

Fernanda Morais Henriques

**Exigência proteica para fase inicial do
camarão-branco-do-pacífico cultivado em sistema de bioflocos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção de grau de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Edeмар Roberto Andreatta, Dr

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Henriques, Fernanda Moraes

Exigência proteica para fase inicial do camarão-branco do-pacífico cultivado em sistema de bioflocos / Fernanda Moraes Henriques ; orientador, Edegar Roberto Andreatta - Florianópolis, SC, 2016.

49 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Litopenaeus vannamei. 3. nutrição. 4. dietas. 5. BFT. I. Andreatta, Edegar Roberto . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Aquicultura. III. Título.

**Exigência proteica para fase inicial do camarão-branco-do-pacífico
cultivado em sistema de bioflocos**

Por

FERNANDA MORAIS HENRIQUES

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

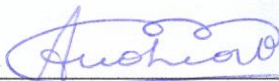
MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura.

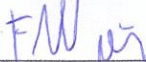


Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:



Dr. Edemar Roberto Andreatta – *Orientador*



Dr. Felipe do Nascimento Vieira - UFSC



Dr. Manoel Lehmann - UFSC



Dr. Walter Quadros Seiffert - UFSC

Dedico aos meus pais Fernando e Iolanda, à minha irmã Marcela e minha afilhada Mariana, que sempre me encorajaram e motivaram ir mais longe. Aos bons amigos e a todas as pessoas que fizeram parte desta jornada, obrigada pelo apoio, paciência e carinho.

AGRADECIMENTOS

A minha família por todo amor e apoio ao longo destes anos de estudos. Aos meus tios Elisa, Milton e João pelo apoio incondicional e por me encorajarem nesta jornada.

A meu orientador Edegar Andreatta por me confiar a oportunidade de fazer o mestrado e compartilhar suas experiências.

Ao professor Felipe Viera por ser um exemplo de profissional, por me aconselhar inúmeras vezes e por importar-se tanto, só tenho a agradecer.

Ao Professor Walter por disponibilizar o Laboratório e Camarões Marinhos para execução do experimento. À Professora Katt ao Carlos Manoel por disponibilizar o Laboratório de Qualidade da Água.

À equipe que esteve comigo em todas as horas: Nicole Machado, Fernanda Moreira, Joselle Redige, Jamilly Rocha. À equipe de qualidade de água, Daniela, Arthur e principalmente à Carlos Díaz, que me apoiou incondicionalmente no laboratório de qualidade de água.

Ao Joaquim Soares por estar presente na minha vida e ser tão honesto comigo. Por ajudar-me nos cálculos de açúcar, na formulação das dietas, na fábrica de rações, no povoamento e na despesca do experimento, muito obrigada meu amigo! Ao Moisés Poli por sua inestimável ajuda com o cálculo de açúcar, por compartilhar suas experiências sobre o sistema de bioflocos e está sempre disposto a ajudar, obrigada por tudo!

Aos amigos colombianos que estiveram tão presente durante esta jornada: Camilo, Mercedes, Ricardo, Cinde e especialmente à Juan Martin, por seu companheirismo e receitas colombianas com toque de carinho, *Muchas gracias!*

Aos demais amigos que contribuíram com muito ensinamento, minha enorme admiração: Ariane, Marysol, Esmeralda, Roseane, Mariana, Gabiella, Priscila, Roseane, Lincoln, Delano e Norha. À Janaína Gonçalves que me mostrou que a vida pode ser mais leve e tranquila do que imaginamos.

Ao Dimas por ter ajudado a transportar 12 toneladas de água, reclamando e me fazendo rir bastante! Ao Ipson, Davi, Diego e Andréa muito obrigada por sua valiosíssima ajuda sempre que necessário e nas manhãs na cozinha do LCM. Ao Carlos Miranda por resolver com tanta dedicação e perfeição todos os imprevistos elétricos e hidráulicos. Também agradeço a todas as pessoas que de alguma maneira contribuíram neste trabalho e que não foram citadas.

RESUMO GERAL

Este estudo foi conduzido para avaliar a exigência proteica na dieta para o camarão-branco-do-pacífico durante a fase inicial de cultivo em sistema de bioflocos, e relacionar o efeito destas dietas sobre os parâmetros de qualidade de água e índices produtivos. Para o cultivo, foram utilizados quinze tanques circulares (400 L), mantidos em sala isolada com sistema de aquecimento de água e aeração constante. Os camarões foram alimentados com cinco dietas práticas formuladas com os níveis 31,28; 36,29; 41,57; 46,34 e 51,74 g 100 g⁻¹ de proteína bruta (PB). Pós-larvas (PL) (0,16±0,01g) foram cultivadas durante 38 dias na densidade de 450 PL m⁻³, em um delineamento inteiramente ao acaso. Os parâmetros de qualidade de água mantiveram-se dentro dos limites adequados para o cultivo. Camarões alimentados com dietas contendo 31,28 a 46,34g 100 g⁻¹ PB tiveram comportamento crescente de peso final (1,52 – 2,61 g), produtividade (0,69 – 1,10 Kg m⁻³), ganho em peso (1,38 – 2,44 g) e eficiência alimentar (77,28 – 101,68 %), com decréscimo em 51,74 g 100 g⁻¹ PB. A sobrevivência média foi superior a 80%, sem diferença (P<0,05) entre os tratamentos. Foi possível determinar a faixa entre 44,26 e 47,12 g 100 g⁻¹ PB para um melhor desempenho zootécnico na fase inicial do cultivo do *L. vannamei* em bioflocos.

Palavras chave: Aquicultura, *Litopenaeus vannamei*, nutrição, dietas, BFT

ABSTRACT

This study evaluated the dietary protein requirement for Pacific white shrimp in biofloc system during the initial phase of rearing, as well as the effect of these diets on water quality and growth performance parameters. During the rearing period, fifteen circular tanks (400 L) were maintained in an isolated room with water heating system and constant aeration. Shrimps were fed using five practical diets, formulated with the increasing crude protein (CP) levels 31.28; 36.29; 41.57; 46.34 and 51.74 g 100g⁻¹. Post-larvae (PL) (0.16 ± 0.01 g) were reared for 38 days at stocking density of 450 PL m⁻³ in a completely randomized design. All the water quality parameters remained within the appropriate limits for rearing. Shrimp fed diets containing 31.28 to 46.34 g 100g⁻¹CP had increasing final weight (1.52 - 2.61 g), yield (0.69 - 1.10 kg m⁻³), weight gain (1.38 - 2.44 g) and feed efficiency (77.28 - 101.68 %), which, on the other hand, decreased in 51.74 g 100g⁻¹ CP treatment (P<0.05). Mean survival was over 80%, with no difference (P>0.05) between treatments. In conclusion, the range between 44.26 and 47.12 g 100g⁻¹ PB provided better growth performance of *L. vannamei* at the initial phase of rearing in biofloc system.

Keywords: Aquaculture, *Litopenaues vannamei*, nutrition, diet, BFT.

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Composição centesimal, com base na matéria seca, dos ingredientes incluídos nas dietas experimentais para pós-larvas de *Litopenaeus vannamei*. 26

Tabela 2. Formulação e composição centesimal das dietas experimentais para pós-larva de *Litopenaeus vannamei*, com diferente teor de proteína bruta (PB) (com base na matéria seca). 26

Tabela 3. Perfil de aminoácidos essenciais projetado para cada dieta formulada. 27

Tabela 4. Oferta de açúcar e cal hidratada durante o cultivo de pós-larva de *Litopenaeus vannamei* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta na ração, durante 38 dias. 31

Tabela 5. Parâmetros de qualidade de água durante a fase inicial de *Litopenaeus vannamei*, cultivo em sistema de bioflocos, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta na dieta, por 38 dias. **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 6. Resultado dos índices produtivos de *L. vannamei* alimentado por 38 dias com diferentes níveis de proteína bruta na dieta (peso inicial $0,16 \pm 0,01$ g). **Erro! Indicador não definido.**

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO GERAL	17
Cultivo em Sistema de Bioflocos	17
Nutrição de Camarões Marinhos	19
Proteína e Aminoácidos	20
Ingredientes e Formulação de Rações	21
2. JUSTIFICATIVA	22
3. OBJETIVOS	22
Objetivo Geral	22
Objetivos Específicos	22
4. CAPÍTULO II: ARTIGO ORIGINAL	23
Resumo	23
Introdução	24
Material e Métodos	24
<i>Material biológico</i>	24
<i>Dietas Experimentais</i>	25
<i>Delineamento Experimental</i>	27
<i>Análise das dietas</i>	29
<i>Análise da qualidade de água</i>	29
<i>Análises dos índices produtivos</i>	29
<i>Análises estatísticas</i>	29
Resultados e Discussão	30
<i>Dietas experimentais</i>	30
<i>Qualidade de água</i>	30
<i>Índices produtivos</i>	33
Conclusão	36
Agradecimentos	36
Referências do Artigo	36
5. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO	41
6. ANEXOS	47

1. CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO GERAL

Em 2014 a aquicultura mundial atingiu a produção superior a 73,8 milhões de toneladas entre peixes, moluscos, crustáceos e outros organismos aquáticos. Os crustáceos foram responsáveis por 9,4% desta produção. Dentre as espécies de crustáceos mais cultivados, destaca-se o camarão marinho, *Litopenaeus vannamei* responsável por aproximadamente 53% da produção de camarões cultivados no mundo. No Brasil a produção foi calculada em 65 mil toneladas (FAO, 2016).

Contudo, o setor tem enfrentado problemas relacionados ao aparecimento de surtos de doenças que afetamos cultivos de camarões (COWEY; CHO, 1991; GAO *et al*, 2012). Uma das principais enfermidades que afetam a carcinicultura é o vírus da síndrome da mancha branca (WSSV- *white spot syndrome virus*), que tem acarretado prejuízos econômicos ao redor do mundo. Destaca-se ainda a enfermidade conhecida como síndrome da mortalidade precoce (EMS – *early mortality syndrome*) que trouxe grandes prejuízos nos últimos anos para países da Ásia e América Central. Esta enfermidade é causada por bactérias do gênero *Vibrio parahaemolyticus* (TRAN *et al.*, 2013).

Por conta dos impactos ambientais e prejuízos causados pelas enfermidades, o setor produtivo vem buscando alternativas para mitigar esses problemas (LEUNG; TRAN, 2000).

Podemos citar como exemplos o uso de larvas livres de patógenos específicos (SPF – *specific pathogen free*), uso de probióticos na ração, cultivo com zero renovação de água e o sistema superintensivo com agregados microbianos (bioflocos) (PRUDER, 2004; AVNIMELECH, 2006; WASIELESKY *et al.*, 2006).

Cultivo em Sistema de Bioflocos

O sistema de bioflocos (*BFT – biofloc technology system*) é caracterizado pela mínima ou nenhuma troca de água, altas taxas de estocagem e pela utilização da biomassa microbiana como item alimentar e para manter a qualidade da água (AVNIMELECH, 2009; DE SCHRYVER *et al*, 2008). Este sistema é caracterizado pela formação dos agregados microbianos, formados por bactérias, algas, fungos, protozoários, rotíferos, nematóides, entre outros (CRAB *et al.*, 2007). Estes flocos apresentam teores de proteína (RAY *et al.*, 2010; DECAMP *et al.*, 2002), lipídios, carboidratos e vitaminas em sua composição, que fica a disposição dos camarões como fonte alimentar alternativa (CRAB *et al.*, 2010; TACON *et al.*, 2002).

A assimilação dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) resultantes da excreção dos animais e da decomposição da matéria orgânica, proveniente das fezes e dos restos de ração (AZIM *et al.*, 2003; AVNIMELECH, 2007), é feita por bactérias do próprio ambiente de cultivo (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006; HARGREAVES, 2006). Um forma de controlar os compostos nitrogenados é com o aumento da relação carbono nitrogênio (C:N) (AZIM; LITTER; BRON, 2008), pela adição de fontes de carbono orgânico, nos sistemas de cultivo, que estimula o desenvolvimento de bactérias heterotróficas promovendo a formação do floco microbiano (CRAB *et al.*, 2010).

O cultivo em bioflocos está em fase de estudos, mas até o momento sabe-se que é altamente tecnificado e exige um conjunto de características que resultam em um alto custo de implantação e operação. Mesmo assim, muitos produtores têm apostado neste cultivo intensivo para produção de juvenis de 1g na fase de berçário, para posteriormente serem povoados em sistema convencional em viveiros de solo natural.

O berçário é a fase intermediária entre a larvicultura e a engorda, onde altas densidades de pós-larvas ($\sim 3000 \text{ PL m}^{-3}$) são mantidas em ambiente controlado (COHEN *et al.*, 2005; SAMOCHA *et al.*, 2000) para reduzir as enfermidades, garantir a sobrevivência, formar lotes uniformes, possibilitar maior número de ciclos por ano e consequente aumento da produtividade.

Em estudos nutricionais é comum utilizar densidades de estocagem mais baixas para observar melhor os resultados obtidos, pois as taxas de crescimento são fortemente influenciadas por vários fatores, como o manejo. De qualquer forma, o cultivo em berçário ou em densidades mais baixas (fase inicial) em bioflocos necessita de maior compreensão dos aspectos referentes à avaliação econômica e ao manejo.

Alguns autores vêm aperfeiçoando as técnicas de manejo para o cultivo, com o uso de substrato artificial, melhores densidades de estocagem (LEGARDA, 2015), uso de diferentes fontes de carbonos (LEGARDA *et al.*, 2016; KHANJANI *et al.*, 2016), uso de probiótico na ração, entre outros. As pesquisas precisam avançar em direção à nutrição de pós-larvas durante a fase inicial em sistema de bioflocos, pois a dieta pode definir a viabilidade de um empreendimento, já que a ração representar até 60% dos custos finais de produção (PONTES; ARRUDA, 2005; CHAMBERLAIN, 2004).

Assim é importante conhecer a concentração ideal de proteína, evitando excessos que geram carga poluidora (nitrogênio e fósforo) e carências deste nutriente que é o mais caro e mais importante nutriente na dieta de organismos aquáticos (CHO; BUREAU, 2001).

Nutrição de Camarões Marinhos

Muitos estudos foram conduzidos para definir exigência proteica de várias espécies de camarões marinhos, tais como: *Penaeus monodon*, *Litopenaeus vannamei*, *Farfarfante aztecus*, *Farfarfante californiensis*, *Fenneropenaeus indicus*, *Fenneropenaeus merguensis*, *Litopenaeus setiferus*, *Litopenaeus stylirostris*, *Fenneropenaeus penicillatus*, *Fenneropenaeus chinensis* e *Farfarfante penaeus duorarum*, onde são reportadas exigências de 30 a 57% de proteína, dependendo da espécie de peneídeo e do seu estágio de desenvolvimento (SHIAU, 1998).

Para *L. vannamei*, Kureshy e Davis (2002) encontraram uma exigência máxima de 32% para juvenis e sub-adultos. Em sistema de bioflocos, Prangnelli *et al.* (2016) não encontraram diferença significativa no desempenho de *L. vannamei* alimentados com dietas comerciais com 35 e 40% proteína, mas Jatobá *et al.* (2014), encontraram melhor desempenho no crescimento de juvenis *L. vannamei* com 30% proteína bruta em sistema de bioflocos e 33% de proteína em sistema semi-intensivo.

Estes estudos foram conduzidos com juvenis e adultos de camarões. Para a fase de berçário os camarões normalmente possuem uma exigência em proteína dietética mais elevada, para construção e reparação do tecido muscular, do que em fases posteriores (CHEN *et al.*, 1985; VELASCO *et al.*, 2000). Na literatura existe uma grande variabilidade de informações acerca do teor proteico usado para pós-larvas de *L. vannamei*, desde elevados níveis de 40-55% PB (SAMOCHA *et al.*, 1993; VELASCO *et al.*, 2000), aos mais baixos 34% PB (HU *et al.*, 2008) e 30% (CORREIA *et al.*, 2014).

Estudos de Correia *et al.* (2014) demonstram diferença significativa nas taxas de crescimento após alimentar os animais com rações comerciais com teor proteico de 30% e 40%, mas a taxa de eficiência proteica foi mais elevada no tratamento com 30%, sugerindo que na presença de bioflocos é possível reduzir o teor de proteína na alimentação. De acordo com Burford *et al.* (2003), mais de 29% do alimento consumido por *L. vannamei* pode ser proveniente de flocos bacterianos presentes no meio heterotrófico.

Então é necessário avançar sobre nutrição das pós-larvas de *L. vannamei* em sistemas de bioflocos com a formulação e elaboração de rações balanceadas, pois poucos apontam com exatidão qual o melhor teor de proteína bruta nas dietas para o sistema superintensivo.

Proteína e Aminoácidos

Proteínas são as macromoléculas biológicas mais abundantes. Ocorrem em todas as células e controlam muitos processos celulares. São constituídas a partir de 20 diferentes aminoácidos que se unem a partir de ligações peptídicas (NELSON; COX, 2014). De forma geral as proteínas são nutrientes indispensáveis para estrutura e função de todos os organismos, incluindo os camarões, pois são continuamente utilizadas para o crescimento e reparação de tecidos (SHIAU, 1998), desempenhando funções estruturais (músculo, colágeno e queratina), metabólicas (enzimas e hormônios), de transporte (hemoglobina e hemolinfa) e de defesa (lectina e receptores) (PORTZ; FURUYA, 2013).

Os animais aquáticos, assim como animais terrestres, não possuem exigência em proteína, mas sim no equilíbrio de aminoácidos (WILSON, 2002). Estes são liberados a partir da digestão ou hidrólise da proteína e são absorvidos no trato intestinal e distribuídos para os órgãos e tecidos onde são utilizados para síntese de novas proteínas (D'ABRAMO; CONKLIN; AKIYAMA, 1997).

Peixes e camarões precisam obter vários aminoácidos a partir da alimentação, pois não conseguem sintetizar em quantidades suficientes alguns aminoácidos, os chamados aminoácidos essenciais (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina) (NRC, 2011).

De acordo com Guillaume (1997) a exigência em aminoácidos pode variar conforme o hábito alimentar da espécie, estágio fisiológico, fatores abióticos e principalmente para cada fase de desenvolvimento do animal. Assim, as formulações devem considerar a exigência específica em aminoácidos (PORTZ; FURUYA, 2013), para obter boas taxas de crescimento dos animais e evitar aumento na excreção de amônia para o meio, o que produziria um efluente com maior potencial poluidor (BROWDY *et al.*, 2001). Deve-se considerar também que a proteína é o mais caro ingrediente das dietas (VELASCO *et al.*, 2000), por isso importante determinar a concentração mínima desse nutriente para produzir o crescimento máximo nos animais (CLARK *et al.*, 1990).

Ingredientes e Formulação de Rações

Os ingredientes usados nas rações para organismos aquáticos se assemelham aos destinados à alimentação de animais terrestres, porém diferem-se, entre outros, pela maior demanda do ingrediente proteico para espécies aquícolas (PASTORE *et al.*, 2012).

Para elaboração de dietas são utilizados diferentes ingredientes de origem animal, vegetal ou vitamínico-mineral, sendo a maior parte constituída por subprodutos da pesca (farinhas e óleos de peixe), animais terrestres (farinhas de sangue, farinhas de carne e ossos, farinha de vísceras, farinha de pena etc), sementes oleaginosas como a soja, algodão e canola (farinhas e farelos), grãos e seus subprodutos (farelo de arroz, farelo de trigo). Estes ingredientes são utilizados de forma balanceada a fim de atender as exigências nutricionais da espécie por um menor custo (PASTORE *et al.*, 2012).

Os ingredientes são constituídos por diferentes nutrientes (proteínas, lipídeos, carboidratos, vitaminas e minerais) que devem atender as exigências nutricionais de cada espécie conforme a formulação das rações, pois são utilizados para a construção, manutenção dos tecidos e o suprimento de energia (GUILAUME, 1997).

A principal fonte proteica utilizada nas dietas comerciais de camarões marinhos é a farinha de peixe, pois apresenta bom perfil de aminoácidos e ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais, além de possuir boa atratividade e digestibilidade (DAVIS; ARNOLD, 2000; SOOKYING, DAVIS, SILVA, 2013).

Os lipídeos (fonte de energia) e as proteínas (fonte primária de aminoácidos) são considerados os principais nutrientes na formulação de rações (PORTZ; FURUYA, 2013). Portanto, informações quanto ao perfil nutricional dos ingredientes são importantes para a formulação de dietas balanceadas (SOARES *et al.*, 2015).

Para a escolha do ingrediente deve-se conhecer a característica dos animais. Sabe-se que os camarões penéideos apresentam mudança gradual de hábito alimentar (de herbívoros a carnívoros e, finalmente, onívoros) e comportamental (planctônicos a bentônicos), entre as fases larval e pós-larval (PÉREZ-FARFANTE, 1969).

2. JUSTIFICATIVA

No Brasil, o cultivo de pós-larvas em sistema bioflocos já vem sendo implementado para contornar o aparecimento de enfermidades e também para obtenção de melhores índices produtivos.

Contudo, o alto custo de implantação e operação deste sistema ainda é um desafio. O cultivo só seria competitivo em altas densidades de estocagem, sem renovação de água, adaptado às condições ambientais, para a produção de juvenis de maior tamanho (1 – 2 g), e com dietas balanceadas para a fase inicial do cultivo.

Definir o nível ideal de proteína bruta na dieta para juvenis de camarão em sistema de bioflocos pode ser extremamente relevante para tornar a atividade rentável, pois acredita-se que o BFT pode contribuir como fonte alimentar e até reduzir o teor proteico das rações.

Este estudo poderá ser a base para posteriores trabalhos nutricionais em exigências de aminoácidos, digestibilidade, relação energia:proteína (E:P) entre outros para esta fase do ciclo de vida. Desta forma nota-se a necessidade e a importância da realização desta pesquisa.

3. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Contribuir para a otimização e modernização da carcinicultura marinha através de maiores conhecimentos sobre a nutrição de juvenis de *Litopenaeus vannamei* em sistema superintensivo.

Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito das dietas sobre a qualidade de água.
- Determinar os melhores níveis de proteína bruta (31,28; 36,29; 41,57; 46,34 e 51,74 g 100g⁻¹PB) sobre os índices produtivos para juvenis de *L. vannamei* em sistema de bioflocos.

4. ARTIGO ORIGINAL

Dietas práticas com diferentes níveis de proteína bruta durante a fase inicial de cultivo do camarão-branco-do-pacífico em sistema de bioflocos

Resumo

Este estudo foi conduzido para avaliar a exigência proteica na dieta para o camarão-branco-do-pacífico durante a fase inicial de cultivo em sistema de bioflocos, e relacionar o uso das diferentes dietas sobre os parâmetros de qualidade de água e índices produtivos. Para o cultivo, foram utilizados quinze tanques circulares (400 L), mantidos em sala isolada com sistema de aquecimento de água e aeração constante. Os camarões foram alimentados com cinco dietas práticas formuladas com os níveis 31,28; 36,29; 41,57; 46,34 e 51,74 g 100 g⁻¹ de proteína bruta (PB). Pós-larvas (PL) (0,16±0,01 g) foram cultivadas durante 38 dias na densidade de 450 PL m⁻³, em um delineamento inteiramente ao acaso. Os parâmetros de qualidade de água mantiveram-se dentro dos limites adequados para o cultivo. Camarões alimentados com dietas contendo 31,28 a 46,34g 100g⁻¹PB tiveram comportamento crescente de peso final (1,52–2,61 g), produtividade (0,69–1,10 Kg m⁻³), ganho em peso (1,38 – 2,44 g) e eficiência alimentar (77,28 – 101,68 %), com decréscimo em 51,74 g 100 g⁻¹ PB. A sobrevivência média foi superior a 80%, sem diferença (P<0,05) entre os tratamentos. Foi possível determinar a faixa entre 44,26 e 47,12 g 100g⁻¹ PB para um melhor desempenho zootécnico para inicial do cultivo do *L. vannamei* em bioflocos.

Palavras chave: Aquicultura, *Litopenaeus vannamei*, nutrição, dietas, BFT.

*Este artigo está formatado segundo as normas de publicação revista da *Aquaculture nutrition*.

Introdução

Os cultivos em sistema de bioflocos estão sendo utilizados como estratégia para reduzir danos ambientais e as perdas de cultivo, decorrentes da descarga de efluentes e dos surtos de doenças, respectivamente (Cowey & Cho, 1991; Samocha, 2009).

De forma geral o sistema é um conjunto de agregados microbianos, formados por bactérias, algas, fungos, protozoários, rotíferos, nematóides, entre outros (Crab *et al.* 2007). Estes flocos apresentam teores de proteína (Decamp *et al.* 2002; Ray *et al.* 2010), lipídios, carboidratos e vitaminas em sua composição, que fica a disposição dos camarões como fonte alimentar alternativa (Crab *et al.* 2010; Tacon *et al.* 2002).

O biofloco contribui duplamente para o cultivo, pois além de realizar a ciclagem dos nutrientes através da biomassa microbiana, pode servir como fonte alimentar complementar aos camarões (McIntosh, 2001). Estudos indicam que mais de 29% do alimento consumido por *Litopenaeus vannamei* pode ser proveniente de agregados microbianos (Burford *et al.* 2003).

Assim, a disponibilidade dos bioflocos enquanto fonte de alimento pode implicar na redução da ração ofertada e na redução da exigência nutricional em proteína de dietas formuladas (Xu *et al.* 2012). Esta pode ser uma estratégia importante para reduzir custos no sistema de produção e minimizar a quantidade de nitrogênio introduzido no água de cultivo (McIntosh *et al.* 2001) pela dieta. Desta forma, este estudo foi conduzido para avaliar a exigência proteica na dieta para o camarão-branco-do-pacífico durante a fase inicial de cultivo em sistema de bioflocos, e relacionar o uso das diferentes dietas sobre os parâmetros de qualidade de água e índices produtivos.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Material biológico

Foram obtidas pós-larvas no estágio PL5 (5 dias) da linhagem SpeedLine (alta performance para o crescimento de *L. vannamei*), provenientes da Aquatec Ltda, Rio Grande do Norte, Brasil. As pós-

larvas foram mantidas em sistema de bioflocos até atingirem o peso de 0,16 g (~PL51), quando foram transferidas às unidades experimentais.

Dietas Experimentais

O experimento consistiu na fase inicial de cultivo de *L. vannamei*, onde foram avaliadas cinco dietas práticas com o nível de 31,28; 36,29; 41,57; 46,34 e 51,74 g 100 g⁻¹ proteína bruta (PB) na dieta.

A fabricação e análise de composição centesimal das rações foram realizadas pelo Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas – LABNUTRI, pertencente ao Departamento de Aquicultura da UFSC.

As dietas foram formuladas no software Optimal Formula 2000, com base nas recomendações e exigências nutricionais do *L. vannamei* na fase de pós-larva, onde o *Penaeus monodon* foi usado como espécie bandeira (NRC, 2011). O cadastro dos ingredientes foi realizado com base na literatura (Akiyama, 1988; Rostagno, 2005; NRC, 2011; UNIFESP, 2015), em relatórios concedidos pelas empresas fornecedoras dos insumos e em análise bromatológicas dos ingredientes (Tabela 1).

Os ingredientes foram balanceados para manter as dietas isoenergéticas e isolipídicas (Tabela 2). Como fonte proteica foram incorporados diferentes níveis de farinha de resíduo de salmão (72,32% PB) e farelo de soja (51,46% PB), com uma relação de 1,7 (f. resíduo de salmão/f. soja). Para manutenção dos níveis de energia e gordura semelhantes nas cinco dietas, o óleo de fígado de bacalhau foi incluído em quantidades distintas. Os demais ingredientes foram incluídos nas mesmas quantidades, exceto a farinha de trigo e quirera de arroz, para fechamento da formulação.

Para a fabricação, os ingredientes secos foram triturados e peneirados manualmente (600µm). Cada dieta teve seus ingredientes pesados separadamente, sendo misturados à seco todos os macro ingredientes e depois os micro ingredientes entre si, e depois juntando-os. Logo após foram adicionados o óleo de fígado de bacalhau e a lecitina de soja. Por último, a umidade foi ajustada a 19,5%. Cada dieta foi processada separadamente e extrusada (1,5mm), na temperatura de 90-100 °C. Os péletes resultantes foram secos em estufa a 50°C por aproximadamente 1,5 horas, a umidade da ração foi controlada a cada 10 minutos até que fosse alcançado 10%. Ao final foram trituradas em matriz de 1,5 mm. As rações foram mantidas congeladas até sua utilização para evitar a oxidação e perda dos ácidos graxos das dietas (Anexo 1).

Tabela 1. Composição centesimal, com base na matéria seca, dos ingredientes incluídos nas dietas experimentais para pós-larvas de *Litopenaeus vannamei*.

Composição*	Ingredientes, g100g ⁻¹			
	Farinha de resíduo de salmão	Farelo de soja	Farinha de trigo	Quirera de arroz
Proteína Bruta	72,32	51,47	12,73	8,40
Matéria Seca	88,11	89,65	88,68	86,96
Extrato Etéreo	11,76	3,34	0,90	1,18
Fibra bruta	0,07	3,71	0,23	0,42
Matéria Mineral	15,25	6,45	0,82	0,80
Energia Bruta (Kcal/Kg) ¹	4990,32	4350,25	4088,86	3756,00

*Obtido por laudo de análises realizado pela empresa CBO (Comércio de Produtos Bromatológicos e Análises Técnicas LTDA). ¹Por bomba calorimétrica.

Tabela 2. Formulação e composição centesimal das dietas experimentais para pós-larva de *Litopenaeus vannamei*, com diferente teor de proteína bruta (PB) (com base na matéria seca).

Ingredientes	Proteína bruta, g 100g ⁻¹				
	31,28	36,29	41,57	46,34	51,74
Farinha de resíduo de salmão (72,32% PB) ¹	25,26	31,34	37,00	42,50	48,17
Farelo de soja (51,46% PB) ²	14,90	18,00	21,50	24,89	27,80
Farinha de trigo (12,73% PB) ³	13,22	12,00	12,00	11,00	9,00
Quirera de arroz (8,40% PB) ⁴	30,00	20,41	10,26	3,65	0,00
Óleo de fígado de bacalhau ⁵	3,60	3,20	3,00	1,80	0,99
Premix vitamínico ⁶	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Vitamina C ⁷	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Premix macromineral ⁸	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62
Premix micromineral ⁹	1,62	1,62	1,62	1,63	1,63
Lecitina ¹⁰	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05
Carboximetilcelulose ¹¹	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Caulim ¹²	0,29	2,31	3,50	3,41	1,29
Composição Centesimal					
Proteína Bruta	31,28	36,29	41,57	46,34	51,74
Umidade	11,57	11,02	10,11	11,13	11,76
Extrato Etéreo	9,56	9,98	9,62	9,92	10,04
Fibra bruta	1,26	1,45	1,66	1,87	2,07
Matéria Mineral	11,67	14,66	17,41	18,64	17,97
Energia Bruta (Kcal/Kg)	4100,00	4100,00	4143,83	4176,52	4301,15

¹Tectron Nutrição animal (Paraná, Brasil). ²Nicoluzzi Rações Ltda (Santa Catarina, Brasil). ³Dona Benta (Santa Catarina, Brasil). ⁴quirera de arroz (Rio Grande do Sul, Brasil). ⁵Hollandand & barrett. ⁶In vivo Nutrição e saúde animal, níveis de garantiapor Kg do produto: vit. A 900 mg; vit.D 25 mg; vit.E 46900 mg; vit.K 14000 mg; vit.B12 50 mg; biotina 750 mg; ácido fólico 3000 mg;

niacina 70000mg; ácido pantotênico 40000 mg; vit. B6 33000; riboflavina 20000 mg; tiamina 30000 mg. ⁷Labsynth Produtos para Laboratórios Ltda (São Paulo, Brasil).⁹In vivo Nutrição e saúde animal. Níveis de garantiapor Kg do produto:cobre 23330 mg;manganês 6500 mg; selênio 125 mg; zinco 100000mg, iodo 1000 mg; cobalto 50 mg, magnésio 20 mg; potássio 6,1 mg.¹⁰Quimidrol Produtos químicos Ltda. ¹¹Diprolab Comércio de materiais para laboratório (Santa Catarina, Brasil)¹²Mineração RiajLtda (São Paulo, Brasil).

O perfil de aminoácidos das dietas experimentais foi estimado de forma a não propiciar deficiência em aminoácidos, de acordo com as exigências nutricionais utilizadas (Tabela 3).

Tabela 3. Perfil de aminoácidos essenciais projetado para cada dieta formulada.

Aminoácidos essenciais	Proteína bruta, g 100g ⁻¹					Exigência*
	31,28	36,29	41,57	46,34	51,74	
Arginina	2,03	2,37	2,71	3,05	3,40	1,85
Histidina	0,84	0,98	1,13	1,28	1,42	0,76
Isoleucina	1,21	1,40	1,60	1,80	2,00	0,96
Lisina	1,84	2,20	2,55	2,90	3,25	1,61
Leucina	1,98	2,28	2,58	2,89	3,20	1,82
Metionina	0,72	0,84	0,97	1,09	1,22	0,84
Metionina+Cisteína	1,19	1,39	1,58	1,78	1,98	1,23
Fenilalanina	1,26	1,45	1,64	1,83	2,02	1,32
Fenilalanina+Tirosina	2,22	2,55	2,90	3,24	3,59	2,16
Tirosina	0,95	1,10	1,26	1,41	1,57	0,84
Treonina	1,22	1,44	1,65	1,87	2,08	1,23
Triptofano	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,19
Valina	1,48	1,73	1,98	2,23	2,47	1,28

*Baseada na conversão matemática de acordo com a exigência determinada para pós-larvas de *Penaeus monodon*, com base na proteína bruta. Fonte: Milamena *et al.*(1996, 1997, 1998 e 1999).

Delineamento Experimental

As unidades experimentais foram distribuídas aleatoriamente, com três repetições, totalizando 15 tanques circulares de polietileno, com 400 L de água útil (Anexo 2).

Os tanques foram mantidos em sala isolada sob iluminação artificial (12 horas claro e 12 horas escuro), equipados com aquecedores de água (800 W) e controlados por termostato (28-29°C). O sistema de aeração (AeroTube[®]) constante manteve a concentração de oxigênio dissolvido (>5mg L⁻¹) e os sólidos em suspensão na coluna de água.

Cada tanque recebeu seis substratos artificiais confeccionados com tecido Nedlona[®](Anexo 2), para proporcionar aumento de 100% da área disponível, facilitando a fixação do biofilme e melhorando a distribuição dos camarões nos tanques.

As unidades experimentais foram preenchidas no dia anterior, com 100% de bioflocos do tanque matriz. A água utilizada tinha 20 dias uso e de acordo com as características iniciais (salinidade de 28,70 g L⁻¹, pH em 7,96, alcalinidade de 108 mg L⁻¹, amônia em 0,00 mg L⁻¹, nitrito em 8,36 mg L⁻¹, nitrato em 31,24 mg L⁻¹ e sólidos suspensos totais em 275 mg L⁻¹) correspondiam ao bioflocos em início de maturação, em relação a nitrificação.

Para o povoamento foram estocados camarões de média inicial de 0,16±0,01 g, contados um a um e povoados na densidade de 450 PL m⁻³, onde foram cultivados sem renovação de água, a não ser para compensar as perdas por evaporação.

Durante 38 dias, os camarões foram alimentados a lanço 4 vezes ao dia (08:00, 11:00, 14:00 e às 17:00), após 2 h da alimentação o consumo era checado com puçá (700 µm de abertura). Quando houvesse duas sobras de alimentação consecutiva, era diminuído 10% da alimentação. A quantidade de ração foi calculada segundo com tabela de alimentação de Van-Wyk (1999) e ajustada semanalmente a cada biometria (Anexo 3), de acordo com a biomassa.

Para o controle dos compostos nitrogenados foi adicionado açúcar branco para neutralizar a amônia excretada pelos camarões. Foi considerado que 75% do nitrogênio da ração seriam transformados em amônia e estariam dissolvidos na água (Ebeling; Timmons; Bisogni, 2006) e que são necessários 15,17 g de carboidratos para neutralizar cada grama de amônia. Adicionalmente, quando o teor de amônia superava 1 mg L⁻¹, uma dose extra de açúcar era adicionada na mesma relação supracitada.

Para manter a alcalinidade acima de 120 mg L⁻¹ e o efeito tampão do sistema, foi adicionada cal hidratada, quando o teor de CaCO₃ era inferior ao estabelecido. Não houve remoção de sólidos durante o cultivo.

Análise das dietas

Seguindo a metodologia descrita pela AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*, 1999), as dietas foram submetidas às análises de matéria seca (secagem a 105°C), matéria mineral ou cinzas (queima a 550°C), proteína (Kjeldahl, N x 6,25) e extrato em etér (Soxhlet, após hidrólise ácida).

Análise da qualidade de água

O controle de qualidade da água foi realizado em monitoramentos diários de oxigênio dissolvido e temperatura (oxímetro YSI 55) duas vezes ao dia, e por monitoramentos semanais de salinidade (salinômetro digital YSI 30), pH (pHmetro YSI 100), nitrato (APHA, 1998), sólidos suspensos totais (APHA, 1998 – 2540 E). A alcalinidade, amônia total e nitrito (APHA, 1998) foram verificadas duas vezes na semana.

Análises dos índices produtivos

Uma vez por semana era realizada biometria (Anexo 3) para acompanhar o crescimento dos animais e para ajustar a quantidade de ração. Ao final do experimento, os camarões foram pesados e contados para determinar:

- Peso final (g) = biomassa final ÷ número camarões
- Sobrevivência (%) = (número inicial ÷ número final) x 100
- Ganho em biomassa (g) = biomassa final – biomassa inicial
- Ganho Peso (g) = (biomassa final – biomassa inicial) ÷ número camarão
- Eficiência Alimentar (%) = (ganho peso ÷ total ração MS) x 100
- Produtividade (kgm⁻³) = biomassa final (kg) ÷ volume do tanque (m³)

Análises estatísticas

Para análise de qualidade de água foi utilizado ANOVA unifatorial, depois de verificadas premissas de normalidade e homocedasticidade, e complementada pelo teste de Tukey de separação de médias, ambos com nível de significância de 5%. Para análise dos índices zootécnicos, foi utilizada regressão polinomial e os coeficientes avaliados quanto à significância pela ANOVA (P < 0,05).

Resultados e Discussão

Dietas experimentais

As dietas experimentais apresentaram composição centesimal semelhante ao inicialmente estabelecido, conforme Tabela 2. Porém, os níveis de cinzas, a partir da dieta 36,29 g 100 g⁻¹ PB, foram superiores ao fixado (~12% de matéria mineral).

As rações comerciais que atendem à fase de berçário normalmente possuem entre 10 – 15% de cinzas. Em estudos proteicos para juvenis de *L. vannamei*, Jatobá *et al.* (2014) também relatam teores acima de 15% de matéria mineral. O teor elevado de cinzas tanto no presente estudo quando nos resultados demonstrados por Jatobá *et al.* (2014), deve-se à inclusão da farinha de peixe (ou resíduos de salmão) e do caulim (~ 99% de matéria mineral) nas dietas.

De qualquer forma, o máximo de 18,64% de cinza registrada no presente estudo não influenciou o desempenho zootécnico dos camarões, como pode ser verificado na Tabela 6.

Qualidade de água

Os parâmetros indicativos de qualidade de água mantiveram-se dentro da faixa indicada à criação de camarões marinhos (Misha *et al.* 2008; Vinatea, 2004), conforme apresentados na Tabela 5.

O pH, sólidos suspensos voláteis e sólidos suspensos fixos apresentaram diferença entre os tratamentos, contudo sem efeito adverso sobre o desempenho dos camarões, uma vez que os valores estavam dentro do ótimo para a espécie (Tabela 5).

O acúmulo de compostos nitrogenados é recorrente em sistema de cultivo com baixa ou nenhuma renovação de água (Avnimelech, 2006), no presente estudo, as concentrações de amônia total, nitrito e nitrato não foram significativos ($P < 0,05$) e permaneceram dentro da faixa segura para o cultivo de camarões. Considerando que as concentrações seguras para amônia total (N-NH_{3,4}) e nitrito (N-NO₂) são 3,95 mg L⁻¹ e inferior a 25,7 mg L⁻¹, respectivamente (Lin & Chen, 2001; Lin & Chen, 2003; Tsai & Chen, 2002).

Considerando que o processo de nitrificação consiste nas etapas de conversão de amônia à nitrito e de nitrito à nitrato (Hargreaves, 2013), no início do cultivo, não houve predominância deste processo (nitrificação), pois ocorreu acúmulo de nitrito na água durante a 1ª semana (~11 mg L⁻¹), que convertia-se lentamente em nitrato. Desta

forma, foi necessária a adição contínua de açúcar branco como fonte de carbono orgânico (Legarda *et al.* 2016), para neutralização da amônia via rota das bactérias heterotróficas (Ebeling; Timmons; Bisogni, 2006).

De maneira geral, quanto maior o nível proteico da dieta, maior era o aporte de nitrogênio da ração, com isto, maior era a necessidade de adição de açúcar branco para neutralizar a amônia gerada, como reportado por Hari *et al.* (2006) em experimento com *Penaeus monodon*, onde foi necessário usar fonte de carbono orgânico em dietas com 40 g 100 g⁻¹ PB para manter os níveis de nitrogênio total similares aos tanques alimentados com dieta de 25 g 100 g⁻¹ de proteína bruta (Tabela 4).

A alcalinidade manteve-se acima de 140 mg L⁻¹ em todos os tratamentos, atendendo as recomendações de Ebeling; Timmons; Bisogni (2006), que indicam concentrações entre 100 e 150 mg L⁻¹ CaCO₃. Para tanto, foi adicionado cal hidratada ao sistema. Em média, a oferta de cal aumentou com o nível proteico na dieta. Possivelmente relacionado ao processo de oxidação dos compostos nitrogenados, que consome os íons carbonato e bicarbonato, nutrientes essenciais para o desenvolvimento das bactérias nitrificantes e para o enrijecimento da carapaça (Ebeling; Timmons; Bisogni, 2006) (Tabela 4).

Tabela 4. Oferta de açúcar e cal hidratada durante o cultivo de pós-larva de *Litopenaeus vannamei* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta na ração, durante 38 dias.

Tratamento (g 100 g ⁻¹ PB)	*N gerado (g)	Açúcar ofertado (g)	Cal ofertada (g)
31,28	13,67±2,41	98,47±18,54	39,14±3,35
36,29	17,57±2,67	200,60±62,12	43,73±4,16
41,57	21,75±0,46	201,82±41,99	50,72±3,92
46,34	26,60±2,97	327,00±25,83	50,48±3,82
51,74	27,34±1,99	301,15±71,60	54,60±6,92

Valores expressos em média±desvio padrão, n=3. *Gramas de nitrogênio da ração, não utilizado pelo camarão, disponível na água.

Os sólidos suspensos totais mantiveram-se abaixo de 400 mg L⁻¹, conforme recomendado por Schweitzer *et al.* (2014), por tanto não foi necessária a remoção de sólidos durante o cultivo (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros de qualidade de água durante a fase inicial de *Litopenaeus vannamei*, cultivo em sistema de bioflocos, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta na dieta, por 38 dias.

Variáveis	Proteína bruta, g100g ⁻¹				
	31,28	36,29	41,57	46,34	51,74
OD (mg L ⁻¹)	5,66±0,03 ^a	5,64±0,11 ^a	5,65±0,05 ^a	5,66±0,01 ^a	5,60±0,03 ^a
Temperatura (°C)	28,27±0,18 ^a	28,29±0,49 ^a	28,23±0,34 ^a	28,22±0,24 ^a	28,22±0,21 ^a
pH	7,84±0,01 ^a	7,88±0,01 ^b	7,89±0,00 ^{ac}	7,91±0,01 ^c	7,90±0,01 ^c
Salinidade (g L ⁻¹)	30,30±0,09 ^a	30,12±0,16 ^a	30,21±0,20 ^a	30,27±0,21 ^a	30,56±0,07 ^a
Alcalinidade (mg CaCO3L ⁻¹)	150,44±0,85 ^a	151,42±4,88 ^a	147,63±4,87 ^a	148,17±5,70 ^a	146,52±2,30 ^a
Amônia (mg L ⁻¹)	0,09±0,02 ^a	0,14±0,05 ^a	0,12±0,02 ^a	0,15±0,01 ^a	0,10±0,02 ^a
Nitrito (mg L ⁻¹)	1,93±1,05 ^a	2,03±0,69 ^a	2,65±1,24 ^a	2,56±0,79 ^a	3,59±0,07 ^a
Nitrato (mg L ⁻¹)	15,74±3,15 ^a	15,33±3,90 ^a	19,46±2,64 ^a	18,20±3,14 ^a	21,06±0,66 ^a
Ortofosfato (mg L ⁻¹)	1,58±0,07 ^a	1,63±0,16 ^a	1,69±0,02 ^a	1,58±0,05 ^a	1,57±0,15 ^a
SST (mg L ⁻¹)	246,87±21,83 ^a	265,00±12,95 ^a	248,23±4,6 ^a	275,80±26,77 ^a	266,90±5,38 ^a
SSV (%)	29,82±2,12 ^a	31,45±2,13 ^{ab}	30,81±3,07 ^{ab}	36,55±1,09 ^b	32,92±3,23 ^b
SSF (%)	70,18±2,12 ^a	68,55±2,13 ^{ab}	69,19±3,07 ^{ab}	63,45±1,09 ^b	67,08±3,23 ^b

Valores expressos em média±desvio padrão, n=3. Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste Tukey (P<0,05). OD (oxigênio dissolvido); pH (potencial de hidrogênio); SST (sólidos suspensos totais); SSV (sólidos voláteis); e SSF (sólidos fixos).

Índices produtivos

Os índices produtivos de peso final, sobrevivência, ganho em peso e produtividades encontram-se resumidos na Tabela 6.

Não houve diferença significativa na sobrevivência dos camarões, permanecendo acima de 80%, em conformidade com dados reportados pela literatura (Wasielesky *et al.* 2006; Mishra *et al.* 2008; Maicá *et al.* 2012; Khanjani *et al.* 2016).

No entanto, camarões alimentados com dietas contendo 31,28 a 46,34 g 100g⁻¹PB tiveram tendência crescente de ganho em peso (1,38 – 2,44 g) e eficiência alimentar (77,28 – 101,68%) (Figura 1A e B), bem como no peso final, ganho em biomassa e produtividade, com posterior decréscimo para todos estes índices no tratamento 51,74g 100 g⁻¹ PB.

Os valores de eficiência alimentar foram similares a outros estudos para berçário de *L. vannamei* em sistema BFT, que reportam média de 81% a 95% (Yuniasari & Ekasari, 2010; Khanjani *et al.* 2016).

A produtividade foi crescente até 1,10 Kg m⁻³ (46,34 g 100 g⁻¹ PB). Este resultado está de acordo com outros estudos que indicam produtividade entre 1,23 Kg m⁻³ (Serra *et al.* 2015) em densidades de 300 PL m⁻². Por outro lado, estudos conduzidos por Zhang (2011) e Legarda *et al.* (2015) demonstram produtividade superior à encontrada no presente estudo, fato relacionado a maior densidade avaliada nestes estudos.

Para o maior ganho em peso, o teor proteico calculado foi de 47,12 g 100g⁻¹PB na dieta (Figura 1A). Mas para máxima eficiência alimentar o teor proteico na dieta foi estimado em 44,26 g 100g⁻¹PB (Figura 1B). Então, a adoção de dieta na faixa de 44,26 a 47,12 g 100g⁻¹PB possibilita o máximo desempenho de juvenis de *L. vannamei*.

No presente estudo, a tendência decrescente dos índices produtivos no tratamento 51,74 g 100g⁻¹PB, somado ao intervalo estimado para o máximo desempenho dos animais, sinalizam que o nível proteico de 51,74 g 100g⁻¹PB na dieta está acima da exigência para espécie.

Possivelmente, o excesso de aminoácidos foram catabolizados para suprimento das necessidades energéticas e não para a reparação e construção de novos tecidos e o excesso excretado na forma de amônia (Steffens, 1989; Shiau, 1998; NRC, 2011; Portz & Furuya, 2013). Por outro lado, os menores níveis de proteína nas dietas em sistemas de bioflocos, também refletem em piora nos desempenhos zootécnicos dos camarões, como demonstram Jatobá *et al.* (2014) em estudo com *L. vannamei* em sistema BFT.

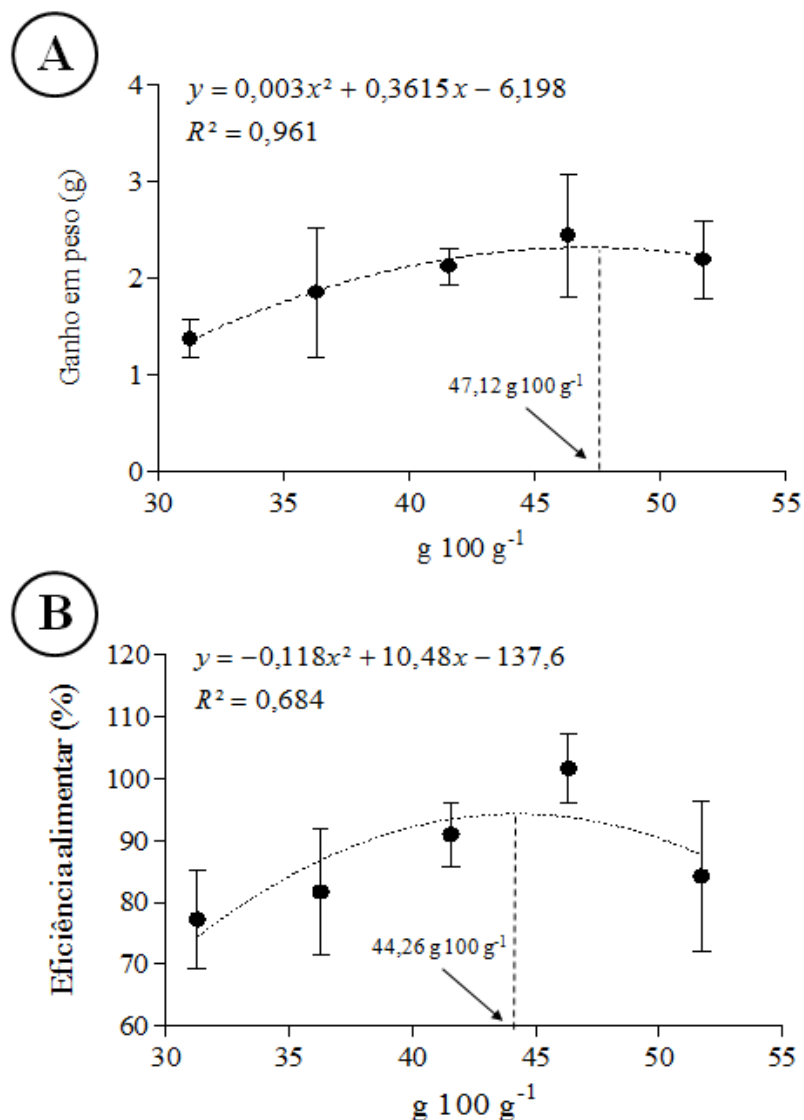


Figura 1. Regressão polinomial do ganho em peso (A) e eficiência alimentar (B) de camarões *Litopenaeus vannamei* alimentados por 38 dias com dietas com diferentes níveis de proteína bruta na ração. Todos os coeficientes da equação são significativos pela ANOVA ($P < 0,05$).

Tabela 6. Resultado dos índices produtivos de *L. vannamei* alimentado por 38 dias com diferentes níveis de proteína bruta na dieta (peso inicial 0,16±0,01 g).

Índices	Proteína bruta, g 100g ⁻¹				Efeito Quadrático
	31,28	36,29	41,57	46,34	
Peso final (g)	1,52±0,19	2,01±0,66	2,28±0,19	2,61±0,63	$y = -0,003x^2 + 0,302x - 5,035$ R ² = 0,951
<u>Sobrevivência</u> (%)	93,89±8,64	90,37±8,91	92,59±4,79	94,44±7,86	Não significativo
Ganho biomassa (g)	248,92±63,28	292,62±76,06	349,97±24,79	409,89±68,90	$y = -0,514x^2 + 49,05x - 802,9$ R ² = 0,761
Prod. (Kg m ⁻³)	0,69±0,16	0,80±0,19	0,95±0,06	1,10±0,17	$y = -0,001x^2 + 0,124x - 1,974$ R ² = 0,763

Os valores apresentados são as médias de três repetições ± desvio padrão Prod.= produtividade. Todos os coeficientes das equações são significativos pelo ANOVA (p<0,05).

Conclusão

O sistema de bioflocos, enquanto fonte alternativa alimentar não contribui para a redução do teor proteico na dieta. Diante dos resultados do presente estudo, recomenda-se a adoção de dieta entre 44,26 e 47,12 g 100g⁻¹ PB para um melhor desempenho zootécnico, em termos de ganho em peso e eficiência alimentar, dos juvenis de *Litopenaeus vannamei*.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) da Universidade Federal de Santa Catarina pelo espaço para realização deste trabalho de pesquisa e pelo apoio financeiro, ao Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI) pelo auxílio na elaboração e preparação das dietas experimentais e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida a Fernanda Morais Henriques.

Referências do Artigo

- Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (1999) Official Methods of Analysis, 16th edn. AOAC, Washington, DC, USA.
- Avnimelech, Y. (2006). Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering*, **34**, 172-178.
- Akiyama, D.M. (1989). Soybean meal utilization by marine shrimp. In *Proceeding of the world congress, Vegetable protein utilization in human foods and animal feedstuffs*. American Oil Chemists Society, Champaign, Illinois, USA, pp. 252-265.
- Baumgarten, M.D.G.Z., Niencheski, L.F.H., Martins, B.A.D. (2005). Saco do Justino (RS-Brasil): amônio e fosfato na coluna d'água e na água intersticial de uma enseada não contaminada.
- Burford, M.A., Thompson, J.P., Mcintosh, P.R., Anuman, H.R., Pearson, C.D. (2003). Nutrient and microbial dynamics in high intensity, zero Exchange shrimp pond in Belize. *Aquaculture*, **219**, 393–411.
- Cowey, C.B & Cho, C.Y. (1991). Nutritional strategies and aquaculture waste. In: *Proceedings of the 1st International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Wastes using biological*

approaches (CHO, C.Y., COWEY, C.B. ed.), University of Guelph, Guelph, ON, Canada, 275–276.

Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W. (2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, **270**, 1 – 14.

Crab, R., Chielens, B., Wille, M., Bossier, P., Verstraete, W. (2010). The effect of different carbon sources on the nutritional value of biofloc, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, **41**, 559–567,

Cuzon, G., Lawrence, A., Gaxiola, G., Rosas, C., Guillaume, J. (2004). Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, **235**, 513–551.

Decamp, O., Conquest, L., Forster, I., Tacon, A.G.J. (2002). The nutrition and feeding of marine shrimp within zero-water Exchange aquaculture production system: role of Eukaryotic microorganisms. In: *Microbial Approaches to Aquatic Nutrition within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems* (Lee, C. S., O'Bryen, P. eds.). World Aquaculture Society, 79–86.

Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, **257**, 346-358.

Hargreaves, J. A. (2013). Biofloc production systems for aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center, 1 -11.

Hari B., Kurup B.M., Varghese J.T., Schrama J.W, Verdegem M.C.J. (2006). The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*, **252**, 248– 263.

Jatobá, A., Silva, B.C., Silva, J.S., Nascimento, V. F., Mouriño, J.L. P., Seiffert, W.Q., Toledo, T.M. (2014). Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc systems. *Aquaculture*, **432**, 365-371.

Khanjani, M.H., Sajjadi, M.M., Alizadeh, M., Sourinejad, I. (2016). Nursery performance of Pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei*

Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. *Aquaculture Research*, **47**, 1–11.

Legarda, E.C. (2015). Berçário de camarão em sistema de bioflocos: densidade de estocagem e substituição artificial. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado) – Curso de Aquicultura, Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 61.

Legarda, E.C., Mendes, L.G., Oliveira, G.G., VIEIRA, N. (2016). Açúcar refinado como fonte de carbono no berçário de camarões cultivados em sistema de bioflocos. *Boletim Instituto de Pesca, São Paulo*, **42**, 443-448.

Lin, Y.C., Chen, J.C. (2001). Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **259**, 109-119.

Lin, Y.C.; Chen, J.C. (2003). Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, **224**, 193-201.

Maicá, P.F., Borba, M.R., Wasielesky, W. (2012). Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water exchange superintensive system. *Aquaculture Research*, **43**, 361–370.

McIntosh, P.R. (2001). Changing paradigms in shrimp farming: V. Establishment of heterotrophic bacterial communities. *Global Aquaculture Advocate*, **4**, 44–50.

McIntosh, D., Samocha, T.M., Jones, E.R., Lawrence, A.L., Horowitz S., Horowitz, A. (2001). Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water and sediment quality, and on the production of *Litopenaeus vannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. *Aquacultural Engineering* **25**, 69–82.

Millamena, O.M., Teruel, M.B., Kanazawa, A. (1996). Methionine requirement of juvenile Tiger shrimp *Penaeus monodon* Fabricius. *Aquaculture*, **143**, 403–410.

Millamena, O.M., Teruel, M.B., Reyes, O.S., Kanazawa, A. (1997). Threonine requirement of juvenile marine shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, **151**, 9–14.

- Millamena, O. M., Bautista-Teruel, M.N., Reyes, O. S., & Kanazawa, A. (1998). Requirements of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius) for lysine and arginine. *Aquaculture*, **164**, 95-104.
- Millamena, O.M., Teruel, M.B., Kanazawa, A., Teshima, S. (1999). Quantitative dietary requirements of postlarval tiger shrimp, *Penaeus monodon*, for histidine, isoleucine, leucine, phenylalanine and tryptophan. *Aquaculture*, **179**, 169-179.
- Mishra J.K., Samocha T.M., Patnaik, S., Speed, M., Gandy, R.L., Ali, A. (2008). Performance of anintensive nursery system for the Pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquacultural Engineering*, **38**, 2–15.
- National Research Council – NRC.(2011). Requirements of Fishand Shrimp, Nutrient requirements of fish ands hrimp. National Academic Press. Washington, DC, USA, pp. 376
- Portz, L.; Furuya, W.M., (2013). Energia, proteína e aminoácidos. In: Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira (Fracalossi, D.M & Cyrino, J.E. P. ed.), 1ª edição ampliada, pp 65-77. Aquabio, Florianópolis, SC, Brasil..
- Ray, A.J., Lewis, B.L., Browdy, C.L., Leffer, J.W. (2010). Suspended solids removalto improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensiveculture systems. *Aquaculture*, **299**, 89-98.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T.,Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oleira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T. (2005). Composição de alimentos e exigências nutricionais. Tabelas brasileiras para aves e suínos, pp. 2.
- Samocha, C.J., Fox, T.M., J.M.; Gandy, R.L., Lawrence, A.L. (2005). Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Aquacultural Engineering*, **32**, 425–442.
- Shiau, S.Y. (1998). Nutrient requirements of penaeid shrimps. *Aquaculture*, **164**, 77-93.
- Serra, F.P., Gaona, C.A., Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky Jr, W. (2015). Use of different carbon sources for the biofloc system adopted

during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture International*, **23**, 1325-1339.

Steffens, W. (1989). Principles of fish nutrition. Chichester: Ellis Horwood, pp 384.

Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, I.P., Decamp, O.E., Acon, A.G.J. (2002). Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*, **8**, 121-137.

Tsai, S.J., & Chen, J.C. (2002). Acute toxicity of nitrate on *Penaeus monodon* juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, **213**, 163-170.

Universidade Federal de São Paulo - UNIFES. (2016). Departamento de informática em saúde – Escola Paulista de Medicina. Disponível em: <http://www.dis.epm.br/servicos/nutri/public/alimento/nutriente/ndbno/16115>. Acessado em 12/02/2016.

Vinatea, L.A.A. (2004). Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2ª edição ampliada, pp. 231. Florianópolis, SC, Brasil.

Van-Wyk, P. (1999). Nutrition and feeding of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture systems. In: Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems (Van-Wyk, P. ed.). Florida: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, pp. 220.

Wasielisky, W., Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L. (2006). Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, **258**, 396-403.

Xu, W.J.; Pan, L.Q.; Zhao, D.H.; Huang, J. (2012). Preliminary investigation in to the contribution of biofloc on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with diferent dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture*, **350**, 147–153.

Yuniasari, D.W., & Ekasari, J. (2010). Nursery culture performance of *Litopenaeus vannamei* with Probiotics Addition and Different C/N ratio under laboratory condition. *Hayati Journal of Biosciences*, **17**, 115-119.

5. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

AVNIMELECH, Y. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. **Aquacultural Engineering**, v. 34, n. 3, p. 172-178, 2006.

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

AVNIMELECH Y. Biofloc Technology: A Practical Guide Book (1stedn). **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, LA, USA, p. 182, 2009.

AZIM, M. E *et al.* Ingestion and utilization of periphyton grown on artificial substrates by Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 85–92, 2003.

AZIM, M. E.; LITTLE, D. C.; BRON, J. E. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology*, v. 99, n. 9, p. 3590-3599, 2008.

BROWDY, C. L *et al.* Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: BROWDY, C. L.; JORY, D. E. (Ed.). **The new wave, proceedings of special session on sustainable shrimp culture**, Aquaculture, Baton Rouge: The World Aquaculture Society. p. 20-34, 2001.

BURFORD, M. A *et al.* Nutrient and microbial dynamics in high intensity, zero exchange shrimp pond in Belize. **Aquaculture**, v. 219, p. 393–411, 2003.

CHAMBERLAIN, G. W. Extruded shrimp feeds reemerge. **Global Aquaculture Advocate**, p. 33 – 35, 2004.

CHEN, H.Y.; ZEIN-ELDIN, P.; ALDRICH, D.V. Combined effects of shrimp size and dietary protein source on the growth of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei*. **Journal of the World Mariculture Society**, v. 6, p. 288–296, 1985.

CHO, C. Y.; BUREAU, D. P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 349 - 360, 2001.

COHEN, J. M. *et al.* Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, v. 32, ed. 3–4, p. 425–442, 2005.

CLARK, A. E *et al.* Growth, feed conversion and protein utilization of Florida red tilapia fed isocaloric diets with different protein levels in seawater pools. **Aquaculture**, v.88, p.75-85, 1990.

CORREIA, E. S. *et al.* Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. **Aquacultural Engineering**, v. 59, p. 48-54, 2014.

COWEY, C. B.; CHO, C. Y. Nutritional strategies and aquaculture waste. In: CHO, C. Y.; COWEY, C. B. (Eds.), Proceedings of the 1st International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Wastes using biological approaches. University of Guelph, Guelph, ON, Canada, p. 275–276, 1991.

CRAB, R *et al.* Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v. 270, p. 1 – 14, 2007.

CRAB, *Ret al.* The effect of different carbon sources on the nutritional value of biofloc, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. **Aquaculture Research**, n. 41, p. 559–567, 2010.

DAVIS, D. A.; ARNOLD, C. R. Replacement of fishmeal in practical diets for the Pacific White shrimps, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.18, p.291 – 298, 2000.

D'ABRAMO, L. R.; CONKLIN, D. E.; AKIYAMA, D. M (ed) Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture, **World Aquaculture Society**, Baton Rouge, L. A. USA, v. 6, p. 587, 1997.

DE SCHRYVER, P *et al.* The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, p. 125–137, 2008.

DECAMP, O.; CONQUEST, L.; FORSTER, I.; TACON, A.G.J. The nutrition and feeding of marine shrimp within zero-water exchange aquaculture production system: role of Eukaryotic microorganisms. In: LEE, C. S.; O'BRYEN, P. (Eds.), *Microbial Approaches to Aquatic Nutrition with in Environmentally Sound Aquaculture Production Systems*. **World Aquaculture Society**, p. 79–86, 2002.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, n. 1-4, p. 346-358, 2006.

FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura). O estado mundial da pesca e da aquicultura: contribuição para seguridade alimentar e nutrição para todos. Roma. p. 224, 2016.

GAO, L *et al.* Effects of carbohydrate addition on *Litopenaeus vannamei* intensive culture in a zero-water Exchange system. **Aquaculture**, v. 342, p. 89–96, 2012.

GUILAUME, J. Protein and amino acids. Crustacean Nutrition. In: D'ABRAMO, L. *et al.* (Ed.). **Advocate Word Aquaculture**, v. 6, p. 26-50, 1997.

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 34; p. 344–363, 2006.

HU, Y *et al.* Growth and body composition of juvenile White shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed different ratios of dietary protein to energy. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, ed. 6, p. 499–506, 2008.

JATOBÁ, A *et al.* Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc systems. **Aquaculture**, v. 432, p. 365-371, 2014.

KHANJANI, M. H *et al.* Nursery performance of Pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. **Aquaculture Research**, p. 1–11, 2016.

KURESHY, N.; DAVIS, D. A. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific White shrimps, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 204, ed. 1 – 2, p. 125 – 143, 2002.

LEGARDA, E.C. Berçário de camarão em sistema de bioflocos: densidade de estocagem e substituição artificial. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado) – Curso de Aquicultura, Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 61, 2015.

LEGARDA, E. C *et al.* Açúcar refinado como fonte de carbono no berçário de camarões cultivados em sistema de bioflocos. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 42, ed. 2, p. 443-448, 2016.

LEUNG, P.; TRAN, L. Predicting shrimps disease occurrence: artificial neural networks vs. Logistic regression. **Aquaculture**, v. 187, p. 35 – 49, 2000.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de bioquímica de Lehninger. Porto Alegre: Artmed, ed. 6, p.1298, 2014.

NRC (National Research Council). **Nutrient requirements of fish and shrimp**, Washington: NationalAcademic Press, p. 376, 2011.

PASTORE, C. G. S.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S.; NUNES, J. P. FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J.E.P. (Org.). Formulação de rações e boas práticas de fabricação. In: **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para aquicultura brasileira**. Ed. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, Brasil, p. 295-345, 2012.

PÉREZ FARFANTE, I. **Western Atlantic shrimps of the genus Penaeus**. Fish. Bull. v. 67, n 3, 1969, p. 461-591.

PONTES, C. S.; ARRUDA, M. F. Comportamento de *Litopenaeus vannamei* (Boone) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) em função da oferta do alimento artificial nas fases clara e escura do período de 24 horas. Revista Brasileira de Zoologia, v. 22, n. 3, p. 648 – 652, 2005.

PORTZ, L.; FURUYA, W. M. Energia, Proteína e Aminoácidos. In: **Nutriaqua: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesse para**

Aquicultura Brasileira (PORTZ, L.; FURUYA, W. M. Org.). Ed. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Florianópolis, p. 65, 2013.

PRANGNELL, D. I *et al.* Some limiting factors in superintensive production of juvenile pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in no-water-exchange, biofloc-dominated systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 47, p. 396-413, 2016.

PRUDER, G. D. Biosecurity: application in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 32, n. 3–10, 2004.

RAY, A. J *et al.* Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. **Aquaculture**, v. 310, p. 130–138, 2010.

SAMOCHA, T. M.; LAWRENCE, A. L.; BRAY, W. A. Design and operation of an intensive nursery raceway system for penaeid shrimp. In: CRC Handbook of Mariculture Crustacean. **Aquaculture**, v. 1, ed. 2, p. 173–210, 1993.

SAMOCHA, T. M *et al.* Raceway nursery production increases shrimp survival and yields in Ecuador. **Global Aquaculture Alliance**, v.3, ed. 6, p. 66–68, 2000a.

SHIAU, S. Y. Nutrient requirements of penaeid shrimps. **Aquaculture**, v. 164, p. 77-93, 1998.

SOARES, M. *et al.* Replacement of fish meal by protein soybean concentrate in practical diets for Pacific white shrimp. **Revista Brasileira de Zootecnia** (Online), v. 44, p. 343-349, 2015.

SOOKYING, D.; DAVIS, D. A.; SILVA, F.S.D. A review of the development and application of soybean-based diets for Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 441-448, 2013.

TACON, A. G. J *et al.* Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, p. 121-137, 2002.

TRAN, L *et al.* Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. **Diseases of aquatic organisms**. v. 105, p. 45 – 55, 2013.

VELASCO, M *et al.* Dietary protein requirement for *Litopenaeus vannamei*. In L. E. CRUZ-SUÁREZ, D. RICQUE-MARIE, M. TAPIA-SALAZAR, M. A. OLVERA-NOVOA, AND R. CIVERA-CERECEDO (Ed.). **Avances em Nutrición Acuícola V. Memorias el V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**: Mérida, Yucatán, México, p. 19–22. 2000.

WASIELESKY, W *et al.* Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 396-403, 2006.

6. ANEXOS

Anexo 1. Preparo e fabricação das dietas utilizadas no experimento para fase inicial de cultivo do *L. vannamei*.



Foto: Joaquim Soares e Fernanda Henriques.

Anexo 2. Sala experimental, disposição das unidades experimentais e substratos artificiais.



Foto: Carlos Andrés Díaz.

Anexo 3. Biometria semanal.



Foto: Fernanda Henriques.