



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

NÍVEL E FONTE DE PROTEÍNA NA ALIMENTAÇÃO DO
CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* CULTIVADO NA PRESENÇA DE
BIOFLOCOS

Tese apresentada como requisito à
obtenção do título de Doutor em
Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias,
Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Walter Quadros Seiffert
Coorientador: José L. Pedreira Mourinho

Adolfo Jatobá Medeiros Bezerra

Florianópolis
2014

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

Jatobá, Adolfo

NÍVEL E FONTE DE PROTEÍNA NA ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO
Litopenaeus vannamei CULTIVADO NA PRESENÇA DE BIOFLOCOS /
Adolfo Jatobá ; orientador, Walter Quadros Seiffert ;
coorientador, José L. Pedreira Mouriño. - Florianópolis,
SC, 2014.

97 p.

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

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Nutrição. 3. Aminoácidos. 4.
Composição Centesimal. 5. Camarão Branco do Pacífico. I.
Quadros Seiffert, Walter . II. Mouriño, José L. Pedreira .
III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Nível e fonte de proteína na alimentação do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado na presença de bioflocos

Por

ADOLFO JATOBÁ MEDEIROS BEZERRA

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

DOUTOR 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. Walter Quadros Seiffert – *Orientador*

Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes

Dr. Artur de Lima Preto

Dra. Débora Machado Fracalossi

Dr. Sérgio Winckler da Costa

Dedico aos amigos que passaram a ser minha família durante esta caminhada, à minha mãe Mauricea, irmãs Juliana e Gabriela, pelo apoio, paciência, amor a mim dedicado. Este trabalho não faria sentido algum sem vocês.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Aquicultura, em especial ao Carlito, Jussara e Borsói que me acolheram não apenas durante o doutorado, mas durante toda minha vida acadêmica;

Aos funcionários do LCM e Yakult, por todo o apoio e amizade;

Ao meu orientador Walter Seiffert por seus conselhos, apoio, e ter acreditado em mim quando eu mesmo não acreditava;

As professoras Margherita Barraco e Débora Fracalossi pelas cobranças e advertências merecidas;

Ao meu co-orientador e amigo José Mourião pelos ensinamentos e discussões que tanto aprimoraram este trabalho;

Ao meu “orientador” e amigo, Felipe do Nascimento Vieira, por tudo, grande exemplo de profissionalismo e determinação;

Ao amigo, Bruno Corrêa da Silva, por sempre estar onde era preciso, meus dois braços direitos;

Aos amigos de laboratório, Gabi Cristina, Gabriel, Carlos, Norha, Marcello, Tárík, Mari, Scheila, Carlos, por todo apoio e amizade durante a execução deste projeto;

Ao MPA, FINEP, CNPq e CAPES por parte do apoio financeiro concedido para a realização deste projeto;

A IMCOPA, NICOLOZZI e GUABI, por parte do apoio financeiro na execução deste projeto;

Ao Instituto Federal Catarinense por permitir a minha participação neste trabalho;

Aos meus alunos, por me mostrarem a verdadeira razão que me dediquei a este trabalho;

Aos meus amigos, Delano, Aninha, Gabriela Santiago, Assis, Scheila, pelos momentos de descontração;

A minha namorada, amiga e companheira, Débora Link, por todo amor, carinho e principalmente paciência, durante a execução deste trabalho;

A minha família, em especial minhas irmãs, Juliana e Gabriela, pelo apoio de sempre;

A minha mãe, Mauricea, que sempre acreditou no meu sucesso, independente das minhas escolhas, sempre disposta a me aconselhar, apoiar e ajudar, mesmo consciente que elas nos afastariam fisicamente;

Em fim, a Deus e quaisquer outros que de alguma forma contribuíram durante esta caminhada.

RESUMO

Estudos sobre a exigência proteica e fontes alternativas para o camarão marinho são de extrema importância para o desenvolvimento da carcinicultura, porém o suprimento desse nutriente pode variar de acordo com o sistema de cultivo. O objetivo deste estudo foi comparar a influência do nível de proteína em dois sistemas de cultivo, e avaliar a substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja para *Litopenaeus vannamei*. No primeiro estudo, foram formuladas quatro dietas com diferentes níveis de proteína (243, 303, 329, 367 g de proteína bruta por kg de ração), para alimentar camarões nos sistemas semi-intensivo e superintensivo em biofoco. O nível de proteína nas dietas não interferiu nos parâmetros de qualidade de água, em ambos os sistemas avaliados. No sistema semi-intensivo é necessário 330 g de proteína por kg de ração, enquanto que, no superintensivo em biofocos 303 g, para obter os melhores índices zootécnicos e menor custo. Na segunda etapa, foi avaliada a substituição da proteína da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja e para isto foram formuladas quatro dietas (0, 33, 66 e 100% de substituição) para sistema superintensivo de biofocos. Após o cultivo, não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros de qualidade de água, entretanto a substituição alterou a composição centesimal e perfil de aminoácidos do biofoco. Os camarões alimentados com 33% de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja obtiveram o mesmo desempenho e menor consumo que animais alimentados sem a substituição, demonstrando a viabilidade na substituição de 33%. Com isto, conclui-se que o *L. vannamei* necessita de quantidades diferentes de proteína, de acordo com o sistema de cultivo, e que a substituição de 33% da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja é viável no cultivo superintensivo em biofocos.

Palavras-chave: camarão branco do pacífico, nutrição, aminoácidos, composição centesimal.

ABSTRACT

LEVEL AND SOURCE OF PROTEIN IN FEED SHRIMP *Litopenaeus vannamei* CULTURED IN THE PRESENCE OF BIOFLOCS

Studies about protein requirement and alternative sources for marine shrimp are of utmost importance for the development of shrimp culture, but the supply of this nutrient may vary according to the culture system. The aim of this study was to compare the influence of protein level in two cropping systems, and evaluate the replacement of fishmeal by soybean protein concentrate for *Litopenaeus vannamei*. In the first study, four diets with different protein levels (243, 303, 329, 367 g crude protein per kg of diet) were formulated to feed shrimp in semi-intensive and super-intensive systems biofloc. The level of protein in the diets did not affect the water quality parameters in both systems evaluated. In semi-intensive system 330 g of protein per kg feed is needed, whereas in biofloc system the shrimp need 303 g for best performance indexes and lower cost. In the second stage, was evaluated the replacement of the fishmeal protein by soy protein concentrate, four diets were formulated (0, 33, 66 and 100% replacement) to superintensive bioflocs system. After culture, no significant differences were observed in the parameters of water quality, however the substitution altered the chemical composition and amino acid profile of biofloc. Shrimps fed with 33% replacement of fishmeal by soybean protein concentrate achieved the same performance and lower consumption than animals fed without replacement, demonstrating the feasibility of replacing 33%. With this, it is concluded that *L. vannamei* require different amounts of protein, according to the cultivation system, and that the replacement of 33% of fish meal by soy protein concentrate is viable in superintensive biofloc system.

Keywords: pacific white shrimp, nutrition, amino acids, chemical composition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Média da variação do total de sólidos suspensos (A) e volume de floco (B) ao longo do cultivo do *Litopenaeus vannamei*, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta (PB), em sistema superintensivo na presença de biofocos. 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação das quatro dietas experimentais para de camarões marinhos (<i>L. vannamei</i>) cultivados em sistema superintensivo de biofocos e semi-intensivo convencional.....	40
Tabela 2. Composição centesimal e perfil de aminoácidos das dietas experimentais para de camarões marinhos (<i>L. vannamei</i>) cultivados em sistema superintensivo de biofocos e semi-intensivo convencional.....	47
Tabela 3. Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) de camarões marinhos (<i>L. vannamei</i>) em sistema superintensivo de biofocos e semi-intensivo alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta (PB).	48
Tabela 4. Composição centesimal (média \pm desvio padrão) da matéria seca do <i>L. vannamei</i> cultivado em sistema superintensivo de biofocos, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta (PB) e do biofoco suspenso no sistema.	49
Tabela 5. Média do custo bruto relativo à dieta do kg de camarão marinho (<i>L. vannamei</i>) alimentado com diferentes dietas em sistema superintensivo de biofocos e sistema semi-intensivo.	50
Tabela 6. Formulação das dietas experimentais para de camarões marinhos (<i>L. vannamei</i>) cultivados em sistema superintensivo de biofocos com diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.	65
Tabela 7. Composição centesimal e aminograma das dietas experimentais para de camarões marinhos (<i>L. vannamei</i>) cultivados em sistema biofocos com diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.	69
Tabela 8. Parâmetros de qualidade de água (média \pm desvio padrão) do cultivo de camarões marinhos (<i>L. vannamei</i>), em sistema biofocos, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.	70
Tabela 9. Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) de camarões marinhos (<i>L. vannamei</i>) cultivados em biofocos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.	71
Tabela 10. Composição centesimal e aminograma da matéria seca do biofoco dos tanques de camarões marinhos (<i>L. vannamei</i>), cultivados em sistema Biofocos, e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.....	72

Tabela 11. Colesterol e composição centesimal da matéria seca de camarões marinhos (*L. vannamei*), cultivados em sistema bioflocos, e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja. 73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Avaliação do concentrado proteico de soja (CPS) como substitutivo da farinha de peixe (FP) na aquicultura.	31
---	----

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	7
RESUMO	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
LISTA DE QUADROS	17
CAPÍTULO I.....	23
REVISÃO: NUTRIÇÃO, BIOFLOCO E CONCENTRADO PROTEICO DE SOJA NO CULTIVO DO CAMARÃO MARINHO <i>Litopenaeus vannamei</i>	23
1. INTRODUÇÃO.....	24
1.1 Cultivo superintensivo de camarões em sistema de biofoco.....	25
1.2 A proteína na nutrição de camarões marinhos cultivados e sua relação com o biofocos	27
1.3 Concentrado proteico de soja na aquicultura	29
2. JUSTIFICATIVA.....	32
3. OBJETIVO.....	33
Objetivo geral.....	33
Objetivos específicos	33
4. FORMATAÇÃO DOS ARTIGOS	34
CAPÍTULO II	35
Nível de proteína bruta nas dietas para juvenis de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema semi-intensivo e superintensivo em biofoco	35
5. RESUMO	36
6. ABSTRACT	37
7. INTRODUÇÃO.....	38
8. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
8.1 Dietas experimentais	39
8.2 Engorda em sistema Semi-intensivo.....	40

8.2.1	Material Biológico.....	40
8.2.2	Preparo dos viveiros e delineamento experimental ...	41
8.2.3	Manejo alimentar e parâmetros de qualidade de água	41
8.2.4	Índices Zootécnicos	41
8.3	Engorda em sistema superintensivo de bioflocos.....	42
8.3.1	Material biológico	42
8.3.2	Preparo das unidades experimentais.....	42
8.3.3	Delinamento experimental e manejo	42
8.3.4	Parâmetros de qualidade de água	43
8.3.5	Índices zootécnicos.....	43
8.3.6	Composição centesimal dos camarões e lodo.....	43
8.3.7	Custo da ração e sua influência no custo do quilograma do camarão produzido	44
8.4	Análise estatística.....	44
9.	RESULTADOS	44
9.1	Dietas experimentais	44
9.2	Parâmetros de qualidade de água	44
9.3	Índices zootécnicos	45
9.4	Composição centesimal do camarão e bioflocos	45
9.5	Custo do camarão	50
10.	DISCUSSÃO.....	50
11.	CONCLUSÃO	54
12.	AGRADECIMENTOS.....	54
13.	REFERÊNCIAS	54
CAPÍTULO III.....		59
Substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja para juvenis do <i>Litopenaeus vannamei</i> em bioflocos		59
14.	RESUMO	60
15.	ABSTRACT	61

16.	INTRODUÇÃO.....	62
17.	MATERIAL E MÉTODOS.....	63
17.1	Estratégia de formulação de dietas	64
17.2	Preparo e análise das dietas	64
17.3	Análises das dietas.....	64
17.4	Material biológico	65
17.5	Unidades experimentais.....	66
17.6	Delineamento experimental e manejo alimentar	66
17.7	Parâmetros de qualidade de água.....	67
17.8	Índices zootécnicos.....	67
17.9	Composição centesimal e aminograma dos camarões e bioflocos	67
17.10	Análise Estatística	67
18.	RESULTADOS	68
18.1	Dieta experimental.....	68
18.2	Parâmetros de qualidade de água.....	68
18.3	Índices zootécnicos.....	68
18.4	Composição centesimal do bioflocos e camarão	68
19.	DISCUSSÃO.....	73
20.	CONCLUSÃO.....	76
21.	AGRADECIMENTOS	76
22.	REFERÊNCIAS	77
	CONCLUSÕES GERAIS	85
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO	89
	ANEXO I	95
	ANEXO II	96
	ANEXO III.....	97

CAPÍTULO I

**REVISÃO: NUTRIÇÃO, BIOFLOCO E CONCENTRADO
PROTEICO DE SOJA NO CULTIVO DO CAMARÃO MARINHO**
Litopenaeus vannamei

1. INTRODUÇÃO

O cultivo dos crustáceos é denominado de carcinicultura, sendo os camarões os principais representantes, podendo ser cultivados em ambientes dulcícolas, marinhos e estuarinos. Em 2010, os camarões contribuíram com 70% da produção dos crustáceos, totalizando aproximadamente 4,2 milhões de toneladas, registrando um aumento na atividade de 13,6%, entre os anos de 2001 a 2010 (FAO, 2012).

Esta expansão foi estimulada pelo aumento na demanda, estagnação da produção de camarões oriundos da pesca e do aumento das áreas de produção e/ou intensificação dos cultivos, principalmente em regiões de clima tropical como Ásia e América Latina (FAO, 2012).

Entretanto, a intensificação desordenada, acompanhada de más práticas de manejo gera poluição, principalmente por meio da ração não consumida e fezes produzidas no ambiente de cultivo (READ; FERNANDES, 2003), podendo ocasionar desequilíbrio ambiental e consequentemente o surgimento de enfermidades.

As principais enfermidades na carcinicultura têm origem bacteriana e viral, destacando-se: Síndrome da Taura (TSV, *Taura Syndrome Virus*), Síndrome da Cabeça Amarela (YHV, *Yellow-Head Virus*), Síndrome da Mancha Branca (WSSV, *White Spot Syndrome Virus*), e mais atualmente Síndrome da Mortalidade Precoce (EMS, *Early Mortality Syndrome*), também conhecida como Síndrome da Necrose Hepatopancreática Aguda (AHPNS, *Acute Hepatopancreatic Necrosis Syndrome*). Todas estas enfermidades vêm causando prejuízos em diversos países produtores como China, Tailândia, Equador e Brasil (LIGHTNER; REDMAN, 1988; READ; FERNANDES, 2003; FLEGEL, 2006; BIAO; KAIJIN, 2007; LIGHTNER et al., 2012a; 2012b).

Entre as bactérias, destacam-se as do gênero *Vibrio*, responsáveis pelas maiores perdas na larvicultura e intensificação das mortalidades quando associada às doenças viriais, como a WSSV (AUSTIN; AUSTIN, 2007; PHUOC et al., 2009).

Todas as enfermidades, independente da origem (bacteriana ou viral), possuem um ponto em comum, estão associadas à má qualidade do ambiente de cultivo, eutrofização e variações dos parâmetros de qualidade da água (LIGHTNER; REDMAN, 1988; GRIMÓN, 2003; READ; FERNANDES, 2003; FLEGEL, 2006; AUSTIN; AUSTIN, 2007; BIAO; KAIJIN, 2007; LIGHTNER et al., 2012a; 2012b).

Para o enfrentamento das enfermidades, diversas alternativas são utilizadas na carcinicultura, entre elas a adoção de medidas preventivas

(LEUNG; TRAN, 2000) como a utilização de probióticos e prática de policultivo com tilápias (GRIMÓN, 2003; JATOBÁ et al, 2008; 2011); medidas que promovem a biossegurança dos cultivos (GRILLO et al., 2000), por meio do uso de larvas livres de patógenos (SPF, *Specific Pathogen Free*), desenvolvimento de técnicas sem renovação de água (PRUDER, 2004) e o cultivo superintensivo em biofloco (WASIELESKY et al., 2006).

No Panamá, a biossegurança foi melhorada em fazendas endêmicas com WSSV através da redução da troca de água e presença de bioflocos. Esta condição gerou uma provável redução de vetores no sistema, proporcionando uma sobrevivência média de 80% nos cultivos, com um retorno econômico significativo (GRILLO, 2000).

Entretanto, para promover o desenvolvimento do cultivo de camarões em bioflocos necessitam-se melhorias na remoção de sólidos totais da água, aeração, manejo e nutrição (MCINTOSH, 2000b). Este último, a nutrição (dieta), é uma das maiores preocupações para os produtores de camarão (AKIYAMA; DOMINY; LAWRENCE, 1992; SARAC et al., 1993), pois representa mais de 50% do custo variável do cultivo de camarões marinhos (LAWRENCE; LEE, 1997). Isto justifica o interesse em estudos nutricionais com intuito de reduzir este custo, por meio da redução de proteína, redução do uso da farinha de peixe, ou mesmo, avaliação de ingredientes alternativos para as novas formulações.

1.1 Cultivo superintensivo de camarões em sistema de biofloco

O cultivo em sistema de bioflocos é aplicado em fazendas comerciais na Ásia, América Central e do Sul, assim como em menor escala, nos Estados Unidos da América, Coreia do Sul, Brasil, Itália, China, entre outros. Na década de 80 e 90, países como: Israel, Estados Unidos da América (Waddell Mariculture Center) e Belize tiveram início as pesquisas para aprimorar o conhecimento sobre a dinâmica dos nutrientes e micro-organismos presentes na água de cultivo (EMERENCIANO; GAXIOLA; CUZON, 2013).

Atualmente, a tecnologia de cultivo em biofloco está em destaque, devido o interesse em sistemas fechados (com o mínimo ou nenhuma troca de água), com maior biossegurança, e vantagens ambientais e de *marketing* sobre os sistemas convencionais (extensivo e semi-intensivo) (EMERENCIANO; GAXIOLA; CUZON, 2013),.

Nestes sistemas, a água é reutilizada, minimizando os riscos da entrada de um agente patogênico, assim como o escape de uma espécie exótica, poluição do ambiente adjacente, o tornando ambientalmente

amigável (SCHUUR, 2003; PRUDER 2004; AVNIMELECH, 2006; TAW, 2010; EMERENCIANO; GAXIOLA; CUZON, 2013). Por não realizar renovações de água, ter cobertura do fundo dos viveiros com geomembrana e possibilitar o uso de larvas livres de patógenos específicos (SPF, *Specific Pathogen Free*), este sistema de cultivo é reconhecido por oferecer uma maior biossegurança que os convencionais (MCINTOSH, 2001). Além de promover a sustentabilidade, o cultivo superintensivo de biofoco permite a prática da carcinicultura marinha longe das áreas costeiras, possibilitando uma maior expansão da atividade, já que necessita de pequenos volumes de água.

Os cultivos superintensivos de camarões em biofocos são altamente tecnificados, utilizando viveiros menores (máximo 0,4 ha), alta densidade de cultivo (200-900 camarões.m⁻²), sem troca de água e formação de flocos microbianos em suspensão (WASIELESKY et al., 2006). Uma produtividade elevada pode ser alcançada trabalhando a relação entre Carbono/Nitrogênio (C:N) na água do cultivo para manter uma boa formação do foco microbiano (AVNIMELECH, 1999).

Os flocos microbianos ou biofocos são agregados microbianos com uma mistura complexa, compostos por bactérias, algas, fungos, protozoários, rotíferos, nematóides, entre outros. Estes biofocos são uma biomassa microbiana, resultante da conversão de detritos orgânicos, sendo consumida regularmente pelos camarões durante o cultivo (CUZON et al., 2004, WASIELESKY et al., 2006). Além de proteína, os flocos contêm quantidades importantes de macronutrientes e micronutrientes assim como aminoácidos e ácidos graxos (MOSS; FOSTER; TACON, 2006). Esse consumo contribui duplamente para a dinâmica do cultivo, pois além de constituir uma fonte para a nutrição dos camarões é um eficiente instrumento de reciclagem dos nutrientes através da biomassa de animais cultivados (MCINTOSH, 2001).

A sua importância não está restrita à alimentação, pois a produtividade “natural” do biofoco é importante para reciclagem dos nutrientes, manutenção da qualidade de água (MCINTOSH, 2000a; RAY et al., 2010), podendo controlar a proliferação de bactérias patogênicas, reduzindo o surgimento de enfermidades (MICHAUD et al., 2006).

Na carcinicultura, o cultivo superintensivo em biofocos pode ser utilizado para berçários e sistemas de engordas (mais intensivos e utilizando menores volumes de água), para programas de melhoramento genético, permitindo a manutenção de um grande número de animais, além de obter um maior controle sobre o ambiente de cultivo, como “probiótico natural”, pois as bactérias presentes no biofoco podem

exercer um biocontrole efetivo contra ectoparasitos e *Vibrios sp.*, e sistemas aquapônicos, através da produção sustentável de vegetais, utilizando efluentes com elevadas concentrações como nitrogênio e fósforo (EMERENCIANO; GAXIOLA; CUZON, 2013).

Apesar de todos estes atributos e por ser uma alternativa para expansão e desenvolvimento da carcinicultura, o sistema de cultivo em bioflocos ainda carece de pesquisas, seja para melhorar as técnicas de manejo, aeração e/ou nutrição (MCINTOSH, 2000b).

1.2 A proteína na nutrição de camarões marinhos cultivados e sua relação com o bioflocos

Atualmente, o *Litopenaeus vannamei* é a espécie de camarão marinho mais cultivado no mundo (FAO, 2012). Para produção de 1 kg de camarão é necessário de 1 a 3 kg de ração (NAYLOR et al., 2000). Em estudos laboratoriais, o *L. vannamei* demonstrou uma necessidade de 35 a 46% de proteína bruta na sua dieta (GUILLAUME, 1997), sendo este ingrediente o maior limitante para o seu crescimento (KURESHY; DAVIS, 2002; FAO, 2012).

A principal fonte proteica utilizada nas dietas comerciais de camarões marinhos é a farinha de peixe, por apresentar um bom perfil de aminoácidos essenciais, ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais, além de possuir boa palatabilidade e digestibilidade (DAVIS; ARNOLD, 2000; SOOKYING, DAVIS, SILVA, 2013). Entretanto, sua produção está estagnada e seu valor de mercado oscila de acordo com a disponibilidade e demanda do mercado (FAO, 2009).

Associado com a expansão da carcinicultura e o consequente aumento do consumo da farinha de peixe para produção de ração para espécies aquáticas, a aquicultura mundial vem buscando alternativas para reduzir a dependência deste ingrediente (farinha de peixe) (NAYLOR et al., 1998).

A utilização dos nutrientes pelos camarões é influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos, entre eles a disponibilidade de alimento no ambiente de cultivo (CUZON et al., 2004). O cultivo superintensivo em bioflocos é caracterizado por disponibilizar alimento natural no ambiente de cultivo (AVNIMELECH, 1999; AVNIMELECH, 2006; BURFORD et al., 2003; MCINTOSH, 2000a; MICHAUD et al., 2006; WASIELESKY et al., 2006; TAW, 2010). Este alimento consiste em diatomáceas, macroalgas, restos de fezes e ração, exoesqueletos, bactérias e invertebrados, formando um agregado de matéria orgânica viva e morta que se encontra suspensa na água do cultivo (HARGREAVES, 2006; TAW, 2010).

Desta forma, o cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos pode torna-se uma alternativa interessante para redução de custos com a dieta, seja através da redução proteica (BURFORD et al., 2004; CUZON et al., 2004) e/ou a substituição da farinha de peixe (HART;BHARADWAJ; BROWN, 2004; BROWDY et al., 2006), pois parte do alimento necessário para os camarões está disponível no ambiente de cultivo.

Ao avaliar dietas contendo 40% de proteína bruta e 25% mais adição de carbono (que estimula um ambiente heterotrófico, bioflocos), não foi observada diferenças significativas no desempenho zootécnico dos camarões (HARI et al., 2006). Este resultado demonstra a possibilidade de reduzir a concentração proteica da dieta de 25 – 35% (utilizada nos sistemas de cultivo convencional) para 18 – 24% (utilizada nos sistemas de bioflocos) (MCNEIL, 2000).

Isto pode estar relacionado com o “fator desconhecido de crescimento” presente no bioflocos. Esta fonte de nutrientes atua como um bom suplemento nutricional, por ser fonte de ácidos graxos, aminoácidos e minerais (microminerais e macrominerais). Além de possuir alguns aminoácidos essenciais como treonina, lisina, valina e um teor proteico acima de 25% de proteína bruta. Porém os bioflocos não podem ser utilizados comoprincipal e/ou única fonte de alimento (CHAMBERLAIN et al., 2001; TACON et al., 2002; WILLIAMS et al., 2005).

A fonte de proteína e suas inclusões na dieta podem impactar de forma distinta o desempenho dos camarões, caso estas forem usadas considerando um devido entre os nutrientes e energia das dietas (BURFORD et al., 2004; CUZON et al., 2004; FAO 2009).

Ao comparar dietas formuladas com 35% de proteína, utilizando farinha de peixe e ingredientes vegetais orgânicoscomo fonte proteica, em tanques com algas verdes sem renovação de água, Browdy et al. (2006) não encontraram diferenças na biomassa final da despesca, ganho de peso, sobrevivência e conversão alimentar, entre camarões (*Litopenaeus vannamei*). O desempenho zootécnico semelhante foi observado para *L. vannamei* cultivado em sistema superintensivo de bioflocos alimentados com dietas de 35% de PB, seja a proteína de origem animal (farinha de peixe) ou vegetal (farelo de soja) (RAY et al., 2010). Entretanto, estes trabalhos podem ter sido realizados com excesso de proteína para o sistema de cultivo em questão, dificultando a observação da substituição.

O bioflocos no sistema superintensivo para *L. vannamei* tem o potencial de promover o crescimento e eficiência alimentar, reduzindo

o custo com a alimentação no cultivo de camarões (BURFORD et al., 2004; WASIELESKY et al., 2006). Burford et al. (2004) observaram que mais de 29% do alimento diário pode ser substituído pelo bioflocos, podendo reduzir até 30% do consumo de ração (EMERENCIANO; GAXIOLA; CUZON, 2013). Para juvenis de tilápia foi possível reduzir de 30 para 20% a proteína bruta na dieta, quando cultivada em sistema de bioflocos, representando uma redução de US\$ 0,29 por kg de ração (ANVIMELECH, 2006).

Existem diversos trabalhos sobre nutrição do *L. vannamei*. Entretanto, há necessidade de realizar comparações entre os sistemas convencionais (extensivo e semi-intensivo) e cultivo superintensivo de bioflocos, quanto a sua exigência proteica na dieta, e assim possibilitar o desenvolvimento de dietas para cada sistema de cultivo, separadamente.

1.3 Concentrado proteico de soja na aquicultura

Os ingredientes de origem proteica podem ser divididos em dois grupos, os de origem vegetal (farelo de caroço de algodão, soja, canola, amendoim, entre outros) e origem animal (farinha de carne, carne e ossos, pena hidrolisada, sangue, vísceras, entre outras) (FAO, 2009). Atualmente, estudos nutricionais visam encontrar um ingrediente renovável, com elevada concentração de proteína, bom perfil de aminoácidos essenciais e menor/semelhante custo em relação à farinha de peixe (HARDY, 2010; RAY et al., 2010; SOOKYING, DAVIS, SILVA, 2013).

O uso de fontes proteicas de origem vegetal tornou-se o foco dos estudos de substituição de proteína marinha na alimentação de camarão em todo o mundo por causa de seu nível de proteína aceitável, conteúdo de aminoácidos adequado, oportunidades econômicas, qualidade consistente e ser considerado um ingrediente renovável (SOOKYING, DAVIS, SILVA, 2013).

Ao selecionar um ingrediente de origem vegetal para produção de dietas para camarões marinhos, este necessita ter características como: baixos teores de fibra, amido e fatores antinutricionais (GATLIN et al., 2007; SOOKYING, DAVIS, SILVA, 2013). Entretanto, a fabricação de dietas com 100% de proteína de origem vegetal pode ser limitada, devido ao balanço inadequado ou déficit de alguns aminoácidos (especialmente metionina e lisina), baixos níveis de ácidos graxos poli-insaturados, presença de fatores antinutricionais, toxinas, resíduos químicos, além da redução na atratividade e palatabilidade das dietas (DAVIS; ARNALD, 2000; NUNES et al., 2006; AMAYA et al., 2007a; 2007b).

Entre os ingredientes de origem vegetal, a soja e seus derivados estão em destaque por possuírem alto teor proteico, bom balanço de aminoácidos, boa digestibilidade para o camarão, preço com menor oscilação que a farinha de peixe, possibilidade de estocagem por longos períodos, além de ser considerada uma fonte de proteína renovável (SOOKYING, DAVIS, 2011; SOOKYING, DAVIS, SILVA, 2013).

Dos derivados de soja, o concentrado proteico demonstra ser promissor, pois possui um melhor perfil de aminoácidos e digestibilidade (energética e proteica) que os demais derivados. Além de conter menor quantidade de fatores antinutricionais que os demais derivados da soja, eliminados durante o processo de purificação da proteína (SUÁREZ et al., 2009).

O concentrado proteico de soja é obtido por meio de uma lavagem com etanol ou hexano, para remoção do óleo e da fração não proteica solúvel em água, extraindo açúcares não digestíveis (rafinose e estaquiose) presentes nos grãos de soja. A lavagem em solução alcoólica propicia a remoção (ou redução) e desnaturação de fatores antinutricionais da soja como: gossípol, os antígenos e fito-hormônios, a eliminação de lipídios residuais, resultando em um produto com aroma e sabor suaves e melhorando a digestibilidade em relação a quaisquer outros derivados da soja (CARVALHO, 2011; SOOKYING, DAVIS, SILVA, 2013). Este processo garante que o concentrado proteico de soja, sem umidade, tenha concentração mínima de 59% de proteína bruta (FAO, 2009), podendo atingir valores próximos de 70% (CARVALHO, 2011).

Apesar de ser considerado um possível substitutivo da farinha de peixe, poucas são as informações em dietas práticas para animais aquáticos. No quadro 1 observam-se alguns resultados obtidos na utilização do concentrado proteico de soja no cultivo de peixes e crustáceos. Há poucos resultados e alguns divergem entre si, tornando de grande importância estudos para avaliar a substituição da farinha de peixe no cultivo de camarões marinhos (GATLIN et al., 2007; SÁ et al., 2013).

Quadro 1. Avaliação do concentrado proteico de soja (CPS) como substitutivo da farinha de peixe (FP) na aquicultura.

Dieta	Espécie	Resultado e/ou Conclusão	Referência
0, 25, 50, 75 e 100% de substituição da FP pelo CPS	<i>Penaeus monodon</i>	17,5% de substituição não compromete o desenvolvimento	PARIPATANANONT et al. (2001)
0, 25, 50, 75, 87,5 e 100% de substituição da FP pelo CPS	<i>Paralichthys olivaceus</i>	Quanto maior a substituição, menor o consumo, redução no crescimento	DENG et al. (2006)
28, 60, 80 e 100% de substituição da FP pelo CPS	<i>Gadus morhua</i>	Pode substituir totalmente na dieta, ou 50% combinado com outro ingrediente	WALKER et al. (2010)
100% de substituição da FP pelo CPS, com e sem suplementação de metionina	<i>Oreochromis moticus</i>	A substituição não interferiu na sobrevivência, mas reduziu o consumo	ZHAO et al. (2010)
0, 33, 57 e 77% de substituição da FP pelo CPS	<i>Lutjanus analis</i>	Redução do consumo, devido à baixa palatabilidade das dietas	FREITAS, NUNES, SÁ, (2011)
0, 25, 50, 75 e 100% de substituição da FP pelo CPS e farinha de biofloco	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Sem diferença significativa entre os tratamentos	BAUER et al. (2012)
0, 4, 8 e 12% de inclusão do CPS	<i>Litopenaeus vannamei</i>	A inclusão de até 12% pode ser utilizada comercialmente sem comprometer o desempenho dos animais	SOOKYING e DAVIS (2012)
0, 20, 30 e 40% de CPS	<i>Seriola lalandi</i>	20% de CPS pode ser utilizado nas formulações, quando peixe cultivado em temperatura ótima	BOWYER et al. (2013)
0, 25, 50, 75 e 100% de substituição da FP pelo CPS com dois níveis de inclusão de óleo de peixe	<i>Litopenaeus vannamei</i>	A substituição pode ocorrer sem efeitos negativos, utilizando o óleo de peixe como fonte de lipídios	SÁ et al. (2013)
30 a 60% de CPS, suplementado ou não com taurina	<i>Totoaba macdonaldi</i>	Aumento da inclusão do CPS reduziu algumas atividades metabólicas	BANUELOS-VARGAS et al. (2014)

2. JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas foi observado um crescimento na aquicultura mundial e este desenvolvimento está relacionado com a modernização dos sistemas de produção. Para a carcinicultura, uma das alternativas à modernização chegou por meio da produção em sistema superintensivo de bioflocos. Este sistema é acompanhado de novas perspectivas para o setor produtivo, assim como novos desafios, pois se trata de uma dinâmica diferente do que normalmente empregada nos sistemas convencionais (extensivo e semi-intensivo).

Evoluir a compreensão das necessidades nutricionais dos animais neste “novo” ambiente de cultivo é um desafio, pois a ração representa mais de 50% do custo de produção de um empreendimento aquícola. O nutriente mais dispendioso das dietas é a proteína, que tem como uma das principais fontes a farinha de peixe, devido ao seu excelente perfil de aminoácidos e ácidos graxos essenciais.

O aumento da demanda pela farinha de peixe, associado com a estagnação da sua produção, promove um constante aumento de preço deste ingrediente, reduzindo a lucratividade dos empreendimentos aquícolas. Além disto, o pescado utilizado para fabricação de ração poderia ser destinado ao consumo humano direto, na forma *in natura* ou mesmo ração humana, abrindo questionamentos sobre o, uso deste ingrediente para rações.

Para reduzir a dependência da farinha de peixe nas dietas de organismos aquáticos, diversos ingredientes foram avaliados, entre eles podemos destacar: farinha de vísceras, carne, carne e ossos, pena, soja e seus derivados. Entre os derivados da soja, podemos dar destaque ao concertado proteico de soja, pois possui um bom perfil de aminoácido e menos fatores antinutricionais que o farelo de soja, sendo interessante para formulação de dietas para camarões, apesar de possuir baixas concentrações de alguns aminoácidos essenciais como metionina e treonina.

Atualmente, a farinha de peixe é um dos limitantes para um maior desenvolvimento da carcinicultura. O concentrado proteico de soja pode ser considerado uma fonte de proteína para as dietas dos camarões marinhos, pois evita a sobrepesca de peixes para produção de farinha e é feito a partir da soja, ingrediente facilmente armazenado (diferentemente da farinha de peixe), reduzindo o risco em comprometer as margens de lucro da atividade e desenvolvimento da atividade.

Atualmente são observados diversos estudos nutricionais com camarões marinhos em sistema de biofoco, em especial com o *Litopenaeus vannamei*. Porém nenhum deles sugere qual o melhor teor de proteína bruta nas dietas proteína que deve ser utilizada para o *L.vannamei*, cultivado em sistema superintensivo em biofocos, ou mesmo uma comparação entre o sistema de biofoco e os convencionais, nem qual o nível de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja para o *L. vannamei* cultivado em sistema superintensivo. Neste cenário, esta proposta se mostra de caráter inédito, sendo de grande importância à carnicultura (academia e setor produtivo).

3. OBJETIVO

Objetivo geral

Contribuir para o desenvolvimento da carcinicultura, obtendo dietas que proporcionem bom desempenho zootécnico para camarões marinhos (*Litopenaeus vannamei*) cultivados em sistema superintensivo de biofocos.

Objetivos específicos

- a) Comparar o efeito do nível de proteína bruta na dieta para o *L. vannamei*, cultivado em um semi-intensivo e na presença de biofocos.
- b) Avaliar desempenho zootécnico e composição centesimal do *L. vannamei*, alimentados com dietas contendo diferentes níveis proteicos, cultivados em um sistema semi-intensivo e na presença de biofocos.
- c) Avaliar a influência dos diferentes níveis de proteína bruta da dieta, na composição do biofoco e nos parâmetros de qualidade de água do cultivo.
- d) Avaliar desempenho zootécnico e composição centesimal do *L. vannamei*, quando alimentados com dietas com diferentes níveis de substituição proteica da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, em sistemas na presença de biofocos.
- e) Avaliar a influência dos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, na composição do biofoco e nos parâmetros de qualidade de água do cultivo de *L. vannamei*, em sistema na presença de biofoco.

4. FORMATAÇÃO DOS ARTIGOS

A tese está dividida em três capítulos. O primeiro referente à introdução e revisão de literatura e os demais correspondem a um artigo cada. O segundo e terceiro capítulos estão formatados de acordo com as normas da revista *Aquaculture* (QUALIS da CAPES A2, Fator de impacto: 2,009).

CAPÍTULO II

Nível de proteína bruta nas dietas para juvenis de *Litopenaeus vannamei* em sistema semi-intensivo e superintensivo em biofloco

Adolfo Jatobá^{12*}; Bruno Corrêa da Silva¹, Felipe do Nascimento Vieira¹; Jose Luíz Pedreira Mourino¹³; Tárík Massucci Toledo¹; Jairo Sousa da Silva³; Walter Quadros Seiffert¹.

¹ Laboratório de Camarões Marinhos, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 88061-600. ² Laboratório de Aquicultura, câmpus Araquari, Instituto Federal Catarinense (IFC), Rodovia BR 280 km 27, Cx.Postal 21, Araquari, SC, 89245-000. adolfo.jatoba@ifc-araquari.edu.br. bcs85@hotmail.com; felipe.vieira@ufsc.br; jose.mourino@ufsc.br; walter.seiffert@ufsc.br. ³ Bolsista PDI CNPq. ⁴ Fazenda Experimental Yakult, Departamento de Aquicultura (UFSC), Barra do Sul, SC, 88247-000. jairoaacc@yahoo.com.br

*Artigo formatado de acordo com as normas da revista “Aquaculture” (Qualis da capes A2, Fator de impacto: 2,009).

5. RESUMO

Independente do sistema de cultivo empregado, a nutrição é um ponto determinante para o sucesso dos empreendimentos aquícolas. Estudos para aprimorar o conhecimento sobre os alimentos e alimentação dos camarões são de vital importância. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de *Litopenaeus vannamei* cultivados em sistema superintensivo de bioflocos e semi-intensivo convencional quando alimentados com dietas contendo diferentes níveis proteicos, bem como o custo bruto dos camarões em ambos os sistemas relacionado com o volume de ração utilizado. Foram produzidas quatro diferentes dietas com 243, 303, 329, e 367 g.kg⁻¹ de proteína bruta (PB). Foi realizado um cultivo experimental em sistema de bioflocos, utilizando doze unidades de 800 L experimentais com 250 camarões.m³, com tratamentos em triplicata. O cultivo em escala comercial foi realizada em sistema semi-intensivo, utilizando onze viveiros de terra de 1,2 ha povoados com 15,5 camarões.m². Divididos em tréplica entre os tratamentos, exceto o tratamento com 243 g.kg⁻¹ de PB que teve duas repetições. No sistema semi-intensivo os camarões alimentados com dieta com 329 g.kg⁻¹ de PB apresentaram maior peso final, ganho em peso e com menor custo bruto relacionado com a dieta. No cultivo em bioflocos foi observado o maior peso final, ganho em peso, taxa de crescimento específico e produtividade nos camarões alimentados com dieta com 303, 329 e 367 g.kg⁻¹ de PB em relação aos camarões alimentados com dieta com 243 g.kg⁻¹ de PB. No bioflocos o maior consumo de ração foi observado nos tratamentos com 367 e 329 g.kg⁻¹ de PB, o menor no tratamento com 243 g.kg⁻¹ de PB, enquanto o tratamento alimentado com 303 g.kg⁻¹ de PB não diferiu dos demais. Não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros de qualidade de água entre os tratamentos, independente do sistema de cultivo. O menor custo bruto relacionado com a dieta para o cultivo de camarões em sistema de bioflocos foi registrados nos camarões alimentados com 303 g.kg⁻¹ de PB, enquanto no sistema semi-intensivo o melhor resultado foi obtido pelos camarões alimentados com 329 g.kg⁻¹ de PB.

Palavras-chave: camarão branco do pacífico; nutrição; sistemas de cultivo, custo de produção; proteína.

6. ABSTRACT

Regardless of the employee culture system, nutrition is a key to the success of aquaculture developments point. Studies to enhance knowledge about the feed and feed management are vitally important. The objective of this study was to evaluate the growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* cultured in super-intensive system bioflocs and conventional semi-intensive, fed diets with different crude protein levels, as well as the cost of feed shrimp on both systems. The aims of this research were to evaluate the zootechnical performance and dietary cost for the marine shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured in a superintensive biofloc system and a conventional semi-intensive system using diets containing different protein levels. Four different diets, with crude protein (CP) contents of 243, 303, 329 and 367 g.kg⁻¹ were produced. In the laboratory, experimental culture in the biofloc system was performed in twelve experimental units at a density of 250 shrimp.m⁻³, the four treatments were performed in triplicate. The semi-intensive culture system was applied at the commercial farm in eleven ponds containing 15,5 shrimp.m⁻². After 49 days, the zootechnical performance of the shrimp was rated, and the cost per kilogram of shrimp produced by both culture systems. In the semi-intensive system, the shrimp fed with a diet containing 329 g.kg⁻¹ CP showed a higher final weight and weight gain and a lower dietary cost. In the biofloc culture, a higher final weight, weight gain, growth rate and productivity were observed in shrimp fed diets containing 303, 329 and 367 g.kg⁻¹ CP compared with those fed a diet containing 243 g.kg⁻¹. The lowest dietary cost of shrimp farming in the biofloc system was registered in the shrimp fed the 303 g.kg⁻¹ CP diet, whereas, in the semi-intensive system, the highest final weight, highest weight gain and lowest cost were observed in shrimp fed the 329 g.kg⁻¹ CP diet.

Keywords: Pacific white shrimp, nutrition, farming systems, production cost, protein.

7. INTRODUÇÃO

A nutrição de camarões é extremamente importante para tornar a atividade rentável, pois a despesa com a dieta ultrapassa 50% do custo variável de produção de um empreendimento. Entre os macronutrientes presentes nas dietas, a proteína é muito importante, seja pela alta exigência ou pelo seu alto custo. O *Litopenaeus vannamei* necessita de 300 a 440 g.kg⁻¹ de proteína bruta (PB) na sua dieta, de acordo com seu estágio de vida (Rosas et al., 2001; Cuzon et al., 2004). Na fase de engorda comercial, 3 a 16 g, a exigência é de 300 g.kg⁻¹ de proteína digestível (NRC, 2011), sendo este o nutriente mais dispendioso na fabricação de rações.

Desta forma, deve-se utilizar concentrações adequadas de proteína na dieta evitando falta ou excesso, pois esta condição pode prejudicar o crescimento dos animais assim como contribuir na eutrofização dos ambientes de cultivo e áreas adjacentes. Entretanto, a utilização deste macronutriente pode ser afetada por diversos fatores bióticos e abióticos, entre eles o sistema de cultivo (Akiyama et al., 1992; Sarac et al., 1993; Lawrence e Lee, 1997; Cuzon et al., 2004), sendo necessário compreender o efeito da sua oferta nos diferentes sistemas de cultivos.

Em sistemas convencionais, semi-intensivo em viveiros, o alimento natural pode suprir até 70% da exigência nutricional dos camarões, sendo os organismos bentônicos e zooplâncton os principais integrantes de sua alimentação. No sistema de cultivo superintensivo em bioflocos o “alimento natural” é composto por diatomáceas, macroalgas, restos de fezes e ração, exoesqueletos, bactérias e invertebrados, formando um agregado de matéria orgânica viva e morta em suspensão na água do cultivo (Avnimelech, 1999; Mcintosh, 2000; Burford et al., 2003; Martinez-Cordova et al., 2003; Avnimelech, 2006; Hargreaves, 2006; Michaud et al., 2006; Wasielesky et al., 2006; Taw, 2010). Esta disponibilidade de alimento natural permite a redução da proteína na dieta, conseqüentemente no seu custo.

Diversos estudos nutricionais foram realizados visando à utilização de ingredientes alternativos na carcinicultura, principalmente com o objetivo de reduzir ou substituir o uso da farinha de peixe (Hart et al., 2004; Browdy et al., 2006; Amaya et al., 2007; Ray et al., 2010; Kuhn et al., 2010; Scopel et al., 2011 Bauer et al., 2012) no cultivo em bioflocos Entretanto poucos avaliando o efeito do nível proteico da dieta para *L. vannamei* (Mcintost et al., 2001; Cuzon et al., 2004).

De acordo com o sistema de produção, a disponibilidade de alimento natural será influenciada e irá interferir na dependência e

disponibilidade de nutrientes das dietas inertes, como da proteína. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico de camarões marinhos (*L. vannamei*) cultivados em sistema superintensivo de bioflocos e semi-intensivo convencional alimentado com dietas contendo diferentes níveis proteicos, comparando o custo bruto relativo à dieta dos camarões nestes diferentes sistemas de cultivo.

8. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre os meses de março a abril de 2012. O cultivo em sistema superintensivo em bioflocos ocorreu no Laboratório de Camarões Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), na Barra da Lagoa em Florianópolis (27°58' S; 48°44' W) e o cultivo em sistema semi-intensivo convencional na Fazenda Experimental Yakult, no estuário do Rio Itapocu na Barra do Sul (26°32' S; 48°39' W), Santa Catarina, região Sul do Brasil.

8.1 Dietas experimentais

Foram produzidas quatro diferentes dietas com 243, 303, 329, e 367 g.kg⁻¹ de proteína bruta (PB). As dietas foram formuladas com ingredientes disponíveis na indústria brasileira. Como o objetivo era avaliação dos diferentes níveis de proteína, as dietas foram formuladas com os mesmos ingredientes, mantida a relação entre a farinha de peixe (refugo de pesca e subprodutos do beneficiamento) e farelo de soja (1,8 a 1,9), assim como a mesma quantidade de gordura de origem marinha (oriunda da farinha e óleo de peixe) com intuito de garantir semelhança no perfil de ácidos graxos, apesar de não avaliá-los nas dietas (Tabela 1).

As dietas foram produzidas na fábrica da GUABI (Campinas, São Paulo, Brasil), sendo utilizada extrusora comercial com capacidade para cinco toneladas por batida. Amostras de todas as dietas foram enviadas para o Laboratório de Análises Químicas (LABTEC) para realização do aminograma (HPLC, cromatografia líquida de alta eficiência) e confirmação da composição centesimal das dietas segundo metodologia da AOAC (2005).

Tabela 1. Formulação das quatro dietas experimentais para de camarões marinhos (*L. vannamei*) cultivados em sistema superintensivo de biofocos e semi-intensivo convencional.

Tratamento	Ingredientes (g.kg ⁻¹)			
	243	303	329	367
Farinha Peixe (590 g.kg ⁻¹ PB)	210,0	267,0	333,0	403,0
Farelo de Soja (490 g.kg ⁻¹ PB)	110,0	147,0	180,0	220,0
Quirera de Arroz	343,7	279,0	190,0	85,5
Farinha de Trigo	190,0	190,0	190,0	190,0
Lectina de soja	25,0	25,0	25,0	25,0
Óleo Peixe	38,0	32,8	27,3	20,9
Cloreto de Potássio	15,0	14,0	10,0	9,0
Cloreto de Sódio	13,0	12,0	11,0	12,5
Sulfato de Magnésio	10,0	7,9	8,4	8,8
Vitamina-C Monofosfatada	0,3	0,3	0,3	0,3
Caulim	10,0	10,0	10,0	10,0
Fosfato bicálcico	20,0	0,0	0,0	0,0
*Premix vitamínico-mineral	15,0	15,0	15,0	15,0
Farinha de peixe/Farelo de soja	1,9	1,8	1,8	1,8
Gordura de origem marinha	56,4	56,5	56,9	57,3

*Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A, 1 250 000 UI; vitamina D3, 350 000 UI; vitamin E, 25 000 UI; vitamina K3, 500 mg; vitamina B1, 5000 mg; vitamina B2, 4000 mg; vitamina B6; 10 mg; ácido nicotínico, 15 000 mg; ácido pantotênico , 10 000 mg; biotina, 150 mg; ácido fólico, 1250 mg; vitamina C, 25 000 mg; colina, 50 000 mg; inositol, 20 000 mg; ferro 2000 mg; cobre, 3500 mg; quelato de cobre, 15 000 mg; zinco, 10 500 mg; quelato de zinco, 4500 mg; manganês, 4000 mg; selênio, 15 mg; quelato selênio, 15 mg; iodo, 150 mg; cobalto, 30 mg.

8.2 Engorda em sistema Semi-intensivo

8.2.1 Material Biológico

Os camarões utilizados neste estudo foram provenientes da reprodução de uma linhagem livre de patógenos específicos (SPF, do inglês *Specific Pathogen Free*) de notificação obrigatória (WSSV, IHHNV, TSV, IMNV e YHV), pela Organização Internacional de Epizootias (OIE) oriundos da empresa Aquatec Aquacultura LTDA (Rio Grande do Norte, Brasil). As pós-larvas com 20 dias (PL20) foram cultivadas em berçário intensivo de 1,2 ha (100 camarões.m⁻²) até atingirem o peso médio de 4,7 ± 0,3 g. A água do tanque berçário no dia da transferência para os viveiros experimentais apresentava salinidade de 23‰, temperatura 24 °C, oxigênio dissolvido 7,1 mg.L⁻¹, e pH 7,3.

Durante a fase de berçário, os camarões eram alimentados quatro vezes ao dia com dieta comercial com 350 g.kg⁻¹ de proteína bruta (PB),

GUABI EXT35 (mín. 350 g.kg⁻¹ de PB; mín. 75 g.kg⁻¹ extrato etéreo; máx. 100 g.kg⁻¹ de umidade; máx. 50 g.kg⁻¹ fibra bruta; máx. 130 g.kg⁻¹ material mineral; 15 a 30 g.kg⁻¹ Ca; mín. 14,5 g.kg⁻¹ P; máx. 3 g.kg⁻¹ Mg; mín. 8 mg.kg⁻¹ K; de acordo com a fábrica).

8.2.2 Preparo dos viveiros e delineamento experimental

No solo dos viveiros foi aplicado duas toneladas de calcário e meia tonelada de cal virgem, posteriormente o solo foi homogeneizados com tratos equipado de enchada rotativa antes de seu enchimento. A água utilizada no abastecimento dos viveiros (19 % e pH 7,3) foi filtrada em 300 µm. Após o enchimento dos viveiros, a água foi fertilizada na proporção 10 kg de uréia para 1 kg de super fosfato triplo e 1 kg de silicato por ha, para favorecer o crescimento de diatomáceas.

Foram utilizados aproximadamente 2,1 milhões de camarões (*L. vannamei*) com peso médio de 4,7 ± 0,3 g, distribuídos em 11 viveiros escavados com área de 1,14 a 1,26 ha, de forma que a densidade atingisse 15,5 camarões por m². Os tratamentos foram divididos em triplicata, exceto o tratamento com 243 g.kg⁻¹ de PB que teve duas repetições.

8.2.3 Manejo alimentar e parâmetros de qualidade de água

A ração foi fornecida duas vezes ao dia em bandejas (9:00h e 16:00h) na proporção aproximada de 3% da biomassa.

Os parâmetros de qualidade de água, temperatura e oxigênio dissolvido de superfície e fundo foram mensurados diariamente em três períodos (0:00, 5:00 e 17:00) com oxímetro. Já o pH e salinidade (refratômetro) foram mensurados duas vezes na semana. A alcalinidade da água foi mantida acima de 80 mg.L⁻¹, ao observar valores inferiores, foi aplicado 100 kg de cal hidratada por hectare até o valores se restabelecerem.

8.2.4 Índices Zootécnicos

Foram realizadas biometrias semanais capturando-se 30 camarões amostrados de três pontos diferentes do viveiro. No final do cultivo foram avaliados peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico, produtividade, sobrevivência, eficiência alimentar aparente e consumo.

8.3 Engorda em sistema superintensivo de bioflocos

8.3.1 Material biológico

Foram utilizados 2.400 camarões marinhos (*L. vannamei*) com peso médio de $5,3 \pm 0,1$ g, provenientes da reprodução de uma linhagem livre de patógenos específicos (SPF, do inglês *Specific Pathogen Free*) de notificação obrigatória (WSSV, IHNV, TSV, IMNV e YHV), pela Organização Internacional de Epizootias (OIE) oriundos da empresa Aquatec Aquacultura LTDA (Rio Grande do Norte, Brasil), cultivados em sistema superintensivo em bioflocos em um tanque matriz circular de fibra de vidro com capacidade de 50 T, mantidos com aeração constante e temperatura de aproximadamente 27 °C. A água do tanque matriz no dia da transferência dos juvenis apresentava com salinidade de 21 ‰, temperatura de 27 °C, oxigênio dissolvido de $6,3 \text{ mg.L}^{-1}$, total de sólido suspensos de 357 mg.L^{-1} , alcalinidade de 70 mg.L^{-1} , amônia de $0,51 \text{ mg.L}^{-1}$, nitrito de $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$, e pH de 7,2. O biofoco presente no tanque era “maduro”, em estágio quimiotrófico e/ou mixotrófico, com o processo de nitrificação já estabelecido, não sendo necessário aporte extra de carbono orgânico para a manutenção dos parâmetros de qualidade de água.

Os camarões foram alimentados, até a transferência para as unidades experimentais, quatro vezes ao dia com dieta comercial de 350 g.kg^{-1} de PB (GUABI EXT35). Foi aplicado 20% do peso da dieta em cal hidratada quando alcalinidade apresentava níveis abaixo de 150 mg.L^{-1} .

8.3.2 Preparo das unidades experimentais

As unidades experimentais de polietileno com 800 L de água útil (raio=0,65 metros) foram abastecidas através do bombeamento da água do tanque matriz. As unidades continham 4 m² de superfície (fundo e lateral) e mais 2 m² oferecida em substrato artificial para aumentar o conforto dos animais (Schveitzer et al., 2013). Foi empregada aeração constante através de mangueiras de difusão ligadas a um soprador de ar “blower” de 7,5 CV e aquecedores de titânio (1000 watts de potência) com termostato, mantendo a temperatura de $29 \pm 0,5$ °C.

8.3.3 Delinamento experimental e manejo

As unidades experimentais foram distribuídas completamente ao acaso nos quatro tratamentos (243, 303, 329, e 367 g.kg^{-1} PB), em triplicata, foram estocados 200 camarões por tanque, mantendo uma densidade inicial de $250 \text{ camarões.m}^{-3}$.

Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia (8:00; 11:00; 14:00 e 17:00), oferecendo 3% da biomassa, a quantidade de dieta era ajustada de acordo com as biometrias.

A dieta foi oferecida a lanço (90%) e em bandejas de alimentação (10%). Uma hora após ser a oferta às bandejas eram checadas para estimar o consumo da dieta no tanque. Quando detectada duas sobras consecutivas nas bandejas ocorria redução de 10% da quantidade de ração ofertada, enquanto duas alimentações sem sobras aumentavam-se 10% do volume ofertado na última alimentação.

8.3.4 Parâmetros de qualidade de água

Durante o experimento, o oxigênio dissolvido, temperatura e volume de flocos (cilindro de Inhoff) foram mensurados duas vezes ao dia. Duas vezes por semana foram realizadas análises de pH, total de amônia dissolvida, nitrito, nitrato, alcalinidade, total de sólidos suspensos (APHA, 2005), ortofosfato dissolvido (Strickland e Parsons, 1972), e salinidade (refratômetro).

Os sólidos totais foram mantidos entre 400 e 600 mg.L⁻¹ (Schweitzer et al., 2013) e quando ultrapassava este valor, o excedente foi retirado com auxílio de decantadores com capacidade de 60 litros (adaptado Ray et al., 2010).

Ao longo do cultivo não houve renovação de água, repondo apenas o volume evaporado com água doce. Foi utilizada a cal hidratada quando a alcalinidade alcançava valores inferiores a 150mg.L⁻¹ CaCO₃, na taxa de 10% da ração do dia.

8.3.5 Índices zootécnicos

Foram realizadas biometrias semanais para quantificar o crescimento dos camarões. No final do experimento foram avaliados a eficiência alimentar aparente, consumo, taxa de crescimento específico, peso final, ganho de peso, sobrevivência e produtividade.

8.3.6 Composição centesimal dos camarões e lodo

No final do cultivo, 12 amostras de camarão e 12 de bioflocos foram coletadas e enviadas para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), para avaliação da composição centesimal segundo metodologia da AOAC (2005).

8.3.7 Custo da ração e sua influência no custo do quilograma do camarão produzido

Para o cálculo do preço de cada dieta, foi utilizado o valor médio de cada ingrediente no mercado nacional, no período de produção das dietas. Para avaliação do custo de cada dieta por quilograma (kg) de camarão produzido nos dois sistemas de cultivo foi utilizada a seguinte equação:

$$CC = \left(\frac{QD}{BC} \right) \times CD$$

Sendo:

CC: custo do quilograma de camarão produzido relativo à dieta (US\$.kg⁻¹)

QD: quantidade de dieta utilizada (kg)

BC: biomassa de camarão produzida (kg)

CD: custo da dieta (US\$.kg⁻¹)

8.4 Análise estatística

Os dados foram previamente submetidos a análise de Bartlett para verificar a homogeneidade de variância. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância unifatorial. Quando detectada diferença significativa, foi utilizado o teste Student Newman Keuls (SNK) de separação de médias. Todos os testes utilizaram um nível de significância de 5% (Zar, 2010).

9. RESULTADOS

9.1 Dietas experimentais

Todos os nutrientes e aminoácidos avaliados nas quatro dietas experimentais (Tabela 2) permaneceram em níveis considerados adequados para a produção de camarões marinhos (NRC, 2011).

9.2 Parâmetros de qualidade de água

No sistema semi-intensivo convencional a temperatura (23,9 – 30,1°C), pH (7,52 – 8,63), oxigênio dissolvido (2,5 – 8,1 mg.L⁻¹), e salinidade (15 - 23‰), não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

No sistema superintensivo em bioflocos a temperatura (27,9 – 30,2°C), pH (7,48 – 8,56), oxigênio dissolvido (4,7 – 6,3 mg.L⁻¹), e salinidade (20 - 21‰), ortofosfato (3,36 – 4,91 mg.L⁻¹), amônia (0,05 – 0,31 mg.L⁻¹), nitrito (0,05 – 0,31 mg.L⁻¹), e nitrato (7,4 – 79,9 mg.L⁻¹), não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Para o total de sólidos suspensos (Figura 1A) e volume de bioflocos (Figura

1B) foram detectadas diferenças significativas no 14º dia de cultivo, iniciando assim a remoção de sólidos do sistema por decantação.

9.3 Índices zootécnicos

No sistema semi-intensivo, os camarões alimentados com dieta com 329 g.kg⁻¹ de proteína bruta (PB) obtiveram maior peso final e ganho de peso que os demais tratamentos. O menor consumo de ração foi observado nos camarões alimentados com 367 g.kg⁻¹ PB. Contudo, não foram observadas diferenças significativas na taxa de crescimento específico, produtividade, sobrevivência e eficiência alimentar aparente nos camarões cultivados em sistema semi-intensivo e alimentados com as dietas contendo diferentes níveis proteicos (Tabela 3).

No sistema superintensivo em bioflocos os camarões alimentados com a dieta contendo 243 g.kg⁻¹ PB obtiveram menor peso final, ganho em peso, taxa de crescimento específico, consumo e produtividade em relação aos camarões dos demais tratamentos. Os maiores consumos foram observados nos camarões alimentados com dietas com 329,0 e 367 g.kg⁻¹ PB. Enquanto que, não foram observadas diferenças significativas na eficiência alimentar aparente e sobrevivência (Tabela 3).

9.4 Composição centesimal do camarão e bioflocos

Os camarões alimentados com 329 e 367 g.kg⁻¹ de PB no sistema de bioflocos apresentaram maior energia no tecido que os demais tratamentos. Para as demais avaliações não foram observadas diferenças significativas na composição centesimal do lodo e camarão dos diferentes tratamentos (Tabela 4).

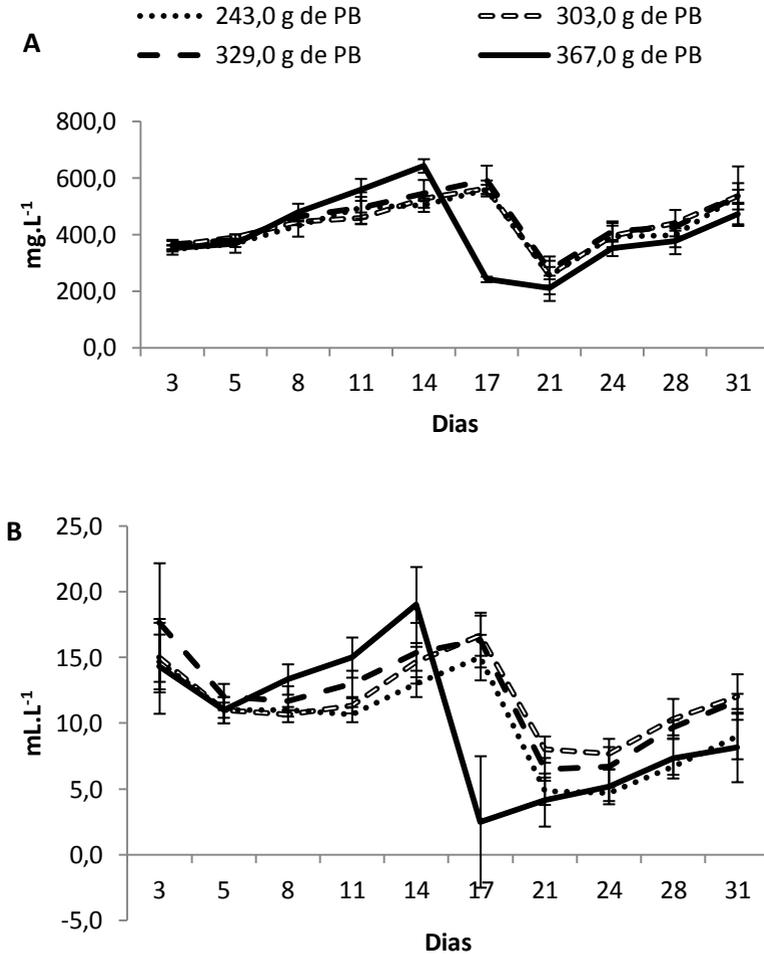


Tabela 2. Composição centesimal e perfil de aminoácidos das dietas experimentais para de camarões marinhos (*L. vannamei*) cultivados em sistema superintensivo de biofocos e semi-intensivo convencional.

Composição centesimal (g.kg⁻¹.)				
Proteína Bruta	243	303	329	367
Extrato Etéreo	76,6	71,0	97,6	112,4
Material Mineral	114,8	146,7	142,9	153,9
Fibra Bruta	39,1	29,9	38,6	32,7
Umidade	51,2	56,0	56,0	56,0
¹ Energia	4091,9	3950,7	4179,1	4243,8
² Energia.Proteína Bruta ⁻¹	16,8	13,0	12,7	11,6
Cálcio	240,0	305,0	291,0	320,0
Fósforo Total	165,0	176,0	188,0	213,0
Perfil de aminoácidos (g.kg⁻¹)				
Aminoácidos essenciais				
Arginina	16,4	20,6	21,9	24,9
Fenilalanina	10,0	12,2	13,2	15,2
Histidina	5,7	7,0	7,5	9,0
Isoleucina	9,1	11,6	12,6	13,7
Leucina	16,3	20,4	21,5	24,8
Lisina	17,7	24,7	27,2	33,8
Metionina	9,4	12,8	12,8	15,3
Metionina + Cistina	-	-	-	-
Treonina	8,4	10,6	11,1	13,5
Triptofano	-	-	-	-
Valina	10,4	13,2	14,4	15,7
Aminoácidos não essenciais				
Ácido Aspártico	14,8	17,0	15,7	23,5
Ácido Glutâmico	32,9	38,6	37,5	48,3
Alanina	13,1	15,8	18,3	19,1
Cistina	3,6	3,2	3,4	4,8
Glicina	15,1	19,9	21,3	24,4
Prolina	12,7	15,9	17,0	19,4
Serina	10,2	12,1	12,3	15,1
Tirosina	6,2	7,8	8,4	10,0

¹Cal.g⁻¹; e ²kcal.g PB⁻¹.

Tabela 3. Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) de camarões marinhos (*L. vannamei*) em sistema superintensivo de biofocos e semi-intensivo alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta (PB).

Tratamento (g.kg ⁻¹ PB)	Peso final (g)	Ganho em peso (g)	TCE (g.semana ⁻¹)	Produtividade (kg.m ⁻³)	Sobrevivência (%)	Eficiência alimentar aparente	Consumo (T) (kg)
Sistema semi-intensivo							
243	10,60 \pm 0,14 ^a	5,91 \pm 0,25 ^a	0,91 \pm 0,04 ^a	0,12 \pm 0,01 ^a	86,40 \pm 4,81 ^a	0,61 \pm 0,01 ^a	2,30 \pm 0,11 ^b
303	11,07 \pm 0,49 ^a	6,27 \pm 0,67 ^a	0,97 \pm 0,10 ^a	0,12 \pm 0,01 ^a	84,10 \pm 8,40 ^a	0,61 \pm 0,04 ^a	2,37 \pm 0,05 ^b
329	12,83 \pm 0,75 ^b	7,82 \pm 0,78 ^b	1,20 \pm 0,12 ^a	0,14 \pm 0,01 ^a	82,20 \pm 4,30 ^a	0,71 \pm 0,08 ^a	2,30 \pm 0,06 ^b
367	11,20 \pm 0,30 ^a	6,75 \pm 0,46 ^a	1,04 \pm 0,07 ^a	0,12 \pm 0,01 ^a	84,50 \pm 5,41 ^a	0,71 \pm 0,03 ^a	2,05 \pm 0,13 ^a
Sistema Superintensivo em Biofoco							
243	11,17 \pm 0,46 ^a	5,89 \pm 0,46 ^a	1,18 \pm 0,09 ^a	2,37 \pm 0,07 ^a	85,00 \pm 1,80 ^a	0,52 \pm 0,04 ^a	11,92 \pm 0,02 ^a
303	13,17 \pm 0,71 ^b	7,85 \pm 0,71 ^b	1,57 \pm 0,14 ^b	2,92 \pm 0,10 ^b	88,83 \pm 2,57 ^a	0,63 \pm 0,06 ^a	12,20 \pm 0,06 ^b
329	14,27 \pm 0,57 ^b	8,96 \pm 0,57 ^b	1,79 \pm 0,11 ^b	3,02 \pm 0,27 ^b	84,67 \pm 4,25 ^a	0,62 \pm 0,07 ^a	12,45 \pm 0,03 ^c
367	14,47 \pm 1,16 ^b	9,18 \pm 1,14 ^b	1,84 \pm 0,23 ^b	3,22 \pm 0,26 ^b	89,17 \pm 1,76 ^a	0,64 \pm 0,04 ^a	12,54 \pm 0,21 ^c

*Diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos através da ANOVA e SNK para separação de médias; TCE (taxa de crescimento específico).

Tabela 4. Composição centesimal (média \pm desvio padrão) da matéria seca do *L. vannamei* cultivado em sistema superintensivo de biofocos, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta (PB) e do biofoco suspenso no sistema.

Treatmento (g.kg ⁻¹ PB)	Proteína (%)	Extrato Etéreo (%)	Fibras (%)	Minerais (%)	Energia (cal.g ⁻¹)
Camarão					
243	72,08 \pm 1,54	3,91 \pm 0,35	17,65 \pm 2,52	13,86 \pm 0,05	4279,09 \pm 12,11 ^a
303	73,43 \pm 8,35	3,36 \pm 0,30	12,54 \pm 1,91	13,98 \pm 0,43	4266,06 \pm 02,99 ^a
329	73,17 \pm 0,85	3,70 \pm 0,53	15,83 \pm 2,96	12,75 \pm 0,83	4408,79 \pm 28,60 ^b
367	74,13 \pm 0,11	2,72 \pm 1,15	15,67 \pm 7,30	12,57 \pm 1,32	4429,63 \pm 68,34 ^b
Biofoco					
243	18,34 \pm 0,60	1,39 \pm 0,17	25,92 \pm 9,20	48,93 \pm 1,62	1997,49 \pm 73,34
303	19,73 \pm 0,16	1,51 \pm 0,21	27,15 \pm 3,09	47,59 \pm 0,29	2017,43 \pm 32,74
329	20,35 \pm 0,47	1,87 \pm 0,29	26,69 \pm 10,54	48,23 \pm 1,25	2056,63 \pm 68,72
367	19,65 \pm 0,00	1,94 \pm 0,00	16,59 \pm 0,00	49,29 \pm 0,00	2071,32 \pm 00,00

* Diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos através da ANOVA e SNK para separação de médias;

¹Dados uma amostra.

9.5 Custo do camarão

No sistema semi-intensivo foi observado um menor custo no quilo do camarão alimentado com 329 g.kg⁻¹ PB, enquanto no sistema superintensivo em bioflocos o menor custo no quilo do camarão foi observado com 303 g.kg⁻¹ de PB (Tabela 5).

Tabela 5. Média do custo bruto relativo à dieta do kg de camarão marinho (*L. vanammei*) alimentado com diferentes dietas em sistema superintensivo de bioflocos e sistema semi-intensivo.

Sistema de cultivo	Superintensivo em biofoco			
Tratamento (g.kg ⁻¹ de PB)	243	303	329	367
Custo da ração (US\$.kg ⁻¹)	1,46	1,53	1,62	1,73
Despesa total com dieta (US\$)	2,80	3,38	3,98	4,40
Custo do camarão (US\$.kg ⁻¹)	3,32	2,65	2,93	2,89
Sistema de cultivo	Semi-intensivo convencional			
Tratamento (g.kg ⁻¹ de PB)	243	303	329	367
Custo da ração (US\$.kg ⁻¹)	1,46	1,53	1,62	1,73
Despesa total com dieta (US\$)	3359,2	3600,4	3773,6	3565,1
Custo do camarão (US\$.kg ⁻¹)	2,37	2,50	2,29	2,43

*O custo desta tabela considera apenas o gasto com a dieta.

10. DISCUSSÃO

As dietas utilizadas neste trabalho proporcionaram bom desempenho zootécnico, mesmo fornecendo concentrações de aminoácidos abaixo das sugeridas pelo NRC (2011), isto pode estar relacionado com a origem dos dados, pois parte das exigências em registradas são com *Penaeus monodon*, camarão marinho com hábito alimentar mais carnívoro.

As elevadas concentrações de lisina e metionina estão relacionadas com o volume de farinha de peixe (rejeitos e subprodutos da pesca), ingrediente conhecido pelo seu alto valor nutricional, com excelente perfil de aminoácidos e ácidos graxos essenciais (Davis e Arnold, 2000; NRC, 2011).

Os parâmetros de qualidade de água (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, alcalinidade, ortofosfato, amônia, nitrito, e nitrato) também foram adequados para o cultivo da espécie (Boyd e Gautier, 2000), independente do sistema de cultivo. O resultado corroborou com Martinez-Cordova et al. (2003), não observando diferença nos parâmetros de qualidade de água no cultivo de camarões marinhos (*L.*

vannamei e *L. stylirostris*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis proteicos. Hari et al. (2006) alimentaram *P. monodon* com rações contendo 250 g.kg⁻¹ e 400 g.kg⁻¹ de PB e observaram uma maior quantidade total de nitrogênio nos tanques dos camarões alimentados com 400 g.kg⁻¹ de PB. Entretanto, ao alimentar os camarões com ração com 400,0 g.kg⁻¹ de PB e oferecer uma fonte de carbono orgânico, os níveis de nitrogênio total ficaram similares ao dos tanques com camarões alimentados com 250 g.kg⁻¹ sem adição de carbono. Resultado diferente do observado neste trabalho, onde o *L. vannamei* alimentado com diferentes níveis proteicos (de 243 a 367 g.kg⁻¹) não necessitou da inclusão de fonte de carbono orgânico para manter baixos níveis dos compostos nitrogenados mensurados (amônia, nitrito e nitrato). Isto se deve ao fato de ter sido utilizada uma água madura no início do experimento, na qual o processo de nitrificação possivelmente estava estabelecido, e por isso utilizou-se apenas fonte de carbono inorgânico (cal hidratada).

Nos sistema de bioflocos, os tanques alimentados com 367 g.kg⁻¹ PB foram os primeiros a ultrapassar os 600 mg.L⁻¹ sólidos solúveis totais (Figura 1A). Este fato pode estar relacionado com o maior consumo de ração pelos camarões deste tratamento, média de 793 g no 13º dia. Quando os demais tratamentos consumiram quantidades aproximadas de ração (782 e 752 g, 329 e 303 g.kg⁻¹ PB, respectivamente), somente no 15º dia, foi necessário fazer a retirada do total de sólidos suspensos nos demais tanques dos outros tratamentos. O mesmo efeito foi observado no volume de floco (Figura 1B). Isto demonstra a importância do manejo alimentar, pois se executado de forma equivocada, como por exemplo, o oferecimento de ração em excesso, será necessário realizar retiradas de sólidos em suspensão da água, gerando resíduos e aumentando assim o custo de produção do cultivo.

O bioflocos é um alimento com potencial “promotor de crescimento” (Avnimelech, 1999; Avnimelech, 2006; Burford et al., 2003; Michaud et al., 2006; Wasielesky et al., 2006; Taw, 2010). A diferença obtida no desempenho zootécnico dos camarões cultivados no sistema de bioflocos pode estar exclusivamente relacionada com a dieta, pois o valor nutricional do bioflocos microbiano não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 4). Entretanto, os valores de PB ficaram abaixo dos 250 g.kg⁻¹ registrada por alguns autores (Chamberlain et al., 2001; Tacon et al., 2002; Williams et al., 2005) ao avaliar o bioflocos no final do cultivo.

Estes sistemas transitam de heterotróficos, autotróficos para quimiotróficos, e o valor nutricional do biofloco pode ser influenciado pelo manejo adotado e estágio de desenvolvimento do floco microbiano (Avnimelech, 2006; Ebeling et al., 2006). Neste trabalho, o biofloco foi caracterizado no estágio quimiotrófico devido seu processo de nitrificação que estava estabelecido e constante.

O resultado do desempenho zootécnico corroborou com os dados de outros autores que observaram diferenças no resultado no desempenho zootécnico de *L. vannamei* (Hopkins et al. 1995; McIntosh 2000), *L. monodon* (Hari et al, 2006), e *Farfantepenaeus paulensis* (Balestter et al., 2010) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteínas em sistemas sem troca de água ou com renovação reduzida.

A menor produtividade foi registrada nos camarões cultivados em sistema de biofloco alimentados com 243 g.kg⁻¹ de PB, este índice foi semelhante aos de Scopel et al. (2011) e Ray et al. (2010), entretanto ambos autores utilizaram dietas com maior nível de proteína bruta, aproximadamente 350 g.kg⁻¹. A redução do nível de proteína das dietas para sistemas com troca de água zero ou reduzida, limitou o crescimento e produtividade dos camarões. McIntosh et al. (2001) ao cultivar camarões neste sistema alimentados com 210 e 310 g.kg⁻¹ de PB, observaram uma menor sobrevivência (6,2%), crescimento (15,4%) e conversão alimentar (22,4%) nos animais alimentados com as dietas contendo 210 g.kg⁻¹ de PB, corroborando com o resultado deste trabalho onde 243 g.kg⁻¹ de PB proporcionaram os menores resultados em crescimento, eficiência alimentar e ganho em peso (Tabela 3).

A maior taxa de crescimento específico foi obtida nos camarões alimentados com 367 g.kg⁻¹ de PB no sistema superintensivo de bioflocos, contudo, abaixo do obtido por Gong et al. (2012) de 1,99 g.semana⁻¹ que avaliou cinco dietas em duas diferentes linhagens de camarão (*L. vannamei*). Esta diferença pode estar relacionada, entre outros fatores, com a qualidade dos ingredientes presentes nas dietas e valor nutricional do biofloco, enquanto Gong et al. (2012) utilizaram ingredientes “alternativos” de alta qualidade. Neste trabalho foram utilizados ingredientes presentes na indústria nacional (Brasil), no qual proporcionaram excelentes resultados.

No sistema semi-intensivo, o excesso (367 g.kg⁻¹) e a falta (243 e 303 g.kg⁻¹) de PB prejudicaram o desempenho zootécnico do *L. vannamei*. Esta diferença do resultado obtido nos diferentes sistemas de cultivo deve estar associada às diferenças quantitativas e qualitativas do alimento natural, assim como a qualidade de água e solo que

desempenham papel fundamental nos cultivos semi-intensivos. Enquanto, no sistema de bioflocos este alimento adicional é composto por diversos micro-organismos em suspensão, no sistema semi-intensivo convencional o zooplâncton e comunidade bentônica têm destaque (Martinez-Cordova et al., 2003; Hargreaves, 2006; Taw, 2010)

Nos camarões cultivados em bioflocos, o menor consumo foi com dieta de 243 g.kg^{-1} de PB, se comparado ao sistema convencional no tratamento 367 g.kg^{-1} de PB, demonstrando a interferência do sistema de cultivo e do balanço Energia/Proteína das dietas no consumo pelos camarões. Baixas relações de Energia/Proteína podem ocasionar a utilização das proteínas como fonte de energia, prejudicar o depósito de proteína nos tecidos e interferir o consumo da dieta (Kureshy e Davis, 2002). Enquanto a alta relação Energia/Proteína pode limitar o consumo de ração pelo animal, limitando o consumo de proteína e consequentemente o crescimento.

Apesar de não avaliada, a digestibilidade das dietas analisadas neste estudo devem apresentar valores altos devido aos ingredientes utilizados. Ao utilizar os valores de digestibilidade *in vitro* (Lemos et al., 2009) dos ingredientes utilizados na formulação destas dietas estima-se que a dieta com 303 g.kg^{-1} de PB continha aproximadamente 270 a 280 g.kg^{-1} de proteína digestível, podendo ser indicado para a formulação de novas dietas.

Um maior valor energético foi observado nos camarões cultivados em sistema de bioflocos alimentados com 329 e 367 g.kg^{-1} de PB (Tabela 4). Este resultado pode ser devido a maior quantidade de extrato etéreo e energia (Tabela 2), indicando que parte da proteína pode estar sendo utilizada como fonte de energia (Cuzon et al., 2004). Este resultado divergiu com Tacon et al. (2002) que registraram a mesma composição centesimal para camarões marinhos *L. vannamei* cultivados em diferentes sistemas de cultivo com diferentes concentrações proteicas.

No sistema semi-intensivo os camarões alimentados com 329 g.kg^{-1} de PB na dieta proporcionou índices zootécnicos superiores (Tabela 3) e consequentemente gerou um produto com menor custo $2,29$ US\$ por quilograma de camarão. Comparativamente no cultivo sistema superintensivo em bioflocos o menor custo foi obtido para a produção de camarões alimentados com 303 g.kg^{-1} de PB na dieta. Este sendo considerado o melhor resultado deste trabalho para o sistema, pois proporcionou o mesmo desempenho zootécnico dos camarões alimentados com 329 e 367 g.kg^{-1} de PB na dieta (Tabela 3) com menor custo (Tabela 5).

11. CONCLUSÃO

O *L. vannamei* cultivado em sistema semi-intensivo e sistema superintensivo de bioflocos necessita de aproximadamente 330 e 300 g de proteína bruta por quilo de ração, respectivamente, derivada majoritariamente de farinha de peixe (resíduos e subprodutos da pesca) e farelo de soja. Estas concentrações de proteína bruta proporcionaram os melhores índices zootécnicos e menor custo de produção, demonstrando maior viabilidade econômica.

12. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas oferecidas para o desenvolvimento do projeto; Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo apoio ao projeto “Bases Nutricionais para o Desenvolvimento de Dietas voltadas para o Cultivo do Camarão *Litopenaeus vannamei* em Regime Intensivo com Flocos Microbianos e Troca Mínima de Água –FINEP/RECARCINA - 2010-2012”; a GUABI pela fabricação das dietas; e ao apoio técnico de Esmeralda Chamorro Legarda, Karine Oliveira e Gabriella do Vale Pereira.

13. REFERÊNCIAS

- Akiyama, D.M., Dominy, W.G., Lawrence, A.L. 1992. Penaeid shrimp nutrition. In: Fast, A.W., Lester, L.J. Eds., *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier, Amsterdam, pp. 535–568.
- Amaya, E.A., Davis, D.A., Rouse, D.B., 2007. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture* 262, 393 – 401.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2005. *Official Methods of the AOAC International*, 18th ed. Maryland, USA.
- APHA (American Public Health Association), American Water Works Association, Water Pollution Control Association. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- 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 an new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering* 34, 172–178.

- Ballester, E.L.C., Abreu P.C., Cavalli R.O., Emerenciano M., De Abreu L., Wasielesky JR.W. 2006. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition* 16, 163 – 172.
- Bauer W., Prentice-Hernandez C., Tesser M.B., Wasielesky Jr.W., Poersch, L.H.S. 2012. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 15, 112 – 116.
- Boyd, C.E., Gautier, D. 2000. Effluent composition and water quality standards. *Global Aquaculture Advocate*, 3 (5), 61–66.
- Browdy C., Seaborn G. Atwood H., Davis A.D., Bullis R.A., Samocha T.M., Wirth E., Leffler J.W. 2006. Comparison of Pond Production Efficiency, Fatty Acid Profiles, and Contaminants in *Litopenaeus vannamei* Fed Organic Plant-based and Fish-meal-based Diets. *Journal of World Aquaculture Society* 37 (4), 15.
- Burford M.A., Thompson P.J., McIntosh R.P., Bauman R.H., Pearson, D.C. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219, 393 - 411.
- Chamberlain, G., Avnimelech Y., McIntoch R.P., Velasco M. 2001. Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems With Balanced C:N II: Composition and Nutritional Value Of Organic Detritus. *Global Aquaculture Advocate* 2 (5/6), 22 – 23.
- 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.
- Davis, D.A., Arnold, C.R., 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 185, 291–298.
- 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.
- Gong H., Jiang D., Alig F., Lawrence A.L. 2012. Effects of dietary protein level and source on the growth and survival of two genetic lines

of specific-pathogen-free Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 29, 118 – 123.

Hargreaves J.A. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering* 34, 344 – 363.

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.

Hart S., Bharadwaj, A., Brown, P. 2004 Soy-in-aquaculture, New Ally for Aquaculture. *Global Aquaculture Advocate* 2 (5/6), 31 – 32.

Hopkins J.S., Sandifer P.A., Browdy C.L. 1995. Effect of two feed protein levels and feed rate combinations on water quality and production of intensive shrimp ponds operated without water exchange. *Journal World Aquaculture Society* 26, 93–97.

Jory E.J., Cabrera T.R., Dugger D.M., Fegan D., Lee P.G., Lawrence A.L., Jackson C.J., Mcintosh R.P., Castañeda, J. 2001. A global review of shrimp feed management: status and perspectives. In: Jory E.D., Browdy C.L. (eds) *The new Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture, Baton Rouge, LA*, pp. 104–152.

Kuhn D.D., Lawrence A.L., Boardman G.D., Patnaik S., Marsh L., Flick Jr.G.J. 2010. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 303 28–33.

Kureshy N., Davis D.A. 2002. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 204 (1– 2), 125 – 143.

Lawrence A.L., Lee P.G. 1997. Research in the Americas. In: D’Abramo L.R., Conklin D.E., Akiyama, D.M. (eds) *Crustacean Nutrition*. World Aquaculture Society, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, pp. 566–587.

Lemos D., Lawrence A.L., Siccardi A.J. 2009. Prediction of apparent protein digestibility of ingredients and diets by in vitro pH-stat degree of protein hydrolysis with species-specific enzymes for juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 295, 89 – 98.

- Martinez-Cordova, L.R.; Torres, A.C.; Porchas-Cornejo, M.A. 2003. Dietary protein level and natural food management in the culture of blue (*Litopenaeus stylirostris*) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in microcosms. *Aquaculture Nutrition* 9, 155-160.
- 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 Lannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. *Aquacultural Engineering* 25, 69–82.
- Mcintosh, P. R. 2000. Changing paradigms in shrimp farming. IV. Low protein feeds and feeding strategies. *Global Aquaculture Advocate* 3, 44–50.
- Michaud L., Blancheton J.P., Bruni V., Piedrahita R. 2006. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. *Aquaculture Engineering* 34, 224–233.
- National Research Council (NRC), 2001. Nutrient requirements of fish and shrimp, pp. 306, Washington DC, USA.
- Ray A.J., Lewis B.L., Browdy C.L., Leffler J.W. 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture* 299, 89–98.
- Rosas, C. Cuzon, G., Taboada, G., Pascual, C., Gaxiola, G., Van Wormhoudt, A., 2001. Effect of dietary protein and energy levels on growth, oxygen consumption, haemolymph and digestive gland carbohydrates, nitrogen excretion and osmotic pressure of *Litopenaeus vannamei* (Bonne) and *L. setiferus* (Linne) juveniles (Crustacean, Decapoda; Penaeidae). *Aquaculture Researcher* 32, 531 – 547.
- Sarac Z., Thaggard H., Saunders J., Gravel M., Neill A., Cowan R.T. 1993. Observations on the chemical composition of some commercial prawn feeds and associated growth responses in *Penaeus monodon*, *Aquaculture* 115, 97–110.
- Schweitzer R., Arantes R.A., Costódio P.F.S., Santo C.M.E., Arana L.A., Seiffert W.Q., Andreatt E.R. 2013. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water Exchange *Aquacultural Engineering*, 56, 59–70.

Scopel B.R., Schweitzer R., Seiffert W.Q., Pierrri V., Arantes R.F., Vieira F.N., Vinatea L.A. 2011. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em sistema bioflocos Pesquisa Agropecuária Brasileira 46 (8), 928-934.

Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis, vol. 167. Bulletin of Fisheries Research Board, Canada, pp. 310.

Tacon A.J.G., Cody J.J., Conquest .L.D., Divakaran S., Forster I.P., Decamp O.E. 2002. Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. Aquaculture Nutrition 8, 121–131.

Tacon, A.G.J. & Metian, M. 2008. Global overview on the use of fishmeal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. Aquaculture, 285: 146–158.

Taw, N. 2010. Biofloc technology expanding at white shrimp farms biofloc systems deliver high productivity with sustainability. Global Aquaculture Advocate 2 (5/6), 20 – 22.

Wasielesky Jr.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.

Williams N.K.C., Smith D.M., Barclay M.C., Tabrett S.J., Riding G. 2005. Evidence of a growth factor in some crustacean based feed ingredients in diets for the giant tiger shrimp *Penaeus monodon*. Aquaculture 250, 377–390.

Zar, J.H. Biostatistical analysis. 5th ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River. NJ, 2010, 994p.

CAPÍTULO III

Substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja para juvenis do *Litopenaeus vannamei* em biofloco

Adolfo Jatobá^{1,2*}; Bruno Corrêa da Silva¹, Felipe do Nascimento Vieira¹; Mariana Soares¹; Jose Luís Pedreira Mourino¹; Walter Quadros Seiffert¹.

¹ Laboratório de Camarões Marinhos, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 88061-600. ² Laboratório de Aquicultura, campus Araquari, Instituto Federal Catarinense (IFC), Rodovia BR 280 km 27, Cx.Postal 21, Araquari, SC, 89245-000. adolfo.jatoba@ifc-araquari.edu.br, bcs85@hotmail.com; felipe.vieira@ufsc.br; marisoares23@hotmail.com; jose.mourino@ufsc.br; walter.seiffert@ufsc.br

*Artigo formatado de acordo com as normas da revista “Aquaculture” (Qualis da capes A2, Fator de impacto: 2,009).

14. RESUMO

Para o aumento da sustentabilidade da indústria camaroneira é necessário o aumento da biossegurança dos sistemas de produção, e buscar fontes de proteína renováveis para reduzir a dependência da farinha de peixe. Entre os ingredientes de origem vegetal, o concentrado proteico de soja está em destaque, devido ao seu alto valor nutricional e bom perfil de aminoácidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico de camarões marinhos (*Litopenaeus vannamei*), alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteica da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, cultivados em sistema superintensivo de bioflocos. A partir de uma dieta basal com 208,7 g.kg⁻¹ de farinha de peixe, foram formuladas quatro diferentes dietas com 0, 33, 66, e 100% de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja. Para o cultivo em sistema de bioflocos foi utilizado doze unidades experimentais com 250 camarões.m³ mantidos a temperatura e aeração constantes, distribuindo os quatro tratamentos em triplicata. Os camarões alimentados com dieta com 0 e 33% de substituição resultaram na maior taxa de crescimento específico (1,88 e 1,79 g por semana), e peso final (15,20 e 14,70 g), em relação aos alimentados com 66 e 100% de substituição. Entretanto os animais alimentados com 33% consumiram uma quantidade menor de ração (3,18 kg por unidade experimental) em relação ao tratamento sem substituição (3,62 kg). O valor nutricional do bioflocos (composição centesimal e aminograma) foi alterado pela substituição da farinha de peixe. Assim, a substituição de 33% da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja no cultivo de *L. vannamei* em sistema de bioflocos não prejudica os índices zootécnicos do cultivo.

Palavras-chave: camarão branco do pacífico; fontes alternativas de proteína; cultivo superintensivo; composição centesimal.

15. ABSTRACT

In order to increase the sustainability of the shrimp industry, it is necessary to increase the biosafety of the production systems, and seek for renewable sources of protein to reduce the fishmeal dependence. Among the ingredients of vegetable origin, it is possible to highlight the soy protein concentrate due to its high nutritional value and good amino acid profile. The objective of this study was to assess the zootechnical performance of marine shrimps (*Litopenaeus vannamei*) that were fed with diets containing different levels of substitution of fishmeal by soybean protein concentrate, and cultured in a super-intensive system of bioflocs. Four different diets were formulated with 0, 33, 66 and 100% to the replacement of fishmeal by soybean protein concentrate. It was performed a crop in the bioflocs system by using twelve experimental units with 250 shrimps.m⁻³ maintained at constant aeration and temperature, and the four treatments were distributed in triplicate. No significant differences were observed in the water quality parameters. The shrimps fed with diets of 0 and 33% of substitution resulted in the highest rate of special growth (1,88 and 1,79 g per week) and final weight (15,2 and 14,7 g), in relation to the shrimps fed with 66 and 100% of replacement. However, the shrimps fed with 33% consumed a smaller amount of feed (3,18 kg per experimental unit) compared to the treatment without replacement (3,62 kg). The nutritional value of the biofloc (aminogram and centesimal composition) was altered by the substitution of fishmeal. Thus, the replacement of 33% of fish meal by soy protein concentrate demonstrated a greater viability in the cultivation of *L. vannamei*, in a biofloc system.

Key words: Pacific white shrimp; alternative sources of protein; super intensive cultivation, chemical composition.

16. INTRODUÇÃO

Para aumentar a sustentabilidade da produção de camarões marinhos há necessidade da redução concentração de nutrientes e volume dos efluentes; redução das áreas utilizadas; utilização de sistemas mais biosseguros e busca de fontes alternativas de proteína para promover a redução nas inclusões da farinha de peixe, que pode representar de 5 a 40% na composição das dietas para camarões marinhos (Schuur, 2003; Pruder 2004; Anvimelech, 2006; Amaya et al., 2007a; 2007b; Tacon e Metian, 2008).

O cultivo de camarões em sistema superintensivo na presença do bioflocos é caracterizado por ter um maior controle na entrada dos nutrientes, alta densidade de estocagem, troca de água limitada ou nula e disponibilidade alimento natural (Hargreaves, 2006; Michaud et al., 2006; Wasielesky et al., 2006; Schweitzer et al., 2013).

Este sistema de cultivo se torna uma alternativa adequada e promissora para promover a sustentabilidade da atividade, pois é um sistema que utiliza menores volumes de água, é mais biosseguro e dispõe de bioflocos que é considerado uma fonte de proteína para os animais neste sistema de cultivo (Anvimelech, 2009).

Entre as fontes de proteína de origem animal utilizadas para produção de dietas de camarões marinhos, podemos destacar a farinha de peixe. Seu uso ocorre devido ao seu conteúdo nutricional (aminoácidos e ácidos graxos essenciais, vitaminas e minerais), atratividade e palatabilidade (Amaya et al., 2007a; 2007b; Suárez et al., 2009). Entretanto, a estabilização da produção desta matéria-prima associado ao aumento na sua demanda, contribuem para elevação do seu preço e redução das margens de lucro. Desta forma, a redução/substituição da farinha de peixe por ingredientes alternativos, preferencialmente mais baratos e com maior disponibilidade, torna-se uma alternativa interessante para indústria, e conseqüentemente pode ocasionar o aumento da rentabilidade dos produtores (Tacon e Metian, 2008; Sookying et al., 2013), reduzindo a dependência da farinha de peixe.

Atualmente, os estudos nutricionais visam encontrar um ingrediente renovável, com elevada concentração de proteína, bom perfil de aminoácidos essenciais e menor custo em relação à farinha de peixe (Hardy, 2010; Ray et al., 2010; Sookying et al., 2013). Ao selecionar um ingrediente de origem vegetal para produção de dietas para camarões marinhos, este necessita ter características como: baixos teores de fibra, amido e antinutrientes (Gatlin et al., 2007; Sookying et al., 2013).

Nenhum ingrediente individual conseguiu substituir o valor nutricional da farinha de peixe. Entretanto, vários ingredientes e aditivos alimentares juntos podem substituir se devidamente balanceados. A fabricação de dietas com 100% de proteína de origem vegetal pode ser limitada, devido ao balanço inadequado ou déficit de alguns aminoácidos (especialmente metionina e lisina), baixos níveis de ácidos graxos poli-insaturados, presença de fatores anti-nutricionais, toxinas, resíduos químicos, além da redução na atratividade e palatabilidade das dietas (Nunes et al., 2006; Amaya et al., 2007a; 2007b).

Entre os ingredientes de origem vegetal, a soja e seus derivados estão em destaque por possuírem alto teor proteico, bom balanço de aminoácidos, preço com menor oscilação que a farinha de peixe, possibilidade de estocagem por longos períodos, além de ser considerada uma fonte de proteína renovável (Sookying e Davis, 2011; Sookying et al., 2013). Dos derivados de soja, o concentrado proteico demonstra ser promissor, pois possui um melhor perfil aminoácidos, maior digestibilidade (energética e proteica) e palatabilidade, além de menos fatores anti-nutricionais que os demais derivados da soja, eliminados durante o processo de purificação da proteína (Suárez et al., 2009). Apesar de ser considerado um possível substitutivo da farinha de peixe, poucas são as informações (Gatlin et al., 2007; Sá et al., 2013) no cultivo de camarões marinhos em bioflocos.

Paripatananont et al. (2001) e Bauer et al. (2012) avaliaram dietas com 350 g e 400 g de farinha/kg de ração para *Penaeus monodon* e *Litopenaeus vannamei*, com 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja. Ambos os trabalhos demonstraram bom potencial para a utilização do concentrado proteico de soja, na dieta de camarões marinhos cultivados em sistema de bioflocos. Entretanto, o estudo realizado com *L. vannamei* teve a duração de 28 dias, sendo finalizado antes dos animais atingirem o peso comercial (10 a 16 g), dificultando a avaliação do efeito da substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, na engorda de *L. vannamei*, neste sistema de cultivo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico de camarões marinhos (*L. vannamei*), alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, cultivados em sistema superintensivo de bioflocos.

17. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre os meses de março a maio de 2013. O cultivo em sistema de bioflocos ocorreu no Laboratório de Camarões

Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LCM-UFSC), na Barra da Lagoa, em Florianópolis (27°58' S; 48°44' W), Santa Catarina, Brasil.

17.1 Estratégia de formulação de dietas

Foram formuladas quatro diferentes dietas (Tabela 6) isoenergéticas, com diferentes níveis de substituição proteica da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja (0, 33, 66 e 100%). As dietas foram formuladas com 271 a 274 g.kg⁻¹ de proteína digestível estimada (Lemos et al., 2009), com base nas exigências nutricionais para camarões marinhos (NRC, 2011) e isoenergéticas com quantidades semelhantes de gordura de origem marinha (óleo de peixe + gordura contida na farinha de peixe) garantindo um perfil semelhante de ácidos graxos. A utilização destes valores de proteína digestível para cultivo de *L. vannamei* em bioflocos foi baseado em estudos realizados anteriormente (Játoba et al., 2012).

17.2 Preparo e análise das dietas

As dietas foram produzidas no Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará, Eusébio, Ceará, Brasil. Os ingredientes secos (farinha de peixe, concentrado proteico de soja, farelo de soja, quirera de arroz, e farinha de trigo) da dieta foram previamente moídos e peneirados (500 µm), posteriormente os microingredientes foram homogeneizados em misturador Y por 10 min e adicionados aos macros ingredientes para homogeneização em um misturador de alimentos por mais 10 min. Logo após, foram adicionados os óleos de peixe, óleo de soja e a lecitina de soja e posteriormente 40% de água. A mistura resultante foi extrusada a 90 °C em micro-estrusora com capacidade de 40 kg.h⁻¹ (modelo EX30, EXTEEC Máquinas, São Paulo, Brasil).

17.3 Análises das dietas

Amostras das dietas foram enviadas para o Instituto de Soluções Microbiológicas e Tecnológicas Ltda. (SAMITEC) para realização do aminograma pela metodologia de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), e para CBO ANÁLISES LABORATORIAIS para avaliação da composição centesimal das dietas segundo metodologia da AOAC (2005).

Tabela 6. Formulação das dietas experimentais para de camarões marinhos (*L. vannamei*) cultivados em sistema superintensivo de biofocos com diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.

Nível de substituição	Ingrediente (g.kg ⁻¹)			
	0%	33%	66%	100%
Farinha Peixe (590 g.kg ⁻¹ PB)	208,7	131,9	60,0	0,0
¹ Concentrado Proteico de Soja	0,0	65,0	120,0	171,6
Farelo de Soja (450 g.kg ⁻¹ PB)	350,0	350,0	350,0	350,0
Quirera de Arroz	80,0	80,0	80,0	80,0
Farinha de Trigo	250,0	250,0	250,0	250,0
Lectina de soja	15,0	15,0	15,0	15,0
Óleo Peixe	6,2	13,4	20,0	25,1
Óleo de Soja	20,0	20,0	20,0	20,4
Cloreto de Potássio	15,0	14,0	10,0	9,1
Cloreto de Sódio	15,0	15,0	15,0	15,0
Sulfato de Magnésio	8,0	8,0	8,0	8,0
Vitamina-C	0,3	0,3	0,3	0,3
Caulim	8,8	13,4	23,7	26,6
Fosfato Monocálcico	20,0	0,00	0,00	0,00
² Premix vitamínico-mineral	15,0	15,0	15,0	15,0
Gordura de origem marinha	25,1	25,3	25,2	24,8

¹Composição centesimal, 63,07% proteína bruta, 1,38% de extrato etéreo, 4,66% fibra bruta, 6,79% umidade e voláteis, 6,32% material mineral, 17,78% extrato não nitrogenado, 1,38% extrato por hidrólise ácida, 4.426,0 cal.g⁻¹; ¹Aminograma Ácido Aspártico 6,67%; Ác. Glutâmico 10,03%; Serina 2,65%; Glicina 1,90%; Histidina 1,68%; Arginina 3,69%; Treonina 1,74%; Prolina 2,73%; Tirosina 1,69%; Valina 2,73%; Metionina 0,71%; Metionina + Cistina 1,37%; Isoleucina 2,82%; Leucina 4,99%; Fenilalanina 3,04%; e Lisina. 3,92%. ²Níveis de garantia por quilo do produto: vit. A – 10.000.000 UI; vit. D3 – 2.000.000 UI; vit. E – 30.000 UI; vit. B1 – 2,0 g; vit. B6 – 4,0 g; ácido pantotênico – 12,0 g; biotina – 0,10 g; vit. K3 – 3,0 g; ácido fólico – 1,0 g; ácido nicotínico – 50,0 g; vit. B12 – 15.000 mcg; Se – 0, 25 g; e Veículo q.s.p – 1.000 g.

17.4 Material biológico

Os camarões utilizados neste estudo eram provenientes da reprodução de uma linhagem livre de patógenos específicos (SPF, do inglês *Specific Pathogen Free*) de notificação obrigatória (WSSV, IHNV, TSV, IMNV e YHV), pela Organização Internacional de Epizootiases (OIE) oriundos da empresa Aquatec Aquacultura LTDA (Rio Grande do Norte, Brasil). Os camarões foram cultivados no LCM-

UFSC em sistema intensivo fechado com bioflocos bacterianos até atingirem o peso necessário para realização do experimento.

Foram utilizados 2.400 camarões marinhos (*L. vannamei*) com peso médio de $3,96 \pm 0,04$ g, cultivados em sistema superintensivo em bioflocos em um tanque matriz circular de fibra de vidro com capacidade de 50 ton, mantidos com aeração constante e temperatura de aproximadamente 27 °C. A água do tanque matriz no dia da transferência dos juvenis estava com salinidade 35 ‰, temperatura 27 °C, oxigênio dissolvido $5,2 \text{ mg.L}^{-1}$, total de sólido suspensos 434 mg.L^{-1} , alcalinidade 152 mg.L^{-1} , amônia $0,27 \text{ mg.L}^{-1}$, nitrito $3,06 \text{ mg.L}^{-1}$, e pH 7,42. O biofoco presente no tanque era estava em formação a aproximadamente 30 dias, apresentando-se em estágio heterotrófico, foi adicionado melaço diariamente na proporção de 50% da quantidade de ração.

Os camarões foram alimentados até a transferência para as unidades experimentais quatro vezes ao dia com dieta comercial de 350 g.kg^{-1} de proteína bruta (PB), GUABI EXT35 (mín. 350 g.kg^{-1} de PB; mín. 75 g.kg^{-1} extrato etéreo; máx. 100 g.kg^{-1} de umidade; máx. 50 g.kg^{-1} fibra bruta; máx. 130 g.kg^{-1} material mineral; 15 a 30 g.kg^{-1} Ca; mín. $14,5 \text{ g.kg}^{-1}$ P; máx. 3 g.kg^{-1} Mg; mín. 8 mg.kg^{-1} K; de acordo com fabricante).

17.5 Unidades experimentais

Em estufa, as unidades experimentais de polietileno com 800 L de água útil foram abastecidas através do bombeamento da água do tanque matriz. Estas tinham 4 m² de superfície (fundo e lateral) e mais 2 m² oferecida em substrato artificial para aumentar o conforto dos animais (Schweitzer et al., 2013). Aeração constante através de mangueiras de difusão ligadas a um compressor de ar do tipo de 7,5 CV e aquecedores de titânio (1.000 watts de potência) com termostato, mantendo a temperatura de $29 \pm 0,5$ °C.

17.6 Delineamento experimental e manejo alimentar

Os quatro tratamentos (0, 33, 66 e 100% de substituição da farinha de peixe pelo contrato proteico de soja) foram distribuídos em doze unidades experimentais completamente ao acaso, em triplicata. Cada tanque recebeu 200 camarões, mantendo uma densidade inicial de $250 \text{ camarões.m}^{-3}$. Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia (8:00; 11:00; 14:00 e 17:00), oferecendo 3% da biomassa, a quantidade de dieta era ajustada de acordo com as biometrias.

A dieta foi oferecida a lanço (90%) e em bandejas de alimentação (10%). Uma hora após ser a oferta às bandejas eram checadas para

estimar o consumo da dieta no tanque. Quando detectada duas sobras consecutivas nas bandejas ocorria redução de 10% da quantidade de ração ofertada, enquanto duas alimentações sem sobras aumentavam-se 10% do volume ofertado na última alimentação

17.7 Parâmetros de qualidade de água

Durante o experimento o oxigênio dissolvido e temperatura foram mensurados duas vezes ao dia. Duas vezes por semana eram realizadas: volume de flocos (cilindro de Inhoff), transparência (disco de Sechi), pH, total de amônia dissolvida, nitrito, nitrato, alcalinidade, total de sólidos suspensos (APHA, 2005), ortofosfato dissolvido (Strickland e Parsons, 1972), e salinidade (refratômetro).

Os sólidos totais foram mantidos entre 400 e 600 mg.L⁻¹ (Schweitzer et al., 2013), e quando ultrapassava este valor o excedente era retirado como auxílio de decantadores com capacidade de 60 L para retirada de sólidos dos tanques (adaptado Ray et al., 2010).

Ao longo do cultivo não houve renovação de água, repondo apenas o volume evaporado com água doce. Foi utilizada a cal hidratada quando a alcalinidade estava menor que 120 mg.L⁻¹ CaCO₃, quando necessário, a dose era 10% da ração do dia. O melaço foi utilizado até o 29º dia de experimento mantendo uma relação carbono:nitrogênio no sistema entre 12:1 a 15:1, estimada segundo Avnimelech (1999).

17.8 Índices zootécnicos

Foram realizadas biometrias semanais para quantificar o crescimento dos camarões. No final do experimento foram avaliados a eficiência alimentar aparente, consumo, taxa de crescimento específico, peso final, ganho de peso, sobrevivência e produtividade.

17.9 Composição centesimal e aminograma dos camarões e bioflocos

Treze amostras de camarão (uma inicial, do tanque matriz e 12 finais das unidades experimentais) e 12 amostras de bioflocos coletadas no final do experimento e liofilizadas foram enviadas para a CBO Análises Laboratoriais, para avaliação da composição centesimal segundo metodologia da AOAC (2005). Nas amostras de camarões também foram analisados concentração de colesterol e nas amostras de bioflocos foram realizados aminogramas por HPLC.

17.10 Análise Estatística

Os dados foram previamente submetidos a análise de Bartlett para verificar a homogeneidade de variância. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância unifatorial. Quando detectada

diferença significativa, foi utilizado o teste Student Newman Keuls (SNK) de separação de médias. Todos os testes utilizaram um nível de significância de 5% (ZAR, 2010).

18. RESULTADOS

18.1 Dieta experimental

Entre todos os nutrientes e aminoácidos avaliados nas dietas experimentais, foi observado uma elevação nas concentrações de Extrato Não Nitrogenado (ENN), Arginina e Ácido Glutâmico, e redução nos níveis de Proteína Bruta, Material Mineral, Histidina, Metionina, Metionina + Cistina e Glicina nas dietas com maiores substituições de farinha de peixe, pelo concentrado proteico de soja (Tabela 7).

18.2 Parâmetros de qualidade de água

Os parâmetros de qualidade de água não variaram significativamente entre os tratamentos durante o cultivo (Tabela 8).

18.3 Índices zootécnicos

Os camarões alimentados com dieta com 0 e 33% de substituição de farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja obtiveram maior peso final e taxa de crescimento específico em relação aos camarões alimentados com dietas com 66 e 100% de substituição. A maior produtividade e consumo foram observados nos camarões alimentados com a dieta sem substituição (0%) em relação aos alimentados com 100% de substituição, os camarões alimentados com 33 e 66% de substituição não diferiram entre os demais tratamentos. A sobrevivência e eficiência alimentar aparente não diferiram entre os tratamentos (Tabela 9).

18.4 Composição centesimal do bioflocos e camarão

Composição centesimal do bioflocos foi observada maior nível de material mineral, nos tanques com camarões alimentados sem substituição (0%) em relação aos tanques com 100% de substituição, enquanto 33 e 66% de substituição não diferiram entrem os tratamentos. Para proteína bruta, extrato etéreo, extrato nitrogenado, fibra bruta e energia não foram observados diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 10).

Tabela 7. Composição centesimal e aminograma das dietas experimentais para de camarões marinhos (*L. vannamei*) cultivados em sistema bioflocos com diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.

Composição centesimal (g.kg⁻¹)				
Substituição proteica (%)	0	33	66	100
¹ Proteína Digestível	272,0	274,0	272,0	271,0
Proteína Bruta	333,9	326,7	321,6	318,8
Lípido Bruto	63,1	66,4	60,6	66,3
Extrato Não Nitrogenado	350,6	369,3	380,0	389,9
Material Mineral	126,7	121,0	114,3	104,3
Fibra Bruta	21,9	23,9	21,9	26,9
Umidade	103,9	92,8	101,6	98,8
² Energia	3909,0	3973,0	3.903,0	4002,0
³ Energia.Proteína Bruta ⁻¹	11,7	12,1	12,1	12,5
Aminograma (g.kg⁻¹)				
Aminoácidos Essenciais				
Arginina	16,2	16,4	16,9	17,1
Fenilalanina	13,1	14,3	14,2	15,0
Histidina	7,2	6,9	6,7	5,8
Isoleucina	13,1	13,7	13,5	13,8
Leucina	21,8	22,5	22,3	22,8
Lisina	21,9	28,1	24,7	24,8
Metionina	9,4	8,1	7,2	6,3
Metionina + Cistina	13,7	12,4	11,5	10,5
Treonina	7,8	6,9	7,8	7,3
Triptofano	-	-	-	-
Valina	13,6	14,2	13,9	13,7
Aminoácidos não essenciais				
Ácido Aspártico	27,1	26,8	28,8	27,8
Ácido Glutâmico	45,2	46,6	48,5	50,3
Alanina	12,5	11,3	11,6	11,2
Cistina	-	-	-	-
Glicina	11,8	10,3	9,8	9,2
Serina	11,2	11,0	11,5	11,3
Prolina	14,3	14,2	14,3	14,3
Tirosina	7,3	7,3	7,2	7,7

¹Estimativa, de acordo com os ingredientes utilizados (LEMOS et al., 2009); ²Cal.g⁻¹; ³kcal.g PB⁻¹.

Tabela 8. Parâmetros de qualidade de água (média \pm desvio padrão) do cultivo de camarões marinhos (*L. vannamei*), em sistema bioflocos, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.

Parâmetro de qualidade de água	Substituição proteica (%)			
	0	33	66	100
OD (mg.L ⁻¹)	5,6 \pm 0,2	5,5 \pm 0,2	5,3 \pm 0,1	5,5 \pm 0,2
Temperatura (°C)	29,0 \pm 0,2	29,0 \pm 0,1	29,0 \pm 0,3	29,0 \pm 0,4
Salinidade (‰)	37,9 \pm 0,1	37,9 \pm 0,1	38,0 \pm 0,1	38,0 \pm 0,1
Turbidez (cm)	8,4 \pm 3,1	8,5 \pm 0,0	8,3 \pm 1,0	7,5 \pm 0,7
SS (mL.L ⁻¹)	15,5 \pm 0,1	15,3 \pm 1,1	14,5 \pm 0,1	14,4 \pm 0,9
TSS (mg.L ⁻¹)	585,2 \pm 16,1	579,3 \pm 8,6	558,7 \pm 12,6	554,4 \pm 14,0
SF (%)	56,9 \pm 1,1	56,8 \pm 0,6	57,0 \pm 1,2	56,3 \pm 1,2
SV (%)	43,1 \pm 1,1	43,2 \pm 0,6	43,0 \pm 1,2	43,7 \pm 1,2
pH	7,6 \pm 0,2	7,6 \pm 0,2	7,6 \pm 0,2	7,6 \pm 0,2
Amônia (mg.L ⁻¹)	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1
Nitrito (mg.L ⁻¹)	3,1 \pm 0,1	3,0 \pm 0,1	3,1 \pm 0,1	3,0 \pm 0,1
Nitrato (mg.L ⁻¹)	41,3 \pm 21,9	43,0 \pm 23,8	44,8 \pm 27,9	40,4 \pm 23,4
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	142,6 \pm 38,0	136,6 \pm 27,4	138,6 \pm 38,0	135,5 \pm 28,1
Fosfato (mg.L ⁻¹)	11,4 \pm 1,6	11,1 \pm 1,6	12,6 \pm 2,1	11,8 \pm 2,0

OD (oxigênio dissolvido); SS (sólidos sedimentáveis); TSS (total de sólidos suspensos); SF (sólidos fixos); e SV (sólidos voláteis).

Tabela 9. Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) de camarões marinhos (*L. vannamei*) cultivados em bioflocos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.

Índice Zootécnico	Substituição proteica (%)			
	0	33	66	100
Peso inicial (g)	3,95 \pm 0,04	3,97 \pm 0,01	3,97 \pm 0,03	3,96 \pm 0,3
Peso final (g)	15,20 \pm 0,55 ^a	14,70 \pm 0,46 ^a	13,53 \pm 0,52 ^b	13,39 \pm 0,27 ^b
TCE (g.semana ⁻¹)	1,88 \pm 0,09 ^a	1,79 \pm 0,08 ^a	1,59 \pm 0,08 ^b	1,57 \pm 0,04 ^b
Produtividade (kg.m ⁻³)	3,16 \pm 0,15 ^a	2,83 \pm 0,19 ^{ab}	2,79 \pm 0,16 ^{ab}	2,56 \pm 0,18 ^b
Sobrevivência (%)	83,08 \pm 3,59	77,09 \pm 4,36	82,39 \pm 3,00	80,13 \pm 9,11
EAA	0,48 \pm 0,03	0,46 \pm 0,04	0,46 \pm 0,05	0,48 \pm 0,08
Consumo (kg.unidade ⁻¹)	3,62 \pm 0,11 ^a	3,18 \pm 0,03 ^b	3,18 \pm 0,46 ^b	2,79 \pm 0,08 ^c

*Diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) entre os tratamentos através da ANOVA e SNK para separação de médias; TCE (taxa de crescimento específico); e EAA (eficiência alimentar aparente).

No aminograma do bioflocos foi observada maiores concentrações de alanina no bioflocos dos tanques alimentados sem substituição (0%) em relação aos tanques com 100% de substituição, enquanto 33 e 66% de substituição não diferiram entre os tratamentos. Maiores concentrações de arginina e metionina foram observadas nos bioflocos dos tratamentos com 0 e 66% de substituição em relação ao 100%, 33% não diferiu entre os tratamentos. O ácido aspártico estava em maiores concentrações no bioflocos dos tanques com camarões alimentados com a dieta com 100% de substituição em relação ao com 33%, enquanto 0 e 66% de substituição não divergiram entre os tratamentos. A prolina estava em menores concentrações no tratamento com 100% de substituição em relação aos demais tratamentos. Para os demais aminoácidos não foram observadas diferenças significativas (Tabela 10).

Não foram observadas diferenças significativas na composição centesimal e colesterol no tecido dos camarões (Tabela 11).

Tabela 10. Composição centesimal e aminograma da matéria seca do biofloco dos tanques de camarões marinhos (*L. vannamei*), cultivados em sistema Bioflocos, e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.

	Composição centesimal (g.kg⁻¹)			
	Substituição proteica (%)			
	0	33	66	100
PB	293,3±16,0	266,2±21,9	282,7±4,6	261,4±10,2
EE	23,5±3,5	21,9±6,9	20,3±3,0	20,1±1,3
ENN	6,89±2,5	91,7±71,1	86,9±66,0	73,8±65,7
MM	510,0±4,5 ^b	503,0±16,1 ^{ab}	481,8±13,2 ^{ab}	473,4±9,9 ^a
FB	120,4±38,6	117,2±58,3	128,4±65,4	170,3±65,7
¹ Energia	2.083,7±74,9	2.070,5±176,1	21.290,7±110,6	2150,7±61,5
Aminograma (g.kg⁻¹)				
Aminoácidos essenciais				
Arg	13,8±0,2 ^b	12,5±1,0 ^{ab}	13,3±0,2 ^b	11,5±0,6 ^a
Fen	10,1±0,5	9,5±1,0	10,1±0,3	9,5±0,4
His	4,6±0,2	4,2±0,4	4,7±0,2	4,3±0,4
Iso	8,8±0,8	8,1±1,6	8,8±0,4	8,4±0,3
Leu	15,9±0,7	14,9±1,6	16,3±0,4	14,8±1,0
Lis	10,5±0,3	9,0±0,7	10,4±0,2	9,7±1,6
Met	3,7±0,2 ^b	3,3±0,4 ^{ab}	3,7±0,1 ^b	2,8±0,4 ^a
Met+Cis	-	-	-	-
Treo	11,4±0,4	10,6±1,2	11,4±0,1	10,4±0,5
Trip	1,4±0,4	1,4±0,5	1,8±0,1	1,6±0,3
Val	13,2±1,1	12,5±1,8	13,2±0,5	12,4±0,5
Aminoácidos não essenciais				
Ác. Asp.	6,4±0,6 ^{ab}	5,6±0,9 ^a	6,7±0,4 ^{ab}	8,4±1,4 ^b
Ác. Glu.	17,3±1,2	15,1±3,0	18,9±1,0	19,4±2,7
Ala	17,3±0,8 ^b	16,0±1,4 ^{ab}	16,7±0,3 ^{ab}	14,9±0,8 ^a
Cis	4,2±0,1	4,2±0,4	4,3±0,1	4,5±0,5
Gli	18,5±0,2	16,5±0,6	17,0±0,2	15,8±0,4
Pro	11,0±0,1 ^b	10,3±0,3 ^b	10,4±0,3 ^b	8,8±0,5 ^a
Ser	10,9±0,2	10,1±0,7	11,1±0,2	10,7±0,5
Tir	8,8±0,3	8,5±1,0	9,2±0,2	8,6±0,3

*Diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) entre os tratamentos através da ANOVA e SNK para separação de médias. Cal.g⁻¹; 2kcal.g PB⁻¹, PB (proteína bruta); EE (extrato etéreo); ENN (extrato não nitrogenado); MM (material mineral); e FB (fibra bruta).

Tabela 11. Colesterol e composição centesimal da matéria seca de camarões marinhos (*L. vannamei*), cultivados em sistema bioflocos, e alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja.

	Composição centesimal (g.kg⁻¹.)			
	Nível de substituição da FP pelo CPS			
	0%	33%	66%	100%
Colesterol	6,1±0,8	5,9±0,4	6,1±0,6	5,8±0,6
PB	892,3±42,3	962,6±74,3	850,0±97,1	886,7±135,5
EE	57,8±10,2	63,0±7,5	67,1±16,9	65,4±6,1
MM	119,1±12,7	107,6±11,1	107,3±3,4	107,4±12,3
FB	59,1±6,5	58,5±6,6	55,0±9,2	61,0±5,0
Fósforo	11,2±1,7	10,1±1,3	10,3±1,8	10,3±0,4
¹ Energia	3.980,3±57,7	4.013,0±47,1	3.899,0±88,3	3917,0±93,0

Cal.g⁻¹; ²kcal.g PB⁻¹, PB (proteína bruta); EE (extrato etéreo); ENN (extrato não nitrogenado); MM (material mineral); e FB (fibra bruta).

19. DISCUSSÃO

Neste trabalho as dietas utilizadas apresentaram uma composição centesimal e perfil de aminoácidos semelhantes, com pequenas diferenças entre os tratamentos (Tabela 7). A metionina estava abaixo das concentrações recomendadas, de 7,0 – 9,0 g.kg⁻¹ (NRC, 2011), porém estes níveis de metionina podem ter sido compensados pela soma da “metionina + cistina” que no tratamento com 100% de substituição estava na concentração de 10,3 g.kg⁻¹ justificando os bons índices zootécnicos obtidos neste trabalho.

Em todas as dietas com substituição parcial ou total da farinha de peixe, a arginina e histidina apresentaram-se abaixo do nível recomendado, que é de 19,0 e 8,0 g.kg⁻¹ (NRC, 2011), respectivamente. Apesar de estes níveis estarem abaixo dos recomendados, os resultados podem ser considerados promissores, devido ao bom desempenho zootécnico obtido pelos camarões. Provavelmente, parte da deficiência destes aminoácidos pode ter sido suprida pela sua disponibilidade no bioflocos (Tabela 10) que fornece parte dos nutrientes que estão abaixo dos níveis recomendados. Entretanto a presença do bioflocos não foi suficiente para promover o crescimento igualitário entre os tratamentos.

Os parâmetros de qualidade de água não divergiram entre os tratamentos (Tabela 8) e foram considerados adequados para o cultivo desta espécie (Boyd e Zimmermann, 2010). Este resultado corroborou com Bauer et al. (2012) e Sá et al. (2013) que não observaram diferenças significativas nos parâmetros de qualidade de água, em

tanques com camarões alimentados com dietas com farinha de peixe e concentrado proteico de soja.

A substituição da farinha de peixe na ração de camarões marinhos é algo almejado pela cadeia produtiva (Amaya et al., 2007a; 2007b; Suárez et al., 2009; Tacon e Metian, 2008; Bauer et al., 2012; Sá et al., 2013; Sookying et al., 2013). Neste trabalho a dieta sem substituição da farinha de peixe (0%) proporcionou os melhores índices zootécnicos (Tabela 9), entretanto não sendo diferente de 33% de substituição da farinha de peixe, sem a inclusão de aminoácidos sintéticos ou quaisquer outros aditivos alimentares. Este resultado corrobora com os encontrados por Sá et al. (2013), que registraram um peso final médio de 14,34 g para *L. vannamei* alimentados com ração sem substituição da farinha de peixe, enquanto os animais alimentados com ração com 100% de substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja obtiveram 13,84 g após dez semana de cultivo, em água clara. Estes mesmos autores indicaram 31% de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja com inclusão 20 g de óleo de peixe por kg de ração, corroborando os dados deste trabalho que 33% de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, com 25,1 g de gordurade origem marinha por kg de ração, não prejudica os índices zootécnicos dos camarões.

Bauer et al. (2012) não observaram diferenças significativas ao realizar a mesma substituição, onde os camarões alimentados com dieta contendo farinha de peixe ou com dieta com 100% substituição da farinha de peixe uma mistura de concentrado proteico de soja e farinha de bioflocos, resultaram em peso final de 5,54 g e 5,70 g, respectivamente. Porém este trabalho foi finalizado no 28º dias, antes dos camarões atingirem peso comercial (10 a 16 g).

Ray et al. (2010) demonstraram o potencial da substituição da farinha de peixe pelos derivados da soja ao cultivar 460 camarões.m⁻³ em sistema de bioflocos. Estes autores obteve taxas de crescimento específicas médias próximas a 1,0 g por semana, independente da substituição. Scopel et al. (2011) e Bauer et al. (2012) também substituíram a farinha de peixe por farelo de soja e concentrado proteico de soja, obtendo crescimento semanal de 0,57 g e 0,77 g, entretanto estes autores também utilizaram farinha de vísceras e farinha de bioflocos, respectivamente, dificultando comparações. Neste capítulo, a maior taxa de crescimento específico (Tabela 9) foi semelhante ao encontrado no 2º capítulo desta tese de 1,79 g por semana para camarões alimentados com dieta experimentais sem substituição da farinha de peixe. Enquanto a menor taxa de crescimento específico foi

de 1,57 g por semana, para os camarões alimentados com dieta com 100% de substituição, sendo considerado um excelente resultado, superior aos índices obtidos por outros autores ao alimentar *L. vannamei* com dietas sem farinha de peixe (Ray et al., 2010; Scopel et al., 2011; Sookying e Davis, 2011; Bauer et al., 2012; Sá et al., 2013) ou utilizando dietas experimentais e/ou comerciais com farinha de peixe (Ray et al., 2010; Scopel et al., 2011; Bauer et al., 2012; Sá et al., 2013 Schweitzer et al., 2013).

Diversos fatores podem interferir no consumo de ração dos camarões, como: temperatura, composição das dietas, energia, atratividade e palatabilidade (Kureshy e Davis, 2002; Cuzon et al., 2004; Nunes et al., 2006). Todos os tratamentos obtiveram a mesma eficiência alimentar, sugerindo a mesma conversão de ração em tecido animal. Assim, o menor peso final e taxa de crescimento específico, nos camarões alimentados com dieta com 100% de substituição pode ser devido ao seu menor consumo, pois elevadas concentrações de ingredientes vegetais reduz atratividade e palatabilidade das dietas (Nunes et al. 2006; Amaya et al., 2007a; 2007b).

Para melhorar os resultados obtidos neste trabalho ou avaliar maiores níveis de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, novas formulações com a inclusão de atrativos como farinha de lula, farinha de *krill* (Sánchez et al. 2012), aminoácidos sintéticos como a metionina (Sookying et al., 2013), ou taurina, aminoácido livre, não essencial, estimulante alimentar, sendo recomendável para obtenção de melhor desempenho zootécnico para peixes e camarões (Coman et al., 1996; Martinez et al., 2004; Furtato et al., 2010). Independente do nível de substituição da farinha de peixe, os camarões obtiveram a mesma eficiência alimentar, demonstrando sua capacidade de aproveitar os nutrientes do concentrado proteico de soja. Outra maneira para aprimorar os resultados obtidos seria avaliar diferentes formulações de dietas, fontes de carbono, ou quaisquer outros insumos que aprimorem o valor nutricional do bioflocos para os animais de cultivo.

O bioflocos tem como característica oferecer uma fonte de alimento constante aos animais de cultivo (Anvimelech, 1999; Burford et al., 2003; Anvimelech, 2006; Michaud et al., 2006; Wasielesky et al., 2006; Taw, 2010). Pequenas diferenças foram registradas na composição centesimal e aminograma do bioflocos (Tabela 5). Destaca-se a metionina, aminoácido essencial, que registrou menores concentrações à medida que aumentava os níveis de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja na dieta e no

biofoco, já que este ingrediente possui menores valores de metionina que a farinha de peixe (Tabela 7 e Tabela 10). Entretanto, estas diferenças não influenciaram a sobrevivência e eficiência alimentar aparente dos camarões (Tabela 9), nem a composição destes animais (Tabela 6). Isto demonstra a capacidade dos camarões de utilizar os nutrientes do concentrado proteico de soja.

Foram registrados maiores concentrações de proteína bruta (275,9 g.kg⁻¹) no biofoco que o observado no 2º capítulo desta tese ao cultivar *L. vannamei* alimentado com dieta contendo diferentes concentrações proteicas (243, 303, 329 e 367 g.kg⁻¹ de PB). Isto pode estar relacionado com o estágio de desenvolvimento do biofocos. No 2º capítulo desta tese foi utilizado um biofoco quimioautotrófico, utilizando apenas cal hidratada como fonte de carbono. Já neste estudo foi utilizado um biofocos em uma fase mais heterotrófica, sendo necessária a adição de melaço e apenas ao final do cultivo utilizou-se cal hidratada. Sabe-se que o valor nutricional do biofocos pode ser influenciado pelo manejo adotado e estágio de desenvolvimento do floco microbiano, sendo sua fase heterotrófica de maior valor nutricional (Avnimelech, 2006; Ebeling et al., 2006).

Apesar do elevado custo, o concentrado proteico de soja é um ingrediente importante para promover a sustentabilidade da produção de camarões, pois é um ingrediente renovável, e pode reduzir a demanda da farinha de peixe na indústria do camarão, assim como na aquicultura.

20. CONCLUSÃO

Para camarões marinhos (*L.vannamei*) cultivados em sistema de biofocos, alimentados com dietas com 208,7 g de farinha de peixe por kg de ração, foi possível a substituição de 33% da proteína da farinha de peixe pela proteína do concentrado proteico de soja na dieta sem comprometer o desempenho zootécnico dos animais.

21. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo suporte no projeto “Bases Nutricionais para o Desenvolvimento de Dietas voltadas para o Cultivo do Camarão *Litopenaeus vannamei* em Regime Intensivo com Flocos Microbianos e Troca Mínima de Água – FINEP/RECARCINA - 2010-2012CNPq pelas bolsas oferecidas para o desenvolvimento deste projeto; a IMCOPA e Nicoluzzi pelo financiamento do projeto; a GUABI por disponibilizar os ingredientes

para produção das dietas; ao Dr. Alberto Nunes e Msc Hassan Sabry-Neto do LABOMAR-UFC pelo apoio na preparação das dietas experimentais; e Karine Goulart de Oliveira, Lucas Gomes Mendes e Efrayn Wilker de Souza Candia pelo apoio técnico na execução do mesmo.

22. REFERÊNCIAS

Akiyama, D.M., Dominy, W.G., Lawrence, A.L., 1992. Penaeid shrimp nutrition. In: Fast, A.W., Lester, L.J. Eds., *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier, Amsterdam, pp. 535–568.

Amaya, E.A., Davis, D.A., Rouse, D.B., 2007a. Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared under pond conditions. *Aquaculture* 262, 419–425.

Amaya, E.A., Davis, D.A., Rouse, D.B., 2007b. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture* 262, 393–401.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2005. *Official Methods of the AOAC International*, 18th ed. Maryland, USA.

APHA (American Public Health Association), American Water Works Association, Water Pollution Control Association, 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.

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 an new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering* 34, 172–178.

Ballester, E.L.C., Abreu P.C., Cavalli R.O., Emerenciano M., De Abreu L., Wasielesky J.R.W., 2006. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture nutrition* 16, 163–172.

Bauer, W., Prentice-Hernandez C., Tesser M.B., Wasielesky Jr.W., Poersch, L.H.S., 2012. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 15, 112–116.

Boyd, C., Zimmermann, S., 2010. Grow-out systems–water quality and soil management, in: New, M. B., Valenti, W. C., Tidwell, J. H., D'Abramo, L. R., Kutty, M. N. (Eds.). *Freshwater prawns: Biology and farming*. Wiley-Blackwell, Iowa, pp. 239–255.

Boyd, C.E., Gautier, D., 2000. Effluent composition and water quality standards. *Global Aquaculture Advocate*, 3 (5), 61–66.

Browdy, C., Seaborn, G., Atwood, H., Davis, A.D., Bullis, R.A., Samocha, T.M., Wirth, E., Leffler, J.W., 2006. Comparison of pond production efficiency, fatty acid profiles, and contaminants in *Litopenaeus vannamei* fed organic Plant-based and Fish-meal-based diets. *Journal of World Aquaculture Society* 37 (4), 15.

Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219, 393–411.

Chamberlain, G., Avnimelech, Y., McIntoch, R.P., Velasco, M., 2001. Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems With Balanced C:N II: Composition and Nutritional Value Of Organic Detritus. *Global Aquaculture Advocate* 2 (5/6), 22–23.

Coman, G.J., Sarac, H.Z., Fielder, D., Thorne, M., 1996. Evaluation of crystalline amino acids, betaine and AMP as food attractants of the giant tiger prawn (*Penaeus monodon*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 113, 247–253.

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.

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.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009. *Feed ingredients and fertilizers for farmed aquatic animals: Sources and composition*, Rome, Italia, 222 pp.

Furtado, P.S., Borba, M.R., Maicá, P.F., Wasielesky Junior, W., 2010. Suplementação de taurina em dietas com duas concentrações proteicas

para pós-larvas de camarão-branco-do-pacífico. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39 (11), 2330–2335.

Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson R., Wurtele, E., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Researcher* 38, 551–579.

Gong, H., Jiang, D., Alig, F., Lawrence, A.L., 2012. Effects of dietary protein level and source on the growth and survival of two genetic lines of specific-pathogen-free Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 29, 118–123.

Hardy, R.W., 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research* 41, 770–776.

Hargreaves, J.A., 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering* 34, 344–363.

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.

Hart, S., Bharadwaj, A., Brown, P., 2004 Soy-in-aquaculture, New Ally for Aquaculture. *Global Aquaculture Advocate* 2 (5/6), 31–32.

Hopkins, J.S., Sandifer, P.A., Browdy, C.L., 1995. Effect of two feed protein levels and feed rate combinations on water quality and production of intensive shrimp ponds operated without water exchange. *Journal World Aquaculture Society* 26, 93–97.

Jory, E.J., Cabrera, T.R., Dugger, D.M., Fegan, D., Lee P.G., Lawrence, A.L., Jackson, C.J., Mcintosh, R.P., Castañeda, J., 2001. A global review of shrimp feed management: status and perspectives. In: Jory E.D., Browdy C.L. (eds) *The new Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture*, Aquaculture, Baton Rouge, LA, 104–152.

Kuhn, D.D., Lawrence, A.L., Boardman, G.D., Patnaik, S., Marsh, L., Flick Jr., G.J., 2010. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 303 28–33.

Kureshy, N., Davis, D.A., 2002. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 204 (1–2), 125–143.

Lawrence, A.L., Lee, P.G., 1997. Research in the Americas. In: D'Abramo L.R., Conklin D.E., Akiyama, D.M. (eds) *Crustacean Nutrition*. World Aquaculture Society, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, 566–587.

Lemos, D., Lawrence, A.L., Siccardi, A.J., 2009. Prediction of apparent protein digestibility of ingredients and diets by in vitro pH-stat degree of protein hydrolysis with species-specific enzymes for juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 295, 89–98.

Martinez, J.B., Chatzifotis, S., Divanach, P., 2004. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and feed selection of sea bass *Dicentrarchus labrax* fry fed with demand-feeders. *Fisheries Science* 70, 74–79.

Martinez-Cordova, L.R., Torres, A.C., Porchas-Cornejo, M.A., 2009. Dietary protein level and natural food management in the culture of blue (*Litopenaeus stylirostris*) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in microcosms. *Aquaculture Nutrition* 9, 155–160.

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.

Mcintosh, P.R., 2000. Changing paradigms in shrimp farming. IV. Low protein feeds and feeding strategies. *Global Aquaculture Advocate* 3, 44–50.

Michaud, L., Blancheton, J.P., Bruni, V., Piedrahita R., 2006. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. *Aquaculture Engineering* 34, 224–233.

N.R.C. (Nutrients Requirements of Fish and Shrimp), 2011. Committee on the Nutrient Requirements of fish and Shrimp, National Council of the National Academies, Washington, USA, p. 376.

- Nunes, A.J.P., Sá, M.V.C., Andriola-Neto, F.F., Lemos, D., 2006. Behavioral response to selected feed attractants and stimulants in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 260, 244–254.
- Paripatananont, T., Boonyaratpalin, M., Pongseng, P., Chotipuntu, P., 2001. Substitution of soy protein concentrate for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon* *Aquaculture Research*, 32 (1), 369–374.
- Pruder, G. D., 2004. Biosecurity: application in aquaculture *Aquacultural Engineering* 32, 3–10.
- Ray, A.J., Lewis, B.L., Browdy, C.L., Leffler, J.W., 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture* 299, 89–98.
- Read, P., Fernandes, T., 2003. Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe. *Aquaculture* 226, 139–163.
- Rosas, C., Cuzon, G., Taboada, G., Pascual, C., Gaxiola, G., Van Wormhoudt, A., 2001. Effect of dietary protein and energy levels on growth, oxygen consumption, haemolymph and digestive gland carbohydrates, nitrogen excretion and osmotic pressure of *Litopenaeus vannamei* (Bonne) and *L. setiferus* (Linne) juveniles (Crustacean, Decapoda; Penaeidae). *Aquaculture Researcher* 32, 531–547.
- Sá, M.V.C., Sabry-Neto, H., Cordeiro-Júnior, E., Nunes, A.J.P., 2013. Dietary concentration of marine oil affects replacement of fish meal by soy protein concentrate in practical diets for the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 19, 199–210.
- Sánchez, R.D., Fox, J.M., Gatlin, D., Lawrence, A.L., 2012. Dietary effect of squid and fish meals on growth and survival of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in presence or absence of phytoplankton in an indoor tank system. *Aquaculture Research* 43, 1880–1890.
- Sarac, Z., Thaggard, H., Saunders, J., Gravel, M., Neill, A., Cowan, R.T., 1993. Observations on the chemical composition of some commercial prawn feeds and associated growth responses in *Penaeus monodon*, *Aquaculture* 115, 97–110.
- Schuur, A. M., 2003. Evaluation of biosecurity applications for intensive shrimp farming *Aquacultural Engineering* 28, 3–10.
- Schweitzer, R., Arantes, R.A., Costódio, P.F.S., Santo, C.M.E., Arana, L.A., Seiffert, W.Q., Andreatt, E.R., 2013. Effect of different biofloc

levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water Exchange. *Aquacultural Engineering* 56, 59–70.

Scopel, B.R., Schweitzer, R., Seiffert, W.Q., Pierri, V., Arantes, R.F., Vieira, F.N., Vinatea, L.A., 2011. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em sistema bioflocos Pesquisa agropecuária Brasileira 46 (8), 928–934.

Sookying, D., Davis, D.A., Silva, S.D., 2013. A review of the development and application of soybean-based diets for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 19, 441–448.

Sookying, D., Davis, A., 2011. Pond production of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed high levels of soybean meal in various combinations. *Aquaculture* 319, 141–149.

Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis, vol. 167. Bulletin of Fisheries Research Board, Canada, pp. 310.

Suárez, J.A., Gaxiola, G., Mendoza, R., Cadavid, S., Garcia, G., Alanis, G., Suárez, A., Faillace, J., Cuzon, G., 2009. Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture* 289, 118–123.

Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, I.P., Decamp, O.E., 2002. Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition* 8, 121–131.

Tacon, A.G. J., Metian, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects, 2008. *Aquaculture*, v. 285 (1), 146–158.

Tacon, A.G., Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. *Aquaculture* 285, 146–158.

Taw, N., 2010. Biofloc technology expanding at white shrimp farms biofloc systems deliver high productivity with sustainability. *Global Aquaculture Advocate* 2 (5/6), 20–22.

Wasielisky, Jr.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.

Williams, N.K.C., Smith, D.M., Barclay, M.C., Tabrett S.J., Riding, G., 2005. Evidence of a growth factor in some crustacean based feed ingredients in diets for the giant tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 250, 377–390.

Zar, J.H, 2010. *Biostatistical analysis*. 5th ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River. NJ, 994p.

CONCLUSÕES GERAIS

a) Os *Litopenaeus vannamei* cultivados em sistema superintensivo de bioflocos necessitam de dietas com menor teor de proteína bruta que os cultivados em sistema semi-intensivo.

b) O *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema intensivo de bioflocos necessita de aproximadamente 300 g de proteína bruta por kg de ração, enquanto no sistema semi-intensivo o *L. vannamei* é necessita de aproximadamente 330 g de proteína bruta por kg de ração.

c) Os diferentes níveis de proteína bruta na dieta não interferem a composição do bioflocos, assim como os parâmetros de qualidade de água.

d) A substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja não influencia a composição centesimal do *Litopenaeus vannamei*. A substituição de 33% da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, em dietas com 208,7 g de farinha de peixe por kg de ração, não interfere os índices zootécnicos, sendo considerada viável sua utilização, enquanto a substituição total e de 66% ocasiona redução no ganho em peso, taxa de crescimento semanal e consumo das dietas.

e) A substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja não interfere nos parâmetros de qualidade de água, entretanto a composição centesimal e perfil de aminoácidos do bioflocos foram influenciados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa demonstrou as diferentes necessidades proteicas para o camarão marinho (*Litopnaeus vannamei*), cultivado nos sistemas semi-intensivo e superintensivo de biofloco, assim há necessidade de se buscar alternativas específicas para cada um deles, com intuito de melhorar a eficiência alimentar nos sistemas aquícolas.

Nos estudos nutricionais, o foco das pesquisas está na melhoria do desempenho zootécnico dos animais, assim como neste trabalho. Contudo, há necessidade de se conhecer os efeitos imunológicos e fisiológicos das dietas nos animais, assim permitindo um melhor julgamento da sua viabilidade.

A busca de ingredientes alternativos à farinha de peixe é constante, e o concentrado proteico de soja demonstrou grande potencial de ser utilizado nas dietas do camarão marinho (*L. vannamei*), cultivado no sistema superintensivo de biofloco. Apesar de animadores, os resultados obtidos podem ser melhorados com o uso de aditivos alimentares (prebióticos, probióticos, sais orgânicos, imunostimulantes, entre outros), podendo ser o foco de novas pesquisas.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

AKIYAMA, D. M., DOMINY, W. G.; LAWRENCE, A. L., 1992. Penaeid shrimp nutrition. In: Fast, A.W., Lester, L.J. Eds., *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier, Amsterdam, pp. 535–568.

AMAYA, E. A., DAVIS, D. A., ROUSE, D. B. Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared under pond conditions. **Aquaculture**, v.262, p.419–425, 2007a.

AMAYA, E. A., DAVIS, D. A., ROUSE, D. B. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. **Aquaculture**, v.262, p.393–401, 2007b.

AUSTIN, B.; AUSTIN, D.A., 2007. Bacterial fish pathogens: disease in farmed and wild fish, John Wiley & Sons, West Sussex, 594 p.

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

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

BAÑUELOS-VARGAS, I. et al. Effect of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on hepatic intermediary metabolism and antioxidant status of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.170, p.18-25, 2014.

BAUER, W. et al. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, v. 15, p.112–116, 2012.

BIAO, X., KAIJIN, Y. Shrimp farming in China: Operating characteristics, environmental impact and perspectives. **Ocean & Coastal Management**, v.50, p.538–550, 2007.

BOWYER, J. N., et al. The use of a soy product in juvenile yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) feeds at different water temperatures: 2. Soy protein concentrate. **Aquaculture**, v.410-411, p.1-10, 2013.

BROWDY C., et al. Comparison of Pond Production Efficiency, Fatty Acid Profiles, and Contaminants in *Litopenaeus vannamei* Fed Organic Plant-based and Fish-meal-based Diets. **Journal of World Aquaculture Society**, v.37(4), p.15, 2006.

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

BURFORD, M. A., et al. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero exchange system. **Aquaculture**, v.232, p.525-537, 2004.

CARVALHO, R.A.P.L.F., 2011. **Avaliação da composição de ingredientes selecionados para a substituição da farinha de peixe em dietas para juvenis de *Litopenaeus vannamei*** 258f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

CHAMBERLAIN, G., et al. Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems With Balanced C:N II: Composition and Nutritional Value Of Organic Detritus. *Global Aquaculture Advocate*, v.2 (5/6), p.22 – 23, 2001.

CUZON, G. et al. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**, v.235, p.513-531, 2004.

DAVIS, D. A., ARNOLD, C. R. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.185, p.291–298, 2000.

DENG, J., et al. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* **Aquaculture**, v.258 (1–4), p.503–513, 2006.

EMERENCIANO, M. et al. Aquacop. 2011. Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *Aquaculture Researcher*, p. 1-11.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. *Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry*. 2013, p. 301 – 328.

FLEGEL, T.W. Detection of major penaeid shrimp viruses in Asia, a historical perspective with emphasis on Thailand. **Aquaculture**, v.258, p.1–33, 2006.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009. **Feed ingredients and fertilizers for farmed aquatic animals: Sources and composition**, Rome, Italia, 222 pp.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2012. **The state of world fisheries and aquaculture**, Rome, Italia, 230 pp.

FREITAS, L. E. L., NUNES, A. J. P., SÁ, M. V. C. Growth and feeding responses of the mutton snapper, *Lutjanus analis* (Cuvier, 1828), fed on diets with soy protein concentrate in replacement of Anchovy fish meal. **Aquaculture Research**, v.42 (6), p.866-877, 2011.

GATLIN, D.M., et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Researcher**, v.38, p.551–579, 2007.

GRILLO, M. F., et al. Zero-Exchange Shrimp Production Success in WSSV Infected Panama. **Global Aquaculture Advocate**, v.3 (12), p.55 – 56, 2000.

GRIMÓN, R.O.R. “**La tilapia y su efecto em La prevalência del vírus de La mancha blanca (WSSV) en poblaciones de camarón**”, 2003, Tesis de Grado (Magister em ciencias), Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador, 2003.

GUILLAUME, J. 1997. Protein and amino acids. In: Crustacean Nutrition. *Advances in World Aquaculture*, Vol. 6 (D’Abramo, L.R., Conklin, D.E. & Akiyama, D.M. eds), pp. 26–50. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA., 1997.

HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, .41, p.770–776, 2010.

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

HARI, B., et al. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. **Aquaculture**, v.252, p.248– 263, 2006.

HART, S.; BHARADWAJ, A. BROWN, P. Soy-in-aquaculture, New Ally for Aquaculture. **Global Aquaculture Advocate**, v.2 (5/6), p.31 – 32, 2004.

JATOBÁ, A.; VIEIRA, F.N.; BUGLIONE, C.; MOURIÑO, J.L.P.; SILVA, B.C.; SEIFFERT, W.Q.; ANDREATTA MARTINS, M.L. Diet supplemented with probiotic for Nile tilapia in polyculture system with marine shrimp. *Fish Physiology Biochemistry*, v. 37, p. 725–732, 2011.

JATOBÁ, A.; VIEIRA, F.N.; BUGLIONE, C.; SILVA, B.C.; MOURIÑO, J.L.P.; JERÔNIMO, G.T.; DOTTA, G.; MARTINS, M.L. Utilização de bactérias ácido-lácticas isoladas do trato intestinal de tilápia-do-nilo como probiótico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43 (9), p.1201-1207, 2008.

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

LAWRENCE, A.L.; LEE, P.G. Research in the Americas. In: Crustacean Nutrition (D’Abramo, L.R., Conklin, D.E. & Akiyama, D.M. eds), pp. 566–587. World Aquaculture Society, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA, 1997.

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

LIGHTNER, D. V. et al. Early mortality syndrome affects shrimp in Asia. **Global Aquaculture Advocate**, p. 40, 2012a.

LIGHTNER, D. V. et al. Historic emergence, impact and current status of shrimp pathogens in the Americas. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.110 (2), p.174-183, 2012b.

LIGHTNER, D.V.; REDMAN, R.M. Shrimp diseases and current diagnostic methods, **Aquaculture**, v.164, p.201–220, 1998.

MCINTOSH, P. R. Changing paradigms in shrimp farming. IV. Low protein feeds and feeding strategies. **Global Aquaculture Advocate**, v.3, p.44–50, 2000a.

MCINTOSH, P. R. Changing paradigms in shrimp farming. V. Establishment of heterotrophic bacterial communities. **Global Aquaculture Advocate**, v.12, p.52–54, 2000b.

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

MCNEIL, R. Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic Systems: Key Considerations. **Global Aquaculture Advocate**, v. 3 (5/6), p. 72 – 74, 2000.

MICHAUD, L., et al. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. **Aquaculture Engineering**, v.34, p.224–233, 2006.

MOSS, S.M.; FORSTER, I.P.; TACON, A.G.J. Sparing effect of pond water on vitamins in shrimp diets. **Aquaculture**, v.258, p.388–395, 2006.

NAYLOR, R.L. et al. Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. **Science**, v.282, p.883–884, 1998.

NAYLOR, R.L., et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v.405, p.1017–1024, 2000.

NUNES, A. J. P., et al. Behavioral response to selected feed attractants and stimulants in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.260, p.244–254, 2006.

PARIPATANANONT, T. et al. Substitution of soy protein concentrate for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. **Aquaculture Research**, v. 32 (1), p. 369–374, 2001.

PHUOC, L. H. et al. Effect of dose and challenge routes of *Vibrio* spp. on co-infection with white spot syndrome virus in *Penaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.290 (1), p.61-68, 2009.

- PRUDER, G. D. Biosecurity: application in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v.32, p.3–10, 2004.
- RAY A.J. et al. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**. v.299, p.89–98, 2010.
- READ, P.; FERNANDES, T. Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe. **Aquaculture**, v.226, p.139–163. 2003.
- ROBERTSON, P.A.W. et al. Experimental *Vibrio harveyi* infections in *Penaeus vannamei* larvae. **Diseases of Aquatic Organisms**, v.32, p.151–155, 1998.
- SÁ, M. V. C. et al. Dietary concentration of marine oil affects replacement of fish meal by soy protein concentrate in practical diets for the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v.19, p.199–210, 2013.
- SARAC, Z., et al. Observations on the chemical composition of some commercial prawn feeds and associated growth responses in *Penaeus monodon*, **Aquaculture**, v. 115, p. 97–110. 1993.
- SCHUUR, A. M. Evaluation of biosecurity applications for intensive shrimp farming. **Aquacultural Engineering** v.28, p.3 – 10. 2003.
- SOOKYING, D., DAVIS, A. Pond production of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed high levels of soybean meal in various combinations. **Aquaculture**, v.319, p.141–149, 2011.
- SOOKYING, D., DAVIS, D. A. Use of soy protein concentrate in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under field conditions. **Aquaculture International**, v. 20 (2), p 357-371, 2012.
- SOOKYING, D., DAVIS, D.A., SILVA, S.D., 2013. A review of the development and application of soybean-based diets for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v.19, p.441–448, 2013
- SUÁREZ, J.A., et al. Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture**, v.289, p.118–123, 2009.
- TACON, A.J.G., 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. 121–131, 2002.
- TAW, N. Biofloc technology expanding at white shrimp farms biofloc systems deliver high productivity with sustainability. **Global Aquaculture Advocate**, v. 2 (5/6), p. 20 – 22, 2010.
- WALKER, A.B. et al. Partial Replacement of Fish Meal with Soy Protein Concentrate in Diets of Atlantic Cod. **North American Journal of Aquaculture**, v.72 (4), p.343-353, 2010.

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, p.396–403, 2006.

WILLIAMS, N.K.C., et al. Evidence of a growth factor in some crustaceanbased feed ingredients in diets for the giant tiger shrimp *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, v.250, p.377–390, 2005.

ZHAO, H. et al. Fishmeal can be completely replaced by soy protein concentrate by increasing feeding frequency in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* GIFT strain) less than 2 g. **Aquaculture Nutrition**, v.16 (6), p.648–653, 2010.

ANEXO I

Estruturas utilizadas para execução do segundo capítulo da tese: 1 – Transferência, 2 – abastecimento, 3 – sala de experimento, 4 – fazenda experimental Yakult/UFSC.



ANEXO II

Preparo da ração do terceiro capítulo da tese, no LABOMAR-UFC: 1 – moedor, 2 – “misturador em Y”, 3 – pesagem, 4 – mistura de ingredientes, 5 – ingredientes úmidos, 6 – extrusora, 7 - secagem, 8 – ração pronta.



ANEXO III

Estrutura utilizada no ensaio do terceiro capítulo da tese: 1 – Estufa experimental, 2 e 3 – unidades experimentais, 4 – montagem do ensaio.

