 1999. Source of essential fatty acids in the marine microbial loop. *Aquat. Microb. Ecol.*, 17: 153-157.



**DESPESCAS PARCIAIS DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei*  
CULTIVADO EM SISTEMA DE BIOFLOCO SEM RENOVAÇÃO DE ÁGUA**

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi determinar a ocorrência de maiores taxas de crescimento e produtividade de camarões cultivados em viveiros intensivos que foram despescados parcialmente, comparando-os com viveiros onde houve apenas uma despesca no final da safra. Juvenis de *L. vannamei* com peso médio inicial de  $0,007 \pm 0,002$  g foram cultivados na densidade de 75 camarões  $m^{-2}$  em nove viveiros escavados (500  $m^2$  cada) e revestidos com PEAD (geomembrana). Foram utilizados três tratamentos: Tratamento 1D, no qual foi realizado uma despesca final, com 100 % da biomassa retirada ao final do experimento; Tratamento 3D, onde foram executadas duas despescas parciais e uma final, com 33,3 % de biomassa retirada a cada 15 dias e Tratamento 6D, no qual foram efetuadas cinco despescas parciais e uma final, com 16,6 % de biomassa retirada a cada 10 dias. Não houve diferença significativa entre os parâmetros de qualidade de água ( $p > 0,05$ ). A sobrevivência dos camarões foi elevada em todos os tratamentos, ficando acima de 86,3 % ( $\pm 2,4$ ). Os camarões nos viveiros despescados parcialmente aumentaram a taxa de crescimento específico (TEC) após a primeira despesca. Na primeira despesca parcial (70º dia), a média da TEC do tratamento 6D estava estatisticamente menor que os demais tratamentos, porém ao final do experimento este tratamento apresentou a maior média de TEC.

## ABSTRACT

The aim of this study was to determine the occurrence of higher rates of growth and productivity of shrimp grown in ponds, which were partial harvest, in comparison to ponds where there was only one final harvest. Juveniles of *L. vannamei* with initial average weight of  $0.007 \pm 0.002$  g were cultured at a stocking density of 75 shrimp  $m^{-2}$  in nine outdoor ponds (500 square meters each) and lined with geomembrane (PEAD). Treatment 1D was conducted in which a total harvesting, with 100% biomass removed at the end of the experiment, Treatment 3D was performed two partial and one final harvest, with 33.3% of the biomass removal each 15 days and Treatment 6D were performed in which five partial and one final, harvest with 16.6% of biomass removed each 10 days. There was no significant difference between the water quality parameters ( $p > 0.05$ ). The shrimp survival was high in all treatments, about 86.3% ( $\pm 2.4$ ). The partially harvested pond increased the specific growth rate (TEC) after the first harvest. In the first partial harvest (70th day), the average of six TCE treatment was lower than the other treatments ( $p > 0.05$ ), but at the end of the experiment this treatment had the highest mean of TEC ( $p > 0.05$ ).

## INTRODUÇÃO

A determinação correta das estratégias de despesca possui grande importância econômica para os empreendimentos aquícolas. Os viveiros de cultivos semi-intensivos e intensivos de camarões marinhos são, na sua grande maioria, despescados totalmente ao final da safra através da drenagem completa dos viveiros (Yu et al., 2009). O crescimento e a sobrevivência dos camarões cultivados são dependentes da densidade de estocagem utilizada. Esta dependência é resultado principalmente da competição intraespecífica entre os camarões (Lorenzen, 1996), pois com o aumento da biomassa ao longo do ciclo de cultivo, também aumenta a pressão competitiva, acarretando em menores ganhos de peso e taxas de sobrevivência (Brummett, 2002). As despescas parciais dos organismos cultivados durante o ciclo de cultivo podem aumentar a produtividade das fazendas, através da diminuição da densidade consequente pressão da competitiva (Allen et al. 1984) . Moss et al. (2005) afirmaram que despescas parciais podem ser uma excelente estratégia para explorar o crescimento compensatório dos camarões. Os autores ainda relataram que cultivos que utilizaram despescas parciais foram 8,8 % mais rentáveis financeiramente. Diversas análises econômicas de empreendimentos aquícolas também demonstraram aumento nos lucros com a implementação de despescas parciais (Hannesson, 1986; Wyban et al., 1987; Heaps, 1995; Davis & Arnold, 1998; Yu & Leung, 2006).

Apesar dos argumentos convincentes, a utilização de despescas parciais ainda é pouco utilizada. Yu & Leung (2006) destacaram que se os produtores de camarões não utilizam um manejo correto, os lucros podem ser reduzidos, pois camarões menores tem valor de mercado mais baixo. Portanto, a utilização de despescas parciais pode ser uma importante estratégia para atender o mercado de camarões frescos local, fornecendo pequenas quantidades regularmente e também para o controle de biomassa (densidade) de camarões nos viveiros. Entretanto, estudos são necessários para o desenvolvimento de técnicas de despesca e determinação da quantidade de despescas adequadas, principalmente se forem utilizados sistemas de cultivo intensivos, os quais operam com densidades elevadas de estocagem.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquacultura “Professor Marcos Alberto Marchiori”, pertencente ao Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (EMA/IO/FURG), situada na cidade do Rio Grande, estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

### **Unidades experimentais e condições ambientais**

O experimento teve a duração de 117 dias. Pós-larvas com peso inicial de 0,007 g ( $\pm 0,02$ ) foram estocadas na densidade de 75 camarões m<sup>-2</sup>, em nove viveiros escavados e revestidos com geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD). Viveiros com área de 500 m<sup>2</sup>, foram enchidos com água marinha costeira (salinidade 33). Foi utilizada aeração artificial constante desde o primeiro dia, através de aeradores tipo *paddle wheel*, na potência de 20 hp ha<sup>-1</sup> por viveiro. Na primeira semana de experimento, os viveiros foram fertilizados com melaço a uma razão de carbono/nitrogênio de 20: 1, sendo que após esta fase inicial, os viveiros foram fertilizados a fim de manter uma razão de 10: 1. Essas relações foram estimadas conforme dados apresentados por Tacon (1987) e Samocha et al. (2007). A água foi renovada a uma taxa de 3 % por semana.

O delineamento experimental foi constituído por três tratamentos com três repetições cada:

- Tratamento 1D, onde foi realizada uma despesca total, com 100 % da biomassa sendo retirada no final do experimento;
- Tratamento 3D, onde foram realizadas duas despescas parciais e uma despesca final, com retirada de 33,3 % da biomassa total a cada 15 dias. A primeira despesca deste tratamento ocorreu quando os camarões atingiram 11 gramas de peso médio;
- Tratamento 6D, onde foram efetuadas cinco despescas parciais e uma despesca final, com 16,6 % da biomassa total retirada a

cada 10 dias. A primeira despesca deste tratamento foi realizada quando os camarões atingiram 7,5 g de peso médio.

### **Análises físico-químicas**

As determinações de temperatura, pH, oxigênio e salinidade foram realizadas diariamente, em cada unidade experimental, através de um aparelho multi-parâmetros (modelo 556 MPS, YSI Incorporated, EUA). As concentrações de amônia total (UNESCO, 1983) nitrito, nitrato e fosfato (Strickland & Parsons, 1972) foram medidas a cada três dias.

### **Manejo experimental**

Os camarões foram alimentados duas vezes ao dia (10 e 18 h), com ração comercial extrusada, contendo proteína bruta ( $\pm 38$  %), extrato etéreo ( $> 7,5$  %), umidade ( $< 10,0$  %), fibra bruta ( $< 5,0$  %), cinzas ( $< 13,0$  %), cálcio ( $< 3,0$  %) e fósforo ( $> 1,45$  %). A taxa de arraçoamento inicial foi de 50 % da biomassa de camarões, sendo este valor ajustado até 2 % no final do período de produção, de acordo com as tabelas de Jory et al. (2001). Foram utilizadas também bandejas de alimentação para controle das sobras e visualização dos camarões.

Para realização das despescas parciais, foi utilizada uma rede de arrasto com malha de 20 mm. Para a despesca final, no último dia de experimento, todos os viveiros foram esvaziados por completo e os camarões coletados em uma rede acoplada na comporta de drenagem.

### **Desempenho zootécnico**

No início do experimento, 200 camarões foram selecionados ao acaso e pesados individualmente para cálculo do peso médio inicial. Durante o período experimental, 100 indivíduos de cada unidade experimental foram pesados a cada 15 dias, em uma balança de precisão (Toledo, modelo Ohaus Adventurer Pro), sendo devolvidos ao tanque de origem após a pesagem.

A taxa de crescimento específico foi calculada de acordo com Bagenal (1978), utilizando a seguinte fórmula:  $TCE (\%) = (ImWf (g) - ImWi (g)) \times 100 / ND$ , onde Wf representa o peso final, Wi o peso inicial e NS o número de dias do experimento.

A conversão alimentar aparente (CAA) foi obtida pela seguinte fórmula:  $CAA = \text{alimento oferecido (g)} / \text{incremento de biomassa (g)}$ .

A sobrevivência foi calculada através da seguinte fórmula:  $S (\%) = (\text{número final de indivíduos} / \text{número inicial de indivíduos}) \times 100$ . Os dados de sobrevivência foram transformados (arco-seno da raiz quadrada) antes da análise estatística.

A cada sete dias foram coletadas amostras de água dos viveiros para determinação do peso seco dos bioflocos (MS) e sólidos sedimentáveis. O material em suspensão foi determinado pelo peso dos filtros de fibra de vidro (GF/F 47 mm) antes e após a filtração do material em suspensão. Para o volume de sólidos sedimentáveis ( $\text{ml L}^{-1}$ ) foram utilizados cones Imhoff, onde amostras de um litro de água foram colocadas por vinte minutos, e posteriormente foi feita a leitura do volume sedimentado (Avnimelech, 2007).

### **Análise dos dados**

Depois da verificação da homocedasticidade e da normalidade, os dados foram verificados com análise de variância (ANOVA) univariada e posteriormente, com teste de Tukey. As diferenças foram consideradas significativas ao nível de 95% (Sokal & Rohlf, 1969). Os resultados deste trabalho são apresentados como média e desvio padrão ( $\pm DP$ ).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

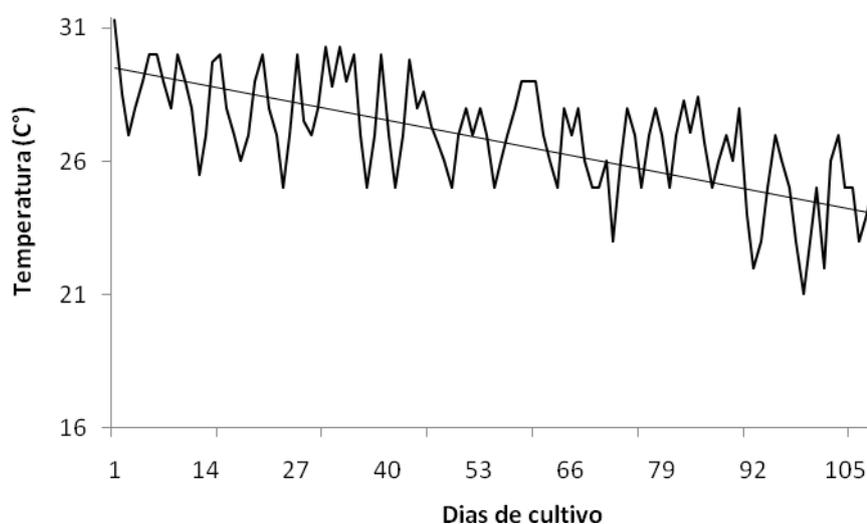
Os parâmetros de qualidade da água (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, transparência, sólidos suspensos totais, volume do floco e compostos nitrogenados), não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 4.1). Os dados de qualidade da água obtidos permaneceram dentro dos valores recomendados para o cultivo da espécie (Mugnier & Soyez, 2005; Van Wyk & Scarpa,

1999; Lin & Chen, 2001; Lin & Chen, 2003; Maicá et al., 2011). Entretanto, os valores de temperatura apresentaram uma queda na parte final do experimento. A partir do 75º dia de experimento os valores declinaram gradualmente (Figura 4.1), permanecendo abaixo da faixa ideal para o crescimento da espécie, que se situa entre 27 e 31 °C (Wyban et al., 1995). Desta maneira, ocorreu uma diminuição do crescimento dos camarões no período final do experimento (Figura 4.3). A diminuição da temperatura ocorreu em todos os tratamentos, podendo ter prejudicado os resultados de parâmetros zootécnicos do presente estudo. Peixoto et al. (2003), estudando o crescimento de *L. vannamei* em viveiros escavados, na mesma época do ano e na mesma região do presente trabalho, relataram que as taxas de crescimento semanal nas últimas semanas de cultivo chegaram a valores próximos a zero, devido o declínio da temperatura. Krummenauer et al. (2006) demonstraram que em temperaturas abaixo do ótimo de crescimento, o camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* obteve taxas de crescimento específico iguais utilizando diferentes densidades de estocagem, que variaram entre 20 e 120 camarões m<sup>-2</sup>, evidenciando que a temperatura foi o parâmetro principal que limitou o crescimento dos camarões.

**TABELA 4.1.** Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros de qualidade de água nos viveiros de cultivo intensivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei* com utilização de despescas parciais.

Parâmetros	Tratamentos		
	1 Despescas	3 Despescas	6 Despescas
Temperatura manhã (°C)	20,1 $\pm$ 2,3	19,8 $\pm$ 2,6	19,3 $\pm$ 2,8
Temperatura tarde (°C)	25,5 $\pm$ 3,1	24,1 $\pm$ 2,9	25,4 $\pm$ 3,3
pH	8,37 $\pm$ 0,79	8,43 $\pm$ 0,83	8,05 $\pm$ 0,61
Oxigênio dissolvido manhã (mg L <sup>-1</sup> )	5,85 $\pm$ 0,91	5,29 $\pm$ 1,41	5,53 $\pm$ 1,8
Oxigênio Dissolvido tarde (mg L <sup>-1</sup> )	8,36 $\pm$ 2,23	8,23 $\pm$ 1,77	8,93 $\pm$ 2,03
Transparência (cm)	15,5 $\pm$ 3,2	25,7 $\pm$ 4,31	20,4 $\pm$ 3,7

Volume do floco (ml L <sup>-1</sup> )	41,8 ± 9,7	32,12 ± 11,2	44,7 ± 14,3
Amônia (N-AT mg L <sup>-1</sup> )	0,53 ± 0,13	0,73 ± 0,11	0,67 ± 0,17
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup> )	3,38 ± 0,7	2,51 ± 1,1	3,7 ± 0,9
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup> )	9,53 ± 2,13	10,3 ± 3,1	8,71 ± 2,7



**FIGURA 4.1.** Variação na temperatura da água no período da tarde, durante experimento de despescas parciais em viveiros de engorda do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, cultivados em sistema de biofloco.

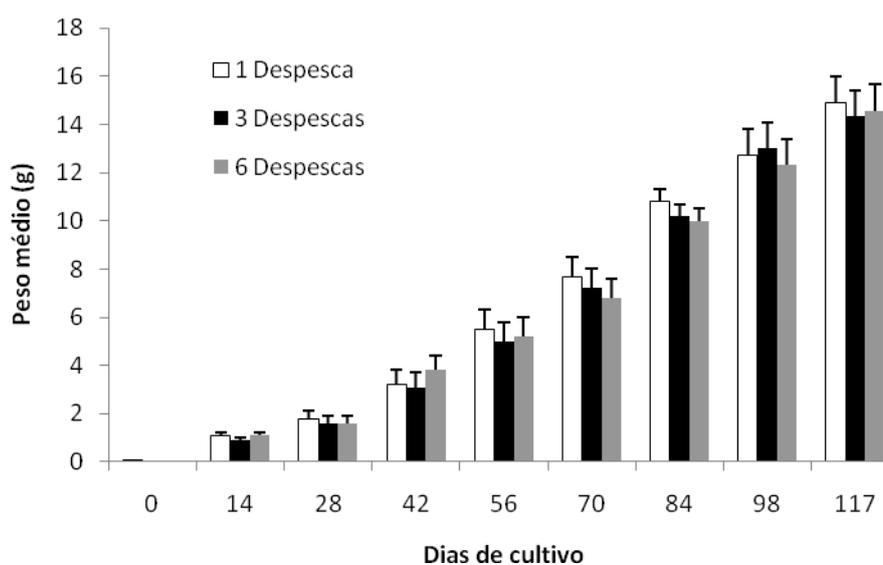
Embora o crescimento dos camarões tenha sido afetado nas três semanas finais do estudo, o ganho de peso semanal foi elevado, com valores médios sendo maiores que 0,85 g semana<sup>-1</sup> (Tabela 4.2). Estes valores de crescimento são similares aos obtidos em outros experimentos com engorda do *L. vannamei* utilizando o sistema de bioflocos, os quais apresentaram médias entre 0,52 à 0,85 g semana<sup>-1</sup> (Krummenauer et al., 2011; Gaona, 2011; Boyd & Clay, 2002)

A sobrevivência dos camarões foi elevada em todos os tratamentos (Tabela 4.2), com valores acima de 86,3 % (± 2,4). Estes resultados demonstram que o petrecho de pesca utilizado para realização das despescas parciais (rede de arrasto) aparentemente não causou mortalidade dos camarões durante as capturas, podendo ser utilizado rotineiramente, principalmente em viveiros com o fundo recoberto por

geomembrana PEAD. Entretanto, Hanson et al. (2006) ressaltaram a importância da avaliação do estado de saúde dos camarões antes da realização de um despesca parcial, com objetivo de evitar mortalidade aos camarões que permanecerem nos viveiros. Um aspecto importante a ser analisado é a observação da rigidez da carapaça, pois a despesca parcial não deve ser realizada quando os camarões estão em período de ecdise.

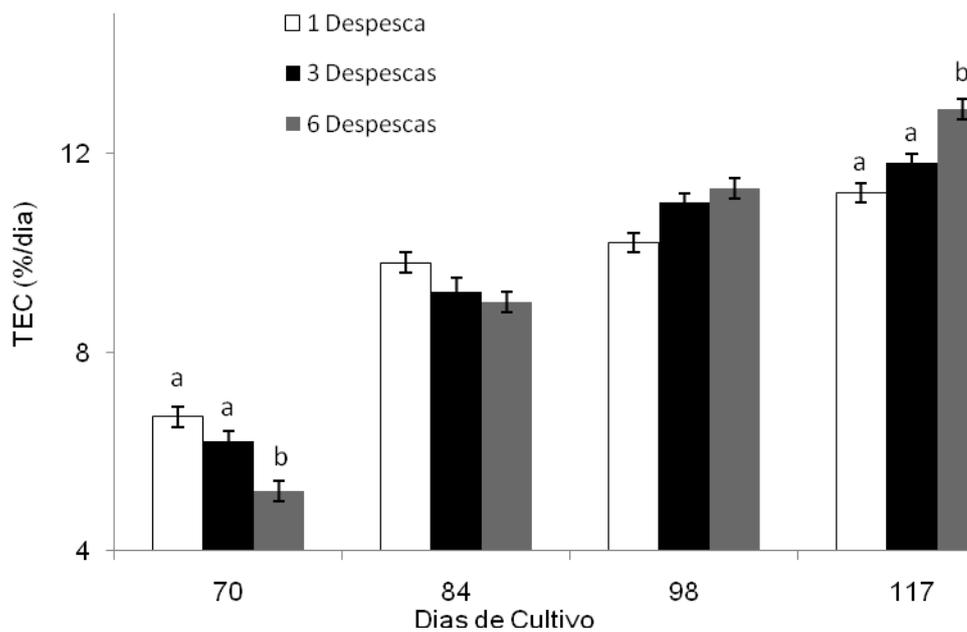
**TABELA 4.2.** Peso médio final, sobrevivência, conversão alimentar aparente (CAA) biomassa final do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, cultivado em viveiros despescados parcialmente.

Tratamento (número de despescas)	Peso final (g)	Sobrevivência (%)	CAA	Ganho de peso semanal (g)
1 Despesca	14,29 ± 2,44	86,3 ± 2,4	1,21 ± 0,1	0,855 ± 0,03
3 Despescas	14,35 ± 2,14	88,9 ± 9,1	1,13 ± 0,1	0,858 ± 0,05
6 Despescas	14,55 ± 2,20	95,3 ± 3,5	1,05 ± 0,1	0,870 ± 0,04

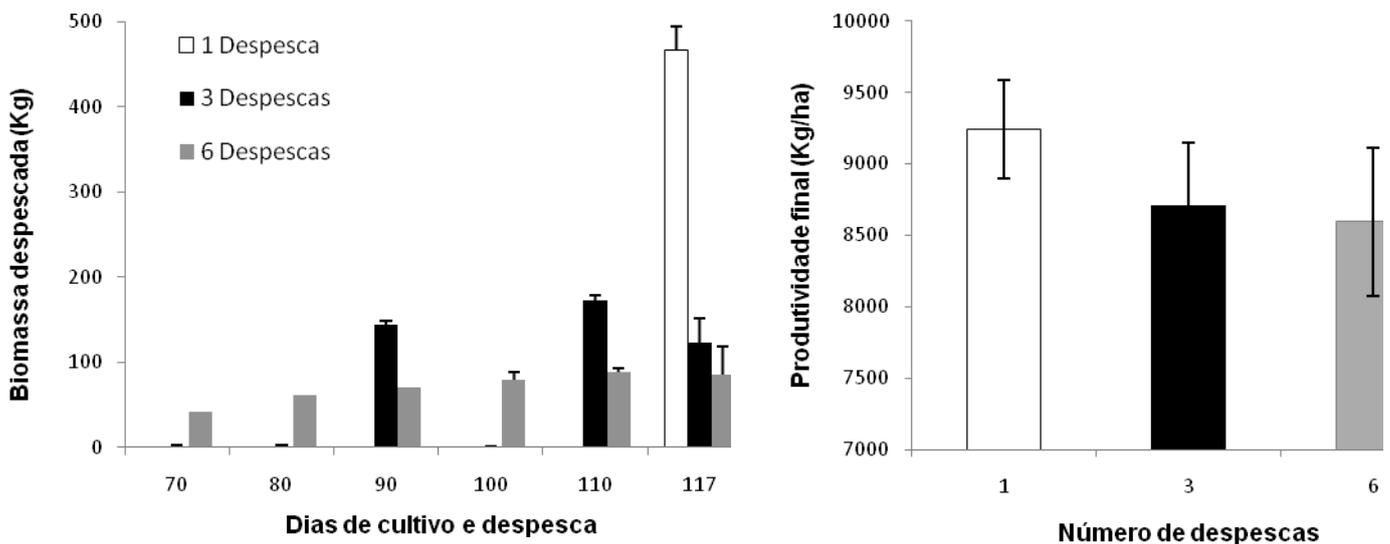


**FIGURA 4.2.** Valores dos pesos médios (desvio padrão) do camarão branco *Litopenaeus vannamei* cultivado em viveiros no sistema de bioflocos nos seguintes tratamentos: 1, 3 e 6 despescas.

Na primeira despesca parcial (dia 70), a média da TEC do tratamento 6D era estatisticamente menor que os demais tratamentos (Figura 4.3), entretanto, no final do experimento este tratamento apresentou a maior TEC ( $p>0,05$ ). De acordo com Wu et al. (2001), um aumento na TEC pode indicar a ocorrência do crescimento compensatório, sendo que este fato pode estar relacionado com a diminuição da densidade nos viveiros devido a realização das despescas parciais. Vários autores descrevem que os organismos podem apresentar um crescimento acelerado, quando cultivados em condições mais adequadas após terem passado por uma situação estressante (Nicieza & Metcafe, 1997; Ali et al., 2003; Oh et al., 2007). Este aumento na taxa de crescimento é resultado de estratégias adotadas pelos organismos, tais como: aumento do consumo alimentar no período pós-estresse (hiperfagia), aumento na eficiência alimentar, redução de gastos metabólicos e diminuição da locomoção (Quinton & Blake, 1990; Jobling et al., 1994; Ali et al., 2003). Moss et al. (2005) relataram que após a realização de uma despesca parcial de camarões com peso médio de 17,9 g, estocados em uma produtividade de  $8,9 \text{ kg m}^{-3}$ , que foi reduzida para  $2,1 \text{ kg m}^{-3}$ , o crescimento semanal dos camarões restantes aumentou de 0,95 g para 2,6 g nas duas primeiras semanas após esta despesca parcial. O cultivo foi mantido por mais dez semanas, resultando em uma biomassa final de  $3,5 \text{ kg m}^{-3}$  e o peso médio final foi de 34,2 g. Os autores concluíram que a despesca parcial pode aumentar a biomassa produzida em sistemas de cultivo superintensivos, entretanto ressaltaram a necessidade de realização de análises financeiras que justifiquem este manejo.



**FIGURA 4.3.** Valores da taxa de crescimento específico (TEC) do camarão branco *Litopenaeus vannamei* cultivados em viveiros no sistema de bioflocos, os quais foram despescados nos seguintes tratamentos: 1, 3 e 6 despescas. Letras diferentes indicam diferença estatística ( $p < 0,05$ ).



**FIGURA 4.4.** Biomassa retirada em cada despesca e produtividade final do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em viveiros, nos seguintes tratamentos: 1, 3 e 6 despescas.

Ao final do experimento a produtividade do Tratamento 1D foi de 9,24 toneladas  $\text{ha}^{-1}$  (Figura 4.4). Esta biomassa foi devida a taxas elevadas de sobrevivência e crescimento, isto ocorreu por que provavelmente a densidade de estocagem inicial foi baixa em relação a capacidade suporte do sistema. Yu et al. (2010) ressaltam que a determinação da densidade de estocagem inicial é de extrema importância para o sucesso da despesca parcial, sendo necessário o conhecimento da capacidade suporte de biomassa de camarões em cada sistema de cultivo para uma correta aplicação deste manejo.

## **CONCLUSÃO**

A despesca parcial pode ser uma estratégia a ser utilizada, com o objetivo de fornecimento contínuo de camarão fresco a um mercado específico. Entretanto, neste estudo a temperatura afetou o crescimento dos camarões com valores menores em todos os tratamentos nas últimas três semanas do experimento, atenuando os efeitos das reduções de densidades de estocagem, que aumentariam o crescimento após a realização das despescas parciais. No entanto, o efeito da despesca parcial em relação ao crescimento dos camarões pode ser detectado, pois a taxa de crescimento específico dos camarões aumentou após a realização das despescas parciais nos tratamentos onde essa estratégia foi utilizada, demonstrando ser uma ferramenta viável para o aumento da produtividade e intensificação dos sistemas de cultivo aquícolas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALI, M, A NIECIEZA & RJ WOOTTON. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4:147-190.
- ALLEN, PG, LW BOTSFORD, MA SCHURR & WE JOHNSTON 1984. *Bioeconomics of Aquaculture*. Elsevier Science Publishersn, New York
- BRUMMETT, RE. 2002. Comparison of African tilapia partial harvesting systems. *Aquaculture*, 214: 103–114.
- BOYD CE & JW CLAY. 2002. Evaluation of Belize Aquaculture, Ltda: A Superintensive Shrimp Aquaculture System. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 17 p.

- DAVIS, DA & CR ARNOLD. 1998. The design, management and production of a recirculating raceway system for the production of marine shrimp. *Aquacult.Eng.* 17: 193–211.
- HANNESSON, R. 1986. Optimal thinning of a year-class with density-dependent growth. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 43: 889–892.
- GAONA, CAP. 2011. Efeito da clarificação sobre a qualidade de água de cultivo super-intensivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema com bioflocos. Rio Grande, Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande.
- HANSON, R, A LAWRENCE & C POSADAS. 2006. Economics of partial harvesting in super-intensive recirculating shrimp production systems. In: 6th International Conference on Recirculating Aquaculture, p.21-23. Disponível em: [WWW.msucare.com/crec/shrimpbiosecure.html](http://WWW.msucare.com/crec/shrimpbiosecure.html).
- HEAPS, T. 1995. Density dependent growth and the culling of farmed fish. *Marine Resource Economics* 10, 285–298.
- JOBLING, M, OH MELOY, JD SANTOS & B CHRISTIANSEN. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquacult. Inter.*, 2: 75–90
- JORY, DE, TR CABRERA, DM DUGGER, D FEGAN, PG LEE, AL LAWRENCE, CJ JACKSON, RP MCINTOSH, & J CASTAÑEDA. 2001. A global review of shrimp feed management: Status and perspectives. P.104-152 in: Browdy, C. L., Jory, D. E. (Eds.), *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture.* The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA.
- KRUMMENAUER, D, RO CAVALLI, LH POERSCH & WJ WASIELESKY. 2011 Superintensive Culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern brazil at different stocking densities. *J. of World Aquacul. Soc.*, 42:726-733.
- LIN Y, & J CHEN. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224, 193-201.
- LIN, Y & J CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 259, 109–119.

- LORENZEN, K., 1996. A simple von Bertalanffy model for density-dependent growth in extensive aquaculture with an application to common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 142, 191–205.
- MAICÁ FM, MR BORBA & WJ WASIELESKY. 2011 Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquacult. Res.*, 1-10.
- MOSS, SM, CA OTOSHI, & PS LEUNG. 2005. Optimizing strategies for growing larger *L. vannamei*. *Global Aquacul. Advoc.* 8: 68–69.
- MUGNIER, C & C SOYEZ. 2005. Response of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* to temperature decrease and hypoxia in relation to molt stage. *Aquaculture*, 244: 315–322.
- NICIEZA, AG, & NB METCALFE. 1997. Growth compensation in juvenile atlantic salmon: responses to depressed temperature and food availability. *Ecology*, 78: 2385–2400.
- NYAN TAW, C, H FUAT, N TARIGAM & K SIDABUTAR. 2008. Partial harvest/biofloc system promising for Pacific White Shrimp. *Global Aquacul. Advoc.* September: 84-86.
- OH, S, CH NOH & SH CHO. 2007. Effect of Restricted Feeding Regimes on Compensatory Growth and Body Composition of Red Sea Bream, *Pagrus major*. *J. World Aquacult. Soc.*, 38(3): 23-31.
- PEIXOTO S, WJ WASIELESKY & LJ LOUZADA. 2003. Comparative Analysis of Pink Shrimp, *Farfantepenaeus paulensis*, and Pacific White Shrimp, in Extreme Southern Brazil. *J. Appl. of Aquacul.*, 14:101-111.
- QUINTON, JC & RW BLAKE. 1990. The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth-response in rainbow-trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. of Fish*, 38: 159-173.
- SOKAL, RR & FJ ROHLF. *Biometry. Principle and practices of statistics in biological research.* San Francisco: W. H. Freeman & Co, 1969.776p.
- STRICKLAND, JH & TR PARSONS. 1972. *A practical handbook of seawater analysis.* Ottawa: Fishery Research Board Canada, 310p.
- UNESCO. 1983. *Chemical methods for use in marine environmental monitoring.* Paris, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France. 53p.

- USMSFP. 2006. Partial harvest economic\$: More shrimp, more profits. Marine Shrimp Farming Consortium. 6(3): 1-8.
- VAN WYK, P & J SCARPA. 1999. Water Quality and Management. In: Van Wyk, P., et al. (Eds.), Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, p. 128–138.
- WELSCHMEYER, NA, 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. Limnol. Oceanogr. 39, 1985–1992.
- WU, L, S DONG, F WANG, X TIAN & S MA. 2001. The effect of previous feeding regimes on the compensatory growth response in Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. J. of Crustacean Biol., 21(3): 559-565.
- WYBAN, J, WA WALSH & DM GODIN. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture, 138: 267-279.
- WYBAN, JA, CS LEE, VT SATO, JN SWEENEY, & JK RICHARDS. 1987. Effect of stocking density on shrimp growth rates in manure-fertilized ponds. Aquaculture. 61: 23–32.
- YU, R. & PS LEUNG. 2006. Optimal partial harvesting schedule for aquaculture. Mar. Res. Econ. 21, 301–315.
- YU, R. PS LEUNG & P BIENFANG. 2009. Modeling partial harvesting in intensive shrimp culture: A network-flow approach. European J. of Operation Res., 193: 262–271.
- YU, R, PS LEUNG, LE KAM & P BIENFANG. 2010. A decision support system for scheduling partial harvesting in aquaculture. IGI Global. 12P. Disponivel em: [www.igi-global.com/chapter/decision-support-system-schedulingpartial/44770](http://www.igi-global.com/chapter/decision-support-system-schedulingpartial/44770)



## CONCLUSÃO GERAL

A presente tese teve como objetivo principal aprimorar as técnicas de manejo visando o aumento da densidade de estocagem do *L. vannamei* nos sistemas de cultivo em bioflocos (*BFT - Biofloc Technology*) sem renovação de água. Para isto, foram analisados a ocorrência de crescimento compensatório e o efeito da densidade de estocagem no crescimento e sobrevivência, em diferentes fases do cultivo no sistema BFT, bem como a comparação do sistema BFT com o sistema convencional, além da diminuição de densidade de estocagem específica ao longo do cultivo, através de despescas parciais.

Durante a realização dos experimentos que constituem esta tese foram utilizadas diferentes abordagens para promover a intensificação do cultivo do *L. vannamei* em sistema de bioflocos sem renovação de água. Inicialmente foi dada maior atenção a densidade de estocagem e crescimento compensatório dos camarões na fase de berçário. Os resultados indicaram que o aumento da densidade de estocagem afetou o crescimento e a sobrevivência do *L. vannamei* no cultivo em sistema de bioflocos. Além disso, de acordo com os resultados apresentados foi confirmado que é possível realizar berçários com densidades de estocagem de até 4500 juvenis de aproximadamente 1 g por metro quadrado de cultivo. Também foi confirmada a possibilidade do uso de confinamento (berçário) com posterior engorda, sem que este cause diminuição de crescimento e sobrevivência dos camarões. Este fato pode ser muito benéfico para produtores que trabalhem em locais que dependem de sistemas de berçários “indoor”, possibilitando o aumento do período de cultivo nestas áreas.

Nas fases de engorda de camarões até tamanho comercial (12 g) também observou-se uma relação inversa entre a densidade de estocagem e o crescimento dos camarões. Na fase inicial (de 1 a 6 g) e na segunda fase de engorda (6 a 12 g) verificou-se a possibilidade de cultivar *L. vannamei* em densidades de estocagem de até 600 m<sup>-2</sup> e 400 m<sup>-2</sup> respectivamente, quando se mantém os parâmetros de qualidade da água dentro dos limites ideais para a espécie. Com isso, obteve-se produtividade média de 3,88 Kg m<sup>-2</sup> o que equivaleria a 38,8 ton ha<sup>-1</sup>. É importante ressaltar que apesar de ser uma condição experimental com um nível de controle bastante rígido, os valores de biomassa produzida são muito acima daqueles normalmente detectados em sistemas semi-

intensivos. Portanto, os dados confirmam que o sistema utilizado pode produzir grandes biomassas de camarões em pequenas unidades de área.

Também é importante ressaltar que, atualmente, o cultivo de camarões marinhos está sendo direcionado para sistemas ambientalmente amigáveis, onde não existe a emissão de efluentes nem o risco de disseminação de patógenos. A fertilização orgânica com uma fonte rica em carbono (melaço de cana, farelos, dextrose e etc...) em viveiros de cultivo intensivo do camarão *L. vannamei*, mostrou-se eficiente para um melhor desempenho zootécnico e redução dos efluentes. Os animais mantidos em viveiros fertilizados (sistema heterotrófico) apresentaram crescimento significativamente maior dos que os cultivados sem adição de carbono orgânico (sistema autotrófico). Portanto o aumento da relação C:N possibilita o cultivo em altas densidades de estocagem, aumentando a produtividade dos sistemas de engorda sem aumentar o seu impacto ambiental.

No último trabalho realizado, verificou-se que a despesca parcial pode ser uma ferramenta de manejo que auxilie na otimização da capacidade suporte dos viveiros, diminuindo-se densidade de estocagem progressivamente, mantendo ao longo do cultivo o máximo de biomassa de camarões que o sistema suporta, bem como promover o “crescimento compensatório” dos camarões ao longo do próprio cultivo. Além disso, a despesca parcial é importante para o fornecimento contínuo a um mercado específico de camarão fresco e ainda possibilita a entrada de capital financeiro durante o cultivo. Com isso, diminuem-se os riscos normais de uma atividade de cultivo e reduz a imobilização do capital de giro que fica retido desde a preparação de um viveiro, passando pela estocagem, engorda, despesca, chegando até o momento da comercialização. Sendo assim, diminui também a necessidade de capital de giro, que fica imobilizado principalmente para a compra de ração, que corresponde a mais de 50% do custo do cultivo.

Os resultados deste trabalho também podem auxiliar no dimensionamento e planejamento de unidades de cultivo, para potencializar as produtividades através do máximo aproveitamento do espaço disponível, melhorando as técnicas de manejo e diminuindo a geração de efluentes através da reciclagem do nitrogênio pelos bioflocos.