



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

**Avaliação do desempenho zootécnico do camarão branco do  
Pacífico alimentado com dietas com diferentes níveis de substituição  
de farinha de peixe por concentrado proteico de soja**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Felipe do Nascimento Vieira  
Co-orientadora: Débora Machado Fracalossi

Mariana Soares

Florianópolis,  
2014.

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

Soares, Mariana

Avaliação do desempenho zootécnico do camarão branco do Pacífico alimentado com dietas com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por concentrado proteico de soja / Mariana Soares ; orientador, Felipe do Nascimento Vieira ; coorientador, Débora Machado Fracalossi. - Florianópolis, SC, 2014.

68 p.

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

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Litopenaeus vannamei. 3. Glycine max. 4. nutrição. 5. crescimento. I. Vieira, Felipe do Nascimento . II. Fracalossi, Débora Machado. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

**Avaliação do desempenho zootécnico do camarão branco do Pacífico alimentado com dietas com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por concentrado proteico de soja**

Por

MARIANA SOARES

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**MESTRE EM AQUICULTURA**

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

---

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

Banca Examinadora:

---

Dr. Felipe do Nascimento Vieira – *Orientador*

---

Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes

---

Dr. Edegar Roberto Andreatta

---

Dr. Wilson Francisco Britto Wasielesky Junior



Dedico este trabalho a mulher que serve como exemplo de força e determinação em minha vida, à minha amada mãe.



## AGRADECIMENTOS

A Deus e meu guia espiritual, por me auxiliarem em todas as minhas decisões e me iluminarem em todo processo de evolução vivido até hoje;

Ao orientador e amigo, Felipe do Nascimento Vieira, pelo exemplo e dedicação ao exercer seu papel de orientador, oportunidade, confiança e por todos os anos de aprendizado ao seu lado, meu muito obrigada;

À coorientadora Débora Machado Fracalossi, pelo apoio e ensinamentos transmitidos desde os tempos de graduação;

À empresa IMCOPA, por financiar este projeto e ao CNPq pela bolsa de pesquisa concedida;

Ao Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI-UFSC), em especial à Camila Fernandes Corrêa, Douglas Amaral da Cunha, Fernando Brignol, Sabrina Matos de Carvalho e Vitor A. Giatti Fernandes, por todo suporte técnico, colaboração e pelos momentos de descontração;

Ao amigo e “professor” Luiz Eduardo Lima de Freitas (Lula), por todo apoio, ensinamento, paciência, preocupação, tolerância, (muitas) palhaçadas e principalmente, pela verdadeira amizade conquistada;

À empresa Nicoluzzi Rações, principalmente ao José Humberto de Souza e Alexander Hialata, pela grande prestatividade;

Às amigas e mulheres superpoderosas, Gabi Solttes, Joselle, Marysol, Norha e Scheila, que contribuíram tanto profissionalmente, quanto pessoalmente para a realização desse projeto. Sem esquecer os divertidos capítulos da novela “Da cor do mestrado”!

Aos queridos amigos, companheiros e colaboradores dessa jornada, Bruno, Efrayn, Gabriel, Marcelo, Tarik e Zé, que também tornaram meu dia a dia mais divertido;

Às colegas e amigas que tornaram especiais os dias de trabalho e cafés do LCM, Ana Luiza, Eliza, Esmeralda, Cristiane, Gabi Pereira, Isabela, Jessica, Juliana, Karine, Marcela e Priscila;

Aos queridos trabalhadores e amigos do LCM, Carlos Miranda, Carlos Manoel, Déia, Davi, Iلسinho, João, Paulo e Walter, por permitirem que eu faça parte não apenas de uma grande equipe, mas adorável família;

A minha grande amiga, Geny, que me deu o suporte inicial para prosseguir com minhas difíceis escolhas e que mesmo longe (Moçambique) continua me dando apoio e força através dos e-mails, mas principalmente, das boas energias enviadas. Muito obrigada amiga!

Às amigas Maria Luiza e Nicole (cururu), que se fizeram presentes e deram todo apoio durante esses dois anos. E que juntas conseguimos entender que acima de tudo o que importa é a amizade;

Ao eterno “trio parada dura”, Cris, Nani e Tati, que comprovam que a vida sem amizades não tem sentido algum. Amo vocês!

À minha amada mãe, por compreender e apoiar minhas decisões, tendo sempre uma palavra confortadora para as situações mais difíceis, por ser um grande exemplo de mulher em minha vida e acima de tudo, por ser minha amiga;

Ao meu padraсто, Alfredinho, por me apoiar e dar suporte em toda minha caminhada;

À minha irmã, Maria Carolina, que mesmo com todas as nossas diferenças prova com suas atitudes ser um porto seguro e verdadeira amiga;

Aos meus irmãos, Pablo e Wagner, por sempre fazerem eu me sentir amada, acolhida e segura, todo o meu carinho;

Às minhas sobrinhas, Alícia e Thaila, por permitirem que eu tenha uma pequena noção do que é o amor incondicional;

A todas as pessoas que passaram em minha vida na “hora certa” durante esses dois anos de mestrado, por terem deixado seus ensinamentos e permitido que eu me transformasse na pessoa que sou hoje. Meu muito obrigada!

Enfim, a todos que aqui não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram para a realização desse projeto.







*"Para ser bem sucedido no trabalho, a primeira coisa a fazer é apaixonar-se por ele" (Mary Laretta).*



## RESUMO

Avaliou-se o desempenho do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, quando alimentado com diferentes níveis de substituição (0, 25, 50, 75 e 100%) da proteína da farinha de resíduos de peixe (61,24 % PB) pela proteína do concentrado proteico de soja (63,07 % PB). O experimento teve duração de 42 dias, foi conduzido em água clara e foram utilizados 15 tanques de 800 L, dotados de sistema de aeração, aquecimento constante e renovação de água diária. Cada tanque foi povoado com 37,5 camarões/m<sup>3</sup> (3,03±0,14 g). A alimentação foi fornecida quatro vezes ao dia, de acordo com 6% da biomassa inicial de cada tanque, sendo ajustada diariamente. O ganho em peso dos camarões alimentados com as dietas 0 e 25% de substituição proteica foi maior do que o apresentado pelos camarões alimentados com 100% de substituição, não havendo diferença ( $p>0,05$ ) entre as demais dietas. A eficiência alimentar e a sobrevivência não diferiram ( $p>0,05$ ) entre os camarões alimentados com as diferentes substituições proteicas. Houve uma tendência linear negativa para os parâmetros de crescimento e consumo com o aumento da substituição proteica com concentrado proteico de soja. Contudo, a proteína da farinha de resíduos de peixe pode ser substituída em até 75% pela proteína do concentrado proteico de soja, sem prejudicar o crescimento do camarão marinho *L. vannamei*.

**Palavras-chave:** *Litopenaeus vannamei*, *Glycine max*, nutrição, substituição proteica, parâmetros zootécnicos, crescimento.



## ABSTRACT

We evaluated the performance of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* when fed with different replacement levels (0, 25, 50, 75 and 100 %) of protein of fish meal (61,24% PC) by soybean protein concentrate (63,07% PC) in the feed. The experiment was conducted during 42 days in clear water in 15 tanks with 800 L, equipped with aeration, constant heating and daily water renewal. Each tank was stocked with 37,5 shrimp/m<sup>3</sup> (3.03± 0.14 g). Feed was derived to four times daily according to biomass in each tank. Shrimp weight gain fed diets with 0 and 25 % substitution were greater than 100 %, but did not differ ( $p > 0.05$ ) from the other diets. The feed efficiency and survival did not differ ( $p > 0.05$ ) between diets. There was a negative linear trend with increasing replacement of fish meal for shrimp growth and feed consumption. However, results indicate that fish meal can be replaced up to 75 % without harming the growth of marine shrimp *L. vannamei*.

**Keywords:** *Litopenaeus vannamei*, Glycine max, nutrition, protein replacement, performance, growth.





## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
1.1 NUTRIÇÃO DE CAMARÕES MARINHOS.....	21
1.2 Proteínas.....	22
1.3 Energia.....	23
1.4 Carboidratos.....	23
1.5 Lipídios.....	24
1.6 Vitaminas e minerais.....	25
1.7 Rações para organismos aquáticos.....	25
1.8 Principais ingredientes utilizados em formulações de rações.....	27
1.9 Farinha de peixe.....	28
1.10 Fontes proteicas alternativas.....	28
1.11 Soja.....	29
1.12 Farelo de soja.....	30
1.13 Concentrado proteico de soja.....	31
1.14 Fatores antinutricionais da soja.....	33
2. JUSTIFICATIVA.....	33
3. HIPÓTESE.....	34
4. OBJETIVOS:.....	35
4.1 Objetivo geral:.....	35
4.2 Objetivos específicos:.....	35
5. FORMATAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	35
6. ARTIGO CIENTÍFICO.....	36
6.1 Introdução.....	39
6.2 Material e métodos.....	41
6.2.1 Material biológico.....	41
6.2.2 Dietas experimentais.....	41
6.2.3 Condições experimentais.....	45
6.2.4 Desempenho zootécnico dos camarões.....	45
6.2.5 Análises químicas.....	46
6.2.6 Análises estatísticas.....	46
6.3 Resultados e discussão.....	46
6.4 Conclusão.....	51
6.5 Referências.....	51
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
10. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO.....	57
ANEXOS.....	63
Anexo A – Preparo e fabricação das dietas utilizadas no experimento de engorda em água clara do <i>L. vannamei</i> .....	63

Anexo B - Biometria semanal dos camarões marinhos alimentados com as dietas experimentais .....	65
Anexo C – Unidades experimentais .....	66

## 1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é um dos setores de produção de alimentos que mais cresceu nos últimos anos, ajudando a suprir a demanda por proteína animal, representando hoje metade do pescado consumido no mundo (OLSEN; HASAN, 2012). No Brasil, a produção aquícola teve um crescimento de 51,2% entre os anos de 2009 e 2011 e, entre os anos de 2007 e 2009, foi o setor que mais cresceu no mercado nacional de carnes (BRASIL, 2011). A escolha por uma alimentação mais saudável tem aumentado a procura por organismos aquáticos, impulsionando desta forma a produção em cativeiro e estimulando a busca por inovações tecnológicas que supram esta demanda. Na produção global, o maior volume produzido é de peixes de água doce, seguido por moluscos, crustáceos, peixes diádromos e finalmente peixes marinhos (FAO, 2012).

A carcinicultura, que consiste na criação de camarões, é um dos ramos que mais se destaca dentro da aquicultura, contribuindo com 55% do total da produção mundial de camarão e 15% do valor total de produtos aquícolas comercializados mundialmente (FAO, 2012). Em 2011, a produção nacional foi de 65,671 t, o que equivaleu a 80% da produção aquícola marinha (FAO, 2014). O crescimento da indústria foi acompanhado pelo aumento na produção de ração para camarão (SOOKYING et al., 2013).

Dentre as espécies mais cultivadas, destaca-se a do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, conhecido popularmente como camarão branco do Pacífico, espécie mais cultivada mundialmente e a principal espécie da carcinicultura brasileira (ABCC, 2013). Em 2010, esta espécie foi responsável por 71,8% da produção mundial de camarão, destacando-se entre todas as espécies de camarões marinhos cultivados (FAO, 2012). Ela possui pacote tecnológico desenvolvido, bom desempenho zootécnico e boa aceitação no mercado (ANDREATTA; BELTRAME, 2004). A espécie, originária do Oceano Pacífico, foi introduzida no Brasil no início da década de 80, mas foi nos anos 90 quando a indústria brasileira começou a ter representatividade na produção mundial, apresentando rápido crescimento no nordeste, devido a condições climáticas favoráveis e privilegiada região costeira (CARVALHO, 2011).

Apesar de a espécie possuir pacote tecnológico desenvolvido, alguns entraves ainda dificultam a sua produção, tais como: enfermidades (bacterianas e virais), práticas inadequadas de manejo e

nutrição balanceada (MADRI, 2005; WOUTERS et al., 2001). Um dos maiores obstáculos do setor é conciliar a intensificação de seus cultivos com o fornecimento de rações de qualidade (BARBIERI; OSTRENSKY, 2002). Principalmente quanto ao seu valor proteico e custo na produção, sendo o alimento externo essencial para o êxito em sistemas de cultivo intensivo (TACON; METIAN, 2008).

Para que a aquicultura mantenha seu crescimento anual de 7,5%, supõe-se que o fornecimento de insumos para alimentação e produção de ração também terá de crescer a taxas semelhantes de modo a atender a demanda (FAO, 2012). No entanto, não há ponto mais crítico para a criação de peixes e camarões marinhos do que a dependência sobre a oferta da pesca para o fornecimento dos principais insumos utilizados para a fabricação de ração, tais como a farinha e óleo de peixe (TACON; METIAN, 2008; OLSEN; HASAN, 2012).

A aquicultura é, dentre as atividades zootécnicas, a que mais demanda farinha de peixe no mundo (NUNES et al., 2011; TACON et al., 2002). A carcinicultura é o segundo maior grupo de espécies aquáticas (16,6%) a utilizar este insumo para a fabricação de rações (TACON; METIAN, 2008). A farinha de peixe, em grande parte, é proveniente da pesca de peixes pelágicos, em especial do grupo da espécie de anchovetas, sendo que o volume de farinha de peixe produzido no mundo flutua de acordo com a captura desta espécie. Em 2010, a produção da farinha de peixe teve um decréscimo de 42,8% quando comparado ao ano 2000, devido à reduzida pesca de anchovetas (FAO, 2012). Assim, a rentabilidade e a manutenção do crescimento da aquicultura podem ser afetadas pela grande demanda de farinha de peixe (BAUER et al., 2012).

Outra fonte de matéria-prima importante para produção de farinha de peixe são os resíduos de peixes provenientes do processamento para consumo humano. Em 2010, somente 36% da farinha de peixe produzida mundialmente foi proveniente de resíduos do processamento de peixes (FAO, 2012). A produção deste insumo a partir de derivados do processamento para consumo humano pode ser visto como uma solução para os subprodutos gerados por este tipo de atividade, dando-se uma finalidade adequada para estes resíduos. Sendo também uma alternativa viável a farinha de peixe integral, geralmente utilizada em rações para aquicultura.

A farinha de peixe é considerada uma fonte nutricional ideal, por apresentar excelente balanço de aminoácidos e ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais e melhorar a palatabilidade das rações (TEIXEIRA et al., 2006; LIU et al., 2012). Assim, é o principal insumo aplicado

como fonte proteica na produção de rações para camarões. No entanto, a dependência de qualquer ingrediente apresenta riscos consideráveis associados com a oferta, preço e flutuações de qualidade (GLENCROSS et al., 2007).

Finalmente, há uma questão ética da utilização da farinha de peixe na alimentação animal, tendo em vista o desenvolvimento da população mundial e sua crescente demanda por proteína animal (PEISKER, 2001; SOOKING et al., 2013). Nos últimos anos observou-se um aumento na procura de peixes pelágicos para consumo humano, o que provoca uma concorrência entre o mercado de consumo animal e humano, conseqüentemente aumentando seu custo (TACON ; METIAN, 2008; OLSEN; HASAN, 2012). Esta realidade pode vir a inviabilizar economicamente a produção de muitas espécies aquáticas de interesse comercial, caso a fonte proteica das rações não seja substituída (BAUER et al., 2012) e principalmente a dependência pelo óleo de peixe não seja reduzida (Sá et al., 2013).

Pensando em solucionar este problema, estudos são realizados para que a proteína da farinha de peixe seja substituída parcialmente ou totalmente por outras fontes proteicas de origem animal e/ou vegetal (SAMOCHA et al., 2004; GLENCROSS et al., 2007; SOOKYING; DAVIS, 2012; BAUER et al., 2012, SÁ et al., 2013). Estas pesquisas podem diminuir a utilização da farinha de peixe e reduzir os custos da ração produzida, sendo muito importante para qualquer empreendimento de aquicultura. Para que isso ocorra, também é necessário o conhecimento das exigências nutricionais de cada espécie, facilitando a escolha da fonte proteica que irá suprir às exigências nutricionais do animal alvo da criação intensiva.

## 1.1 NUTRIÇÃO DE CAMARÕES MARINHOS

O camarão marinho *L. vannamei* é uma espécie de hábito alimentar onívoro, com tendência à herbívoros, quando comparado à espécie *Penaeus monodon* (NUNES et al., 2011). As informações a respeito das exigências nutricionais desta espécie em relação a aminoácidos essenciais, minerais e vitaminas ainda são escassas, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas para se alcançar o melhor desempenho zootécnico do *L. vannamei* (SHIAU, 1998; WYK, 1999; CUZON et al. 2004).

Em grande parte, exigências nutricionais encontradas para camarões peneídeos são referentes às espécies *Marsupenaeus japonicus* e *Penaeus monodon* (SHIAU, 1998; NRC, 2011), sendo a última muito

utilizada como espécie “bandeira” para o desenvolvimento de rações para o *L. vannamei*. Em nutrição, quando ainda não se conhece a exigência nutricional da espécie alvo, recomenda-se a utilização de uma espécie “bandeira” (ou referência), sendo essa uma espécie que apresenta hábito alimentar e habitat semelhante à espécie alvo.

Para o bom desempenho de qualquer espécie durante sua criação é necessário o conhecimento de sua exigência nutricional, mas também o conhecimento sobre as fontes nutricionais dos ingredientes que são utilizados nas formulações de rações. A saúde e o bom desempenho desses animais dependem em grande parte da alimentação fornecida (WOUTERS et al., 2001). Cada ingrediente é constituído por diferentes nutrientes que permitem o bom desempenho e funcionamento do organismo dos animais. Informações quanto aos nutrientes contidos em cada ingrediente, tais como proteína, carboidrato, lipídio e energia são importantes para a formulação de dietas balanceadas.

## 1.2 Proteínas

As proteínas são formadas por centenas de moléculas menores, denominadas de aminoácidos, ligados em sequência e formadas pela combinação de 20 tipos de aminoácidos, sendo comum defini-las como uma cadeia de aminoácidos (MARQUES, 2008).

Proteínas são nutrientes indispensáveis para a estrutura e funcionamento de todos os organismos vivos. Elas são usadas continuamente pelos animais para crescimento e reparação de tecidos, sendo o maior componente muscular, constituindo até 70% do peso seco de um camarão (SHIAU, 1998). Os camarões não apresentam exigência por proteína em si, mas sim por cada um dos aminoácidos essenciais, precisam, portanto consumir diariamente certa quantidade de proteína para suprir às necessidades em aminoácidos (CUZON et al., 2004). Após a ingestão, as proteínas são digeridas ou hidrolisadas, liberando assim os aminoácidos, que são absorvidos no trato intestinal e distribuídos para os tecidos e órgãos, onde serão utilizados para a síntese de novas proteínas (BARBIERI; OSTRENSKY, 2002).

Dos 20 tipos de aminoácidos, 10 são sintetizados pelo camarão e os outros 10 (arginina, metionina, treonina, triptofano, histidina, isoleucina, leucina, lisina, valina e fenilalanina) não são sintetizados e precisam ser adicionados na alimentação dos animais (CUZON et al., 2004). Quando o fornecimento desses aminoácidos na dieta é restrito, resulta em redução de crescimento e perda de peso. Isto porque as proteínas presentes nos tecidos são consumidas pelo próprio organismo,

com o objetivo de manter suas funções vitais e fornecer energia (ARANYAKANANDA; LAWRENCE, 1993). Quando há excesso de aminoácidos na dieta, de forma desbalanceada, apenas parte deles são utilizados para a construção de novos tecidos, a outra parte é convertida em energia, não sendo o desejado, pois a proteína é o maior e mais caro componente das dietas de camarões (SHIAU, 1998). Também a quantidade de efluentes gerados é maior, devido à elevada quantidade de excreção de amônia na água (WYK, 1999).

Segundo D'Abramo & Sheen (1994), entende-se que a exigência e a utilização da “proteína” pelos camarões dependem da qualidade da fonte proteica (perfil de aminoácidos), da idade ou do estado fisiológico dos animais. A qualidade da proteína de um ingrediente vai depender da sua composição em aminoácidos essenciais e de sua digestibilidade (DREW et al., 2007). Dessa forma, além de se conhecer a quantidade de proteína presente em um alimento é necessário saber qual a disponibilidade desse nutriente para o animal, almejando melhores resultados de crescimento e aproveitamento do alimento fornecido.

### 1.3 Energia

A energia não é um nutriente, porém é de suma importância para a manutenção dos processos fisiológicos dos animais (PORTZ; FURUYA, 2012). Os peixes e crustáceos tendem a utilizar a proteína como principal fonte de energia. Isso devido à cadeia alimentar aquática, que apresenta escassez de carboidratos e abundância em lipídios e proteínas, o que propicia a utilização destes nutrientes como fonte de energia (GUILLAUME, 1999 apud CUZON et al., 2004). Sendo a proteína o nutriente mais caro na alimentação de animais aquáticos é importante definir a relação energia/proteína de uma dieta, pois o nível de energia da dieta regula o consumo de alimento pelos animais (GOMES, 2004). Um baixo nível de energia levará o animal a consumir mais do que o necessário para suprir suas exigências energéticas, utilizando a proteína para este fim. Já um elevado nível de energia terá efeito contrário, o animal vai se sentir rapidamente saciado, mas sem consumir o necessário de alimento para suprir suas exigências nutricionais.

### 1.4 Carboidratos

O termo carboidrato refere-se a um grande número de moléculas compostas por carbono, oxigênio e hidrogênio, onde a composição e estrutura molecular determinam sua susceptibilidade para degradação

enzimática e seu efeito sobre a fisiologia animal (NRC, 2011). Os carboidratos, que incluem açúcares de baixo peso molecular, amido e polissacarídeo não amiláceos (fibras) fornecem a maior parte da energia em dietas para animais cultivados e são as fontes de energia menos onerosas nas dietas (COUSIN et al., 1996; CUZON et al., 2004). Contudo, sabe-se que os camarões não apresentam uma exigência por carboidratos na dieta (SHIAU, 1998). Sua digestibilidade é mais baixa do que a digestibilidade de proteínas e lipídios e depende, geralmente, da sua fonte, composição, processamento e nível de inclusão na dieta (NRC, 2011).

Ainda assim, as espécies diferem em sua capacidade de usar carboidratos como fonte de energia, sendo que peixes e camarões de hábito onívoro e herbívoro são capazes de utilizar de forma mais eficaz este nutriente (WYK, 1999). O amido, cru ou pré-cozido, tem sido mostrado como digestível para juvenis de *L. vannamei*, e esta digestibilidade representa um aspecto interessante em relação à quantidade de fontes vegetais que podem ser utilizadas em dietas comerciais (CUZON et al., 2004). Do mesmo modo, ingredientes ricos em amido e glúten, são utilizados como aglutinantes naturais que auxiliam na estabilidade das rações (HERTRAMPF, 2007).

## 1.5 Lipídios

Os lipídios são um grupo de compostos orgânicos que incluem ácidos graxos livres, fosfolipídios, triglicerídeos, óleos e esteróis (NRC, 2011). Segundo González-Félix et al. (2002), os camarões peneídeos podem não ter definida uma exigência por lipídios, mas sim por ácidos graxos essenciais, fosfolipídios, esteróis e carotenoides.

Os lipídios funcionam como uma importante fonte de energia e de ácidos graxos essenciais para os camarões, a saber: linoleico (18:2n6), linolênico (18:2n3), eicosapentanóico (20:5n3, EPA) e docosahexaenóico (22:6n3, DHA) (WYK, 1999). Esses ácidos graxos parecem ser importantes na estrutura da membrana celular, além de serem utilizados para a absorção de vitaminas lipossolúveis (GLENCROSS et al., 2002).

Os fosfolipídios e o colesterol são componentes das membranas celulares, importantes na manutenção da estrutura celular e no metabolismo de lipídios (GONG et al., 2000a). Além disso, são exigidos nas dietas de camarões para proporcionar crescimento e sobrevivência regular (GONG et al., 2000b). D'Abramo (1997 apud CUZON et al., 2004), relata que a função dos fosfolipídios é transportar o colesterol



para os tecidos. O que corrobora com Gong et al. (2000a), onde sugerem que existe uma interação entre o colesterol e os fosfolipídios adicionados na dieta, o que melhora o crescimento, contribui para retenção de lipídio total, colesterol e triacilgliceróis no hepatopâncreas e no músculo de juvenis de *L. vannamei*.

Os lipídios são frequentemente adicionados às dietas na forma de óleos, principalmente óleos de peixe e de soja. Já os fosfolipídios, são adicionados a partir da inclusão da lecitina de soja.

## 1.6 Vitaminas e minerais

Vitaminas são compostos orgânicos exigidos em quantidades relativamente pequenas para manutenção do crescimento, desenvolvimento, metabolismo e reprodução dos camarões (WYK, 1999). A exigência de vitaminas é influenciada pelo tamanho, idade e taxa de crescimento dos camarões, pelas condições ambientais e pela relação dos nutrientes presentes na dieta fornecida (HE; LAWRENCE, 1993a).

Minerais são elementos inorgânicos exigidos para vários processos metabólicos, são divididos em macro e microminerais (WYK, 1999). Os camarões podem suprir a exigência por minerais a partir da absorção dos mesmos presentes na água de cultivo, diretamente pela superfície do corpo e brânquias (SHIAU, 1998).

Ambos, vitaminas e minerais, são considerados micronutrientes, mas com grande importância na nutrição e desempenho dos camarões, sendo importante seguir as recomendações nutricionais mínimas para melhor desempenho dos camarões peneídeos.

## 1.7 Rações para organismos aquáticos

A produção animal toma como base quatro pilares: nutrição, sanidade, genética e manejo (BARBIERI; OSTRENSKY, 2002). Estes fatores estão interligados, não havendo bons resultados na produção se um desses pilares estiver em desequilíbrio. Embora todos estes fatores apresentem a mesma importância, a nutrição recebe maior atenção por representar de 50-60% dos custos de produção na criação de camarões marinhos (SHIAU, 1998; WYK, 1999). Uma melhor compreensão do aproveitamento da ração e seus nutrientes pelos camarões peneídeos é essencial para redução de gastos (CUZON et al., 1996).

O camarão marinho *L. vannamei* é uma espécie onívora, com hábito alimentar detritívoro, alimenta-se de qualquer tipo de matéria orgânica disponível no viveiro, incluindo microalgas, detritos e

zooplâncton (CARVALHO, 2011). O tipo de alimentação disponível para os animais está diretamente relacionado ao sistema de criação empregado. Os sistemas de criação utilizados para as espécies aquáticas são classificados em extensivo, semi-intensivo e intensivo. Esses sistemas são caracterizados de acordo com o aporte de nutrientes, densidade de estocagem de camarões e controle de qualidade de água (MAGALHÃES, 2004).

O sistema extensivo é caracterizado pela sua baixa densidade e ausência de alimento externo, sendo a produtividade natural do corpo d'água a sua única fonte de alimento. O sistema semi-intensivo apresenta maior densidade quando comparado ao sistema anterior, a alimentação é proveniente do alimento natural presente no corpo d'água e também do alimento artificial que é oferecido aos animais. Já o sistema intensivo é caracterizado pela sua alta densidade de cultivo e fornecimento de uma dieta completa e de alto valor nutricional, sendo esta a principal fonte nutricional do sistema (MAGALHÃES, 2004). Os sistemas de cultivo baseados em água clara, com renovação de água constante ou diária, permitem que não haja muita interferência ambiental na alimentação fornecida, sendo a dieta artificial a principal fonte nutricional dos animais cultivados.

Em sistemas de cultivos intensivos, os camarões dependem basicamente de dietas artificiais como fonte de seus nutrientes, por isso a exigência por rações de boa qualidade neste tipo de sistema é maior (SHIAU, 1998). Altos índices de produção na carcinicultura marinha nacional estão relacionados à disponibilidade no país de rações nutricionalmente balanceadas (NUNES et al., 2011). A produção de rações para camarões marinhos, no Brasil, gira em média de 100 mil toneladas ano, sendo capaz de suprir a produção nacional de camarão marinho (ROCHA et al., 2013).

Uma dieta que consiste apenas em um único ingrediente não é o suficiente para suprir todas as exigências nutricionais para o crescimento e desenvolvimento de determinada espécie, por isso os animais são alimentados com dietas formuladas segundo as suas necessidades nutricionais (WYK, 1999). A formulação de rações consiste na adequação entre o cumprimento das exigências nutricionais da espécie a ser cultivada e a escolha dos ingredientes que disponibilizam os nutrientes necessários para suprir essas exigências a um menor custo.

O principal objetivo da formulação de rações é selecionar ingredientes que supram às exigências nutricionais da espécie cultivada em determinada fase de desenvolvimento, de forma a maximizar seu desempenho zootécnico e os lucros associados ao sistema de produção

(PASTORE et al., 2012). As dietas formuladas são uma mistura de ingredientes adicionados em distintas proporções para fornecer a desejada quantidade de nutrientes. A variedade de ingredientes utilizados nas formulações de rações para camarões marinhos garantem o funcionamento de seus processos fisiológicos e metabólicos, assegurando adequado crescimento, saúde e reprodução (WOUTERS et al. 2001). É necessário que os nutrientes presentes nas dietas sejam digestíveis pelos animais cultivados, para maximizar seu aproveitamento (WYK, 1999).

Uma ração é tão boa quanto os ingredientes que a compõem (GLENCROSS, 2007). O conhecimento da qualidade dos ingredientes, a partir de informações de sua composição centesimal, presença de fatores antinutricionais e disponibilidade de nutrientes são essenciais para o preparo de uma boa ração. Os ingredientes selecionados devem permitir facilidades no processo de fabricação da ração, tais como processos de moagem, mistura, cozimento e a compactação para formação de péletes que resistam ao ensaque, transporte e armazenamento e estabilidade no contato com a água dos viveiros (PASTORE et al., 2012).

A avaliação dos ingredientes é crucial para o desenvolvimento de rações específicas para aquicultura, existindo importantes aspectos que devem ser conhecidos para a aplicação dos ingredientes em formulações de rações. Estes incluem informações como: (1) digestibilidade do ingrediente; (2) palatabilidade do ingrediente e (3) utilização e interferência dos nutrientes (GLENCROSS, 2007). Estes aspectos disponibilizam informações de cada ingrediente para determinada espécie e permitem melhor qualidade e utilização das rações para maximizar o desempenho zootécnico de espécies cultivadas na aquicultura.

## 1.8 Principais ingredientes utilizados em formulações de rações

Ingredientes comumente utilizados na fabricação de rações para camarões marinhos são a farinha de peixe, farinha de lula, farinha de vísceras de frango, farinha de carne e ossos, farelo de soja, concentrado proteico de soja, farinha e farelo de trigo, amido, lecitina, colesterol, fosfato dicálcio, premix vitamínico-mineral e aglutinantes (SHIAU, 1998; WYK, 1999; CUZON et al., 2004; GATLIN et al., 2007; TACON; METIAN, 2008).

Grande parte dos ingredientes utilizados em rações para aquicultura é proveniente de subprodutos da agricultura, pesca ou do abate de animais terrestres (FAO, 2012; GATLIN et al., 2007;

PEISKER, 2001). Estes ingredientes são classificados entre macro e microingredientes, os macroingredientes são incorporados à formulação para atender as exigências de aminoácidos essenciais, energia e lipídios. Os microingredientes contêm os nutrientes exigidos em baixas quantidades, sendo normalmente adicionado em proporções inferiores a 5% nas rações formuladas (PASTORE et al., 2012).

### 1.9 Farinha de peixe

Atualmente, uma das principais fontes de proteína animal utilizada nas rações para organismos aquáticos, principalmente na carcinicultura, é a farinha de peixe (FOSTER et al., 2002; GATLIN et al., 2007; DREW et al., 2007; TACON; METION, 2008; SÁ et al., 2013). É considerado um ingrediente importante nas dietas de camarões marinhos, por apresentar balanceado perfil de aminoácidos e ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais e boa palatabilidade (SUÁREZ et al., 2009). Devido ao seu elevado valor nutricional, a farinha de peixe é um dos principais ingredientes utilizados na aquicultura. Contudo, é a fonte de proteína animal mais onerosa na fabricação de rações deste setor (SHIAU, 1998).

Nacionalmente, a farinha de peixe é um insumo com disponibilidade escassa e instável devido à demanda pesqueira. Por esse motivo, é obtida a partir de resíduos do processamento para consumo humano, resultando em um produto abaixo dos padrões internacionais, com alto teor de cinzas, além de rancificação de lipídios e degradação de proteínas (TEIXEIRA et al., 2006). Por isso, a flutuação na qualidade e no preço deste ingrediente pode interferir na produção de rações para aquicultura (GLENCROSS, 2007), sendo necessária a utilização de ingredientes alternativos à farinha de peixe em formulações de dietas para o setor.

### 1.10 Fontes proteicas alternativas

Pensando em solucionar o problema da grande demanda da aquicultura pela farinha de peixe, estudos estão sendo realizados com o objetivo de substituir a farinha de peixe por outras fontes de origem animal e de origem vegetal (PARIPATANANONT et al., 2001; GATLIN et al., 2007; CRUZ-SUÁREZ et al., 2009; BAUER et al., 2012; SOOKYING; DAVIS, 2012; GAMBOA-DELGADO et al., 2013; SÁ et al., 2013). Estas fontes proteicas quando balanceadas podem diminuir a utilização da farinha de peixe e reduzir os custos da ração produzida, sendo muito importante para empreendimentos de

aquicultura (NUNES et al., 2011). Além disso, uma das vantagens da criação da espécie *L. vannamei* é a sua aceitação de uma ampla variedade de formulações de rações incluindo ingredientes de origem vegetal (SOOKYING et al., 2013).

Dentre as fontes proteicas vegetais recebe destaque os derivados da soja (PEIKER, 2001; DERSJANT-LI, 2002; DREW et al., 2007). Isso se deve a sua grande disponibilidade no mercado, sendo uma das oleaginosas mais produzidas no mundo e também pelo seu elevado valor nutricional quando comparada a outras fontes proteicas de origem vegetal (GATLIN et al., 2007; DREW et al., 2007). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. A produção brasileira de soja vem crescendo desde 1970, os maiores estados produtores são Mato Grosso, seguido do Paraná e Rio Grande do Sul, em 10º lugar vem o estado de Santa Catarina (BRASIL, 2012). Em grande parte as safras de Santa Catarina servem apenas para suprir o mercado estadual, não contribuindo nacionalmente para a exportação da soja e seus subprodutos (BRASIL, 2011).

### 1.11 Soja

A soja (*Glycine max*) é pertencente a família fabacea (leguminosa) e é reconhecida como uma das mais antigas plantas cultivadas no mundo, além de ser a oleaginosa mais cultivada mundialmente (GATLIN et al., 2007). Em 1960 a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil, mas foi na década de 70 que a soja se consagrou como principal cultura do agronegócio brasileiro (BRASIL, 2012). Atualmente, corresponde a 49% da área de grãos plantados no país (BRASIL, 2012).

A soja apresenta um elevado valor nutricional, possui bom balanço de aminoácidos essenciais, lipídios, vitaminas (complexo B) e minerais (PEISKER, 2001; DERSJANT-LI, 2002; DREW et al., 2007). Devido ao rico valor nutricional e elevada produtividade, a soja destaca-se como uma das principais alternativas para substituição da farinha de peixe nas formulações de rações, tanto de animais terrestres quanto aquáticos. Ela apresenta também baixos teores de carboidratos, fibras e alta digestibilidade, quando comparada a outras fontes de origem vegetal (GATLIN et al., 2007), fatores essenciais para sua utilização na alimentação de determinadas espécies aquáticas.

Na elaboração de rações para animais aquáticos são utilizados os produtos derivados da soja, tais como o farelo de soja, concentrado

proteico de soja, óleo de soja e a lecitina de soja (CARVALHO, 2011). Os dois últimos citados, são utilizados principalmente para atender as exigências de energia, ácidos graxos essenciais e fosfolipídios, quando aplicadas para camarões marinhos (GONG et al., 2000a). Tendo em vista que a soja é uma das fontes proteicas mais viáveis, principalmente por estar disponível no mercado nacional, a mudança para dietas à base de soja torna-se inevitável na aquicultura (SOOKYING et al., 2013)

### 1.12 Farelo de soja

O farelo de soja é um produto obtido através da seleção de grãos de alta qualidade, estes são descascados e triturados antes da remoção da maior parte do óleo através do processo de extração com solvente. Em seguida, os flocos desengordurados são tostados a vapor para remover o solvente residual e inativar os fatores antinutricionais, sendo seu produto final o farelo de soja, que pode ser preparado com ou sem casca, porém alterando seu valor proteico. Deve conter não menos que 46% de proteína bruta e no máximo 7% de fibra (FAO, 2009). O perfil nutricional do farelo de soja vai depender e variar de acordo com a qualidade dos grãos, do seu processamento e armazenamento (PEISKER, 2001).

O farelo de soja é a proteína vegetal menos dispendiosa e a mais utilizada em dietas para aquicultura, sendo um quarto de sua produção destinada para a indústria de nutrição animal, pois é uma fonte segura de proteína (GATLIN et al., 2007; SÁ et al., 2013;). Além disso, o farelo de soja apresenta a vantagem de ser resistente à oxidação e deterioração, e está naturalmente livre de organismos como fungos, vírus e bactérias, que podem prejudicar o desempenho dos peixes e camarões (SWICK et al., 1995 apud DERSJANT-LI, 2002 ).

No cultivo de espécies aquáticas, produtos derivados da soja são cada vez mais utilizados, principalmente para espécies herbívoras e onívoras, pois estas parecem tolerar altos níveis dietéticos de farelo de soja, sem impacto negativo sobre seu desempenho (SÁ et al., 2013; CARVALHO, 2011; DERSJANT-LI, 2002; PARIPATANANONT et al., 2001). No entanto, em espécies de hábito mais carnívoro, existem ainda algumas restrições quanto a sua aplicação, por não assimilarem tão bem produtos vegetais, devido ao seu elevado teor de carboidrato (GATLIN et al., 2007). Porém, quando processado adequadamente torna-se um insumo altamente digestível e palatável, com baixa concentração de fibras e elevado conteúdo de energia digestível (PEISKER, 1995).

Um dos fatores limitantes na utilização do farelo de soja para alimentação de organismos aquáticos são as baixas concentrações de metionina, que precisam ser supridas por outras fontes proteicas ou sintéticas (DREW et al., 2007). Também, certas características nutricionais e antinutricionais merecem atenção, tais como o elevado nível de carboidratos do tipo oligossacarídeos, menores concentrações de cinzas e gorduras, e a baixa disponibilidade do fósforo, que está presente na maioria das plantas em forma de ácido fítico, não disponível para camarões e peixes (GATLIN et al., 2007).

Embora o farelo de soja seja a fonte de proteína vegetal mais importante na alimentação de animais terrestres, seus fatores antinutricionais afetam negativamente o crescimento e a fisiologia intestinal de algumas espécies de peixes, sendo que métodos de processamento mais eficazes e econômicos devem ser desenvolvidos para reduzir os impactos negativos na aquicultura (DREW et al., 2007).

### 1.13 Concentrado proteico de soja

Uma fonte mais refinada proveniente dos derivados da soja é o concentrado proteico de soja, onde os carboidratos solúveis são removidos durante o processamento e os fatores antinutricionais são reduzidos (SÁ et al., 2013). O concentrado proteico de soja é obtido de grãos de alta qualidade, limpos e descascados, sendo removida a maior parte do óleo e de substâncias não proteicas e deve conter no mínimo 65% de proteína bruta (FAO, 2009; NRC, 2011). Em seu processamento o solvente é removido sem alterar as características funcionais das proteínas da soja por secagem a baixo calor, gerando os chamados “flocos brancos”. A remoção dos carboidratos solúveis dos flocos brancos levam ao produto final, o concentrado proteico de soja. O método mais utilizado para o processamento do concentrado proteico de soja é o método de extração, que consiste na lixiviação aquosa através do álcool que remove seletivamente os carboidratos solúveis, os fatores antinutricionais e os oligossacarídeos (PEISKER, 2001).

O uso do concentrado proteico de soja ainda é restrito, devido ao processamento que eleva seu custo comercial e o torna inviável para aplicação em alta escala na formulação de rações para aquicultura (GATLIN et al., 2007; NUNES et al., 2011). Contudo, quando comparado à farinha de peixe, este ingrediente apresenta um balanceado perfil de aminoácidos, sendo deficiente apenas em metionina (DERSJANT-LI, 2002). O valor nutritivo do concentrado proteico de soja se aproxima ao do leite desnatado em pó e torna-se uma alternativa

de custo eficiente para as proteínas de origem animal, tais como o leite desnatado em pó ou a farinha de peixe de alta qualidade (PEISKER, 2001).

O concentrado proteico de soja difere do farelo de soja, no que diz respeito ao seu valor nutricional, contém poucos vestígios de oligossacarídeos, indigestíveis pelas espécies aquáticas, principalmente carnívoras e também pela sua menor concentração de fatores antinutricionais (SOOKYING; DAVIS, 2012; DREW et al., 2007). Conseqüentemente, o uso do concentrado proteico de soja pode garantir um melhor desempenho de crescimento dos peixes e camarões em relação ao uso do farelo de soja como fonte de proteína em dietas desenvolvidas para estes animais (DERSJANT-LI, 2002).

Na aquicultura, muitos estudos estão sendo realizados para substituir a farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, principalmente para as espécies mais cultivadas comercialmente (SÁ et al., 2013; BAUER et al., 2012; SALZE et al., 2010; PARIPATANANONT et al., 2001). A tolerância quanto à quantidade de concentrado proteico de soja adicionado as rações está intimamente relacionada ao hábito alimentar e às exigências nutricionais de cada espécie (NRC, 2011). Isto demonstra a importância destas informações antes que se faça a substituição da farinha de peixe, evitando dessa forma prejudicar o desenvolvimento da espécie.

Segundo relatado por Dersjant-Li (2002), o concentrado proteico de soja como principal fonte proteica na dieta conseguiu suprir às exigências em aminoácidos essenciais para o bagre de canal, carpa comum e a tilápia, todas espécies onívoras. Contudo, para a truta arco-íris, que é carnívora, foi necessário a suplementação sintética de metionina ou com outro ingrediente.

Outro estudo demonstrou que camarões marinhos (*Litopenaeus vannamei*) alimentados com uma dieta contendo 100% de proteína vegetal apresentaram desempenho equivalente aos alimentados com uma dieta com 12% de farinha de resíduo de salmão e 2% de óleo de peixe. Isto sugere que uma maior inclusão de concentrado proteico de soja em ralação ao farelo de soja (2:1) beneficia o crescimento dos camarões, mantendo-se o nível lipídico em 10% (óleo de soja) e inclusão de no mínimo 2% de óleo de peixe (SÁ et al., 2013). Liu et al. (2000) mostraram que a inclusão de 8% de concentrado proteico de soja como substituição a 22% de farinha de peixe em dietas para o *P. monodon* aumentou o ganho em peso em 17% durante 60 dias de experimento. Fenucci et al. (apud DERSJANT-LI, 2002) substituiu 50% de farinha de lula com uma proteína de soja purificada e obteve melhor



sobrevivência, crescimento e conversão alimentar em *P. setiferus* e *P. stylirostris*.

No entanto, estudos mostram que há diferença entre as espécies e as fases de desenvolvimento dos camarões na capacidade nutricional para utilizar a proteína de soja (AKIYAMA, 1988a).

#### 1.14 Fatores antinutricionais da soja

Mesmo demonstrando maior potencial para substituição da farinha de peixe, a utilização da soja é limitada, devido aos fatores antinutricionais presentes no grão “in natura” (PEISKER, 2001). Fatores antinutricionais são substâncias naturais que causam efeito negativo sobre o crescimento e a saúde dos animais, são encontrados frequentemente em leguminosas (DERSJANT-LI, 2002). A soja possui diferentes fatores antinutricionais, tais como inibidores de tripsina, lectinas, ácido fítico, saponinas, oligossacarídeos e fatores alérgicos (DREW et al., 2007).

Devido à presença dos fatores antinutricionais é que os grãos da soja precisam passar por um processamento antes de serem utilizadas nas formulações de rações. Através do processamento, grande parte dos fatores antinutricionais são eliminados, porém é importante que sejam realizadas análises laboratoriais para avaliar a qualidade do produto antes de ser utilizado na formulação de rações.

O farelo de soja, por ser processado de forma diferente, apresenta maior concentração de fatores antinutricionais do que o concentrado proteico de soja, principalmente quanto à concentração de oligossacarídeos (DERSJANT-LI, 2002; PEISKER, 2001). Estas substâncias não são digestíveis e estão ligadas à absorção de nutrientes o que pode vir a prejudicar o desempenho. Contudo, podem ser removidos durante o processamento do concentrado proteico de soja (GATLIN et al., 2007). Essa é uma das justificativas para o elevado valor do concentrado proteico de soja, além do seu perfil nutricional se mostrar superior, quando comparado ao farelo de soja.

## 2. JUSTIFICATIVA

A proteína é o nutriente mais caro da dieta e também o mais exigido para garantir o crescimento e bom desempenho dos camarões (SHIAU, 1998). A fonte proteica mais utilizada pela aquicultura é a farinha de peixe, por ser considerada uma fonte nutricional ideal para nutrição de animais aquáticos (LIU et al., 2012; OLSEN; HASAN, 2012). No entanto, sabe-se que sua oferta no mercado mundial é

limitada e que sua utilização para nutrição animal esbarra em conflitos sociais (DREW et al., 2007).

O conhecimento sobre a aplicabilidade de fontes proteicas de origem vegetal em dietas para camarões marinhos é uma excelente ferramenta para reduzir a utilização da farinha de peixe. No entanto, ingredientes com balanceados perfis nutricionais não implicam em bom desempenho zootécnico, sendo necessário se conhecer o quanto as espécies aproveitam do ingrediente (GLENCROSS et al., 2007).

Apesar de se conhecer as vantagens na utilização do concentrado proteico de soja para alimentação animal (SÁ et al., 2013; SOOKYING; DAVIS, 2012; NUNES et al., 2011; CRUZ-SUÁREZ et al., 2009), ainda poucos estudos têm demonstrado o aproveitamento e o desempenho dos camarões da espécie *L. vannamei*, quando alimentados com rações contendo este ingrediente como principal fonte de proteína.

Recentemente, um estudo realizado por nosso grupo de pesquisa avaliando diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja (0, 33, 66 e 100%) na dieta de *L. vannamei* cultivado em sistema de bioflocos demonstrou que os camarões alimentados com níveis de substituição de até 66% na dieta (60g/kg de farinha de resíduo de peixe e 120g/kg de concentrado proteico de soja), apresentaram ganho em peso semanal semelhante aos alimentados com a dieta contendo farinha de peixe como principal fonte proteica (dados não publicados). No entanto, mais estudos relacionados ao comportamento do *L. vannamei* quando cultivado em sistema de água clara e alimentado com dietas contendo o concentrado proteico de soja são necessários para se obter melhores informações da utilização desse ingrediente sobre o desempenho zootécnico da espécie.

Sendo assim, o uso do concentrado proteico de soja na nutrição de camarões marinhos apresenta vantagens, tais como: desenvolvimento de dietas comerciais que proporcionem índices zootécnicos competitivos para cadeia produtiva e auxiliar o mercado produtor, fornecendo dietas balanceadas, sem comprometer a saúde destes animais.

### 3. HIPÓTESE

A substituição parcial e total da farinha de peixe na dieta do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* pelo concentrado proteico de soja não resultará em diminuição dos índices zootécnicos dos animais.

## **4. OBJETIVOS:**

### 4.1 Objetivo geral:

Contribuir para o desenvolvimento de uma ração adequada para o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, através da avaliação do concentrado proteico de soja, como uma fonte de proteína alternativa à farinha de peixe.

### 4.2 Objetivos específicos:

Avaliar o uso do concentrado proteico de soja na substituição proteica (0, 25, 50, 75 e 100%) da farinha de peixe em rações para camarões marinhos da espécie *Litopenaeus vannamei* sobre:

- a) ganho em peso;
- b) taxa de crescimento específico;
- c) eficiência alimentar;
- d) sobrevivência;
- e) consumo.

## **5. FORMATAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

A dissertação está dividida em dois capítulos. O primeiro referente à introdução e revisão de literatura e o seguinte corresponde a um artigo formatado de acordo com as normas da revista “Acta Scientiarum Biological Science”.

## **6. ARTIGO CIENTÍFICO**

### **Substituição da farinha de peixe por concentrado proteico de soja em dietas práticas para o camarão branco do Pacífico**

Mariana Soares\*, Débora Machado Fracalossi, Luiz Eduardo Lima de Freitas, Marysol dos Santos Rodrigues, Joselle Cursino Redig, Walter Quadros Seiffert, Felipe do Nascimento Vieira

Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, 88034-001, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.\*Autor para correspondência. E-mail: marisoares23@hotmail.com.

Artigo formatado segundo as normas da revista Acta Scientiarum  
Biological Science

**RESUMO.** Avaliou-se o desempenho do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, quando alimentado com diferentes níveis de substituição (0, 25, 50, 75 e 100%) da proteína da farinha de resíduos de peixe (61,24 % PB) pela proteína do concentrado proteico de soja (63,07 % PB). O experimento teve duração de 42 dias, foi conduzido em água clara e foram utilizados 15 tanques de 800 L, dotados de sistema de aeração, aquecimento constante e renovação de água diária. Cada tanque foi povoado com 37,5 camarões/m<sup>3</sup> (3,03±0,14 g). A alimentação foi fornecida quatro vezes ao dia, de acordo com 6% da biomassa inicial de cada tanque, sendo ajustada diariamente. O ganho em peso dos camarões alimentados com as dietas 0 e 25% de substituição proteica foi maior do que o apresentado pelos camarões alimentados com 100% de substituição, não havendo diferença ( $p>0,05$ ) entre as demais dietas. A eficiência alimentar e a sobrevivência não diferiram ( $p>0,05$ ) entre os camarões alimentados com as diferentes substituições proteicas. Houve uma tendência linear negativa para os parâmetros de crescimento e consumo com o aumento da substituição proteica com concentrado proteico de soja. Contudo, a proteína da farinha de resíduos de peixe pode ser substituída em até 75% pela proteína do concentrado proteico de soja, sem prejudicar o crescimento do camarão marinho *L. vannamei*.

**Palavras-chave:** *Litopenaeus vannamei*, *Glycine max*, nutrição, substituição proteica, parâmetros zootécnicos, crescimento.

**ABSTRACT** - We evaluated the performance of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* when fed with different replacement levels (0, 25, 50, 75 and 100 %) of protein of fish meal (61,24% PC) by soybean protein concentrate (63,07% PC) in the feed. The experiment was conducted during 42 days in clear water in 15 tanks with 800 L, equipped with aeration, constant heating and daily water renewal. Each tank was stocked with 37,5 shrimp/m<sup>3</sup> (3.03± 0.14 g). Feed was derived to four times daily according to biomass in each tank. Shrimp weight gain fed diets with 0 and 25 % substitution were greater than 100 %, but did not differ ( $p > 0.05$ ) from the other diets. The feed efficiency and survival did not differ ( $p > 0.05$ ) between diets. There was a negative linear trend with increasing replacement of fish meal for shrimp growth and feed consumption. However, results indicate that fish meal can be replaced up to 75 % without harming the growth of marine shrimp *L. vannamei*.

**Keywords:** *Litopenaeus vannamei*, *Glycine max*, nutrition, protein replacement, performance, growth.

## 6.1 Introdução

A carcinicultura é um dos ramos que mais se destaca dentro da aquicultura, responsável por 55% do camarão consumido no mundo, sendo que a produção do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* atingiu a liderança nos últimos anos, representando 71,8% do camarão cultivado mundialmente (FAO, 2012; SOOKYING et al., 2013). O sucesso em sua elevada produção está diretamente relacionado a práticas adequadas de manejo, qualidade de água, melhoramento genético e dietas balanceadas (VINATEA, 2004; ALMEIDA NETO; FREIRE, 2007; HUANG et al., 2011). Mesmo assim, um dos maiores obstáculos encontrados é conciliar a intensificação dos cultivos com o fornecimento de rações de qualidade, sendo o alimento artificial essencial para o êxito em sistemas semi-intensivos e intensivos (SOOKYING; DAVIS, 2011).

No Brasil, a produção de rações para camarões marinhos gira em média de 100 mil toneladas ano, sendo capaz de suprir a produção nacional de camarão marinho, que em 2011 foi de 65.671 t (ROCHA et al., 2013; FAO, 2014). Atualmente, uma das principais fontes de proteína animal utilizada nas rações para camarões marinhos é a farinha de peixe (SÁ et al., 2013). Grande parte da matéria prima utilizada na produção deste insumo é proveniente da pesca de peixes pelágicos (TACON; METIAN, 2008). No entanto, a produção pesqueira destinada à fabricação de farinha de peixe tem reduzido anualmente 1,7% em média nos últimos 15 anos (1994-2009), limitando sua oferta e tornando seu valor cada vez mais elevado, encarecendo o custo das rações para aquicultura (FAO, 2012). Esta realidade pode inviabilizar economicamente a produção de muitas espécies aquáticas de interesse comercial, caso fontes proteicas alternativas a farinha de peixe não comecem a ser mais utilizadas em fabricações de rações. Além disso, existe a questão social do uso da farinha de peixe para alimentação animal, tendo em vista o desenvolvimento da população mundial e sua crescente demanda por proteína animal (PEISKER, 2001; SOOKING et al., 2013). Atualmente, nota-se uma procura maior por peixes pelágicos para consumo humano, gerando concorrência entre o mercado de consumo animal e humano, aumentando o custo da farinha de peixe (TACON; METIAN, 2008; OLSEN; HASAN, 2012).

Com o objetivo de solucionar este problema, estudos estão sendo realizados para testar a substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína de outras fontes de origem animal e/ou vegetal (PARIPATANANONT et al., 2001; GATLIN et al., 2007; BAUER et

al., 2012; SOOKYING; DAVIS, 2012; GAMBOA-DELGADO et al., 2013). O uso balanceado destes ingredientes pode diminuir a utilização da farinha de peixe e reduzir os custos da ração produzida, sendo muito importante para o sucesso de empreendimentos em aquicultura (GATLIN et al., 2007; NUNES et al., 2011).

Dentre as fontes proteicas vegetais, o concentrado proteico de soja e o farelo de soja merecem destaque, devido a sua grande disponibilidade no mercado, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial de soja (BRASIL, 2012). O farelo de soja apresenta maior quantidade de oligossacarídeos (açúcares mais complexos que não são digeríveis por muitas espécies aquáticas) e também maior concentração de fatores antinutricionais (substâncias naturais que causam efeito negativo sobre o crescimento e a saúde dos animais) (GATLIN et al., 2007). Já o concentrado proteico de soja é uma fonte proteica mais refinada, podendo apresentar até 65% de proteína em sua composição e reduzida concentração de fatores antinutricionais (NRC, 2011). Esta matéria prima apresenta um perfil de aminoácidos balanceado, maior digestibilidade e melhor palatabilidade, quando comparado ao farelo de soja (DERSJANTI-LI, 2002). Devido ao seu rico valor nutricional, destaca-se como uma das principais alternativas de origem vegetal para substituição da farinha de peixe nas formulações de rações, tanto de animais terrestres quanto aquáticos (CRUZ-SUÁREZ et al., 2009).

Quando comparado à farinha de peixe o concentrado proteico de soja apresenta um perfil de aminoácidos semelhante, sendo deficiente apenas em metionina (DREW et al., 2007). O uso do concentrado proteico de soja em nutrição animal ainda é restrito, devido ao maior processamento que eleva seu custo comercial (NUNES et al., 2011). No entanto, apresenta vantagem ao uso da farinha de peixe por estar disponível em maiores quantidades no mercado nacional. Também, por apresentar baixos teores de carboidratos e fibras, alta digestibilidade e bom balanço de aminoácidos, quando comparada a outras fontes de origem vegetal (GAMBOA-DELGADO et al., 2013). Apesar de suas vantagens, pouco se sabe sobre o aproveitamento deste ingrediente pelos camarões marinhos, entre eles o *L. vannamei*.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico do camarão marinho *L. vannamei*, quando alimentado com dietas contendo diferentes níveis de substituição (25, 50, 75 e 100%) da farinha de resíduos de peixe por concentrado proteico de soja, em sistema de água clara.



## 6.2 Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM), pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), entre novembro e dezembro de 2013.

### 6.2.1 Material biológico

Foram utilizados camarões da espécie *L. vannamei* cultivados no LCM. A linhagem utilizada é proveniente da linhagem livre de patógenos específicos (SPF, *Specific Pathogen Free*) de notificação obrigatória (WSSV, IMNV, YHV, TSV e IHHNV) pela Organização Mundial de Epizootias (OIE), adquirida da empresa Aquatec Aquacultura Ltda.

### 6.2.2 Dietas experimentais

Foram utilizadas cinco dietas contendo 30% de proteína digestível, com 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição da proteína da farinha de resíduos do processamento de peixes (61,24 % de proteína bruta) pelo concentrado proteico de soja (63,07 % de proteína bruta). A fabricação das rações e as análises de composição centesimal das mesmas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI) do Departamento de Aquicultura da UFSC, seguindo procedimento padrão (AOAC, 1999).

As cinco dietas foram formuladas com o software Feedsoft® Professional versão 3.14 (Feedsoft Corporation, Richardson, TX, USA), com base nas recomendações e exigências nutricionais para o bom desempenho do *L. vannamei* (NRC, 2011; FOX et al., 1995; ZHOU et al., 2012). As digestibilidades das fontes proteicas (Tabela 1) utilizadas na formulação das rações deste experimento foram realizadas anteriormente pela mesma equipe de trabalho do LCM.

**Tabela 1:** Composição dos ingredientes proteicos utilizados no experimento de engorda em água clara.

Composição (%)	Farelo de soja <sup>5</sup>	Concentrado proteico de soja <sup>6</sup>	Farinha de resíduos de peixe <sup>7</sup>
Matéria Seca	88,59	93,21	90,81
Proteína bruta	51,75	63,07	61,24
Energia bruta <sup>2</sup>	4161 <sup>3</sup>	4426	4199 <sup>4</sup>
Extrato etéreo	3,48	1,38	15,35
Matéria mineral	6,89	6,32	22,72
Fibra bruta	6,85	5,82	-

<sup>1</sup>Resultados apresentados com base na matéria seca. <sup>2</sup>kcal kg<sup>-1</sup>. <sup>3,4</sup>Segundo Rostagno, 2011. <sup>5,7</sup>Nicoluzzi Rações Ltda (Penha, SC, Brasil). <sup>6</sup>IMCOPA – Importação, exportação e indústria de óleos S.A. (Araucária, PR, Brasil).

Foram preparadas cinco dietas, uma dieta controle contendo 35,41% de farinha de resíduos do processamento de peixes. Da dieta controle, outras quatro dietas isonitrogenadas foram formuladas para substituir o conteúdo proteico da farinha de peixe por aquele do concentrado proteico de soja em 25%, 50%, 75% e 100%. Para que os níveis de energia e gordura se mantivessem semelhantes nas cinco dietas, o óleo de soja e o farelo de trigo foram incluídos em quantidades distintas. Os demais ingredientes foram incluídos na mesma quantidade, exceto o caulim que foi utilizado como veículo inerte, para fechamento da formulação. O perfil de aminoácidos essenciais de cada ingrediente foi obtido em Rostagno (2011), exceto o perfil de aminoácidos essenciais do concentrado proteico de soja, que foi determinado pelo Instituto SAMITEC (Santa Maria, RS). O perfil de aminoácidos das dietas experimentais não foi analisado, porém estas foram formuladas de forma a não propiciar deficiência de nenhum aminoácido, de acordo com as exigências nutricionais utilizadas (tabela 2).

**Tabela 2:** Perfil de aminoácidos essenciais projetado para cada dieta formulada.

Aminoácidos essenciais	% Dieta					Exigência*
	0%	25%	50%	75%	100%	
Arginina	2,17	2,16	2,25	2,24	2,17	1,9
Histidina	0,78	0,81	0,88	0,91	0,93	0,7
Isoleucina	1,35	1,38	1,45	1,49	1,51	1,08
Leucina	2,37	2,42	2,56	2,62	2,65	1,6
Lisina	2,13	2,09	2,11	2,08	2,05	1,6
Metionina <sup>1</sup>	0,74	0,66	0,6	0,53	0,43	0,6
Met + Cist	1,17	1,1	1,07	1,01	0,9	0,88
Fenilalanina	1,37	1,43	1,54	1,61	1,65	1,23
Treonina	1,32	1,25	1,23	1,16	1,06	1,1
Triptofano	0,38	0,4	0,45	0,48	0,49	0,3
Valina	1,63	1,6	1,64	1,62	1,56	1,2

\*Exigência em aminoácidos essenciais baseada na conversão matemática de acordo com a exigência determinada para espécie do *Penaeus monodon*, com base na proteína

digestível da espécie bandeira e do *L. vannamei*. <sup>1</sup>Exigência em metionina foi atendida pela exigência em Met + Cist.

Os ingredientes das rações foram previamente triturados e peneirados em malha de 600  $\mu\text{m}$ . A confecção das dietas experimentais foi iniciada com a pesagem dos ingredientes, em seguida foram misturados a seco, misturados os óleos, a lecitina e adicionado 25% de água (anexo A). Posteriormente, todas as dietas foram homogeneizadas em uma bateadeira industrial por 20 min e extrusadas (Inbramaq, MX-40) em matriz de 1,5 mm, sendo o tamanho final do pélete de 2,00 mm (expansão de 0,5 mm). As dietas foram secas em estufa a 50°C por 2 h. Em seguida, foram armazenadas em sacos plásticos à -20°C até sua utilização. A composição e a análise centesimal das dietas estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3:** Composição dos ingredientes (g/100 g) e composição centesimal (com base na matéria seca) das dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos peixe pela proteína do concentrado proteico de soja.

Ingredientes	Substituição Proteica (%)				
	0	25	50	75	100
Farelo de soja <sup>1</sup>	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Farelo de trigo <sup>1</sup>	30,51	30,46	37,84	36,49	40,15
Farinha de peixe <sup>1</sup>	35,41	26,56	17,70	8,85	0,00
Concentrado Proteico de Soja <sup>2</sup>	0,00	8,85	17,70	26,56	35,41
Óleo de fígado de bacalhau <sup>3</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Óleo de soja	1,45	2,22	2,40	2,80	3,20
Caulim <sup>4</sup>	14,00	13,31	5,76	6,71	2,65
Carboximetilcelulose <sup>5</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Fosfato monocálcico <sup>5</sup>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Lecitina de soja <sup>2</sup>	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
Premix <sup>6</sup>	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Vitamina C <sup>5</sup>	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<i>Composição centesimal (% matéria seca)</i>					
Matéria seca	90,83	87,64	90,69	83,84	91,39
Umidade	9,17	12,36	9,31	16,16	8,61
Proteína digestível <sup>7</sup>	30,98	30,28	30,96	30,02	30,01
Proteína bruta	31,67	35,33	36,01	38,19	38,32
Energia digestível (kcal/kg) <sup>8</sup>	3239,23	3244,54	3485,18	3405,31	3521,24
Extrato etéreo	11,25	10,56	8,22	8,81	7,93
Gordura marinha	6,30	4,97	3,65	2,32	0,99
Fibra	12,16	13,5	12,34	15,76	15,41
Cinzas	26,41	24,44	16,00	15,67	10,63
Extrato Não Nitrogenado <sup>9</sup>	9,34	3,81	18,12	5,41	19,10
Fósforo	0,89	0,79	0,73	0,63	0,56

<sup>1</sup>Nicoluzzi Rações Ltda (Penha, SC, Brasil). <sup>2</sup>IMCOPA – Importação, exportação e indústria de óleos S.A. (Araucária, PR, Brasil). <sup>3</sup>Delaware Ltda (Porto Alegre, RS, Brasil). <sup>4</sup>Vita Essência Farmácia de Manipulação e Homeopatia Ltda (Florianópolis, SC, Brasil). <sup>5</sup>Labsynth Produtos para Laboratórios Ltda (Diademas, SP, Brasil). <sup>6</sup>Rovimix Camarão Intensivo DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda (São Paulo, SP, Brasil). Níveis de garantia por kg do produto (segundo o fabricante): vitamina A, 1.250.000 UI; vitamina D<sub>3</sub>, 350.000 UI; vitamina E, 25.000 UI; vitamina K<sub>3</sub>, 500,0 mg; vitamina B<sub>1</sub>, 5.000,0 mg; vitamina B<sub>2</sub>, 4.000,0 mg; vitamina B<sub>6</sub>, 10,0 mg; ácido nicotínico, 15.000,0 mg; ácido pantotênico, 10.000,0 mg; biotina, 150,0 mg; ácido fólico, 1.250,0 mg; vitamina C, 25.000,0 mg; colina, 50.000,0 mg; inositol, 20.000,0 mg; ferro, 2.000,0 mg; cobre, 3.500,0 mg; cobre quelado, 1.500,0 mg; zinco, 10.500,0 mg; zinco quelado, 4.500,0 mg; manganês, 4.000,0 mg; selênio, 15,0

mg; selênio quelado, 15,0 mg; iodo, 150,0 mg; cobalto, 30,0 mg; cromo, 80,0 mg; veículo, 1.0000,0g. <sup>7</sup>Digestibilidade da proteína: concentrado proteico de soja (75,73%) e farinha de peixe de resíduos (90,76%). <sup>8</sup>Digestibilidade da energia: concentrado proteico de soja (66,45%) e farinha de peixe de resíduos (87,44%). <sup>9</sup>Com base na matéria seca. <sup>9</sup>Calculado por diferença: 100-(umidade+proteína bruta+extrato etéreo+fibra bruta+cinzas).

### 6.2.3 Condições experimentais

Foram utilizados no total de 15 tanques de 800 L de capacidade útil, dotados de sistema de aeração e aquecimento da água (anexo C). Cada tanque foi povoado com 30 camarões (peso médio de 3,03±0,14g). Os tratamentos, em triplicata, foram distribuídos aleatoriamente entre os tanques.

Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00h) com o auxílio de bandejas de alimentação (área = 0,03m<sup>2</sup>) feitas com um material de polietileno com malha de 1 mm<sup>2</sup> e arco de fibra de vidro para adequação do consumo. A ração foi fornecida inicialmente em uma quantidade equivalente a 6% da biomassa, sendo ajustada semanalmente de acordo com as biometrias e o consumo diário.

A renovação de água foi feita uma vez por dia, até que todo conteúdo de matéria orgânica (sobra de alimento, fezes e mudas) fosse retirada da água, em torno de 30% do volume total de água. Os parâmetros de qualidade de água concentração de oxigênio dissolvido e temperatura foram avaliados duas vezes ao dia. A salinidade, pH, amônia total e nitrito foram avaliados uma vez na semana.

### 6.2.4 Desempenho zootécnico dos camarões

Semanalmente, 10 animais por tanque eram amostrados para biometria, a média das amostras era adotada como peso semanal (anexo B). Após o período de seis semanas do ensaio de engorda em água clara, os seguintes índices zootécnicos foram avaliados:

**Ganho em peso total (g):** ganho em peso final – ganho em peso inicial;

**Ganho em peso semanal (g):** ganho em peso final/pelo número de semanas de experimento;

**Ganho em peso final (g):** peso médio dos camarões despescados;

**Sobrevivência (%):** (número final/número inicial) x 100;

**Eficiência alimentar (g):** ganho em peso/alimento ofertado em matéria seca;

**Taxa de crescimento específico (TCE):**  $(100 \times \{\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}\} / \text{dias de experimento})$ ;

**Consumo (g):** total de alimento ofertado em matéria seca por camarão.

### 6.2.5 Análises químicas

As análises das dietas seguiram a metodologia descrita pela AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*, 1999). As dietas foram submetidas às análises de matéria seca (secagem a 105°C), cinzas (queima a 550°C), proteína (Kjeldahl, N x 6,25), extrato etéreo (Soxhlet, após hidrólise ácida), fibra (detergente ácido) e energia bruta (bomba calorimétrica adiabática).

### 6.2.6 Análises estatísticas

Primeiramente, foi constatada a homocedasticidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Os dados de desempenho zootécnico e qualidade de água foram avaliados através de ANOVA de uma via e as médias separadas pelo teste Tukey, ambas ao nível de significância de 5%. Os dados de desempenho zootécnico também foram submetidos à análise de regressão linear, sendo que os coeficientes estimados tiveram sua significância avaliada pelo teste t ( $\alpha < 0,05$ ).

## 6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dietas apresentaram o mesmo nível de proteína digestível e a energia digestível teve uma variação de 282 kcal kg<sup>-1</sup>, atendendo à exigência nutricional para a espécie *L. vannamei* (NRC, 2011). O teor de extrato etéreo apresentou uma variação entre todas as dietas, porém se manteve dentro do permitido para o bom desempenho de camarões peneídeos (SHEEN et al., 1994a) (Tabela 3). Embora outros autores sugiram como nível ideal entre 8 e 10% de extrato etéreo na dieta para o bom crescimento do *P. monodon* (Glencross et al., 2002).

Os parâmetros de qualidade de água concentração de oxigênio dissolvido (4,98 - 7,02 mg/L), temperatura (28,02 - 30,01°C), salinidade 35ppt, pH (7,74 - 8,36), total de amônia (0,34 - 1,23 mg/L) e nitrito (0,00 - 0,07 mg/L), não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nos diferentes tratamentos, permanecendo dentro dos limites recomendados para a criação da espécie (VINATEA, 2004).

O crescimento específico dos camarões em todos os tratamentos foi superior a 1g por semana de cultivo, demonstrando um bom desempenho na fase de engorda da espécie do *L. vannamei* e também

que as dietas utilizadas neste experimento proporcionaram um crescimento satisfatório. Sendo o crescimento semanal superior ao encontrado em outros trabalhos também na fase de engorda para o camarão branco do Pacífico (SAMOCHA et al., 2004; SUÁREZ et al., 2009; BAUER et al., 2012).

Houve uma tendência linear negativa com o aumento da substituição da farinha de resíduos de peixe pelo concentrado proteico de soja para o peso final, ganho em peso semanal, ganho em peso total, taxa de crescimento específico e consumo (Tabela 4). Contudo, a substituição em até 75% da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína do concentrado proteico de soja não prejudicou o crescimento desta espécie (Tabela 4).

Os resultados de redução de crescimento obtidos no presente estudo podem estar relacionados a não suplementação de metionina nas dietas com maiores níveis de substituição da farinha de resíduos de peixe pelo concentrado proteico de soja. Este ingrediente é deficiente em metionina e sua suplementação é sugerida em formulações de dietas para algumas espécies (especialmente carnívoras) (DERSJANTI-LI, 2002; GATLIN et al., 2007). Como a exigência nesse aminoácido ainda não foi definida para o camarão branco, supõe-se que a quantidade presente na dieta com 100% de substituição da farinha de resíduos de peixe não tenha sido adequada para o melhor desempenho. Na formulação das dietas experimentais, a exigência em metionina baseou-se na exigência determinada para o *P. monodon* (0,7% da dieta), usado como espécie “bandeira”. Foi feita uma conversão matemática, de acordo com a exigência em proteína digestível do *L. vannamei*, e assim estimado um valor para sua exigência em metionina (0,6% da dieta).

A exigência em metionina estimada para o *L. vannamei* neste trabalho foi alcançada apenas nas dietas controle, 25% e 50% de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela do concentrado proteico de soja. No entanto, a concentração de metionina + cistina foi alcançada em todas as dietas, suprimindo a exigência por metionina. Mesmo assim a concentração destes aminoácidos na dieta com 100% de substituição pode ter ficado muito próxima do mínimo exigido para o bom desempenho da espécie, o que pode ter provocado uma queda no seu desempenho.

Contudo, o camarão branco, quando alimentado com dietas contendo os mesmos níveis de substituição da farinha de peixe (30% da dieta) pelo concentrado proteico de soja, mas com suplementação de aminoácidos essenciais (metionina, arginina e fenilalanina), também apresentou redução no ganho em peso no tratamento com substituição

de 100% da farinha de peixe (FORSTER et al., 2002). Outro estudo, utilizando a mesma espécie e os mesmos níveis de substituição pelo concentrado proteico de soja, porém sem atender às exigências nutricionais de lisina, histidina, fenilalanina e metionina recomendadas para a espécie em algumas dietas testadas, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos para o crescimento (BAUER et al., 2012). Dessa forma, presume-se que não apenas a ausência de algum aminoácido essencial esteja limitando o crescimento da espécie.

Neste experimento registrou-se uma redução no consumo das dietas com altos níveis de substituição proteica (Figura 1), o que provavelmente contribuiu para a redução no desempenho de crescimento dos camarões. Dietas formuladas com altos níveis de inclusão de ingredientes derivados da soja podem apresentar problemas quanto a sua palatabilidade (MCGOOGAN; GATLIN, 1997; NUNES et al., 2006).

A remoção de carboidratos específicos que ocorre no processamento do concentrado proteico de soja pode reduzir sua palatabilidade, sendo este aspecto frequentemente relatado quando fontes proteicas vegetais são utilizadas para espécies aquáticas (FORSTER et al., 2002).

Não houve diferença significativa para o crescimento do *L. vannamei* quando alimentado com dietas contendo os mesmos níveis de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja que os do presente estudo, com suplementação de aminoácidos essenciais e adição de ingrediente atrativo. Sendo possível observar que o consumo de alimento pelo camarão branco não foi afetado entre todas as dietas fornecidas, sugerindo-se que a atratividade das rações manteve semelhante o seu consumo (SÁ et al., 2013; BAUER et al., 2012), diferente do que foi observado no presente estudo.

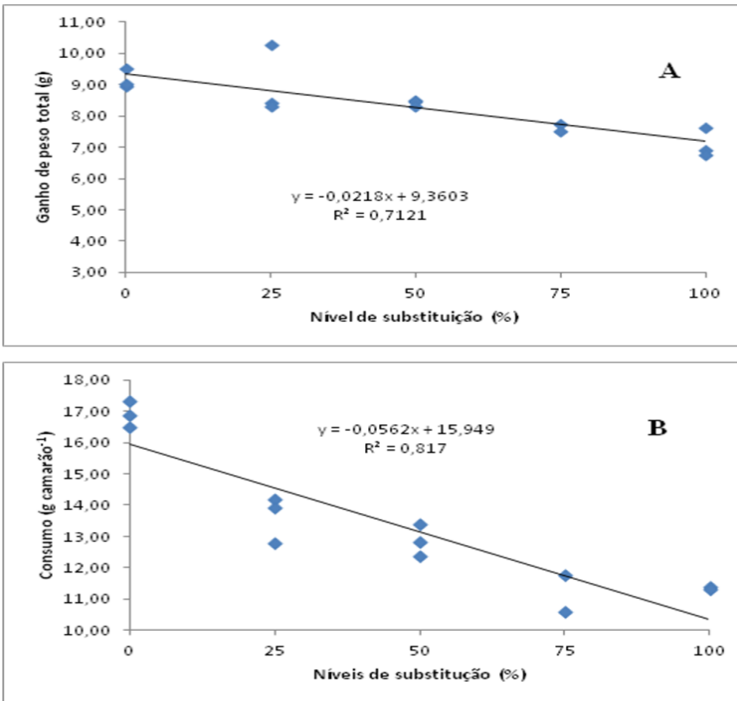
Resultados semelhantes foram encontrados para o *P. monodon* que, apresentou redução no consumo de ração e menor ganho em peso ao ser alimentado com altos níveis de inclusão do concentrado proteico de soja na dieta (PARIPATANANONT et al., 2001). A mesma resposta foi relatada por Forster et al. (2002) para o *L. vannamei* quando alimentado com os mesmos níveis de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, onde a redução no consumo de alimento foi associada a menor taxa de crescimento específico.



**Tabela 4:** Resultado dos parâmetros zootécnicos de *L. vannamei* alimentado com dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe (FP) pela proteína do concentrado proteico de soja (CPS) (peso inicial 3,03±0,14g).

Parâmetros zootécnicos	Substituição da FP pelo CPS (%)					P ANOVA	Efeito linear
	0	25	50	75	100		
Peso final (g)	12,11±0,45 <sup>a</sup>	12,12±1,20 <sup>a</sup>	11,49±0,21 <sup>ab</sup>	10,57±0,05 <sup>ab</sup>	10,15±0,34 <sup>b</sup>	0,0147	$y = -0,0229x + 12,477$ $R^2 = 0,6308$
GPS <sup>1</sup> (g)	1,53±0,05 <sup>a</sup>	1,50±0,19 <sup>a</sup>	1,40±0,02 <sup>ab</sup>	1,27±0,03 <sup>ab</sup>	1,18±0,08 <sup>b</sup>	0,0104	$y = -0,0036x + 1,5601$ $R^2 = 0,7121$
TCE <sup>2</sup> (%/dia)	3,37±0,05 <sup>a</sup>	3,23±0,17 <sup>ab</sup>	3,14±0,12 <sup>ab</sup>	3,05±0,10 <sup>ab</sup>	2,87±0,18 <sup>b</sup>	0,0167	$y = -0,0047x + 3,3648$ $R^2 = 0,696$
Sobrevivência (%)	100±0,00 <sup>a</sup>	96,67±3,33 <sup>a</sup>	97,78±1,92 <sup>a</sup>	96,67±3,33 <sup>a</sup>	98,89±1,92 <sup>a</sup>	0,4239	Não significativo
EA <sup>3</sup> (g)	0,74±0,00 <sup>a</sup>	0,77±0,01 <sup>a</sup>	0,76±0,02 <sup>a</sup>	0,79±0,05 <sup>a</sup>	0,75±0,02 <sup>a</sup>	0,1764	Não significativo

Os valores apresentados são as médias de três repetições ± desvio padrão. <sup>a, b</sup> Letras diferentes demonstram que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste Tukey. <sup>1</sup>GPS= ganho em peso semanal; <sup>2</sup>TCE= taxa de crescimento específico. <sup>3</sup>EA=eficiência alimentar. Todos os coeficientes das equações são significativos pelo teste t ( $p < 0,05$ ).



**Figura 1:** Ganho em peso total (A) e consumo de ração (B) do *L. vannamei* alimentado com dietas com diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja. Todos os coeficientes das equações são significativos pelo test t ( $p < 0,05$ ).

A sobrevivência e eficiência alimentar não diferiram significativamente entre dietas ( $p \geq 0,05$ ). Estes resultados corroboram com outros estudos com a mesma espécie, onde o concentrado proteico de soja foi a principal fonte proteica da dieta (SOOKYING; DAVIS, 2012; BAUER et al., 2012; SÁ et al., 2013). A substituição em até 60% de farinha de peixe pelo farelo de soja, na alimentação de pós-larvas de *Farfantepenaeus paulensis*, não promoveu diferença na sobrevivência e propiciou um melhor ganho em peso para os animais alimentados com até 60% de farelo de soja (ABE et al., 2008).

Normalmente, altos níveis de inclusão de proteína derivada da soja, sem utilização de farinha de peixe, são tolerados e resultam em bons resultados de desempenho, quando as exigências nutricionais dos

camarões estão adequadamente balanceadas (SOOKYING; DAVIS, 2012).

Estudos foram realizados com o intuito de substituir a farinha de peixe por fontes proteicas alternativas, principalmente de origem vegetal em dietas para camarões (LIM; DOMINY, 1990; SAMOCHA et al., 2004; AMAYA et al., 2007; SUÁREZ et al., 2009; SOOKYING; DAVIS, 2011; BAUER et al., 2012; LIU et al., 2012; SOOKYING et al., 2013; SÁ et al., 2013). No entanto, os resultados obtidos variam de acordo com a espécie e fase de desenvolvimento, a composição das dietas formuladas, a qualidade dos ingredientes testados, o manejo de alimentação e as condições de cultivo (LIM; DOMINY, 1990). No presente trabalho, a engorda do *L. vannamei* ( $3,03 \pm 0,14$ g até  $11,18 \pm 1,24$ g), quando cultivado em água clara, sem influência de fontes endógenas de alimento, apresentou bons resultados para o desempenho zootécnico da espécie, quando alimentada com dietas contendo até 75% de substituição da farinha de resíduos de peixe.

Sendo assim, a utilização de dietas para camarões que não dependam da farinha de peixe para obtenção de bons resultados zootécnicos, aumenta a oportunidade dos produtores para alcançarem novos mercados que agreguem valor para o camarão produzido, sob condições que não representem ameaça para a pesca extrativista e o meio ambiente (AMAYA et al., 2007).

#### 6.4 Conclusão

Com base na abordagem nutricional adotada nas formulações das dietas, os resultados deste trabalho demonstraram que o camarão marinho *L. vannamei* apresentou uma redução no crescimento com o aumento dos níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína do concentrado proteico de soja na dieta. Contudo, os camarões apresentaram bom desempenho até 75% de substituição proteica, sendo possível a substituição sem afetar os parâmetros zootécnicos da espécie. Além disso, os bons resultados alcançados neste trabalho foram obtidos sem a suplementação de aminoácidos essenciais e utilizando o mínimo exigido de óleo de peixe em todas as dietas, confirmando o bom aproveitamento do concentrado proteico de soja pelo camarão marinho *L. vannamei*.

#### 6.5 Referências

ABE, M. P.; FRÓES, C. N.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; WASIELESKY, W.J.; CAVALLI, R. O. Substituição da farinha de peixe por farelo de soja em

dietas práticas para o camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*). **Ciência Rural**, v.38, n.1, jan-fev, 2008.

ALMEIDA NETO, M. E.; FREIRE, A.G. avaliação de consumo alimentar e textura do exoesqueleto do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (crustacea: penaeidae) em cultivo comercial, durante o ciclo de muda. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 33(2): 147-156, 2007.

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. 393-401,2007.

BARBIERI, R. C. J.; OSTRENSKY, A. N. **Camarões marinhos– engorda**. Ed. Aprenda Fácil: Viçosa, v. 2, p. 370, 2002.

BAUER, W.; PRENTICE-HERNANDEZ, C.; TESSER, M. B.; WASIELESKY, W. J.; POERSCH, L. H.S. Substitution of fishmeal with microbial flocc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 342-343, p. 112-116, 2012.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Seção Soja**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/>. Acessado em: 10/04/2013.

CRUZ-SUÁREZ, L.A.; et al. Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. **Aquaculture**, v. 292, p. 87–94, 2009.

DERSJANT-LI, Y. The use of soy protein in aquafeeds. **Avances em Nutricion Acuicola**. VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutricion Acuicola. Cancun, Quintana Roo, Mexico, 2002.

DREW, M.D.; BORGESON, T.L.; THIESSEN, D.L. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, p. 118-136, 2007.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **Seção Fisheries and Aquaculture Department**. Roma SOFIA, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>. Acesso em: 12/01/2014.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **The state of World Fisheries and Aquaculture**. Roma SOFIA, p. 24 – 26, 2012.

FORSTER, I. P., DOMINY, W., TACON, A. G. The use of concentrates and other soy products in shrimp feeds. **In: Avances en Nutrición Acuicola**. VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. Cancún, Quintana Roo, México, 2002.

- FOX, J.M.; LAWRENCE, A.L.; LI-CHAN, E. Dietary requirements for lysine by juvenile *Penaeus vannamei* using intact and free amino acid sources. **Aquaculture**, v. 131, p. 279-290, 1995.
- GAMBOA-DELGADO, J.; ROJAS-CASAS, M. G.; NIETO-LÓPEZ, M. G.; Cruz-Suárez, L.E. Simultaneous estimation of the nutritional contribution of fish meal, soy protein isolate and corn gluten to the growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using dual stable isotope analysis. **Aquaculture**, v. 380-383, p. 33-40, 2013.
- GATLIN, D. M.; BARROWS, F. T.; BROWN, P.; et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551-579, 2007.
- GLENCROSS, B.D.; SMITH, D.M.; THOMAS, M. R.; WILLIAMS, K.C. Optimising the essential fatty acids in the diet for weight gain of the prawn, *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, v. 204, p. 85 – 99, 2002.
- HUANG, Y.; YIN, Z.; AI, H; HUANG, X.; LI, S.; WENG, S.; HE, J. Characterization of WSSV resistance in selected families of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 311, p. 54 – 60, 2011.
- LIM, C.; DOMINY, W. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 87, p. 53-63, 1990.
- LIU, X.; YE, J.; WANG, K.; KONG, J.; YANG, W.; ZHOU, L. Partial replacement of fish meal with peanut meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 745–755, 2012.
- MCGOOGAN, B.B.; GATLIN, D.M. Effects of replacing fish meal with soybean meal in diets for red drum *Sciaenops ocellatus* and potential for palatability enhancement. **J. World Aquaculture Soc.**, v. 28, p. 374–385, 1997.
- NRC (National Research Council), Committee on Nutrient Requirements of Fish and Shrimp, **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**, Washington: National Academic Press, p. 376, 2011.
- NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; NETO, H. S. As próximas gerações de ração para camarão marinho. Rev. **Panorama da Aquicultura**, v. 21, n. 123, p. 24-35, jan–fev, 2011.
- NUNES, A. J.P.; SÁ, M. V.C.; ANDRIOLA-NETO, F.F.; LEMOS, D. Behavioral response to selected feed attractants and stimulants in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, n. 260, p. 244-254, 2006.
- OLSEN, R. L; HASAN, M. R. **A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production.** Trends in Food Science & Technology, v.27, p. 120 -128, 2002.

PARIPATANANONT, T.; BOONYARATPALIN, M.; PENGSENG, P.; CHOTIPUNTU, P. Substitution of soy protein concentrate for fish meal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 369-374, 2001.

PEISKER, M. Manufacturing of soy protein concentrate for animal nutrition. **Cahiers Options Mediterraneennes**, v.54, p. 103-107, 2001.

ROCHA, I.; BORBA, M.; NOGUEIRA, J. o censo da carcinicultura nacional em 2011. Rev. **Panorama da Aquicultura**, v. 23, n. 137, p. 48 - 54, maio-junho, 2013.

SÁ, M. V. C.; SABRY-NETO, H.; NUNES, A. J. P. Dietary concentration of marine oil affects replacement of fish meal by soy protein concentrate in practical diets for te white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, p. 199-210, 2013.

SAMOCHA, T. M.; DAVIS, A. D.; SAOUD, I. P.; BAULTA, K. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 231, p. 197-203, 2004.

SHEEN, S.S.; CHEN, S.J.; HUANG, Y.S. Effect of dietary lipid levels on the growth response of tige prawn, *Penaeus monodon*. **J. Fish. Soc. Taiwan**, v. 21, p. 205-213, 1994a.

SOOKYING, D.; DAVIS, D. A. Use of soy protein concentrate in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under field conditions. **Aquacult Int**, v. 20, p. 357-371, 2012.

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

SOOKYING, D.; DAVIS, D.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.

SUÁREZ, J.A.; GAXIOLA, G.; MENDOZA, R.; CADAVID, S.; GARCIA, G.; ALANIS, G.; SUÁREZ, A.; FAILLACE, J.; CUZON, G.. 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.G.J.; METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, p. 146-158, 2008.

VINATEA, L. A. A. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2. ed. rev. e ampl. Florianópolis, SC: Ed. da UFS, P. 231, 2004.

ZHOU, Q.; ZENG, W.; WANG, H.; WANG, T., WANG, Y.; XIE, F. Dietary arginine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, n. 364-365, p. 252-258, 2012.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação faz parte de um projeto financiado pela empresa IMCOPA (Araucária-Paraná/Brasil) cujo objetivo foi avaliar a digestibilidade do concentrado proteico de soja pelo camarão marinho *Litopenaeus vannamei* e, posteriormente, avaliar o desempenho zootécnico da espécie quando cultivada em água clara com dietas contendo diferentes níveis de substituição (0, 25, 50, 75 e 100%) da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja. No entanto, o resultado encontrado para a digestibilidade do concentrado proteico de soja foi muito inferior aos encontrados na literatura, tanto para a espécie estudada quanto para outras espécies. Aparentemente, não foi encontrada nenhuma falha na metodologia aplicada para este ensaio de digestibilidade, mas o experimento será repetido para confirmação do resultado e posteriormente será incluso no artigo proveniente desta dissertação.

Quanto aos resultados obtidos no experimento de engorda, presume-se que a não complementação de metionina na dieta com 100% de substituição da farinha de peixe e a não inclusão de um ingrediente atrativo (nas dietas com substituição da farinha de peixe) tenha sido um dos fatores responsáveis pela redução do desempenho de crescimento dos camarões alimentados com maiores níveis de concentrado proteico de soja na dieta. No entanto, o objetivo era avaliar o desempenho da espécie utilizando apenas o concentrado proteico de soja como principal fonte proteica da dieta, sem a adição de nenhuma suplementação, com o intuito de avaliar somente o aproveitamento deste ingrediente pelo *L. vannamei*. Para os futuros trabalhos, pretende-se utilizar ingredientes atrativos, além de ingredientes que supram a exigência em metionina nas dietas, quando forem formuladas utilizando o concentrado proteico de soja.

O estudo de Sá et al., (2013), que demonstrou que o uso de atrativos, a complementação com metionina e lisina e o balanceamento da gordura dietética por fontes contendo ácidos graxos de cadeia longa (LC-PUFA) melhoram o desempenho do *L. vannamei* quando alimentado com dietas contendo como principal fonte proteica o concentrado proteico de soja, foi publicado em 2013. Não estando disponível para acesso quando o projeto inicial desta dissertação foi aprovado, sendo que suas informações poderiam ter contribuído para melhorar a formulação das dietas utilizadas neste trabalho. Porém, não desmerecendo os resultados encontrados em nosso estudo.



## 10. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

ABCC (Associação Brasileira de Criadores de Camarão). **Seção Estatística**. Natal, 2014. Disponível em: <http://abccam.com.br/site/category/s1-abcc/c5-estatisticas/>. Acessado em: 12/01/2014.

AKIYAMA, D. M. Soybean meal utilization by marine shrimp. **AOCS world congress on vegetable protein utilization in human food and animal feedstuffs**, Singapore, 1988a.

ANDREATTA, R.; BELTRAME, E. Aquicultura: Experiências Brasileiras: **Cultivo de Camarões Marinhos**. Multitarefa Editora Ltda, p. 456, 2004.

ARANYAKANANDA, P., LAWRENCE, A.L., 1993. Dietary protein and energy requirements of the white-legged shrimp, *Penaeus vannamei* and the optimal P/E ratio. **Aquat. Resour. Res. Inst.**, Chulalongkorn Univ, Bangkok Thailand, from Discovery to Commercialization. Spec. Publ.-Eur. Aquac. Soc., vol. 19, p. 21, 1993.

BARBIERI, R. C. J.; OSTRENSKY, A. N. **Camarões marinhos – engorda**. Ed. Aprenda Fácil: Viçosa, v. 2, p. 370, 2002.

BAUER, W.; PRENTICE-HERNANDEZ, C.; TESSER, M. B.; WASIELESKY, W. J.; POERSCH, L. H.S. Substitution of fishmeal with microbial flocc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 342-343, p. 112-116, 2012.

BRASIL, Ministério da Pesca e da Aquicultura. **Boletim estatístico de pesca e aquicultura 2011**. Disponível em: [www.mpa.gov.br](http://www.mpa.gov.br). Acessado em: 09/01/2014.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Seção Soja**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/>. Acessado em: 10/04/2013.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Seção Informações técnicas**. Florianópolis, 2012. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/>. Acessado em: 10/12/2013.

BRASIL. Ministério da Pesca e da Aquicultura. **Seção Aquicultura**. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/index.php/aquiculturampa/informacoes/producao>. Acessado em: 12/01/2014.

CARVALHO, R. A. P. L. F. **Desenvolvimento de um sistema de recirculação para estudos de digestibilidade em condições de alto desempenho para camarões marinhos: avaliação de ingredientes proteicos alternativos à farinha de peixe em diferentes níveis de inclusão à dietas para juvenis de *Litopenaeus vannamei***. 2011. 243 f. Tese (Doutorado) - Curso de Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

COUSIN, M.; CUZON, G.; GUILLAUME, J.; AQUACOP. Digestibility of starch in *Penaeus vannamei*: in vivo and in vitro study on eight samples of various origin. **Aquaculture**, v. 140, p. 361-372, 1996.

CRUZ-SUÁREZ, L.A.; et al. Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. **Aquaculture**, v. 292, p. 87–94, 2009.

CUZON, G.; LAWRENCE, A.; GAXIOLA, G.; ROSAS, C.; GUILLAUME, J. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**, v. 235, p. 513 – 551, 2004.

D'ABRAMO, L. Triacylglycerols and fatty acids. Crustacean Nutrition. In: D'Abramo, L., Conklin, D., Akiyama, D. (Eds.), **Advances in World Aquaculture**, vol. 6, 1997.

D'ABRAMO, L.R.; SHEEN, S.S. Nutritional requirements, feed formulation and feeding practices for intensive culture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Reviews Fisheries Science**, v. 2, p. 1–21, 1994.

DERSJANT-LI, Y. The use of soy protein in aquafeeds. **Avances em Nutricion Acuicola**. VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutricion Acuicola. Cancun, Quintana Roo, Mexico, 2002.

DREW, M.D.; BORGESON, T.L.; THIESSEN, D.L. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, p. 118-136, 2007.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **Feed Ingredients and Fertilizers for Farmed Aquatic Animals**. Roma SOFIA, p. 52, 2009.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **Seção Fisheries and Aquaculture Department**. Roma SOFIA, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>. Acesso em: 12/01/2014.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **The state of World Fisheries and Aquaculture**. Roma SOFIA, p. 24 – 26, 2012.

FORSTER, I. P., DOMINY, W., TACON, A. G. The use of concentrates and other soy products in shrimp feeds. **In: Avances en Nutrición Acuicola**. VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. Cancún, Quintana Roo, México, 2002.

GAMBOA-DELGADO, J.; et al. Simultaneous estimation of the nutritional contribution of fish meal, soy protein isolate and corn gluten to the growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using dual stable isotope analysis. **Aquaculture**, v. 380-383, p. 33-40, 2013.

- GATLIN, D. M.; BARROWS, F. T.; BROWN, P.; et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551-579, 2007.
- GLENCROSS, B.D.; SMITH, D.M.; THOMAS, M. R.; WILLIAMS, K.C. Optimising the essential fatty acids in the diet for weight gain of the prawn, *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, v. 204, p. 85 – 99, 2002.
- GLENCROSS, B. D.; BOOTH, M.; ALLAN, G.L. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, p. 17-34, 2007.
- GOMES, S. Z. Aquicultura: Experiências Brasileiras: **Nutrição e alimentação de peixes e crustáceos**. Multitarefa Editora Ltda, p. 126, 2004.
- GONG, H.; LAWRENCE, A. L.; JIANG, D.; GATLIN, D. M. Lipid nutrition of juvenile *Litopenaeus vannamei*. II. Active components of soybean lecithin. **Aquaculture**, v. 190 (3/4), p. 325-342, 2000b.
- GONG, H.; LAWRENCE, A.L.; JIANG, D.H.; CASTILLE, F.L.; GATLIN, D.M. Lipid nutrition of juvenile *Litopenaeus vannamei*: I. Dietary cholesterol and de-oiled soy lecithin requirements and their interaction. **Aquaculture**, v. 190 (3/4), p. 305– 324, 2000a.
- GONZÁLEZ-FÉLIX, M. L.; LAWRENCE, A.; GATLIN, D. M; PEREZ-VELAZQUEZ, M. Growth, survival and fatty acid composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* fed different oils in the presence and absence of phospholipids. **Aquaculture**, v. 205, p. 325-343, 2002.
- HE, H., LAWRENCE, A.L. Vitamin C requirements of the shrimp *Penaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 114 (3– 4),305– 316, 1993a.
- HERTRAMPF, J.W. Internal physical properties of shrimp feed. **Aqua Cult. Asia Pacific**, v.3, p. 20–21, 2007.
- LIU, X.; YE, J.; WANG, K.; KONG, J.; YANG, W.; ZHOU, L. Partial replacement of fish meal with peanut meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 745–755, 2012.
- LIU, Y. J.; et al. Soy protein concentrate can efficiently replace fish meal in tiger shrimp feeds. **Research Report Fish Nutrition Laboratory**, Zhongshan University, P.R. China, 2000.
- MADRID, R.M. A crise econômica da carcinicultura. **Panorama da Aquicultura**, n. 90, p. 30-32, 2005.
- MAGALHÃES, M.S.E. **Cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (boone,1931) em sistema multifásico**. Dissertação (Mestrado em Recursos

Pesqueiros e Aquicultura), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004.

MARQUES, M. R. F. **Bioquímica 1**. Ed. CED/LANTEC, Florianópolis, p. 178, 2008.

NRC (National Research Council), Committee on Nutrient Requirements of Fish and Shrimp, **Nutrient requirements of fish and shrimp**, Washington: National Academic Press, p. 376, 2011.

NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; NETO, H. S. As próximas gerações de ração para camarão marinho. Rev. **Panorama da Aquicultura**, v. 21, n. 123, p. 24-35, jan-fev, 2011.

OLSEN, R. L; HASAN, M. R. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. **Trends in Food Science & Technology**, v.27, p. 120 -128, 2002.

PARIPATANANONT, T.; et al. Substitution of soy protein concentrate for fish meal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 369-374, 2001.

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

PEISKER, M. Manufacturing of soy protein concentrate for animal nutrition. **Cahiers Options Mediterraneennes**, v.54, p. 103-107, 2001.

PORTZ, L.; FURUYA, W. M.. (Org.).Energia, Proteína e Aminoácidos. **In: Nutriaqua: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesse para Aquicultura Brasileira**. Ed. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, Brasil, p. 65, 2012.

ROCHA, I.; BORBA, M.; NOGUEIRA, J. o censo da carcinicultura nacional em 2011. Rev. **Panorama da Aquicultura**, v. 23, n. 137, p. 48 - 54, maio-junho, 2013.

SÁ, M. V. C.; SABRY-NETO, H.; NUNES, A. J. P. 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.

SALZE, G.; et al. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 298, p. 294-299, 2010.

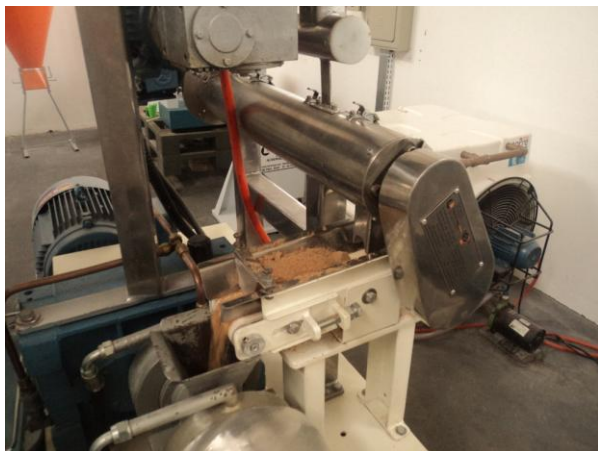
- SAMOCHA, T. M.; DAVIS, A. D.; SAOUD, I. P.; BAULTA, K. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 231, p. 197-203, 2004.
- SHIAU, S. Nutrient requirements of penaeid shrimps. **Aquaculture**, v. p. 164,77–93, 1998.
- SOOKYING, D.; DAVIS, D. A. Use of soy protein concentrate in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under field conditions. **Aquacult. Int.**, v. 20, p. 357-371, 2012.
- SOOKYING, D.; DAVIS, D. A.; SILVA, F.S.D. A review of the development and application of soybean-based diets for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 441-448, 2013.
- SUÁREZ, J.A.; GAXIOLA, G.; MENDOZA, R.; 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.G.J.; et al. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, p. 121-137, 2002.
- 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. **Aquaculture**, v. 285, p. 146–158, 2008.
- TEIXEIRA, E. A.; et al.. Substituição de farinha de peixes em rações para peixes. Rev. **Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.118-125, jul./dez. 2006.
- WOUTERS, R.; LAVENS, P.; NIETO, J.; SORGELOOS, P. Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. **Aquaculture**, n. 202, p. 1-21, 2001.
- WYK, P. V. Nutrition and feeding of *Litpenaeus vannamei* in intensive culture systems. In: WYK, P. V., et al., (Eds.), **Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems**. Florida Department of Agriculture and Consumer Services Tallahassee, USA, p. 125-139, 1999.



## ANEXOS

### Anexo A – Preparo e fabricação das dietas utilizadas no experimento de engorda em água clara do *L. vannamei*







## Anexo B - Biometria semanal dos camarões marinhos alimentados com as dietas experimentais



## Anexo C – Unidades experimentais

