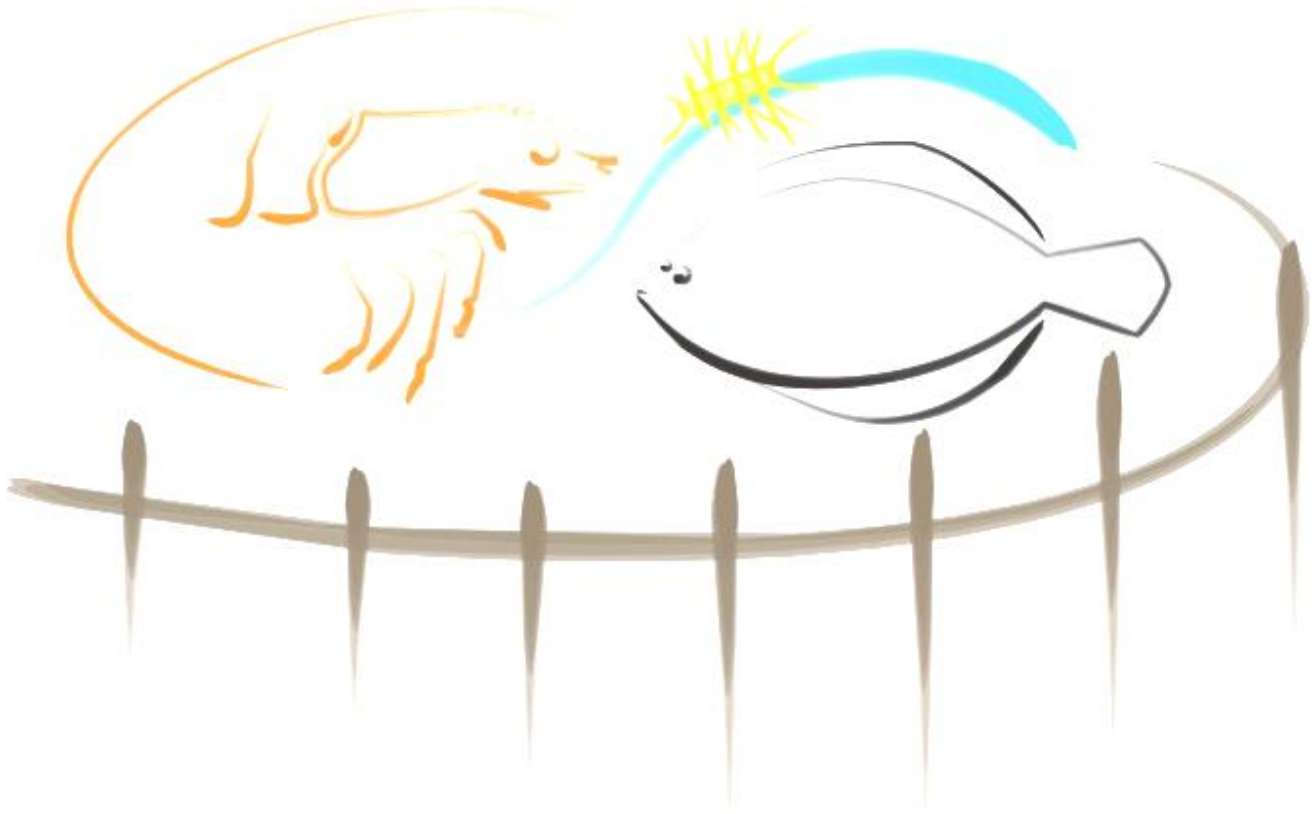


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



Substituição da Farinha de Peixe por Concentrado Protéico de Soja e Farinha de
Flocos Microbianos em rações para *Litopenaeus vannamei*

WILLIAM BAUER

FURG
RIO GRANDE, RS
2011

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

Substituição da Farinha de Peixe por Concentrado Protéico de Soja e Farinha de
Flocos Microbianos em rações para *Litopenaeus vannamei*

William Bauer

Dissertação apresentada como
parte dos requisitos para obtenção
do grau de mestre em Aqüicultura
no Programa de Pós-Graduação
em Aquicultura da Universidade
Federal do Rio Grande.

Orientador: Prof. Dr. Luís Henrique da Silva Poersch

Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Borges Tesser

RIO GRANDE, RS, BRASIL

FEVEREIRO, 2011

Índice

Resumo.....	6
Abstract.....	7
Introdução geral.....	8
Referências bibliográficas.....	19
Artigo Anexo.....	27
Resumo.....	28
Abstract.....	29
Introdução.....	30
Material e Métodos.....	31
Resultados.....	36
Discussão.....	37
Referências Bibliográficas.....	41

AGRADECIMENTOS

A Deus, razão da minha existência;

Aos meus pais, pelo incansável esforço ao longo de todos esses anos. Essa vitória também é de vocês;

As minhas irmãs, Ellen e Aline, por todo o apoio mesmo que a distância;

Aos meus tios e padrinhos do coração, “Tia Maria e Tio Cidão”, por sempre terem acreditado em mim;

A Angélica, pelo companheirismo, apoio e paciência ao longo do mestrado, em especial no final dele;

Ao “Mineiro”, pela oportunidade, orientação e conselhos pessoais e profissionais;

Ao Tesser, meu co-orientador que tanto incomodei, e que tanto me auxiliou para concluir esse trabalho;

Ao Prof. Romano e ao Prof. Prentice pelo apoio científico;

Ao Prof. “Mano” pela ajuda e companheirismo;

A toda a equipe de funcionários da EMA, Alessandro, Ana, Getúlio, Cornetet, Pilenghi, Sandro, “Seu” Hermes, sem esquecer de todos os vigilantes, pelo apoio no dia-a-dia de trabalho;

Aos eternos companheiros de alojamento, Luciano Garcia, Kotoco, Paula Beck, Paula Maicá, Shay, Clivea, Michele, “Shakirita”, Luciano Jensen, Vivi, Iuri, Diego, Miguel, Manuel, Verônica e a todos os outros que por lá passaram;

A todos os colegas e amigos da EMA, incontáveis os nomes, mas todos presentes em minha vida;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

RESUMO

Como resultado da estagnação das pescarias industriais, a aquacultura surge como uma alternativa ao setor pesqueiro. Porém, a alta dependência da farinha de peixe utilizada como principal fonte protéica nas rações de muitas espécies na aquacultura, mostra que a pressão sobre os estoques de pequenos peixes pelágicos continua alta. Além disso, a produção de farinha de peixe se mantém estabilizada nas últimas décadas, com os preços variando de acordo com a oferta e procura. Assim, muitos esforços têm sido direcionados na busca por ingredientes protéicos alternativos mais baratos e mais disponíveis para o uso em rações, como é o caso dos produtos de base vegetal e dos subprodutos da pecuária e da avicultura. O farelo de soja oferece uma fonte econômica e nutricionalmente viável de proteína, porém fatores antinutricionais, baixa palatabilidade e deficiência de aminoácidos e ácidos graxos essenciais podem limitar sua utilização em rações para *L. vannamei*. Por outro lado, o concentrado protéico de soja (CPS) apresenta características superiores ao farelo, como razoável perfil de aminoácidos, altos valores protéicos, energéticos e de digestibilidade. Porém, a utilização desses ingredientes depende em grande parte do requerimento nutricional da espécie, dos preços relativos à farinha de peixe e de regulamentações ambientais dos sistemas de produção. Outro ingrediente que vem obtendo sucesso como substituto da farinha de peixe em rações para *L. vannamei* são os flocos microbianos formados em ambientes de criação super-intensiva de peixes e camarões. Além de possuir inúmeras vantagens do ponto de vista nutricional, traz também benefícios ambientais com a reutilização dos efluentes. A aquacultura apenas poderá exercer seu papel na contribuição para a demanda mundial de proteína se reduzir a utilização de peixes na alimentação e adotar práticas de manejo mais ecológicas.

ABSTRACT

Aquaculture is an alternative to the fishing sector due to industrial fisheries stagnation. However, the pressure on small pelagic fish stocks remains high because for fish meal production, main protein source used in diets for many aquaculture species. Moreover, fish meal production is stabilized in recent decades, with prices varying according to supply and market demand. Thus, many efforts have been done on the search for cheaper and more available protein ingredients for animal feed, like plant-based products and by-products of livestock and poultry production. The soy bean meal offers an economically and nutritionally viable source of protein. However, problems such deficient levels of indispensable amino acids and fatty acids, anti-nutrients and poor palatability can restrict its use in *L. vannamei* feeds. On the other hand, soy protein concentrate presents superior characteristics than soy bean meal, like suitable amino acids profile, high protein and energetic values and good digestibility. Nevertheless, the use of these ingredients depends largely on: species nutritional requirement, fish meal prices and environmental regulations for production systems. Another ingredient that has being used successfully as a substitute for fishmeal in diets for *L. vannamei* are microbial flocs formed in super-intensive fish and shrimp farming. Besides having numerous profits on nutrition, it also brings environmental benefits because of the effluent reuse. Aquaculture can only play its role in contributing to the global protein demand if we start to reduce fish meal use and adopt environmental friendly practices.

INTRODUÇÃO

A aquicultura é o setor produtivo de alimentos que possui um dos crescimentos mais acelerados do mundo, com potencial para atender a crescente demanda por alimentos de origem aquática (Tacon, 2002; FAO, 2006). A atividade representou em 2006 uma produção de 66,7 milhões de toneladas (FAO, 2009), e, dentro desse contexto, a carcinicultura mostra-se como um dos segmentos da aquicultura mais rentáveis e de crescimento mais acelerado (Tacon, 2002). Segundo Duarte (2009), a média anual de crescimento da carcinicultura em 2006 atingiu níveis de 23%, enquanto a criação de peixes diádromos (11,5%), peixes marinhos (10,5%) e bivalves (6,2%) apresentaram taxas significativamente menores.

Projeções recentes sugerem que em 2030, a população mundial terá excedido oito bilhões de pessoas (Cressey, 2009). Com o papel de suprir a demanda global de mercado frente ao crescimento populacional e a sobre-exploração de muitos estoques pesqueiros, a aquicultura torna-se uma indústria importante e com rápido crescimento. Como toda indústria em expansão, também sofre com alguns problemas (Naylor et al., 2000), e os impactos ambientais são um dos que mais vem recebendo atenção nas últimas décadas (Tidwell & Allan, 2001; Standal & Utne, 2007). O problema é agravado ainda mais já que cerca de dois terços da aquicultura mundial ocorrem em baías, estuários e outros ambientes marinhos costeiros, onde a circulação de água é muitas vezes lenta e importantes habitats estão nas proximidades (Alessi, 2004).

Com a intensificação dos sistemas de produção, essas áreas sofrem com a liberação de quantidades significativas de poluentes orgânicos, que podem causar *blooms* algais, depleção de oxigênio, redução na qualidade da água e até mesmo a destruição desses locais (Aubin, 2006; FAO, 2006). Além disso, efeitos no *pool* genético das populações selvagens podem ocorrer, caso ocorra escape dos animais criados para o ambiente natural (Alessi, 2004). Porém, nem sempre os efluentes da aquicultura podem trazer impactos negativos ao meio ambiente. Um estudo realizado com pisciculturas de salmão no Chile mostrou um incremento na diversidade e na produção de peixes pelágicos no entorno dos locais de criação; em contraste, foram encontrados efeitos negativos sobre os invertebrados bentônicos (Soto & Norambuena, 2004). No entanto, vários fatores são fundamentais para determinar a capacidade de assimilação do ambiente frente à demanda de efluentes gerados pela aquicultura (Beveridge et al., 1997).

Com a expansão da atividade, aumentam também as preocupações das autoridades ambientais no que diz respeito ao uso de água e emissão de efluentes ao meio ambiente.

Legislações específicas para a atividade são inerentes a cada país (Cole et al., 2008), mas as medidas mitigatórias para a redução de emissão desses efluentes e o tratamento dos mesmos são metas gerais para todos (Roque d'Orbcastel, 2008). Nesse sentido a sociedade tem um papel fundamental, já que vem cobrando cada vez mais dos produtores o uso de tecnologias ou manejos ambientalmente mais amigáveis. Na última década, um considerável progresso no manejo ambiental da aquacultura por parte de pressões públicas e comerciais tem demonstrado os benefícios da atividade quando essa é realizada de forma planejada e bem gerenciada (FAO, 2006).

A aquacultura é comumente avaliada pelos impactos sobre os ecossistemas naturais, ao invés de ser comparada com outros setores de produção animal (Flaherty & Karnjanakesorn, 1995). Nenhum sistema produtivo de alimentos é verdadeiramente sustentável, todos eles geram resíduos, requerem energia e utilizam água. A aquacultura gera importantes benefícios econômicos para nações em desenvolvimento (Diana, 2009). Resta apenas um melhor entendimento sobre a produção ambientalmente amigável da atividade, promovendo práticas de conservação enquanto se produz alimentos.

Pesca, uso de farinha de peixes na alimentação na aquacultura e problemas associados

Segundo a FAO (2007), a partir das duas últimas décadas a pesca teve sua captura estabilizada em torno de 93 milhões de toneladas/ano enquanto a aquacultura teve um incremento de 13 para mais de 50 milhões de toneladas entre 1990 e 2006. Segundo Pauly (2009), três fatores foram determinantes para a expansão e subsequente estabilização e declínio de muitos estoques pesqueiros nas últimas décadas: expansão geográfica, aumento das capturas de profundidade e diversificação taxonômica. De fato, estatísticas da FAO de 2005 indicam que 52% dos estoques pesqueiros mundiais estão completamente explorados, 17% superexplorados e 7% esgotados (FAO, 2007).

Milazzo (1998) reporta que 30-34 bilhões de dólares eram investidos anualmente na forma de subsídios governamentais para a frota pesqueira, reforçando a capacidade de captura e deixando cada vez mais distante a possibilidade de uma captura sustentável das poucas populações de peixes sub-exploradas ainda existentes. Mesmo com esses incentivos, dados da FAO (2009) mostram redução considerável na construção de embarcações pesqueiras novas a partir do final da década de 1980, com nova queda acentuada a partir de 2001. Em partes, essa é uma estratégia política adotada por muitos países como forma de controlar a capacidade pesqueira nacional para proteger os recursos aquáticos. Por outro lado, essa redução da frota

pesqueira também pode estar relacionada à insustentabilidade econômica da atividade. Apesar de todos os esforços realizados para reverter o atual quadro da pesca, as iniciativas para uma ordenação sustentável da atividade não tem tido êxito em muitas partes do mundo, por fatores como pesca excessiva, práticas pesqueiras destrutivas, captura incidental, entre outros.

Projeções recentes indicam que em 2048 a biodiversidade marinha estará colapsada devido a ações antrópicas (Worm et al., 2006). Porém, análises de cenários futuros para a pesca concluem que o atual estado de declínio das pescarias pode ser revertido por meio de políticas de ações, expansão de reservas marinhas, deslocamento do esforço de captura e padrões de consumo humano para os pequenos peixes pelágicos, além de incentivos para a utilização sustentável do meio ambiente. Com a adoção dessas medidas, alguns autores sugerem que os estoques pesqueiros podem voltar aos níveis de 1970, antes de o declínio começar (Pauly et al., 2002, Hilborn et al., 2005).

Não restam dúvidas de que a pesca industrial da forma como vêm ocorrendo é insustentável, e que isso serviu de alavanca para a indústria da aquacultura desenvolver seu potencial com o objetivo de atender a demanda mundial de proteína (Pauly et al., 2002; Anderson, 2007). Em pouco mais de três décadas, a produção em peso da aquacultura passou de 3,9% em 1970 para 36% em 2006, contribuindo com 47% da demanda mundial de pescado para alimentação. A aquacultura desempenha ainda um papel fundamental como meio de subsistência. Dados de 2006 indicam que 43,5 milhões de pessoas se dedicam de modo direto à produção primária de pescado, representando 3,2% das pessoas economicamente ativas na agricultura em todo o mundo (FAO, 2009).

Apesar da aquacultura suprir a demanda de pescados, complementando o déficit causado pelos estoques pesqueiros sobre-explorados, Naylor et al. (2000) levantam o seguinte questionamento: a aquacultura surge como uma possível solução ou como mais um fator para contribuir para o colapso dos estoques pesqueiros mundiais? Isso porque a farinha e o óleo de peixes são ingredientes dominantes em rações para peixes carnívoros e camarões marinhos (Tacon e Akiyama, 1997) por ser uma fonte equilibrada de aminoácidos e ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais e boa palatabilidade (Suárez et al., 2009). Ao mesmo tempo em que a Ásia sofre aumentos significativos na produção de carpas e outras espécies onívoras não dependentes do uso de farinha de peixe na alimentação, o problema é agravado em países industrializados, onde grande parte da aquacultura é baseada na criação de espécies carnívoras, como salmões, trutas, linguados, camarões, entre outras espécies de alto valor comercial.

Estima-se que um terço da captura mundial da pesca de sardinha, anchova, cavala e

outros pequenos peixes pelágicos seja utilizada na ração animal (Pauly, 2009). Esses peixes têm um papel fundamental nos ecossistemas já que realizam a transferência de energia do plâncton para os grandes peixes e mamíferos marinhos (Alder et al., 2008). Dados da FAO (2006) demonstram que a quantidade de peixes e moluscos capturados anualmente nos oceanos para a produção de farinha, óleo e outros produtos não utilizados na alimentação humana subiu de três para 28 milhões de toneladas em 50 anos. Merino et al. (2010) reportam que desse montante, seis milhões de toneladas de farinha de peixe são produzidas para abastecer os diversos sistemas de produção animais, entre eles a aquacultura. Assim, é estimado que o setor da aquacultura consumiu o equivalente a 20-25 milhões de toneladas de peixes como fonte de alimento em 2003 para produzir um total de cerca de 30 milhões de toneladas de peixes e crustáceos (Tacon et al., 2006).

Assim, a aquacultura parece esbarrar em um dos seus gargalos. Com uma das maiores taxas de crescimento do setor produtivo de alimentos de origem animal (6,9%/ano), o mercado mundial de farinha de peixe tem sua produção estabilizada em torno de seis a sete milhões de toneladas/ano desde 1985 (IFFO, 2006). Além disso, a produção é afetada por eventos climáticos, como o El Niño, especialmente no Peru e Chile (Naylor et al., 2009), responsáveis por cerca de 40% da produção total de farinha e óleo de peixe (FAO, 2009).

Estimativas indicam que apenas entre 1992 e 2003, a carcinicultura aumentou o consumo de farinha de peixe de 232 para 670 mil toneladas/ano (Tacon et al., 2006), o que corresponde a 22,8% do consumo total mundial (FAO, 2007). No entanto, estudos recentes indicam que graças às pesquisas em busca de ingredientes alternativos à farinha de peixe, a quantidade de peixes pelágicos capturados para a utilização na aquacultura tem se mantido estável nos últimos anos (Welch et al., 2010). Tacon & Metian (2008) reportam queda substancial no percentual médio de farinha de peixe utilizada em rações de diversas espécies utilizadas na aquacultura. Interessante notar que essa queda vem acompanhada de melhoras nas taxas de conversão alimentar dos animais. A questão principal é se mesmo com as elevadas taxas de crescimento, a indústria da aquacultura conseguirá manter por muito tempo essa estabilização nas capturas de peixes pelágicos para produção de farinha de peixe.

De qualquer forma, o futuro da indústria de farinha de peixe parece estar em um caminho sem volta. Por se tratar de uma *commodity* global, seus preços são variáveis de acordo com a oferta e procura. Nos últimos 30 anos a farinha de peixe vinha mantendo seus preços entre U\$400 e U\$900/tonelada (Hardy, 2010). Entretanto, dados da FAO (2009) revelam que de dezembro de 2004 a dezembro de 2009, a tonelada da farinha de peixe subiu de cerca de US\$600 para cerca de US\$1600. É provável que os preços se mantenham

elevados graças ao aumento dos preços dos alimentos de origem vegetal, amplamente empregado na alimentação animal. Aliado a isso, os altos preços podem servir ainda de incentivo a uma exploração ainda maior dos recursos para fabricação de farinha de peixe em locais onde as pescarias são mal regulamentadas ou onde existem pescadores de baixa renda (Naylor et al., 2009).

Utilizar na aquacultura espécies menos dependentes de farinha de peixe nas dietas seria uma possível solução a essa problemática. Cressey (2009) relata que peixes onívoros como a tilápia, que representa um dos produtos da aquacultura com mais rápido crescimento, pode representar o futuro da humanidade. Porém, focar a produção da aquacultura em espécies herbívoras e onívoras ignoraria o efeito benéfico que a ingestão de peixes e camarões marinhos traz à saúde humana pelas consideráveis concentrações de ácidos graxos n-3 existentes nas suas composições (Welch et al., 2010). Além disso, com as projeções populacionais para 2030, a produção gerada pela aquacultura de herbívoros e onívoros não seria suficiente para atender nem a metade das 50 milhões de toneladas previstas para demanda mundial por produtos marinhos (FAO, 2002).

Merino et al. (2010) realizaram uma simulação utilizando modelos bioeconômicos em diferentes escalas temporais a fim de se identificar o futuro da indústria de produção de farinha de peixe. Os autores reportam que se alternativas a esse produto não forem consideradas e a aquacultura continuar aumentando sua dependência, em um prazo de 10 anos os preços da tonelada irão duplicar. Kuhn et al. (2010) reportam que para atingir sucesso na sustentabilidade econômica e ambiental, ingredientes alternativos à farinha de peixe devem ser buscados para reduzir efetivamente os custos com alimentação, enquanto reduzem-se também os impactos sobre os estoques pesqueiros naturais.

Utilização de produtos a base de vegetais como substitutos à farinha de peixe

O uso de fontes protéicas alternativas como substituta à farinha de peixe em rações na aquacultura tem sido praticado há muitos anos (Watanabe, 2002). O aumento dos preços da farinha de peixe juntamente com a problemática da sobre-exploração dos recursos pesqueiros tem estimulado pesquisas na indústria da aquacultura em busca de ingredientes substitutos a farinha de peixe (Tacon et al., 2006). Welch et al. (2010) sugerem que essa redução no uso de farinha de peixe surgiu, em grande parte, graças a consciência sobre a atual dependência da pesca no desenvolvimento da aquacultura, e também pelo tempo e recursos gastos investigando possíveis substitutos. Além disso, em contraste ao óleo e a farinha de peixe, a

produção mundial de grãos e oleaginosas tem aumentado dada sua crescente demanda.

Naylor et al. (2009) reportam que a utilização de fontes protéicas alternativas em rações na aquicultura depende do requerimento nutricional da espécie, dos preços relativos da *commodity* e de regulamentações ambientais dos sistemas de produção (a Europa, por exemplo, proíbe o uso de sub-produto animais em rações). Em 2007, o cenário favorável ao uso de proteínas vegetais pelo menor preço de mercado comparado à farinha de peixe mudou. Essa *commodity* teve seus preços aumentados drasticamente como resultado da crescente demanda na produção de rações e alimentos (Hardy, 2010). Dados publicados pela FAO (2009) mostram que o preço da tonelada do farelo de soja que vinha se mantendo constante entre US\$200 e S\$250 a mais de uma década, teve seu preço alcançando a casa dos US\$400 apenas entre 2007 e 2009.

Duarte et al. (2009) reportam que mesmo em uma situação favorável, a utilização de fontes vegetais é questionável, pois a agricultura sofrerá em breve com pontos críticos, como disponibilidade de água e terras. Assim, os autores relatam que a maricultura deve ocorrer de forma independente da agricultura, para que esse gargalo não venha a se tornar uma barreira para o seu desenvolvimento.

Atualmente uma ampla gama de plantas é utilizada como fontes alternativas na aquicultura, como cevada, canola, milho, algodão, farelo de soja e trigo. Esses produtos, normalmente oleaginosas ricas em proteínas, já são utilizados como ingredientes nas dietas de alguns camarões e peixes herbívoros e onívoros, onde tem sido possível substituir a farinha de peixes das dietas sem afetar o crescimento dos animais (Álvarez et al., 2007; Amaya et al., 2007). Já para camarões e peixes com hábitos carnívoros não tem havido tanto sucesso assim, pois fatores antinutricionais, deficiência de alguns aminoácidos (e.g., lisina e metionina) e ácidos graxos essenciais (EPA e DHA), baixa palatabilidade e digestibilidade podem limitar a utilização de ingredientes vegetais como substitutos à farinha de peixe (Davis & Arnold, 2000; Gatlin et al., 2007).

Em estudo realizado com *L. vannamei*, Lim & Dominy (1990) reportam que 40% da proteína marinha pode ser substituída por farinha de soja extraída por solvente, porém níveis mais elevados resultaram em menor crescimento. Amaya et al. (2007), em viveiros com baixa renovação de água e produtividade natural abundante, não encontraram efeitos adversos no desenvolvimento de *L. vannamei* substituindo completamente a farinha de peixe por farelo de soja. Browdy et al. (2006) reportam que o crescimento de *L. vannamei* alimentado com uma dieta exclusivamente à base de plantas não foi diferente de camarões alimentados com farinha e óleo de peixe. No entanto, os camarões alimentados com vegetais tiveram níveis

inferiores dos mesmos dois ácidos graxos essenciais, EPA e DHA.

Nesse contexto, Naylor et al. (2009) reportam que uma série de manipulações podem efetivar a utilização de bases vegetais em rações para aquacultura. A suplementação das dietas com aminoácidos, nutrientes, enzimas exógenas, pré-bióticos, entre outros, podem compensar os fatores antinutricionais e aumentar a utilização de nutrientes específicos. Os resultados obtidos em estudos utilizando bases vegetais mostram uma grande variação no grau de sucesso dependendo da espécie, do tamanho e do tipo de ingrediente utilizado. A Tabela 1 apresenta alguns estudos realizados com substituição da farinha de peixe em rações para camarões.

Utilização de produtos animais como substituto à farinha de peixe

Outra fonte de proteína com grande potencial para substituir a farinha de peixe em rações na aquacultura são os subprodutos de animais terrestres (Naylor et al., 2009). Esses subprodutos são constituídos basicamente por farinha de carne e ossos, farinha de sangue, farinha de penas hidrolisada e farinha de subprodutos da criação de aves. Esses produtos geralmente contêm bom percentual de proteína bruta (45-65%) e razoável perfil de aminoácidos essenciais (Tan et al., 2005). Porém, por razões nutricionais e de palatabilidade muitos aquacultores ainda preferem utilizar óleo e farinha de peixe nas criações (Naylor et al., 2009). Em estudo realizado por Cruz-Suárez et al. (2007), uma substituição de aproximadamente 50-65% da farinha de peixe por subproduto de aves, gerou uma redução de 10-14% dos custos por tonelada de ração. Alguns estudos conduzidos a fim de avaliar a viabilidade desses ingredientes em dietas para camarões também estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1:
Trabalhos realizados utilizando substitutos à farinha de peixe em rações para camarões

Autor	Substituto	Animal Utilizado	Características da Ração	Quantidade Substituída
Lim et al., 1997	Farelo de canola	<i>Penaeus vannamei</i>	34% PB / 7,8% lipídios	30%
Paripatananont et al., 2001	Concentrado protéico de soja	<i>Penaeus monodon</i>	36% PB / 7,5% lipídios	50%
Alvarez et al., 2007	Farelo de Soja	<i>Litopenaeus schmitti</i>	28-32,6% PB/ 5,1-6% de lipídios	75%
Suarez et al., 2009	Farelo de soja e farinha de canola	<i>Litopenaeus vannamei</i>	38,6-40% PB / 7,2-8,8% de lipídios	80%
Davis e Arnold, 2000	Farelo de soja co-extrusado e farinha de subproduto de aves	<i>Litopenaeus vannamei</i>	32% PB / 8% lipídios	80%
Forster et al., 2003	Farinha de carne e ossos	<i>Litopenaeus vannamei</i>	35% PB / 8% lipídios	75%
Tan et al., 2005	Farinha de carne e ossos	<i>Litopenaeus vannamei</i>	41% PB / 8% lipídios	>60%
Samocha et al., 2004	Farelo de soja co-extrusado e farinha de subproduto de aves	<i>Litopenaeus vannamei</i>	32% PB / 8% lipídios	100%
Goytortúa-Bores et al., 2006	Farinha de caranguejo	<i>Litopenaeus vannamei</i>	42% PB	38%
Cruz-Suárez et al., 2007	Farinha de subproduto de aves	<i>Litopenaeus vannamei</i>	35% PB / 9% lipídios	80%
Hernández et al., 2008	Farinha de carne suína	<i>Litopenaeus vannamei</i>	36% PB / 9% lipídios	>35%
Shuyan et al., 2009	Farinha de subproduto de aves	<i>Litopenaeus vannamei</i>	40% PB / 7,5% lipídios	>70%

Farinha de Flocos Microbianos como fonte substituta à Farinha de Peixes

Um dos maiores problemas de qualidade de água em sistemas intensivos sem renovação de água na aquicultura é o acúmulo de nitrogenados (NH_4^+ e NO_2^-) (Cole et al., 2008). As maiores fontes desses compostos nos ambientes de criação são a excreção de amônia pelos animais e principalmente por meio da degradação de rações ricas em proteína. Normalmente a manutenção da qualidade de água do sistema é mantida por meio de renovações de água, o que pode acarretar em eutrofização do meio ambiente adjacente, riscos de introdução de patógenos, além de gerar despesas com bombeamento de água (Avnimelech, 1999).

Alternativas de produção vêm sendo estudadas a fim de minimizar o aporte de efluentes para o ambiente e ao mesmo tempo manter a qualidade de água dos sistemas de produção. A tecnologia de recirculação é um exemplo, que permite um maior controle do ambiente de criação no que diz respeito à descarga de resíduos e da água. Esses sistemas contam com biofiltros para remoção de sólidos suspensos, com a vantagem de economizar água, além de gerar maior biossegurança a partir de fontes externas, ou entre unidades separadas do sistema (Ackefors, 2002). Entretanto, altos custos com equipamentos, tecnificação de mão-de-obra e com energia em muitos lugares do mundo tem sido uma barreira à expansão dessa tecnologia (Gutierrez-Wing e Malone, 2006).

A aquicultura multitrófica integrada, que consiste na incorporação de espécies de diferentes níveis tróficos no mesmo sistema, também vêm sendo amplamente empregada. A conversão de nutrientes sólidos e solúveis do ambiente de criação em alimento reduz as possibilidades de eutrofização do ambiente pela diminuição das trocas de água (FAO, 2009; Zhou et al., 2006).

Outra estratégia adicional que vêm recebendo grande atenção é a remoção de compostos nitrogenados dos ambientes de criação através de assimilação microbiana por adição de fonte de carbono ao sistema. Essa tecnologia, desenvolvida na década de 1990, foi denominada de sistema BFT (*Biofloc Technology*), e possui como vantagens o reduzido uso de água e de descarga de efluentes, menor impacto ambiental devido à reutilização de nutrientes durante o ciclo, redução dos riscos de introdução de doenças, além do efeito benéfico da produção natural dentro dos tanques/viveiros (Boyd e Clay, 2002; Wasielesky et al., 2006).

Apesar de possuir desvantagens como alto custo com energia elétrica, com instalação e com custos operacionais, esse sistema tem demonstrado que os camarões produzidos

apresentam melhores taxas de crescimento devido à matéria orgânica suspensa, permitindo assim a utilização de rações com menores teores protéicos (Decamp et al. 2002). Pesquisas demonstram que os bioflocos formados nesses sistemas contêm um favorável perfil de aminoácidos, vitaminas e minerais traços em níveis que dispensam seu incremento nas dietas. Ju et al. (2008) reportam que as melhores taxas de sobrevivência e crescimento apresentadas pelos organismos criados estejam associadas não aos nutrientes específicos presentes no floco, e sim aos efeitos sobre a taxa de ingestão, digestibilidade, absorção, assimilação e saúde dos animais. Além da melhora nutricional, pode-se diminuir os custos de produção, dispensar a utilização de biofiltros, melhorar a qualidade da água, que por sua vez pode reduzir a necessidade de trocas evitando a liberação de compostos nitrogenados para o meio ambiente (McIntosh et al., 2001; Avnimelech 2007).

Tacon (1994) destaca que um dos focos nas pesquisas realizadas para desenvolver substitutos à farinha e óleo de peixes na aquicultura está nas proteínas microbianas. A reutilização das águas residuais de criações de peixes para prover ingredientes a serem adicionados à ração foi recentemente reportada (Kuhn et al., 2009; Kuhn et al., 2010). A utilização de bioflocos para a produção de farinha mostrou a viabilidade desse ingrediente como substituto à farinha de peixe, tanto no que diz respeito aos parâmetros zootécnicos, quanto de sobrevivência. Kuhn et al., (2009) utilizando farinha de flocos microbianos resultante de criação de tilápias, substituíram 37% da farinha de peixe obtendo desempenho semelhante às dietas com menores teores de substituição.

Kuhn et al., (2010) estimaram os custos de produção de bioflocos a partir de SBR (*Sequencing Batch Reactors*) e MBR (*Membrane Biological Reactor*) utilizando efluente de criação de tilápia em torno de US\$400 a US\$1000 por tonelada de ingrediente seco. Além de ser uma alternativa à farinha de peixe, essa também se mostra como opção para reduzir os custos de produção e também para um destino adequado ao efluente gerado pela produção intensiva de peixes e camarões em meio à bioflocos.

Empresas que observaram o potencial dos flocos microbianos como substituto à farinha de peixe já estão investindo na produção em grande escala, como é o caso da Oberon FMR (*Fish Meal Replacement*), localizada em Boulder, Colorado, EUA. O plano inicial da empresa, com uma produção estimada de 5.500 toneladas/ano em 2010, pretende chegar em 2015 com uma produção de 40.000 toneladas/ano.

Práticas como essas provavelmente devem encorajar cada vez mais o desenvolvimento sustentável da atividade, especialmente no conceito ecológico. Falta ao setor privado juntamente às instituições de pesquisas, um maior interesse para reverter o atual papel no que

concerne à utilização de farinha de peixe, reduzindo os custos relativos à alimentação aos aquacultores, assim como a pressão sobre os estoques pesqueiros. Essa é uma via que busca a sustentabilidade da aquicultura, mitigando os impactos causados pelos efluentes e produzindo uma fonte protéica renovável. Seguir o modelo da agricultura que a partir do século 20 fechou o ciclo de produção parece ser um objetivo ainda distante para a produção de espécies carnívoras, mas com os recentes esforços sociais, tecnológicos e em pesquisas, parece que a atividade está caminhando no rumo certo para a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKEFORS H, 2002. Best Environment Practice (BEP), health, monitoring and regulations, codes of conduct. Pages 154-163 in Eleftheriou M., and A. Eleftheriou (Editors). 2002. Proceedings of the ASEM Workshop AQUACHALLENGE, Beijing, April 27-30, 2002. ACP-EU Fish. *Research Report*, (14):185 pp.
- ALDER J, B CAMPBELL, V KARPOUZI, K KASCHNER, & D PAULY, 2008. Forage Fish: From Ecosystems to Markets. *Annual Review of Environment Resources*, 33: 153–66.
- ALESSI MD, 2004. Catching the Aquaculture Wave. Reason Policy Study No. 327 Grass root Policy Study No. 1004.
- ALVAREZ JS, A HERNÁNDEZ-LLAMAS, J GALINDO, I FRAGA, T GARCÍA & H VILLARREAL, 2007. Substitution of fishmeal with soybean meal in practical diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Pérez-Farfante & Kensley 1997). *Aquaculture Research*, 38: 689-695.
- AMAYA E, DA DAVIS & DB ROUSE, 2007. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture*, 262: 393-401.
- ANDERSON JL, 2007. Department of Environmental and Natural Resource Economics University of Rhode Island Kingston, RI 02879 USA Global Trade Conference on Aquaculture Qingdao, China May 29-31.
- AUBIN J, 2006. Characterisation of the environmental impact of a turbot (*Scophthalmus maximus*) re-circulating production system using life cycle assessment. *Aquaculture*, 261: 1259-1268.
- AVNIMELECH Y, 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227–235.

- AVNIMELECH Y, 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- BEVERIDGE MCM, MJ PHILLIPS, DJ MACINTOSH, 1997. Aquaculture and the environment: The supply of and demand for environmental goods and services by Asian aquaculture and the implications for sustainability. *Aquaculture Research*, 28: 797–807.
- BOYD CE & JW CLAY, 2002. “Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Superintensive Shrimp Aquaculture System”. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 17 pages.
- BROWDY C, G SEABORN, H ATWOOD, DA DAVIS, RA BULLIS, TM SAMOCHA, E WIRTH & JW LEFFLER, 2006. Comparison of pond production efficiency, fatty acid profiles, and contaminants in *Litopenaeus vannamei* fed organic plant-based and fish-meal-based diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37 (4): 437–451.
- COLE DW et al., Aquaculture: Environmental, toxicological, and health issues. *Int. J. Hyg. Environ. Health* (2008), doi:10.1016/j.ijheh.2008.08.003.
- CRESSEY D, 2009. Future fish. *Nature*, vol. 458.
- CRUZ-SUÁREZ LE, M NIETO-LÓPEZ, C GUAJARDO-BARBOSA, M TAPIA SALAZAR, U SCHOLZ, D RICQUE-MARIE, 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. *Aquaculture*, 272: 466-476.
- DAVIS DA & CR ARNOLD, 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 185: 291-298.
- DECAMP O, L CONQUEST, I FORSTER & AGJ TACON, 2002. The nutrition and feeding

of marine shrimp within zero-water exchange aquaculture production system: role of Eukaryotic microorganisms. In: *Microbial Approaches to Aquatic Nutrition within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems* (Lee, C.S. & O'Bryen, P. eds), pp. 79-86. *World Aquaculture Society*, Baton Rouge, LA.

DIANA JS, 2009. Aquaculture production and biodiversity conservation. *BioScience*, 59: 27-38.

DUARTE CM, M HOLMER, Y OLSEN, D SOTO, N MARBÀ, J GUIU, K BLACK & I KARAKASSIS, 2009. Will the Oceans Help Feed Humanity? *BioScience* Vol. 59 N° 11.

FLAHERTY M, C KARNJANAKESORN, 1995. Marine shrimp aquaculture and natural resources degradation in Thailand. *Environmental Management*, 19: 27-37.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), 2002. *World agriculture: Towards 2015/2030*. (Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy, 97 pp).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), 2006. *State of world aquaculture: 2006* (Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy. Fisheries Technical Paper 500 pp).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), 2007. *The state of world fisheries and aquaculture 2006* (Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy. 162 pp).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), 2009. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008* (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 196 pp).

FORSTER IP, W DOMINY, L OBALDO, AGJ TACON, 2003. Rendered meat and bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931).

Aquaculture, 219: 655–670.

GATLIN DM, FT BARROWS, P BROWN, K DABROWSKI, TG GAYLORD, RW HARDY, E HERMAN, G HU, A KROGDAHL, R NELSON, K OVERTURF, M RUST, W SEALEY, D SKONBERG, EJ SOUZA, D STONE, R WILSON & E WURTELE, 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38: 551-579.

GOYTORTÚA-BORES E, R CIVERA-CERECEDO, S ROCHA-MEZA, A GREEN-YEE, 2006. Partial replacement of red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal for fish meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Effects on growth and in vivo digestibility. *Aquaculture*, 256: 414-422.

GUTIERREZ-WING MT & RF MALONE, 2006. Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquaculture Engineering*, 34 (3): 163–171.

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

HERNÁNDEZ C, MA OLVERA-NOVOA, K AGUILAR-VEJAR, B GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, IA PARRA. Partial replacement of fish meal by porcine meat meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 277: 244-250.

HILBORN R, JM ORENSANZ & AM PARMA, 2005. Institutions, incentives and the future of fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360: 47–57.

IFFO, 2006. *Fishmeal industry overview*. International Fishmeal and Fish Oil Organization (disponível em www.iffo.org).

JU ZY, I FORSTER, L CONQUEST, W DOMINY, 2008. Enhanced growth effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from inclusion of whole shrimp flocc fractions to a

- formulated diet. *Aquaculture Nutrition*, 14: 533-543.
- KUHN DD, GD BOARDMAN, AL LAWRENCE, L MARSH & GJ FLICK, 2009. Microbial flocs generated in bioreactors is a superior replacement ingredient for fishmeal or soybean meal in shrimp feed. *Aquaculture*, 296: 51-57.
- KUHN DD, AL LAWRENCE, GD BOARDMAN, S PATNAIK, L MARSH & GJ FLICK, 2010. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 303: 28-33.
- LIM C, W DOMINY, 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 87: 53–63.
- LIM C, RM BEAMES, JG EGLES, AF PREDERGAST, JM MCLEESE, KD SHEARER & DA HIGGS, 1997. Nutritive value of low and high fibre canola meals for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*, 3: 269–279.
- MCINTOSH D, TM SAMOCHA, ER JONES, AL LAWRENCE, S HOROWITZ & A HOROWITZ, 2001. Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water sediment quality, and on the production of *Litopenaeus vannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. *Aquaculture Engineering*, 25: 69–82.
- MERINO G, M BARANGE & C MULLON, 2010. Climate change scenarios for a marine commodity: Modelling small pelagic fish, fisheries and fishmeal in a globalized market. *Journal of Marine Systems*, 81: 196-205.
- MILAZZO M, 1998. Subsidies in World Fisheries: A Re-examination. *World Bank Technical Paper*, 406: 1-87.
- NAYLOR RL, RJ GOLDBERG, JH PRIMAVERA, N KAUTSKY, MCM BEVERIDGE, J CLAY, C FOLKE, J LUBCHENCO, H MOONEY & M TROELL, 2000. Effect

- of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017-1024.
- NAYLOR RL, RW HARDY, DP BUREAU, A CHIU, M ELLIOTT, AP FARRELL, I FORSTER, DM GATLIN, RJ GOLDBURG, K HUA, & PD NICHOLS, 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *PNAS* vol. 106, n° 36.
- PARIPATANANONT T, M BOONYARATPALIN, P PENGSENG, P CHOTIPUNTU, 2001. Substitution of soy protein concentrate for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture Research.*, 32: 369-374.
- PAULY D, V CHRISTENSEN, S GUÉNETTE, U PITCHER, R SUMAILA, CJ WALTERS, R WATSON & D ZELLER, 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418: 689–695.
- PAULY D, 2009. Beyond duplicity and ignorance in global fisheries. *Scientia Marina*, 73: 215-224, Barcelona (Spain) ISSN: 0214-8358 doi: 10.3989/scimar.2009.73n2215.
- ROQUE D'ORBCASTEL E, J BLANCHETON, T BOUJARD, J AUBIN, Y MOUTOUNET, C PRZYBYLA & A BELAUD, 2008. Comparison of two methods for evaluating waste of a flow through trout farm. *Aquaculture*, 274: 72-79.
- SAMOCHA TM, DA DAVIS, IP SAOUD, K DEBAULT, 2004. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 231: 197–203
- SHUYAN C, T BEIPING, M KANGSEN & Z SHIXUAN, 2009. Growth and feed efficiency of juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* fed formulated diets containing different levels of poultry by-product meal. *J. Ocean Univ. China (Oceanic and Coastal Sea Research)* 8: 399-403.
- SOTO D, F NORAMBUENA, 2004. Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: A large-scale mensurative experiment. *Journal of Applied Ichthyology*, 20: 493–501.

- STANDAL D & IB UTNE, 2007. Can cod farming affect cod fishing? A system evaluation of sustainability. *Marine Policy*, 31: 527.
- SUÁREZ JA, G GAXIOLA, R MENDOZA, S CADAVID, G GARCIA, G ALANIS, A SUÁREZ, J FAILLACE & G CUZON, 2009. Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) *Aquaculture*, 289: 118–123.
- TACON AGJ, 1994. Feed Ingredients for Carnivorous Fish Species: Alternatives to Fishmeal and Other Fishery Resources (Food and Agricultural Organization, Rome, 1994).
- TACON AGJ & DM AKIYAMA, 1997. Feed ingredients for crustaceans. In: D'Abramo, L.R., Conklin, D.E., Akiyama, D.M. (Eds.), Crustacean Nutrition. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, LA, USA, pp. 411-472.
- TACON AGJ, 2002. Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 69 pp.
- TACON AGJ, MR HASAN & RP SUBASINGHE, 2006. Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications. *FAO Fisheries Circular*. No. 1018, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy. 99 pp.
- TACON AGJ, M METIAN, 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285: 146–158.
- TAN B, K MAI, S ZHENG, Q ZHOU, L LIU & Y YU, 2005. Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*, 36: 439-444.

- TIDWELL JH, GL ALLAN, 2001. Fish as food: aquaculture's contribution Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. *EMBO reports* vol. 21 n° 11.
- ZHOU Y, HS YANG, HY HU, Y LIU, YZ MAO, H ZHOU, XL XU, FS ZHANG, 2006. Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of north China. *Aquaculture*, 252: 264-276.
- WASIELESKY W, H ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY, 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.
- WATANABE T, 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science*, 68: 242–252.
- WELCH A, R HOENIG, J STIEGLITZ, D BENETTI, A TACON, N SIMS & B O'HANLON, 2010. 'From Fishing to the Sustainable Farming of Carnivorous Marine Finfish', *Reviews in Fisheries Science*, 18: 3, 235-247, First published on: 13 September 2010 (iFirst).
- WORM B, EB BARBIER, N BEAUMONT, JE DUFFY, C FOLKE, BS HALPERN, JBC JACKSON, HK LOTZE, F MICHELI, SR PALUMBI, E SALA, KA SELKOE, JJ STACHOWICZ & R WATSON, 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 31: 787–790.

ARTIGO ANEXO

Substituição da Farinha de Peixe por Farinha de Flocos Microbianos e Concentrado Protéico de Soja em Dietas para *Litopenaeus vannamei*

RESUMO

O valor nutricional da farinha de flocos microbianos (FFM) e do concentrado protéico de soja (CPS) como fonte protéica substituta à farinha de peixe (FP) em rações para juvenis de *Litopenaeus vannamei* foi avaliado. Um experimento nutricional foi conduzido para investigar os efeitos da substituição parcial e total da FP por FFM e CPS no desenvolvimento e sobrevivência de *L. vannamei*. Esse estudo investigou ainda os efeitos da substituição da FP na contagem diferencial de hemócitos e na concentração de proteínas no plasma de *L. vannamei*. Cinco dietas isoprotéicas e isoenergéticas (38% de proteína bruta e 3900 Kcal/Kg) foram formuladas. Uma dieta controle (com 40% de FP como fonte protéica) foi comparada com 4 dietas com FFM e CPS em 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de substituição. O experimento foi conduzido em sistema de recirculação de água em um período de 30 dias. Os bioflocos utilizados para produzir a FFM foi provindo do efluente de uma criação super-intensiva de *L. vannamei*. Os camarões ($2,48 \pm 0,29\text{g}$) foram estocados em uma densidade de dez animais por tanque e cada tratamento foi conduzido em três réplicas. Os resultados do experimento mostram que ganho de peso, ganho de peso semanal, peso final, taxa de conversão alimentar, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência protéica e sobrevivência não foram significativamente diferentes entre os tratamentos. Os presentes resultados sugerem que a FP pode ser completamente substituída por uma mistura de 14% de FFM e 28% de CPS sem trazer prejuízos ao desenvolvimento dos animais, mostrando ser uma alternativa econômica e ecologicamente viável.

ABSTRACT

The nutritional value of microbial floc meal (MFM) and soy protein concentrate (SPC) meal as a protein source and replacement for fish meal (FM) in diets for juvenile *Litopenaeus vannamei* was evaluated. A feeding trial was conducted to investigate the effects of partially and total replacing FM with MFM and SPC on feed intake and growth in diets for *L. vannamei*. This study also investigated the effect of fish meal replacement in the differential hemocyte count (THC) and total serum protein concentration (PC) of *L. vannamei*. Five isoproteic and isoenergetic diets (crude protein 38%, gross energy 3900 Kcal/Kg) were formulated. A control diet (with 40% of FM as protein source) was compared against four diets with MFF and SPC at 0%, 25%, 50%, 75% and 100% replacement levels. This feeding trial was conducted in recirculating aquaculture systems without water exchange in the course of 30 days. Bioflocs utilized to produce MFF were acquired from super-intensive shrimp farm effluent. Shrimps ($2,48 \pm 0,29$ g) were stocked in a density of ten per tank and each dietary treatment was conducted in three replicate. At the end of the experiment it was calculated weight gain, weekly weight gain, final weight, feed conversion ratio, specific growth rate, protein efficiency ratio and survival, and there were no significant differences between treatments. Our results suggest that FM can be completely replaced by a mixture of 14% MFM and 28% SPC without effects on *L. vannamei* performance, showing that these ingredients can be economic and ecologically viable to shrimp culture.

INTRODUÇÃO

A farinha de peixe (FP) é considerada ingrediente essencial para a formulação de rações para camarões marinhos, por oferecer uma fonte equilibrada de aminoácidos e ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais e boa palatabilidade (Suárez et al., 2009). Tacon & Metian (2008) reportam que em 2006, o setor da aquacultura consumiu 68,2% da produção global de FP. Porém, sua produção mantém-se praticamente constante desde 1985, em torno de seis a sete milhões de toneladas/ano (IFFO, 2006). Por se tratar de uma *commodity* global, os preços são variáveis de acordo com a oferta e procura. O constante crescimento da aquacultura, e conseqüente aumento da demanda (Duarte, 2009), ocasionou uma elevação significativa nos preços da FP na última década (FAO, 2009), o que fez com que setores como a pecuária diminuíssem a utilização na alimentação (Naylor et al., 2009).

Apesar da estabilização na produção de FP, as taxas de crescimento da aquacultura continuam altas. Em parte, os avanços tecnológicos do setor permitiram melhoras significativas na eficiência alimentar de camarões (Tacon & Metian, 2008). Porém, a dependência de FP continua alta, o que vem afetando a rentabilidade do setor devido ao aumento do preço e a instabilidade na produção dessa *commodity* (Forster et al., 2003; FAO, 2006). Assim, o aumento da demanda por FP, aliado a sobre-exploração de espécies selvagens utilizadas na sua produção (Tacon, 2006), fez com que ao longo dos últimos anos pesquisas fossem realizadas a fim de identificar ingredientes protéicos mais baratos e sustentáveis, com vistas a reduzir e/ou eliminar a farinha de peixe como principal fonte protéica em rações utilizadas na aquacultura (Salze et al., 2010).

Um dos ingredientes que vêm sendo adotado na formulação de dietas experimentais é o farelo de soja (Álvarez et al., 2007; Amaya et al., 2007). Porém, fatores antinutricionais, deficiência de alguns aminoácidos (e.g., lisina e metionina) e ácidos graxos essenciais (EPA e DHA), e baixa palatabilidade podem limitar sua utilização (Davis & Arnold, 2000; Gatlin et al., 2007). Por outro lado, o concentrado protéico de soja (CPS) apresenta características superiores ao farelo, como razoável perfil de aminoácidos, altos valores protéicos, energéticos e de digestibilidade (Salze et al., 2010).

O uso de CPS em dietas para diversas espécies de peixes tem sido reportado, mas para camarões as informações são limitadas. Segundo Cruz-Suárez et al. (2009), esse pode ser considerado excelente candidato à substituto da farinha de peixe em rações para camarões, já que durante seu processo de fabricação a maioria dos fatores anti-nutricionais são eliminados.

Outro ingrediente com potencial para ser utilizado nas rações pela indústria de

camarões são os flocos microbianos. Diversos autores evidenciam as melhores taxas de crescimento dos animais criados em sistemas com alta produtividade natural de organismos (Isquierdo et al., 2006; Moss et al., 2006). Os bioflocos gerados através da manipulação da razão Carbono/Nitrogênio em ambientes de criação de camarões podem eliminar o problema de acumulação de nitrogênio inorgânico através da reciclagem da fração de alimento não utilizado, além de servir como fonte suplementar de alimento (Velasco et al., 1998; Avnimelech, 1999; McIntosh, 2000).

Além dos efeitos sobre a qualidade da água, reduções de até 30% da ração oferecida são reportadas sem influência sobre o crescimento dos camarões (Avnimelech, 2007). Segundo Kuhn et al. (2009), os bioflocos podem agir ainda como pré-/probiótico e/ou promotor de crescimento. Assim, os flocos microbianos resultantes de criações super-intensivas de camarões é um importante ingrediente a ser testado. Segundo Kuhn et al. (2010) seu sucesso como ingrediente nas rações para camarões pode oferecer uma opção sustentável ao uso da farinha de peixe.

Por essas razões, esse estudo pretende investigar a possibilidade de se utilizar concentrado protéico de soja e farinha de flocos microbianos (FFM) como substitutos à FP em rações para juvenis de *L. vannamei*, levando em consideração parâmetros zootécnicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Desenho Experimental

Os bioflocos foram gerados a partir de uma criação super-intensiva de *L. vannamei* em estufa localizada na Estação Marinha de Aquicultura (EMA-FURG), mesmo local onde ocorreu o experimento. O concentrado protéico de soja foi adquirido da Empresa Imcopa (Imcosoy 60). Ambos os ingredientes foram utilizados como substitutos à farinha de peixe nas rações dos camarões durante o experimento de 30 dias de duração. Foram formuladas cinco dietas com diferentes níveis de substituição de FP por FFM e CPS (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). Cada dieta possuía três réplicas distribuídas aleatoriamente.

Unidades experimentais e maturação do filtro biológico

Foi utilizado um sistema de recirculação de água marinha, como proposto por Kamimura (2002), composto por 15 tanques em linha. Cada unidade experimental possuía 40

litros de volume útil e uma saída por gravidade direcionada para um filtro biológico de 200 litros. A água era então bombeada para os tanques a uma vazão de 1,2 L/min por unidade experimental.

O filtro biológico foi maturado de acordo com metodologia proposta por Daniels et al. (1992). A partir da quantidade máxima estimada de nitrogênio amoniacal esperada no sistema (Schmitt & Santos, 1998), foi adicionado 20% dessa quantidade na forma de cloreto de amônia (NH₄Cl). Diariamente foram verificados os níveis de amônia e nitrito até o momento em que esses não foram mais detectados. A quantidade de NH₄Cl foi então aumentada até que o sistema de recirculação fosse capaz de oxidar 100% do nitrogênio amoniacal adicionado.

Flocos microbianos como ingrediente para ração de camarões

O efluente final da criação dos camarões em sistema super-intensivo foi bombeado para tanques de 15.000 L, onde foi deixado em repouso por 24 horas para a decantação dos bioflocos. A água sobrenadante foi retirada por sifonamento, e o produto final foi levado ao sol em camadas de aproximadamente 3 cm para secagem. Os bioflocos secos foram moídos a 300 micras, armazenados em sacos plásticos e congelados a cerca de -18°C até o momento da formulação das dietas.

Formulação das rações

A composição proximal para a FFM, CPS e FP (Tabela 1) foi analisada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) da Universidade Federal do Rio Grande de acordo com metodologia proposta pela A.O.A.C. (2000). As dietas foram formuladas baseadas nos resultados da composição proximal dos ingredientes.

Para o preparo das rações, os ingredientes foram triturados e peneirados de modo a se obter uma granulometria menor ou igual a 300µm. A partir dos ingredientes previamente pesados, foram misturados primeiramente os ingredientes secos e em seguida os óleos e a água (45°C) até a formação de uma liga consistente e homogênea. A mistura foi processada em máquina de moer carne manual para a formação de pellets de 3 mm de diâmetro. Os pellets foram acondicionados em bandejas de aço inox e em seguida secos em estufa a 60°C por 24 horas. Os pellets foram então armazenados em sacos plásticos e congelados a -18°C até o momento da utilização.

Tabela 1
Composição (g/100g) dos ingredientes avaliados nas dietas experimentais para *L. vannamei*^a

Ingrediente	Proteína Bruta	Extrato Etéreo	Cinzas	ENN ^b	Umidade
Farinha de Peixes	55,81	14,74	17,54	4,86	7,05
Farinha de Flocos Microbianos	23,39	0,3	36,6	18,63	21,08
Concentrado Protéico de Soja	64,45	0,36	5,78	18,24	11,17±

^a Valores são médias de 3 determinações

^b Extrativo não nitrogenado. Valor calculado (Merrill e Watt, 1973): ENN = 100 - (cinzas + proteína bruta + umidade + extrato etéreo).

As dietas foram formuladas de modo a conter aproximadamente 38% de proteína bruta, 8% de lipídios e 3900 Kcal/Kg de energia bruta. A composição das rações e os percentuais dos ingredientes de cada dieta estão apresentados na Tabela 2, assim como a sua composição proximal. Os níveis de aminoácidos essenciais para camarões foram tomados de acordo com valores propostos por Tacon (1989). A concentração de aminoácidos essenciais de cada ingrediente utilizado foi retirado de valores de tabelas de Rostagno (2005), com exceção da farinha de floco microbiano (Ju et al., 2008) e da farinha de camarão (Guilherme et al., 2007). De acordo com os valores obtidos, foi verificado um déficit do aminoácido essencial metionina, sendo portanto adicionado às dietas de forma a suprir essa carência.

O perfil de aminoácidos das dietas experimentais foi determinado pelo Laboratório de Análises Micotoxicológicas, Universidade Federal de Santa Maria, BR. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Condução Experimental

Juvenis de *L. vannamei* com peso médio de $2,48 \pm 0,29$ g foram estocados a uma densidade de estocagem de 50 camarões/m². A ração foi oferecida três vezes/dia em bandejas de alimentação a uma taxa de 10% da biomassa, quantidade suficiente para que houvesse sobras. As sobras de rações foram retiradas das bandejas 1 hora antes da próxima alimentação, colocadas em filtros de papel previamente pesados, e levados à estufa à 50°C por 24 horas, onde foram então pesados para posterior determinação do consumo alimentar. Os excrementos foram sifonados e os camarões mortos retirados diariamente.

Tabela 2

Composição das dietas experimentais (g/100g de peso seco) e composição proximal em base seca das diferentes dietas

Ingrediente	0	25	50	75	100
Farinha de Floco	0,00	3,50	7,00	10,50	14,00
Concentrado Protéico de Soja ^a	0,00	7,00	14,00	21,00	28,00
Farinha de Peixe ^b	40,00	30,00	20,00	10,00	0,00
Farelo de Soja	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Farinha de Camarão	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Levedura de Cerveja	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Amido de Milho	16,85	14,80	12,75	10,70	8,65
Farelo de Trigo	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Óleo de Peixe ^c	0,00	1,50	3,00	4,50	6,00
Lecitina de Soja	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Mistura Mineral e Vitamínica ^d	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Colesterol ^e	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ^f	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Metionina	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Proteína Bruta	38,9±0,30	38,2±0,25	37,4±0,43	36,6±0,55	36,2±0,90
Extrato Etéreo	6,57±0,78	7,85±0,02	6,95±0,64	8,85±0,48	7,69±0,41
Cinzas	11,44±0,04	11,57±0,03	12,02±0,15	12,22±0,02	12,70±0,09
ENN ^g	41,31	36,79	38,53	35,88	38,85
Umidade	1,78±0,41	5,59±1,00	5,10±0,29	6,45±0,22	4,56±0,43
Energia [kcal/100g de matéria seca]	400,6	404,1	407,5	410	414,5

^a Imcosoy, Araucária, PR, Brasil^b Leal Santos, Rio Grande, RS, Brasil^c Irpel, Capela de Santana, RS, Brasil^d Vitamina A (500.000 UI/kg), Vit. D3 (250.000 UI/kg), Vit. E (5.000 mg/kg), Vit. K3 (500 mg/kg), Vit. B1 (1.000 mg/kg), Vit. B2 (1.000 mg/kg), Vit. B6 (1.000 mg/kg), Vit. B12 (2.000 mcg/kg), Niacina (2.500 mg/kg), Pantotenato de Cálcio (4.000 mg/kg), Ácido Fólico (500 mg/kg), Biotina (10mg/kg), Vit. C (10.000 mg/kg), Colina (100.000 mg/kg), Inositol (1.000 mg/kg), Selênio (30 mg/kg), Ferro (5.000 mg/kg), Cobre (1.000 mg/kg), Manganês (5.000 mg/kg), Zinco (9.000 mg/kg), Cobalto (50 mg/kg), Iodo (200 mg/kg)^e Vetec, Duque de Caxias, RJ, Brasil^f Vetec, Duque de Caxias, RJ, Brasil^g Valor calculado (Merrill e Watt, 1973): ENN = 100 – (cinzas+proteína bruta+umidade+extrato etéreo)

Ao final de 30 dias de experimento, o peso final individual dos camarões remanescentes foi medido em cada unidade. O percentual de sobrevivência (número final de camarões / número inicial de camarões) x 100; o consumo alimentar (consumo de ração / número de camarões por dia); o percentual de ganho de peso (peso médio final – peso médio

inicial) x 100; a taxa de conversão alimentar (ração / ganho de peso total), a taxa de crescimento específico ($100 \times [\ln \text{ peso final de camarões (g)} - \ln \text{ peso inicial de camarões (g)}] / \text{tempo em dias}$) e a taxa de eficiência protéica (ganho de peso / proteína oferecida) foram calculados para verificar os efeitos das dietas no desempenho dos camarões.

Tabela 3

Perfil de aminoácidos das dietas experimentais contendo diferentes níveis de substituição de farinha de peixes

	0	25	50	75	100	Necessidades recomendadas para camarões ^a
Alanina	2,27	2,19	1,73	1,74	1,73	-
Arginina*	2,17	2,31	1,94	2,19	2,27	2,17
Ácido Aspártico	2,33	2,20	2,25	2,55	2,74	-
Ácido Glutâmico	3,98	4,02	3,78	4,29	4,63	-
Glicina	2,14	2,02	1,52	1,51	1,46	-
Histidina*	1,48	1,48	0,68	0,79	0,63	0,62
Isoleucina*	1,34	1,56	1,19	1,42	1,36	0,95
Leucina*	2,79	2,94	2,43	2,68	2,73	1,96
Lisina*	2,30	2,29	1,98	2,17	2,06	2,06
Metionina*	0,9	0,90	0,73	0,74	0,74	0,76
Fenilalanina*	1,34	1,47	1,27	1,46	1,50	1,08
Serina	1,24	1,28	1,11	1,25	1,34	-
Treonina*	1,46	1,49	1,19	1,29	1,29	1,34
Valina*	1,67	1,85	1,42	1,62	1,56	1,19
Prolina	2,36	2,6	2,08	2,34	2,51	-
Tirosina	1,46	1,54	1,19	1,36	1,37	-
Metionina + Cistina	1,26	1,26	1,10	1,11	1,11	-

Os aminoácidos com asterisco (*) são considerados essenciais para camarões. Triptofano não foi determinado.

^aDados de Tacon (1989) para uma dieta com 40% de proteína bruta

Oxigênio dissolvido e temperatura foram medidos por meio de um oxímetro digital (YSI 55, Yellow Springs, OH, USA). O pH foi medido com o auxílio de um pH-metro digital (YSI Ecosense pH 100, Yellow Springs, OH, USA) e a salinidade com salinômetro (optical refractometer model RTS-101, Atago® US, Bellevue, WA, USA). Todos os parâmetros foram medidos diariamente. Amostras de água foram tomadas semanalmente para medir as concentrações de amônia (Unesco 1983), nitrito (Bendschneider & Robinson 1952) e nitrato (Aminot & Chaussepied 1983). O fotoperíodo de 12:12 h claro/escuro foi mantido durante todo o período experimental.

Análise dos dados

As análises estatísticas foram realizadas após serem atendidas as premissas de normalidade e homocedasticidade. Análise de variância com uma via (ANOVA) foi utilizada para verificar o efeito das cinco dietas no desenvolvimento dos camarões e os parâmetros do sistema imune. O teste de Tukey foi realizado para verificar diferenças entre médias e o nível de significância empregado para todos os testes foi de 5% (Sokal e Rohlf, 1995).

RESULTADOS

A análise da composição proximal das dietas está representada na Tabela 2. ANOVA realizada não mostrou diferenças significativas nos conteúdos de proteína bruta, extrato etéreo e cinzas entre as dietas. Durante o período experimental, o oxigênio dissolvido foi $5,99 \pm 0,31$ mg/L, a salinidade $31 \pm 2,12$, o pH $8 \pm 0,02$ e a temperatura $27,1 \pm 2,03$ °C. A amônia, o nitrito e o nitrato obtiveram valores médios de $0,13 \pm 0,02$ mg/L; $0,02 \pm 0,03$ mg/L e $1,23 \pm 0,03$ mg/L, respectivamente. Nenhuma diferença estatística foi encontrada entre os parâmetros de qualidade de água, confirmando a homogeneidade do sistema. Todos os valores permaneceram dentro do seguro para saúde, crescimento e sobrevivência da espécie.

A sobrevivência dos camarões esteve acima de 90% para todos os tratamentos, não sendo encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$). Os valores médios para o peso inicial e final, bem como os indicadores zootécnicos estão sumarizados na Tabela 4. Não foram encontradas diferenças significativas para todos os parâmetros analisados.

Tabela 4

Valores médios \pm desvio padrão do peso e indicadores de desenvolvimento de *L. vannamei* (n=10) ao final de 30 dias de experimento

Dieta	Peso final (g)	Ganho de Peso (g)	Ganho de Peso (g) / semana	Taxa de Conversão Alimentar	Taxa de Crescimento Específico	Taxa de Eficiência Protéica	Sobrevivência (%)
0	$5,54 \pm 0,41$	$3,09 \pm 0,32$	0,77	$1,85 \pm 0,18$	$2,72 \pm 0,13$	$1,32 \pm 0,24$	$93,3 \pm 5,7$
25	$6,13 \pm 0,12$	$3,56 \pm 0,16$	0,89	$1,84 \pm 0,30$	$2,90 \pm 0,11$	$1,19 \pm 0,11$	$96,7 \pm 5,7$
50	$5,72 \pm 0,41$	$3,26 \pm 0,43$	0,81	$1,52 \pm 0,08$	$2,81 \pm 0,27$	$1,57 \pm 0,18$	$96,7 \pm 5,7$
75	$6,02 \pm 0,44$	$3,55 \pm 0,44$	0,88	$1,51 \pm 0,29$	$2,96 \pm 0,26$	$1,32 \pm 0,18$	100
100	$5,70 \pm 0,21$	$3,21 \pm 0,19$	0,80	$1,53 \pm 0,04$	$2,76 \pm 0,09$	$1,52 \pm 0,08$	100

DISCUSSÃO

Nesse estudo, a substituição de 0-100% da farinha de peixe pela mistura de FFM e CPS não alterou significativamente o crescimento, taxa de conversão alimentar, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência protéica ou sobrevivência dos camarões.

A FP tem sido completamente substituída em dietas para diversas espécies, como catfish, tilápia e *Macrobrachium rosenbergii*; entretanto para *L. vannamei* essa substituição têm tido menos sucesso (Samocha et al., 2004, Tan et al., 2005). Assim, pesquisas continuam buscando alternativas para substituir a FP por fontes vegetais. Porém, é conhecido que altas concentrações de produtos a base de soja em rações afetam negativamente a palatabilidade em algumas espécies de peixes e camarões (Paripatananont et al., 2001).

Em estudo realizado com *L. vannamei*, Lim e Dominy (1990) reportam que 40% da proteína marinha pode ser substituída por farinha de soja extraída por solvente, porém níveis mais elevados resultaram em menor crescimento. Forster et al. (2003) utilizando três fontes de farinha de carne e ossos (FCO) reportaram substituição efetiva entre 25% e 75% da FP em dietas para *L. vannamei*, dependendo da fonte da FCO. Amaya et al. (2007), em viveiros com baixa renovação de água, não encontraram efeitos adversos no desenvolvimento de *L. vannamei* substituindo completamente a farinha de peixe utilizando farelo de soja. Porém, a produtividade natural presente nos viveiros provavelmente atuou como fonte suplementar de nutrientes.

Utilizando *Penaeus monodon*, Paripatananont et al. (2001) obtiveram níveis de até 50% de substituição de FP por CPS, porém maiores teores de substituição afetaram o crescimento dos animais. No entanto, Gatlin et al. (2007) reportam que o CPS, devido aos elevados custos relativos à produção, não é ainda um produto economicamente viável para a utilização em larga escala na alimentação da aquacultura. A FAO (2009), entretanto, reporta preços médios globais para a tonelada de FP acima dos encontrados no Brasil para a tonelada de CPS (comunicação pessoal).

A alta sobrevivência e as taxas de crescimento semanais acima de 0,77 g por semana para *L. vannamei* foram similares aos encontrados por Wasielesky et al., 2006 em sistema de recirculação de água utilizando ração com 35% PB. Já Moss et al., 2006 obtiveram menores taxas de crescimento em sistema semelhante. As taxas de conversão alimentar obtidas para as dietas com 50, 75 e 100% de substituição de FP mantiveram-se próximas a 1,5, valor semelhante ao encontrada por Goytortúa-Bores et al., 2006 e Wasielesky et al., 2006. Entretanto, Moss et al., 2006 e Ju et al., 2008 utilizando condições experimentais comparáveis

obtiveram taxas acima das encontradas nesse trabalho. A taxa de eficiência protéica também apresentou melhores valores comparativamente aos encontrados por Ju et al., 2008 e valores semelhantes aos de Tan et al., 2005 e Suárez et al., 2009.

Diversos trabalhos reportam o incremento nas taxas de crescimento, saúde e sobrevivência de camarões criados em meio com flocos microbianos (Moss et al., 2000; Tacon et al., 2002; Burford et al., 2004; Wasielesky et al., 2006), porém poucas pesquisas utilizam esses flocos como ingrediente a ser adicionado à ração. Kuhn et al., (2009) utilizando FFM resultante da criação de tilápias, substituíram 37% da FP obtendo desempenho semelhante às dietas com menores teores de substituição. Isquierdo et al. (2006) sugerem que os lipídios presentes nos flocos podem contribuir para o crescimento dos animais. Porém, os baixos níveis encontrados nesse trabalho ($0,3 \pm 0,07$) nos leva a crer que esse não foi o motivo pelo qual os camarões se beneficiaram da farinha de bioflocos.

É possível que as melhores taxas de sobrevivência e crescimento estejam associadas não a nutrientes específicos presentes no floco, e sim aos efeitos sobre a taxa de ingestão, digestibilidade, absorção, assimilação e saúde dos animais (Ju et al., 2008). Especulações são feitas acerca da ação da FFM como pré-biótico (Kesarcodi-Watson et al., 2008; Kuhn et al., 2009). Moss et al. (2001) reportam ainda que a contribuição de enzimas exógenas presentes nos flocos no ambiente de criação pode afetar a abundância e a composição de espécies do trato gastro intestinal, o que pode melhorar o crescimento e a sobrevivência dos camarões através do fornecimento de compostos essenciais em déficit nas dietas ou através da competição contra bactérias patogênicas.

O percentual de cinzas encontrado na análise da composição proximal dos flocos foi alto em comparação com outros estudos, o que pode ser explicado pela grande quantidade de sais e de matéria fecal em suspensão presentes na água do sistema de onde foram retirados os bioflocos. A substituição da FP por fontes alternativas acarretou ainda em um incremento gradual dos níveis de óleo de peixe para suprir o déficit. Sendo uma das premissas da aquacultura sustentável minimizar a utilização de recursos limitados, futuros estudos são sugeridos a fim de substituir o óleo de peixe por fontes alternativas.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados para o desempenho zootécnico confirmam que *L. vannamei*, nas condições experimentais mencionadas, pode ser alimentado por fontes alternativas à farinha de peixes (28% CPS e 14 FFM), anulando a necessidade de se utilizar FP como

principal fonte protéica. Assim, o CPS e a FFM podem representar à indústria de camarões uma alternativa viável e sustentável como substitutos a tradicionais fontes protéicas, com grande potencial para diminuir a pressão sobre os estoques pesqueiros naturais e o problema de destinação dos efluentes. Buscar fontes renováveis à farinha de peixes parece ser a verdadeira prática ambiental e socialmente correta para se atingir uma aquicultura sustentável.

Camarões são susceptíveis às doenças infecciosas e esta susceptibilidade é aumentada pelas más condições nutricionais nos ambientes de criação. Os presentes resultados sugerem que a não utilização da FP nas diferentes dietas não trouxe prejuízos significativos ao sistema imune dos animais a ponto de impedir a substituição da FP, mostrando ser uma alternativa econômica e ecologicamente viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 2000. Official Methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist, EUA.
- ALVAREZ JS, A HERNÁNDEZ-LLAMAS, J GALINDO, I FRAGA, T GARCÍA, & H VILLARREAL, 2007. Substitution of fishmeal with soybean meal in practical diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Pérez-Farfante & Kensley 1997). *Aquaculture Research.*, 38: 689-695.
- AMAYA E, DA DAVIS, D ROUSE, 2007a. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture*, 262: 393–401.
- AMINOT A, CHAUSSEPIED, M, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest, CNEXO, 379p.
- AVNIMELECH Y, 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227–235.
- AVNIMELECH Y, 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- BENDSCHNEIDER K, ROBINSON RJ, 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *JOURNAL Mar. Research.*, 11: 87-96.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN, DC PEARSON, 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*, 232: 525-537.
- CRUZ-SUÁREZ LA, M TAPIA-SALAZAR, D VILLARREAL-CAVAZOS, J BELTRAN-ROCHA, MG NIETO-LÓPEZ, A LEMME, D RICQUE-MARIE, 2009. Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean

- ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture*, 292: 87–94.
- CUZON, G, A LAWRENCE, G GAXIOLA, C ROSAS, J GUILLAUME, 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, 235: 513–551.
- DANIELS WH, LR D`ABRAMO, L PARSEVAL, 1992. Design and management of a closed, recirculating “cleanwater” hatchery system for freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii* de Man, 1879. *JOURNAL Shellfish Research.*, 11: 65-73.
- DAVIS DA, ARNOLD CR, 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 185: 291-298.
- DUARTE CM, M HOLMER, Y OLSEN, D SOTO, N MARBÀ, J GUIU, K BLACK, I KARAKASSIS, 2009. Will the Oceans Help Feed Humanity? *BioScience*, 59:11.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2006. State of World Aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 500. IWAS/FRD, FAO Fisheries Department, Rome, Italy. 134 pp.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), 2009. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008* (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 196 pp).
- FORSTER IP, W DOMINY, L OBALDO, AGJ TACON, 2003. Rendered meat and bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*, 219: 655–670.
- GATLIN DM, FT BARROWS, P BROWN, K DABROWSKI, TG GAYLORD, RW HARDY, E HERMAN, G HU, Å KROGDAHL, R NELSON, K OVERTURF, M RUST, W SEALEY, D SKONBERG, EJ SOUZA, D STONE, R WILSON, E WURTELE, 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in

- aquafeeds: a review. *Aquaculture Research.*, 38: 551–579.
- GOYTORTÚA-BORES E, R CIVERA-CERECEDO, S ROCHA-MEZA, A GREEN-YEE, 2006. Partial replacement of red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal for fish meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Effects on growth and in vivo digestibility. *Aquaculture*, 256: 414-422.
- GUILHERME RF, JMO CAVALHEIRO, PAS SOUZA, 2007. Caracterização química e perfil aminocídico da farinha de silagem de cabeça de camarão. *Ciência Agrotécnica*, 31: 793-797.
- IFFO, 2006. Fishmeal industry overview. International Fishmeal and Fish Oil Organization (disponível em www.iffo.org).
- IZQUIERDO M, I FORSTER, S DIVAKARAN, L CONQUEST, O DECAMP, A TACON, 2006. Effect of green and clear water and lipid source on survival, growth and biochemical composition of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 12: 192–202.
- JU ZY, I FORSTER, L CONQUEST, W DOMINY, 2008. Enhanced growth effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from inclusion of whole shrimp flocc fractions to a formulated diet. *Aquaculture Nutrition*, 14: 533-543.
- KAMIMURA MT, 2002. Desenvolvimento de um sistema de recirculação de água marinha para estudos com peixes e crustáceos. Trabalho de conclusão do curso em Oceanografia. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, RS. 28 p.
- KESARCODI-WATSON A, H KASPAR, MJ LATEGAN, L GIBSON, 2008. Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes. *Aquaculture*, 274: 1–14.
- KUHN DD, GD BOARDMAN, AL LAWRENCE, L MARSH, GJ FLICK, 2009. Microbial

- flocs generated in bioreactors is a superior replacement ingredient for fishmeal or soybean meal in shrimp feed. *Aquaculture*, 296: 51-57.
- KUHN DD, AL LAWRENCE, GD BOARDMAN, S PATNAIK, L MARSH, GJ FLICK, 2010. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 303: 28-33.
- LIM C, DOMINY W, 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 87: 53–63.
- MCINTOSH PR, 2000. Changing paradigms in shrimp farming: IV. Low protein feeds and feeding strategies. *Global Aquaculture Advocate* 3: 44–50.
- MERRILL AL, WATT BK, 1973. Energy value of foods: basis and derivation. United States Department of Agriculture (USDA), Handbook 74.
- MOSS SM, 2000. Benefits of a Microbially Dominated Intensive Shrimp Production System: A Review of Pond Water Studies at the Oceanic Institute. *The Advocate*, April: 53-55.
- MOSS SM, SDIVA KARAN, BG KIM, 2001. Stimulating effects of pond water on digestive enzyme activity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research.*, 32: 125–131.
- MOSS, SM, IP FORSTER, AGJ TACON, 2006. Sparing effect of pond water on vitamins in shrimp diets. *Aquaculture* 258: 388–395.
- NAYLOR RL, RW HARDY, DP BUREAU, A CHIU, M ELLIOTT, AP FARRELL, I FORSTER, DM GATLIN, RJ GOLDBURG, K HUA, PD NICHOLS, 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0905235106. *PNAS* vol. 106, n° 36.
- PARIPATANANONT T, M BOONYARATPALIN, P PENGSENG, P CHOTIPUNTU,

2001. Substitution of soy protein concentrate for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture Research.*, 32: 369-374.
- ROSTAGNO HS, 2005. Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 2ª edição.
- SALZE G, E MCLEAN, PR BATTLE, MH SCHWARZ, SR CRAIG, 2010. 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*, 298: 294–299.
- SAMOCHA TM, DA DAVIS, IP SAOUD, K DEBAULT, 2004. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 231: 197–203
- SCHMITT ASC, EA SANTOS, 1998. Ammonia-N efflux rate and nutritional state of juvenile pink shrimp, *Penaeus paulensis* (Perez-Farfante), in relation to food type. *Aquaculture Research.*, 29: 495-502.
- SOKAL RR, FJ ROHLF, 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3rd edition. W. H. Freeman and Co.: New York. 887 pp. ISBN: 0-7167-2411-1.
- SUÁREZ JA, G GAXIOLA, R MENDOZA, S CADAVID, G GARCIA, G ALANIS, A SUÁREZ, J FAILLACE, G CUZON, 2009. Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*, 289: 118–123.
- TACON AGJ, JJ CODY, LD CONQUEST, S DIVAKARAN, IP FORSTER, OE DECAMP, 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*, 8: 121-137.

- TACON AGJ, METIAN M, 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285: 146–158.
- TACON AGJ, MR HASAN, RP SUBASINGHE, 2006. Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). FAO Fisheries Circular No. 1018.
- TACON AJ, 1989. *Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados*. FAO, Brasília, 572 p.
- TAN B, K MAIL, S ZHENG, Q ZHOU, L LIU, Y YU, 2005. Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research.*, 36: 439-444.
- UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France.
- VELASCO M, AL LAWRENCE, WH NEILL, 1998. Development of a static-water ecoassay with microcosm tanks for postlarval *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 161: 79–87.
- WASIELESKY WJ, H ATWOOD, A STOKES, CL BROWDY, 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396–403.