

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

RUTH GOMES DE FIGUEIREDO GADELHA

EFICIÊNCIA DA MICROALGA *Spirulina platensis*
NA ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei*

JOÃO PESSOA- PB

2013

RUTH GOMES DE FIGUEIREDO GADELHA

EFICIÊNCIA DA MICROALGA *Spirulina platensis*
NA ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. João Andrade da Silva

JOÃO PESSOA -PB

2013

RUTH GOMES DE FIGUEIREDO GADELHA

**EFICIÊNCIA DA MICROALGA *Spirulina platensis*
NA ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei***

Tese aprovada em ____/____/____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Andrade da Silva- DTA/CTDR/UFPB
(Presidente da Banca Examinadora)

Prof. Dr. José Marcelino O. Cavaleiro - DTA/CTDR/UFPB
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Vicente Queiroga Neto - CSTR/UFCG
(Examinador Interno)

Prof^a. Dr^a. Marta Maria da Conceição - DTA/CTDR/UFPB
(Examinador Externo)

Prof. Dr. Roberto Sassi – DSE/CCEN/UFPB
(Examinador Externo)

Dedico esta tese aos meus amados e queridos filhos João Vitor e Ana Vitória pela paciência e compreensão muitas vezes não atendida mais perdoada pela inocência da idade, e ao meu querido e amado marido Neto que sempre acreditou em mim com seu apoio e incentivo nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela fidelidade, soberania e seu amor incondicional a mim.

Aos meus amados pais, José Gomes e Neusa pelo carinho e incentivo ao mostrar que sem lutas, nenhum objetivo alcançado faz sentido, as minhas queridas irmãs Débora, Raquel e Séfora pelo apoio e estímulo sempre, e ao meu amado irmão Sandro pelo seu carinho incondicional sempre;

Em especial, ao meu orientador Prof. Dr. João Andrade da Silva pela oportunidade, confiança, amizade e orientação nos momentos mais difíceis vividos durante esta caminhada, o meu mais sincero OBRIGADO;

À minha querida e melhor amiga JAQUELINE pela sua sincera e verdadeira amizade conquistada durante o período estudantil entre os seus vários conselhos e sua dedicada atenção nos vários momentos de conquista;

Ao Prof. Dr. Roberto Sassi como colaborador na obtenção da microalga para realização desta pesquisa e como membro da banca de qualificação e defesa;

À Katarina pela sua grande atenção, ajuda e auxílio na obtenção da microalga para o experimento;

Ao Sr. Pierre Landolt proprietário da Fazenda Tamanduá pela colaboração e doação da microalga liofilizada.

Aos funcionários dos Laboratórios: Eunice pelo empenho na elaboração das rações sempre com palavras sinceras e acolhedoras, ao Gilvandro pela sua paciência nas explicações entre as diversas dúvidas e a June pela sua atenção e cooperação no Laboratório.

Aos queridas colegas da Pós, que contribuíram de forma direta ou indireta na realização desta tese Ângela, Rita, Kátia e Fátima, obrigada por tudo.

Ao Humberto pelo incentivo, amizade e força nos muitos momentos difíceis vivenciados em busca desta conquista;

A secretária da Pós-Graduação Lindalva pela sua gentileza e sutil atenção sempre.

À Prof. Dra. Neiva Maria de Almeida pela sua grande participação como colaboradora na execução das análises e obtenção dos artigos científicos a serem publicados.

Ao Prof. Dr. Vicente Queiroga e a Prof. Dra. Marta Maria pela participação e colaboração na banca de qualificação e defesa deste trabalho;

Ao Sr. José Gomes e aos funcionários do NUPPA pela colaboração e empenho durante a execução do experimento.

A empresa GUABI rações pela cessão da farinha de peixe e do premix vitamínico;

A AQUATEC pela doação das pós-larvas do camarão marinho e Fazenda Livramento especialmente ao Sr. Urandir pela também doação dos camarões juvenis

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de Doutorado possibilitando mais uma vez a obtenção de mais uma etapa importante para minha formação.

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

(GADELHA, R. G. F. 2013. **Eficiência da microalga *Spirulina platensis* na alimentação do camarão *Litopenaeus vannamei***) 110f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

A aquicultura tem se tornado uma das atividades que mais se expande mundialmente, tendo o camarão *L. vannamei* contribuído para o grande avanço e crescimento da carcinicultura, principalmente na região Nordeste no Brasil. A alimentação do camarão constitui um dos principais aspectos a ser considerado na sua criação, representando custos de até 60% na produção, sendo importante a utilização de novas alternativas que minimizem a os custos com a farinha de peixe e a pressão sobre os estoques pesqueiros já limitados. Foi avaliado em três experimentos, nas fases de pós-larvas e de engorda do camarão marinho em sistema intensivo, o uso da microalga *Spirulina platensis* como fonte proteica, na substituição da farinha de peixe e na suplementação em dietas artificiais. No primeiro experimento, pós-larvas do *Litopenaeus vannamei* (0,74g) foram alimentadas exclusivamente com *S. platensis* na forma líquida e ração comercial; no segundo experimento utilizou-se também pós-larvas com o mesmo peso inicial, entretanto a *S. platensis* na forma liofilizada foi adicionada em dietas experimentais isoproteicas (40%) e isoenergeticas (3.200 Kcal), com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela *S. platensis* (0, 25, 50 e 100%), ambos por um período de 30 dias, e avaliando o desempenho produtivo dos camarões. No terceiro experimento, foi utilizado camarões juvenis (1,42g) durante 45 dias com dietas formuladas com diferentes proporções da *S. platensis* liofilizada (0%, 10%, 20%, 30% e 40%), sendo também isoproteicas e isoenergeticas (35% Proteína bruta e 3.400Kcal), avaliando também o desempenho zootécnico e a composição centesimal do músculo do camarão. Em todos os experimentos utilizou-se uma ração controle para a comparação, sendo fornecidas *ad libitum*. As variáveis físicas e químicas da água foram avaliadas sendo consideradas de maior importância no cultivo (pH, temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido). Os experimentos foram realizados no Núcleo de Pesquisa e Processamento de Alimentos-UFPB, com um delineamento casualizado apresentando diferentes repetições em cada um, utilizando um sistema de aquários retangulares com capacidade para 30 litros e aeração contínua, abastecidos com água do mar misturada a água potável (sem cloro) até a obtenção da salinidade desejada. Os parâmetros físicos e químicos da água se mantiveram entre os limites aceitáveis para o desenvolvimento do *Litopenaeus vannamei* em todas as fases de criação nos experimentos, não apresentando diferenças significativas entre os diferentes tratamentos. Nos resultados obtidos, foi observada uma maior eficiência no desempenho produtivo dos camarões alimentados com a *S. platensis* em todos os experimentos, mostrando melhores taxas de crescimento com elevada sobrevivência na redução da farinha de peixe em até 25%, demonstrando um melhor perfil de aminoácidos com a suplementação de 40% nas rações para o camarão, proporcionando melhores resultados na composição proteína e lipídica no tecido muscular do camarão sem comprometer o teor de colesterol, demonstrando a influência da dieta no perfil de ácidos graxos na qualidade nutricional para o consumo humano.

Palavras-chave: carcinicultura, dietas experimentais, farinha de peixe, composição centesimal, desempenho produtivo

ABSTRACT

(GADELHA, R. G. F. 2013. Efficiency of *Spirulina platensis* feeding shrimp *Litopenaeus vannamei*) 110f. Thesis (PhD in Food Science and Technology), Federal University of Paraíba, João Pessoa.

Aquaculture has become one of the activities that most expands globally, with shrimp *L. vannamei* contributed to the breakthrough and growth of shrimp farming, especially in the Northeast in Brazil. Feeding shrimp is one of the main aspects to be considered in its cultivation, representing costs up to 60% in production, it is important to use new alternatives that minimize the costs of fishmeal and pressure on fish stocks already limited. Was evaluated in three experiments, the phases of post-larvae and fattening marine shrimp in intensive system, the use of *Spirulina platensis* as a protein source in replacement of fishmeal and supplementation in artificial diets. In the first experiment, post-larvae of *Litopenaeus vannamei* (0.74 g) were fed exclusively on *S. platensis* in liquid form and concentrate, in the second experiment was also used post-larvae with the same initial weight, however the *S. platensis* in lyophilized form was added to experimental diets isoproteic (40%) and isoenergetic (3,200 kcal), with different levels of protein replacement of fishmeal by *S. platensis* (0, 25, 50 and 100%), both for a period of 30 days, and assessing the productive performance of prawns. In the third experiment, we used juvenile shrimp (1.42 g) for 45 days diets containing different proportions of *S. platensis* lyophilized (0%, 10%, 20%, 30% and 40%), and also isoenergetic and isoproteic (35% crude protein and 3.400Kcal), also evaluating the performance and proximate composition of the muscle of the shrimp. In all experiments we used a control diet for comparison, being provided ad libitum. Were also evaluated in all experiments the physical and chemical variables of water considered of major importance in the cultivation (pH, temperature, salinity and dissolved oxygen). The experiments were conducted at the Center for Research and Processing food -UFPB, with a completely randomized design with different replicates in each, using a system of rectangular tanks with a capacity of 30 liters and aeration still, filled with sea water mixed with drinking water (no chlorine) to obtain the desired salinity. The physical and chemical parameters of the water remained within the limits acceptable to the development of *Litopenaeus vannamei* at all stages of creation in the experiments, showing no significant differences between the different treatments. The results, we observed a higher efficiency in productive performance of shrimp fed with *S. platensis* in all experiments, showing better growth rates with elevated survival in the reduction of fish meal by up to 25%, demonstrating a better amino acid profile with supplementation of 40% in diets for shrimp, providing better results in protein and lipid composition in muscle tissue of shrimp without compromising the level of cholesterol, demonstrating the influence of diet on the fatty acid profile in nutritional quality for human consumption.

Keywords: shrimp, experimental diets, fishmeal, chemical composition, productive performance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desempenho da Carcinicultura Brasileira de 2003 a 2011.....	20
Figura 2. Pós-larvas e juvenil do camarão <i>Litopenaeus vannamei</i>	21
Figura 3. Cianobacteria <i>Spirulina platensis</i>	29
Figura 4. Sistema de aquários utilizados durante o experimento.....	33
Figura 5. Cultivo da <i>Spirulina platensis</i>	34

ARTIGO 1

Figura 1. Sobrevivência das pós-larvas do <i>Litopenaeus vannamei</i> submetidos a diferentes dietas alimentares.....	58
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Requerimentos em aminoácidos essenciais necessários à dieta de camarões, calculados em diferentes níveis proteicos.....	23
Quadro 2. Principais famílias e gêneros de microalgas e cianobactérias utilizadas em aquicultura.....	27
Quadro 3. Composição de aminoácidos estritamente essenciais da <i>S. platensis</i>	30
Quadro 4. Teor dos ácidos graxos poliinsaturados da <i>Spirulina platensis</i>	30
Quadro 5. Vitaminas e minerais identificadas na biomassa seca de <i>S. platensis</i>	31
Quadro 6. Composição do meio Zarrouk (1966)	35
Quadro 7. Composição centesimal da <i>S. platensis</i> utilizadas nos experimentos.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ingredientes utilizados na elaboração das rações experimentais para a fase de pós-larvas.....	36
Tabela 2. Ingredientes utilizados na elaboração das rações experimentais para a fase juvenil.....	37
ARTIGO 1	
Tabela 1. Composição centesimal da ração comercial e da <i>Spirulina platensis</i> utilizado no experimento	56
Tabela 2. Média $\pm$ Desvio padrão dos parâmetros físico e químicos da água de cultivo....	57
Tabela 3. Valores médios e desvio padrão dos índices zootécnicos verificados para as pós-larvas de <i>L. vannamei</i>	57
ARTIGO 2	
Tabela 1. Formulação das rações experimentais com diferentes níveis de SPLF.....	66
Tabela 2. Médias $\pm$ Desvio padrão dos parâmetros físico e químicos da água de cultivo das pós-larvas alimentadas com diferentes dietas.....	68
Tabela 3. Parâmetros zootécnicos dos camarões alimentados com as dietas experimentais.	69
ARTIGO 3	
Tabela 1. Formulação e composição química das dietas experimentais utilizadas no experimento.....	77
Tabela 2. Médias $\pm$ Desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos da água de cultivo dos juvenis alimentados com diferentes dietas.....	79
Tabela 3. Perfil de aminoácidos no músculo do camarão juvenil alimentado com dietas experimentais utilizando a SPLF.....	80
Tabela 4. Parâmetros zootécnicos dos juvenis <i>Litopenaeus vannamei</i> alimentados com dietas experimentais.....	81
ARTIGO 4	
Tabela 1. Formulação das dietas experimentais utilizadas no experimento.....	89
Tabela 2. Médias $\pm$ Desvio padrão da composição química dos camarões alimentados com rações experimentais e ração comercial.....	90
ARTIGO 5	
Tabela 1. Ingredientes e formulação das rações experimentais.....	98

Tabela 2. Composição dos lipídeos e ácidos graxos das rações experimentais com diferentes percentuais de <i>Spirulina platensis</i>	100
--	-----

Tabela 3. Composição dos lipídeos totais (%) e ácidos graxos (g/100g de lipídeos) no tecido muscular do camarão.....	102
---	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AQUATEC – Larvinicultura de camarão marinho

AG- Ácidos graxos

AGMI- Ácidos monoinsaturados

AGPI- Ácidos poli-insaturados

ANOVA- Análise de variância

AOAC- Association of Official Analytical Chemists

DEA – Departamento de engenharia de alimentos

ED- Energia digestível

FAO – Food and Agriculture Organization

FP- Farinha de peixe

LA- Ácido linoleico

LNA- Ácido α -linolênico

NUPPA – Núcleo de processamento e pesquisa em alimentos

pH- Potencial Hidrogeniônico

R1 – Ração elaborada 1 (0 % de farinha de peixe)

R2 – Ração elaborada 2 (25% de farinha de peixe)

R3 – Ração elaborada 3 (50 % de farinha de peixe)

R4 – Ração elaborada 4 (100 % de farinha de peixe)

RC – Ração comercial (controle)

SP- *Spirulina platensis*

SPLF- *Spirulina platensis* liofilizada

SPL- *Spirulina platensis* líquida

TCE – Taxa de crescimento específico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	20
3.1 Carcinicultura Brasileira.....	20
3.2 Requerimentos nutricionais do <i>Litopenaeus vannamei</i>	21
3.3 Qualidade da água.....	25
3.4 Microalgas na aquicultura e no Brasil.....	26
3.5 A microalga <i>Spirulina platensis</i>	28
3.6 Aplicação no cultivo de organismos aquáticos	31
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1 Instalações e unidades experimentais	33
4.2 Povoamento.....	33
4.3 Produção da biomassa da <i>Spirulina platensis</i>	34
4.4 Formulação e elaboração das rações.....	36
4.5 Condução experimental e manejo alimentar.....	37
4.6 Avaliação química do camarão e das rações experimentais.....	38
4.7 Monitoramento dos parâmetros da água.....	39
4.8 Análise estatística.....	39
5 REFERENCIAS.....	41
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
6.1 Artigo 1 - Eficiência da <i>Spirulina platensis</i> na forma líquida no desempenho produtivo das pós-larvas do <i>Litopenaeus vannamei</i>	54
6.2 Artigo 2 - Substituição da Farinha de peixe pela <i>Spirulina platensis</i> Liofilizada em dietas para pós-larvas do camarão marinho <i>Litopenaeus vannamei</i>	63
6.3 Artigo 3 - Efeito da <i>Spirulina platensis</i> sobre o desempenho produtivo do camarão <i>Litopenaeus vannamei</i>	75

6.4 Artigo 4 - Composição centesimal e teor de colesterol do camarão <i>Litopenaeus vannamei</i> submetidos às dietas com <i>Spirulina platensis</i>	87
6.5 Artigo 5 - Perfil de ácidos graxos do camarão marinho <i>Litopenaeus vannamei</i> alimentados com dietas contendo <i>Spirulina platensis</i>	96
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	107

1. INTRODUÇÃO

O camarão marinho *Litopenaeus vannamei* é uma espécie nativa da costa sul americana do Pacífico que se estende do Peru ao México, mostrando acentuada presença na faixa costeira do Equador. É atualmente a espécie mais cultivada em todos os países produtores do mundo ocidental, participando com 16% na produção mundial de camarão cultivado. Em geral, apresenta taxa de crescimento uniforme, fácil adaptabilidade a diferentes condições do meio ambiente com bom desempenho na reprodução em laboratório e alta taxa de sobrevivência (BEZERRA et al., 2007). No Brasil tem sido utilizada com grande predominância confirmando suas características propostas, adaptando-se aos ecossistemas costeiros ganhando destaque por suas elevadas taxas de crescimento, contribuindo para o desenvolvimento produtivo da carcinicultura que alcançou em 2009 uma produção de 65.188 mil toneladas aumentando para 70.000 mil em 2010 (JORY, 2011; ROCHA, 2011). Toda essa produção tem se concentrado na região Nordeste com aproximadamente 95% da área destinada ao cultivo, principalmente nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará (NATORI et al., 2011).

Apesar do constante crescimento, a carcinicultura tem mostrado que entre os vários procedimentos adotados nos seus sistemas de criação, a alimentação vem se destacando como o insumo de maior influência na qualidade da água, no crescimento e sobrevivência dos organismos aquáticos, representando mais de 60% dos custos de produção (VENERO et al., 2007). De acordo com Barbosa (2010) alimentos empregados nas fases larvais e de engorda devem assegurar as necessidades de manutenção do metabolismo de base e do crescimento dos animais, entretanto para os destinados a reprodução, seu valor nutricional torna-se ainda mais importante tendo em vista sua composição que é determinante na qualidade na fase inicial e no bom desenvolvimento da criação. Os sistemas de criação de camarão são diferenciados pela densidade de estocagem e quantidade de alimento oferecido aos organismos aquáticos, assim no Brasil é adotado o sistema de criação bifásico intensivo, com uma fase intermediária entre a larvinicultura e a engorda, chamada de berçário (LOURENÇO et al., 2009) não dispondo de alimento em quantidade e de qualidade que atendam às exigências nutricionais para o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais, em função disto, faz-se necessário o uso de alimentos ricos em nutrientes como os náuplios de artemia, distribuídos diretamente ou como complemento de rações formuladas durante a fase de engorda,

entretanto seu custo elevado, pequena disponibilidade e possível vetorização de doenças vêm minimizando seu uso (NAYLOR et al., 2009).

As proteínas são consideradas um dos nutrientes de maior importância para a maturação e reprodução dos *peneídeos*, sendo indispensável na estrutura e funcionalidade. Os requerimentos necessários variam entre as espécies situando-se entre 30% e 60% derivadas de fontes animais e/ou vegetais (CUZON et al., 2004). As fontes proteicas de origem animal são tradicionalmente usadas nas rações para diversos organismos, entre eles os camarões, sendo o constituinte mais caro, e que mesmo em menores porcentagens, garantem e melhoram o valor nutritivo das dietas, em função do melhor balanço de aminoácidos, minerais, e vitaminas (KURESHY e DAVIS, 2002). Nos camarões os níveis de exigência proteica podem variar conforme a fase da vida, sendo exigido pelas pós-larvas níveis de 30% a 45% e para juvenis 35%, entretanto, alguns autores afirmam que os níveis proteicos variam de acordo com o crescimento do camarão (WYK, 1999).

Em todo o mundo, a farinha de peixe é a fonte proteica de origem animal considerada como um ingrediente essencial na formulação de dietas comerciais devido à quantidade equilibrada de aminoácidos essenciais, ácidos graxos, vitaminas e minerais de boa palatabilidade (SUÁREZ et al., 2009), no entanto tem apresentado alto custo no mercado internacional, provocado pelo crescimento da sua procura ocasionando ao mesmo tempo a diminuição gradativa dos estoques pesqueiros naturais, tornando-se um recurso limitado e finito (HARDY, 2010). Tacon e Metian (2008), afirmam que entre 1992 e 2003, a carcinicultura aumentou o consumo de farinha de peixe de 232 para 670 mil toneladas/ano o que corresponde a 22,8% do consumo mundial. De acordo com Welch et al., (2010), a produção de farinha de peixe tem se mantido estável nos últimos anos, no entanto as taxas de produção da aquicultura continuam a crescer ano após ano, o que torna imperativo esforço no sentido de substituir parcial ou totalmente este insumo por fontes alternativas de menor custo e sustentáveis nas dietas (SALZE et al, 2010). Apesar da grande variedade de ingredientes já testados mundialmente, poucos possuem algum potencial nutritivo, pois a maior parte dos produtos testados apresenta limitações quanto à disponibilidade em larga escala e valor nutricional, entre eles deficiência de aminoácidos essenciais, especialmente lisina e metionina, e presença de fatores antinutricionais (FRANCIS et al., 2001). De acordo com os autores Montemayor-Leal et al., (2005) as substituições podem originar alterações na atratividade, palatabilidade

e/ou digestibilidade da ração, já que as proteínas envolvidas tem origens e composições químicas diferentes das encontradas na farinha de peixe.

As proteínas de origem unicelular, incluindo microalgas, leveduras e bactérias são fontes alternativas de proteína não convencional que têm se apresentado como uma promissora substituta à farinha de peixe (HARDY, 2006) sendo utilizadas frequentemente como ingredientes de alimentos para organismos aquáticos em diferentes fases de desenvolvimento estando entre as microalgas a *Arthrospira platensis* com potencial valor nutricional de seus nutrientes, pigmentos, boa palatabilidade e disponibilidade de crescimento, menor custo e aplicabilidade ecológica com cultivo simples sem degradação ao meio ambiente. Esta microalga vem sendo utilizada de várias maneiras nos cultivos aquáticos, entre elas, na alimentação de larvas substituído alimentos vivos como rotíferos e artemia (GHAENI et al., 2011) ou como suplemento alimentar (GOMES et al., 2012).

Tomando como base a importância do camarão marinho, sendo seu cultivo o mais promissor dentre as espécies exploradas pela aquicultura mundial e a potencialidade da microalga marinha *Spirulina platensis*, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho em crescimento, sobrevivência e a composição centesimal do camarão marinho *L. vannamei* nas fases de pós-larvas e juvenis em criação experimental, quando alimentados com dietas contendo diferentes quantidades da microalga, buscando avaliar sua eficiência como alimento natural e como alternativa na substituição da farinha de peixe.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a microalga *Spirulina platensis* como ingrediente alternativo na elaboração de dietas com diferentes níveis de inclusão, sua eficiência como alimento vivo e fonte proteica na substituição da farinha de peixe, bem como o desempenho produtivo e nutricional no camarão marinho *Litopenaeus vannamei*.

2.2 Específicos

- Avaliar a eficiência do uso da *Spirulina platensis* na forma líquida como alimento sobre o crescimento das pós-larvas;
- Elaborar dietas contendo diferentes quantidades de *Spirulina platensis* liofilizada (SPL), em substituição à farinha de peixe nos percentuais 0, 25; 50 e 100%;
- Determinar o melhor nível de substituição nas rações pelo desempenho de crescimento em peso e comprimento, e sobrevivência das pós-larvas;
- Determinar a composição centesimal das dietas elaboradas;
- Avaliar o desempenho produtivo e a composição centesimal do camarão do *L. vannamei* na fase juvenil quando alimentados com rações contendo diferentes percentuais 0, 10, 20, 30 e 40% de *S. platensis* liofilizada;
- Avaliar a qualidade física e química da água de cultivo durante o período de alimentação experimental;
- Determinar o perfil de ácidos graxos, colesterol e aminoácidos nas dietas e no camarão juvenil.

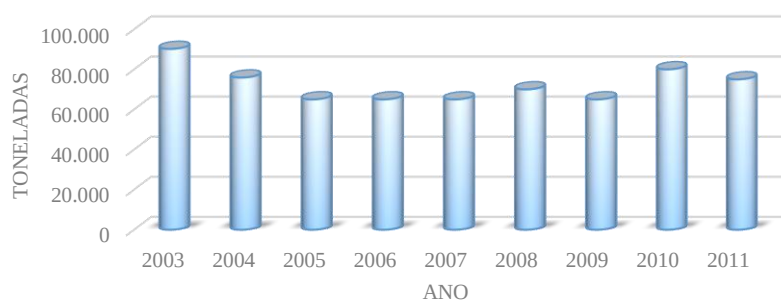
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CARCINICULTURA BRASILEIRA

A carcinicultura mesmo sendo uma atividade comercial recente no Brasil, vem se consolidando como uma das mais promissoras atividades econômicas do país, ganhando destaque especial pelas elevadas taxas de crescimento, originadas pela criação da espécie do *Litopenaeus vannamei*. Na década de 90 se destacou devido a sua capacidade de adaptação as mais variadas condições de cultivo, altas taxas de crescimento e sobrevivência, boa produtividade e grande aceitação no mercado transformando-se praticamente na única espécie cultivada comercialmente no país junto ao intenso aprimoramento interno resultaram na definição de uma tecnologia apropriada e adequada à realidade nacional contribuindo para uma trajetória ascendente até o ano de 2003 com uma produção de 90.190 toneladas (ORMOND et al., 2004).

Nos anos seguintes, a produção diminuiu mantendo-se abaixo da obtida em 2003, como mostra a Figura 1. Toda essa redução na produção foi ocasionada pelo efeito combinado do vírus IMNV (Mionecrose Infecciosa), o fortalecimento do real, a diminuição dos preços internacionais, a opção dos países asiáticos pelo *Litopenaeus vannamei* e ação *antidumping* dos Estados Unidos, contribuindo também para a perda da competitividade nos mercados internacionais (ROCHA et al., 2010), o que ocasionou de forma paralela e oportuna, a exploração do consumo interno que absorveu em 2012, toda a produção de camarão do país, superando os problemas ocasionados pela desvalorização do dólar, como também provocando mudança no perfil de consumo per capita do camarão no Brasil de 0,06 kg em 1999 para 0,402 kg em 2010, representando um aumento de 570,0% (NATORI et al., 2011).

Figura 1. Desempenho da Carcinicultura Brasileira de 2003 a 2011.



Fonte: ABCC (2010).

A criação de camarão em cativeiro está distribuído geograficamente em todas as regiões do país, mas sua maior concentração se encontra na região Nordeste, produzindo 37.575 toneladas representando 94,0% da produção total, ocupando o Ceará o primeiro lugar em volume de produção (11.333 toneladas) seguido do Rio Grande do Norte que continua na segunda posição (9.061 toneladas) (ROCHA et al., 2010). A alta concentração de produtores no Nordeste está relacionada às vantagens que a região possui para o desenvolvimento da atividade, tais como extensas áreas costeiras próprias para o cultivo e melhores condições climáticas para o desenvolvimento da espécie em foco, favorecendo o alcance de alta produtividade, considerada uma das mais elevadas do mundo (TAHIM, et al., 2012).

3.2 REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS DO *Litopenaeus vannamei*

O camarão *Litopenaeus vannamei* é uma espécie nativa da costa sul-americana do Pacífico que se estende do Peru ao México, mostrando acentuada presença na faixa costeira do Equador. É atualmente a espécie mais cultivada em todos os países produtores do mundo ocidental, com uma participação de 16% na produção mundial de camarão cultivado (ABCC, 2011).

Figura 2. Pós-larvas e juvenil do camarão *Litopenaeus vannamei*.



Fonte: (www.abcc.com.br)

Seu sucesso na criação vem sendo atribuído a fatores como crescimento rápido, requerimento proteico na dieta relativamente baixo, além da tolerância a altas densidades e capacidade de adaptação às mais variadas condições locais de cultivo, dentre elas a salinidade e a temperatura da água, com possíveis flutuações diárias e sazonais, que poderão influenciar diretamente na vida dos organismos aquáticos, podendo variar em função do estágio de vida e da espécie utilizada (TEIXEIRA et al., 2011).

Apresentam um ciclo de vida semelhantes com desenvolvimento dos estágios: larva (náuplios), protozoa, misis, pós-larva, juvenil e adultos (Figura 2) com preferência por determinadas áreas durante seu ciclo de desenvolvimento (DALL et al., 1999). De uma forma geral, os *peneídeos* são classificados como onívoros. No entanto, verifica-se que em algumas espécies os adultos podem ser também detritívoros e/ou carnívoros. Na fase larval e pós-larva são basicamente onívoras, alimentando-se de fitoplâncton e zooplâncton, com uma dieta que abrange as algas, detritos e pequenos animais, sendo consumidos dependendo da disponibilidade de cada um desses itens ambientais (TREECE, 2000).

Em sistemas de criação intensivo os camarões são alimentados com dietas formuladas contendo diferentes percentuais de nutrientes (proteínas, lipídeos, carboidratos, vitaminas, minerais e água) utilizados para a construção, manutenção dos tecidos e o suprimento de energia. As proteínas são as macromoléculas biológicas mais abundantes que ocorrem em todas as partes da célula, em grande variedade em milhares de espécies diferentes, variando em tamanho dos relativamente pequenos peptídeos até polímeros enormes com pesos moleculares de milhões, podendo ser encontradas em uma única célula. Um bom entendimento das exigências de proteínas é um fator chave para o desenvolvimento de uma dieta bem balanceada de baixo custo (PASCUAL et al., 2004). De acordo Cuzon et al., (2004) os percentuais de proteína variam de 30 a 60% para várias espécies de *peneídeos* entretanto, o requerimento proteico dos camarões podem ser influenciados por fatores bióticos (espécie, estado fisiológico, tamanho), pelas características da proteína (qualidade e fonte da proteína, relação proteína/energia) ou por fatores abióticos, tais como, temperatura e salinidade da água (KURESHY & DAVIS, 2002; HARDY, 2010).

As exigências proteicas das espécies são baseadas na resposta do animal, aos diferentes níveis de proteína nas rações, sob um determinado conjunto de circunstância. Independente do organismo cultivado e do nível proteico por ele requerido, uma atenção especial deve ser dada ao balanceamento de aminoácidos nas rações (Quadro 1), os crustáceos não precisam de uma quantidade específica de proteína, mas exigem uma suplementação equilibrada de aminoácidos essenciais. De acordo com Glencross (2006), uma efetiva fonte proteica deve satisfazer as exigências em aminoácidos essenciais e não essenciais, podendo ser sintetizados pelos indivíduos a partir de carboidratos, lipídios ou outro tipo de composto nitrogenado.

Quadro 1. Requerimentos em aminoácidos essenciais necessários à dieta de camarões, calculados em diferentes níveis proteicos.

PB (%)	Arg	Cis	Met	Tre	Ile	Leu	Lis	Val	Tir	Tri	Fen	His
25	1,36	0,24	0,47	0,84	0,59	1,22	1,29	0,74	0,68	0,24	0,67	0,38
30	1,36	0,28	0,57	1,01	0,71	1,47	1,54	0,89	0,82	0,28	0,81	0,46
35	1,90	0,33	0,66	1,18	0,83	1,71	1,80	1,04	0,96	0,33	0,94	0,54
40	2,17	0,38	0,76	1,34	0,95	1,96	2,06	1,19	1,09	0,38	1,08	0,62
45	2,44	0,42	0,85	1,51	1,07	2,20	2,31	1,34	1,23	0,42	1,21	0,69
50	2,71	0,47	0,95	1,68	1,19	2,45	2,57	1,49	1,37	0,47	1,35	0,77
55	2,98	0,52	1,04	1,85	1,31	2,69	2,83	1,64	1,50	0,52	1,48	0,84

Fonte: TACON (1998).

O valor energético é muito importante no desempenho nutricional de uma ração, embora deva ser dada uma atenção especial à relação proteína/energia, visto que ela indica a utilização mais eficiente dos nutrientes por parte dos animais (ROCHA, 1999). Como todos os animais, os camarões necessitam de energia para a manutenção de seus processos fisiológicos vitais, para as atividades rotineiras, crescimento e reprodução, o nível de energia digestível das rações para juvenis e adultos de crustáceos pode variar de 3.100 e 4.060 Kcal/kg (CUZON et al., 2004). Estes mesmos autores ainda afirmam que o excesso de energia limita os resultados zootécnicos, uma vez que o animal pode saciar-se energeticamente sem que sejam atendidas suas exigências para os demais nutrientes, fundamentais ao seu desenvolvimento e saúde. León-King et al. (1997), analisando a utilização em dietas para juvenis de *Litopenaeus vannamei*, mencionaram que os níveis energéticos de cerca de 361,3Kcal/100g apresentaram melhor resultado.

Os animais se alimentam para satisfazer suas necessidades em termos de energia, assim se forem fornecidos alimentos pouco energéticos, a proteína, que deveria ser destinada à construção de tecidos novos, será utilizada como fonte de energia de manutenção. Contudo, dietas energéticas limitam o consumo do alimento, reduzindo a absorção de proteínas e de outros nutrientes e, conseqüentemente, o crescimento. Rosas et al., (2001), em pesquisas realizadas com camarões, afirmam que esses animais têm capacidade de aceitar diferentes concentrações da relação proteína/energia, devido aos seus baixos requerimentos energéticos e aceitação de altas quantidades de carboidratos na dieta, que serão posteriormente utilizados como reserva.

De uma maneira geral, os lipídios ocorrem sob as formas de ácidos graxos, triglicerídeos, fosfolipídios, glicolipídios e esteroides. Na aquicultura, as principais fontes de lipídios nas dietas preparadas são os triglicerídeos, os quais são formados pela combinação de três moléculas de ácidos graxos e uma de glicerol (STICKNEY, 2000). Os óleos de origem vegetal, com raras exceções, apresentam em sua composição um maior percentual de ácidos graxos da série n-6, enquanto que nos de origem animal, encontram-se maiores concentrações dos ácidos da série n-3. Segundo Gonzalez-Félix et al., (2002), os peneídeos não tem um requerimento lipídico definido, os níveis requeridos variam de acordo com a espécie, tamanho, hábito alimentar e estado fisiológico, estando os níveis recomendados para a adição em rações comerciais de 6 a 7,5%, entretanto para Fitzsimmons (2001), um mínimo de 8% de lipídeos, acrescenta a ração uma melhor palatabilidade, protegendo a proteína e exercendo a função importante na produção de energia. A adição suplementar de 10% de lipídeos em rações poderá trazer efeitos adversos no crescimento e sobrevivência da espécie (CUZON et al., 2004). As exigências de lipídeos em crustáceos variam não unicamente entre espécies, mas também entre a fase larval e adulta dentro da mesma espécie, fazendo-se então necessário o desenvolvimento de pesquisas mais detalhadas e especializadas (HOLME et al., (2009). Os camarões marinhos contêm níveis elevados de ácidos graxos insaturados (HUFA), dentre os mais importantes destacam-se o ácido eicosopentanóico - EPA (20:5n-3) e o ácido docosahexaenóico - DHA (22:6n-3). No entanto, as larvas apresentam capacidade limitada de converter o ácido linoléico (18:3 n-3) a EPA e DHA, em função da deficiência de uma enzima (δ -5-desaturase) responsável por alongar e desnaturar ácidos poliinsaturados (PUFA) (SARGENT et al., 1997).

Apesar da aparente ausência de informações sobre o requerimento de carboidratos para camarões, não há dúvidas de que eles desempenham importantes funções biológicas nos organismos. Os animais não são capazes de sintetizar carboidratos como os vegetais que o fazem a partir da fotossíntese, entretanto necessitam deles na sua alimentação. Além disso, o tamanho da cadeia dos carboidratos influencia a velocidade de digestão: carboidratos complexos alcançam a corrente sanguínea de forma lenta e contínua, provendo energia durante prolongado período de tempo, enquanto os simples fornecem energia em tempo mais curto (GUO et al., 2006). A glicose, produto final da digestão dos carboidratos, tem uso limitado por algumas espécies de *peneídeos*, inclusive pelo *L. vannamei*. Segundo Shiau (1998), essa limitação pode ser pelo efeito fisiológico

de saturação da glicose, que apresenta sua taxa de absorção mais elevada no trato digestivo. Alguns pesquisadores têm sugerido o uso de carboidratos mais complexos como o amido, que pode ser assimilado após hidrólise enzimática. A glicose do amido aparece em locais de absorção no intestino a uma taxa mais lenta do que a glicose livre. Ainda de acordo com estes autores os níveis de carboidrato apropriados para o melhor desempenho de juvenis de *L. vannamei* estão entre 10 e 20%, quando alimentados com dieta de 35% de proteína bruta e cultivados em águas salobras.

As vitaminas são compostos orgânicos requeridos pelo corpo em quantidades mínimas para realizar funções celulares específicas. Elas podem ser classificadas, de acordo com sua solubilidade e suas funções no metabolismo. A quantidade e o tipo de vitaminas exigidas pelos camarões são influenciados pelo tamanho, idade e taxas de crescimento dos camarões, condições ambientais e inter-relação entre os nutrientes presentes na dieta (FENUCCI & GIMENEZ, 2004). Estes mesmos autores afirmam ainda que, como a maioria dos animais aquáticos, o camarão pode absorver e excretar minerais diretamente pela superfície do corpo e pelas brânquias. Assim, a necessidade de suplementação mineral da ração depende da composição química da água em que estão sendo cultivados.

3.3 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água nos sistemas de criação está em constante modificação devido às práticas de manejo, influenciando diretamente no bem-estar do organismo aquático desde o hábito alimentar até a sobrevivência dos animais no viveiro. Parâmetros como temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH precisam ser monitorados diariamente possibilitando aos produtores um controle mais preciso do que está acontecendo ou do que pode vir acontecer durante a criação, evitando fatores determinantes como o estresse do animal (PINHEIRO et al., 2007).

A salinidade e a temperatura são apontadas como os principais fatores abióticos que influenciam a vida dos organismos aquáticos, com as respostas variando em função do estágio do ciclo de vida e da espécie utilizada (YE et al., 2009). Os camarões *peneídeos* apresentam tolerância às rápidas e amplas flutuações nos níveis de salinidade de água, resultado da capacidade de osmorregulação adquirida ao longo do processo evolutivo desses animais, sendo, portanto conhecidos como eurialinos (NUNES, 2001). Além da salinidade, a importância da temperatura para os camarões que são pecilotérmicos, o que

significa que a temperatura do corpo varia em função da temperatura ambiente. Dessa forma, alterações na salinidade e/ou na temperatura podem resultar de impactos significativos na eficiência metabólica dos animais cultivados, no consumo de alimentos e oxigênio, na muda, concentração de nitrito na água, provocando também alterações no crescimento, sobrevivência e na resistência desses animais (ZHANG et al., 2006). Na prática, a criação da espécie *L. vannamei* no Brasil (pós-larvas a juvenil) vai desde ambientes com águas praticamente doce até águas hipersalinas (0 a 6,0‰) e temperatura variadas se situando entre 24 e 28 °C (NUNES et al., 2006).

O pH da água é um importante fator para assegurar a boa produção na criação dos animais aquáticos influenciando na disponibilidade de nutrientes (fósforo) e na interdependência entre as comunidades vegetais, animais e o meio aquático (ALVES et al., 2007). A faixa de pH usualmente sugerida para criação da espécie *L. vannamei* é de 6,5 a 9,0, baixos níveis pode reduzir o crescimento e a reprodução (BOYD 2003).

O oxigênio dissolvido é considerado uma das variáveis mais críticas porque afeta diretamente a sobrevivência e resistência dos organismos, oscilando diretamente em função da atividade fotossintética, maior fonte de oxigênio e da vegetação bentônica. Seu déficit acarreta no comprometimento das funções vitais dos organismos cultivados, aumenta a suscetibilidade a patógenos e afeta a ciclagem dos nutrientes, propiciando o aumento de compostos tóxicos, sendo recomendado concentrações acima de 5mg L⁻¹ para melhores resultados de crescimento e sobrevivência nos animais (BOYD, 2008).

3.4 MICROALGAS NA AQUICULTURA E NO BRASIL

As microalgas consistem em uma variedade de organismos autotróficos, procarióticos ou eucarióticos, que crescem rapidamente em diferentes condições ambientais devido a sua estrutura celular, podendo viver em ambientes aquáticos e terrestres (MATA et al., 2010). É capaz de converter facilmente a energia solar em energia química, característica esta que aliada à simplicidade das técnicas de cultivo, tem sido utilizada em pesquisa nas mais modernas e distintas áreas de investigação, como a nutrição, produção de energia, tratamentos de águas residuais. As técnicas de cultivo mais utilizadas atualmente são as lagoas aeradas abertas e os fotobiorreatores fechados (BRENNAN e OWENDE 2010; HARUN et al., 2010; CHEN et al., 2011), empregadas de acordo com as características do local, da espécie utilizada, a quantidade de luz necessária, do processo de recuperação da biomassa e do meio de cultura (centrifugação, floculação e filtração). Apresentam importância econômica determinada pela diversidade

de seu uso desde a indústria alimentícia à de medicamentos, biocombustíveis, da cosmética à agricultura (VIDOTTI e ROLLEMBERG, 2004). Seu cultivo tem sido realizado objetivando a produção de biomassa com vistas à elaboração de alimentos e também para a obtenção de compostos naturais com alto valor no mercado mundial (DERNER et al., 2006) destacando-se ácidos graxos poliinsaturados, carotenóides, ficobilinas, polissacarídeos, vitaminas, esteróis e diversos compostos bioativos naturais (MORAIS; COSTA, 2008).

Nas últimas décadas, centenas de espécies de microalgas foram testadas na alimentação direta e indireta como alimento larval para moluscos, estágios juvenis de crustáceos, peixes marinhos e diversos organismos forrageiros (rotíferos, copépodes e artemia) os quais são comumente utilizados em larviniculturas (COSTA e MORAIS 2011; MARQUES, 2010), entretanto não mais do que vinte espécies tiveram seu uso disseminado na aquicultura como mostra o Quadro 2. Vários fatores podem influenciar no valor nutricional das microalgas, incluindo a sua forma e tamanho, digestibilidade (relacionada à estrutura e composição da parede celular), composição bioquímica (nutrientes, enzimas, toxinas se presentes) e os requerimentos dos organismos alvo da alimentação (BROWN, 2002). Ainda de acordo com esse mesmo autor a composição nutricional das microalgas pode variar também em função de diferentes condições de cultivo e da fase de crescimento da cultura.

Quadro 2. Principais famílias e gêneros de microalgas e cianobactérias utilizadas em aquicultura.

Bacillariophyceae	Haptophyceae	Chryptophyceae	Cyanophyceae	Chlorophyceae	Eustigmatophyceae
<i>Skeletonema</i>	<i>Isochrysis</i>	<i>Cryptomonas</i>	<i>Spirulina</i>	<i>Chlorella</i>	<i>Nannochloropsis</i>
<i>Phaeodactylum</i>	<i>Pavlova</i>	<i>Rhodomonas</i>		<i>Scenedesmus</i>	
<i>Thalassiospira</i>		<i>Chroomonas</i>		<i>Dunaliella</i>	
<i>Chaetoceros</i>		<i>Nannochloris</i>		<i>Chlamydomona</i>	
<i>Nitzschia</i>					

Fonte: BECKER (2004).

A produção de biomassa com vista à elaboração de proteínas e lipídeos (ácidos graxos poliinsaturados) tem se destacado como alternativa na redução de matéria-prima para formulação de rações, no crescimento e sobrevivência dos animais e a obtenção de pigmentos, entre eles os carotenoides e a clorofila (MATA et al. 2010). Outra função na aquicultura é proporcionar melhoria na qualidade da água de cultivo, pela absorção de

produtos nitrogenados tóxicos (amônia e nitrito) (LOURENCO, 2006; BORGES et al., 2007).

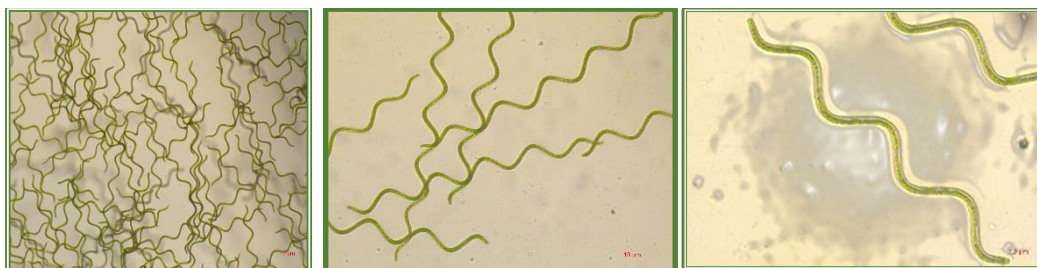
No Brasil as primeiras pesquisas sobre o cultivo de microalgas só começaram quando a diversificação de estudos e aplicações biotecnológica já estavam bastante avançadas internacionalmente. Embora o cultivo de microalgas já fosse realizado em instituições ligadas a aquicultura, somente a partir de 1980, começou a se difundir pelo Brasil, com o envolvimento de pesquisadores e universidades em vários estados, consolidando-se com empresas localizadas no litoral de Santa Catarina e de praticamente todos os estados da Região Nordeste que produzem a biomassa e a empregam principalmente na alimentação de organismos como camarões e moluscos marinhos (LOURENÇO, 2006; DERNER, et al., 2006), visto que o Nordeste, apresenta viabilidade técnica propícia para o desenvolvimento de cultivos de microalgas, em virtude do clima que oferece sol em abundância e temperatura ideal, além de apresentar regiões onde a água é mais salobra, às vezes inviável para consumo humano, mas adequada para o cultivo de microalgas, em especial da *Spirulina platensis*, em virtude de seu pH elevado.

3.5 A MICROALGA *Spirulina platensis*

A *Arthrospira* (*Spirulina*) é um gênero de cianobactéria pluricelular e filamentosa, de cor verde azulada, pertencentes à ordem *Oscillatoriales*, família *Cyanophyceae* (TORTORA et al., 2007), apresentando neste gênero diversas espécies entre elas a *Spirulina platensis* mais utilizada para alimentação humana e de animais, por apresentar perfil nutricional ideal como suplemento alimentar (Figura 3). Formadas principalmente por tricomas - cadeias de células cilíndricas dispostas em forma helicoidal, que variam de tamanho e morfologia conforme as condições de crescimento. A orientação desses tricomas, pode ser afetada pela temperatura a qual as células são submetidas, ou por qualquer tipo de estresse mecânico, como agitação continua durante um cultivo (MÜHLING et al., 2003). São de características foto autotrófica, ou seja, utilizam energia luminosa na fotossíntese para o seu próprio desenvolvimento, no entanto estudos reportaram o crescimento de algumas espécies de *Arthrospira* em cultivos mixotróficos e heterotróficos, nos quais são utilizados fontes orgânicas de carbono (CHOJNACKA; NOWORYTA, 2004).

Habitam em águas tropicais e subtropicais caracterizados por elevados níveis de carbonato e bicarbonato, que tem sido encontrada nos mais diferentes ambientes como águas salobras, mar, piscinas de maré, lagoas salinas, águas subárticas, lagoas tropicais, e fontes de águas termais, sendo estes organismos capazes de adaptação a condições ambientais extremas (MONTEIRO et al., 2010). Ao contrário de outros microalgas apresenta baixa susceptibilidade a contaminação em seu cultivo por outros microrganismos devido ao alto pH necessário ao seu desenvolvimento, estando inicialmente em torno de 8,0 podendo atingir pH 11. Pode ser cultivada, de maneira otimizada, em temperaturas entre 35 e 40 °C, com temperatura mínima para seu crescimento entre 15 e 18 °C durante o dia, mas a noite pode tolerar temperaturas relativamente baixas (BARROS; SASSI, 2007).

Figura 3. Cianobactéria *Spirulina platensis*



Fonte: LARBIM/LEA/UFPB (2013).

Possui uma composição centesimal variável, influenciada pelas condições de crescimento, dentre as quais podem ser mencionadas a temperatura, luminosidade, e tipo e quantidade de nitrogênio disponibilizado às células (RICHMOND, 1990). É considerada como um alimento completo, com maior número de diferentes nutrientes por unidade de peso apresentando 74% de proteínas, valor este que varia conforme a condição de crescimento, estando presentes as ficocianinas, biliproteínas envolvidas nas reações bioquímicas de fotossíntese e que funcionam como reservatórios de nitrogênio (BEZERRA et al., 2010). Levando em consideração o fator qualitativo, a proteína da *Spirulina platensis* é completa contendo todos os aminoácidos essenciais e não essenciais (Quadro 3), com a presença de metionina, aminoácido ausente na maioria das cianobactérias e algas, e uma parede celular constituída por polissacarídeos, apresentando uma alta digestibilidade em torno de 86% (DIC LIFETEC CO, 2009).

Quadro 3. Composição de aminoácidos estritamente essenciais da *S. platensis*.

Aminoácidos	<i>Spirulina platensis</i> (mgAA.gPTN ⁻¹)
Fenilalanina	53
Histidina	22
Isoleucina	67
Leucina	98
Lisina	48
Metionina	25
Treonina	62
Triptofano	3
Valina	71

Fonte: RODRIGUES (2008).

Os ácidos graxos poliinsaturados presentes são principalmente, os ácidos palmítico, linoleico, oleico e, especialmente, os ácidos essenciais alfa-linolênico e gama-linolênico (Quadro 4), correspondendo estes últimos a até 30% de todos os ácidos graxos presentes, apresentando uma concentração de ácido gama-linolênico elevada entre os organismos vegetais, variando conforme as condições de crescimento, principalmente ao que se diz respeito à fonte de nitrogênio (COLLA et al., 2004; SILVA, 2008; CHU et al., 2010).

Quadro 4. Teor dos ácidos graxos poliinsaturados da *Spirulina platensis*.

Ácidos graxos	Teor (% em relação ao conteúdo de lipídeo)
Palmítico	34-42
Palmitoléico	9-11,5
Oléico	3-8
Linoléico	19-36
Gama-linolênico	16-25

Fonte: RODRIGUES (2008).

O consumo adequado de vitaminas e minerais é importante para a manutenção das diversas funções metabólicas do organismo, visto que eles participam de processos celulares relacionados ao metabolismo energético, contração, reparação e crescimento muscular, defesa antioxidante e resposta imune. A não ingestão/absorção desses micronutrientes pode proporcionar um estado de carência nutricional, e consequentemente algumas patologias, assim a composição média das principais vitaminas e minerais encontrados na microalga *S. platensis* podem ser observadas no Quadro 5.

Quadro 5. Vitaminas e Minerais identificados na biomassa seca da *Spirulina platensis*.

Vitaminas	Símbolos	<i>S.platensis</i> (mg/100g)	Minerais	Símbolos	<i>S.platensis</i> (mg/100g)
Ácido ascórbico	C	42,0 -195,3	Cálcio	C	4.000
Calciferol	D	12000U	Ferro	Fe	1.060
Tocoferol	E	10 -19	Potássio	K	15.200
Tiamina	B ₁	0,8 -15,4	Magnésio	Mg	4.800
Riboflavina	B ₂	0,2 -0,9	Manganês	Mn	26
Nicotinamida	B ₃	0,6 -5,3	Molibdênio	Mb	1,50
Piroxidina	B ₆	0,3 -4,0	-	-	-
Cianocobalamina	B ₁₂	0,3 -0,8	-	-	-

Fonte: FALQUET (2000).

São caracterizadas por uma parede celular constituída de peptideoglicanos, e consequentemente são mais digeríveis que aquelas formadas por celulose; do ponto de vista nutricional, essa característica é uma grande vantagem, pois o microrganismo pode ser consumido por inteiro, sem necessidade de cocção nem de qualquer outro tipo de tratamento, e os constituintes mais frágeis (vitaminas e ácidos graxos essenciais) podem ser disponibilizados no organismo humano sem degradação alguma (VONSHAK et al., 2000). Entre os pigmentos que constitui a *Spirulina platensis*, estão os carotenoides com 0,37% desempenhando a função de proteção em situações de alta intensidade luminosa (KERFELD, 2004), a ficocianina pigmento fotossintetico de maior concentração constituindo até 20 % do peso seco da proteína celular (SILVEIRA et al., 2007) e clorofila constituindo 1,15% da sua biomassa, sendo apenas a clorofila *a* produzida (DANESI et al., 2004) com potencial primário de corantes naturais podendo ser utilizados na indústria alimentícia como pigmentos de alimentos, na indústria de cosméticos, farmacêuticas e na coloração de animais aquáticos. Existe atualmente uma tendência na substituição de corantes artificiais por produtos naturais, o que sugere a possibilidade de maior exploração na *Spirulina platensis* por ser uma das principais fontes de clorofila na natureza (SILVA, 2008; MALA et al., 2010; MOHAMMED e MOHD, 2011).

3.6 APLICAÇÃO NO CULTIVO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS

A *Spirulina platensis* tem sido considerada um microrganismo promissor para a aquicultura sendo utilizada como fonte de proteínas na alimentação de forma natural ou como suplemento alimentar dos animais, com diversas vantagens quando comparado às proteínas animais e vegetais, entre elas: curto tempo de geração, ocasionando rápido aumento de biomassa; facilidade na manipulação gênica, possibilitando a produção de

compostos desejados e alto conteúdo proteico. Tem sido utilizada na coloração de peixes, devido à quantidade de pigmentos (SULTANA et al., 2012; BAGRE et al., 2012) e na substituição de componentes importantes na formulação de rações para animais (GUROY et al., 2012; AHMADZADENIA et al., 2011; SIRAKOV et al., 2012), pelo seu alto teor de proteínas, significativa quantidade de ácidos graxos essenciais, vitaminas (B₁₂) e minerais bem como seus ácidos graxos e carboidratos (TEIXEIRA et al., 2010) e com a função de atratabilidade (SILVA-NETO, 2010).

Muitas pesquisas já foram realizadas utilizando a *Spirulina platensis* como suplementação alimentar em dietas para várias espécies de animais aquáticos em diferentes estágios de desenvolvimento (TAKEUCHI et al., 2002; NANDESHA et al., 2001; JAIME-CEBALLOS et al., 2007; LU et al., 2004; HANEL et al., 2007). Considerando as pesquisas mais recentes podemos destacar a performance da eficiência da *S. platensis* na reversão sexual e masculização de tilápias (MOREIRA et al., 2010; 2011), na suplementação alimentar de várias espécies de peixes (UNGSETHAPHAND et al., 2010; DERNEKBASI et al., 2010; SAROCH et al., 2012; GHAENI, 2011) se destacando pelo desempenho em crescimento, taxa de sobrevivência.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 INSTALAÇÕES E UNIDADES EXPERIMENTAIS

Os experimentos foram realizados no Núcleo de Pesquisa e Processamento de Alimentos (NUPPA), núcleo externo a área do Campus V, localizado adjacente à zona industrial do bairro Mangabeira na cidade de João Pessoa. Para a realização dos experimentos foi utilizado um sistema de aquários retangulares de polietileno, constituído por 28 unidades no total, com área de 0,205m² (37 x 55,5 x 15 cm) e capacidade de 30 L, submetidos à aeração contínua (Figura 4).

A água do mar utilizada foi proveniente sempre do mesmo local de coleta, na praia de Camboinha, município de Cabedelo-PB, sendo estocada em galões de 60 litros para ser diluída com água potável proveniente do fornecimento urbano, previamente aerada para evaporação do cloro residual até atingir a salinidade desejada para o experimento.

Figura 4. Sistema de aquários utilizados durante o experimento.



Fonte: PRÓPRIA

4.2 POVOAMENTO

Pós-Larvas: As pós-larvas de *L. vannamei*, com peso médio de 0,008g foram adquiridas de uma larvicultura comercial - AQUATEC, localizada no município de Barra do Cunhaú, Canguaretama /RN, com dez dias após a última metamorfose (PL₁₀) sendo acondicionados em sacos plásticos com oxigênio, transportados até o laboratório do NUPPA, onde foram mantidas em um tanque de recepção para a equiparação das temperaturas. Após a verificação de que as temperaturas estavam iguais, liberaram-se, cuidadosamente, os animais. Em seguida, foi iniciado o processo de aclimação,

aumentando-se, gradativamente, a salinidade, em 1% a cada 5 horas até ser atingida a salinidade desejada (2,0‰).

Juvenis: Foram adquiridos em uma fazenda de cultivo de camarão marinho localizado no município de Livramento, a aproximadamente 24 km de João Pessoa, com peso médio de $1,42 \pm 0,23$ g, sendo também transportados até o NUPPA em sacos plásticos com 1/3 de água do próprio local de coleta e 2/3 de oxigênio. Os camarões foram mantidos inicialmente em um tanque retangular com capacidade de $0,5\text{m}^3$, por algumas horas para aclimação, deixando a salinidade a 2,5‰, sendo em seguida estocados em seus respectivos tratamentos.

4.3 PRODUÇÃO DA BIOMASSA DA *Spirulina platensis*

O cultivo da microalga *Spirulina platensis* foi desenvolvido no Laboratório de Ambientes Recifais e Biotecnologia com Microalgas (LARBIM/LEA/UFPB) realizado em bancada (Figura 5) utilizando balões de fundo chato de 6 litros contendo 5 litros do meio Zarrouk, em ambiente climatizado com temperatura mantida em $25 \pm 1^\circ\text{C}$, sistema de iluminação composto por lâmpadas fluorescentes de 40 W ($4,5 \pm 0,3$ Klux) e fotoperíodo de 12 horas. A agitação das culturas foi realizada pela injeção contínua de ar atmosférico ($2,0\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$) provido por um micro compressor de ar. O crescimento foi acompanhado por contagem celular em câmaras Sedgewick-Rafter em microscópio binocular. Esse procedimento foi realizado diariamente, a cada 24h, a partir da fase de inoculação com densidade celular inicial em torno de $3,0 \times 10^2\text{ cel}\cdot\text{mL}^{-1}$. O cultivo foi mantido em fase exponencial de crescimento para alimentação das pós-larvas de camarão. O meio de cultura padrão utilizado para cultivo foi o de Zarrouk (1966) cuja principal característica é fornecer entre outros nutrientes, carbono inorgânico como mostra o Quadro 6.

Figura 5. Cultivo da *Spirulina platensis*.



Fonte: LARBIM/LEA/UFPB

Quadro 6. Composição do meio Zarrouk (1966).

Solução de Trabalho	Quantidades
1 KNO ₃	15,0g em 200 ML
2 NaCl	33,0g em 200 ML
3 MgSO ₄ . 7 H ₂ O	1,50g em 200 ML
4 K ₂ HPO ₄	1,50g em 200 ML
5 CaCl ₂ . 2 H ₂ O	0,58g em 200 ML
6 Na ₂ EDTA	6,40g em 100 ML
7 FeSO ₄ . 7 H ₂ O	0,50g em 100 ML
8 H ₃ BO ₃	1,142g em 100 ML
9 Solução mista*	—
Solução Mista*	Quantidades
CO (NO ₃) 2.6H ₂ O	0,049g
MnCl ₂ . 4H ₂ O	0,144g
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,882g
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,0157g
MoO ₃	0,071g
Água destilada	100 ML
Preparação de 1litro de meio de cultura (água destilada) A - Dissolver em 600 ml de água destilada 15,0 g de NaHCO ₃ e 2,0 g de Na ₂ CO ₃ . B - Acrescentar 10,0 ml das soluções 1, 2, 3, 4 e 5 C - Acrescentar 1,0 ml das soluções 6, 7, 8 e 9. D - Completar o volume a 1.000	

A *Spirulina platensis* liofilizada utilizada na elaboração das rações foi obtida na Fazenda Tamanduá situada no Município de Santa Terezinha, PB cultivada em tanques race-ways com capacidade para 40 mil litros, sendo recolhida por filtros especiais e em seguida liofilizada para consumo e comercialização. No Quadro 7 é apresentada a composição centesimal da *S. platensis* na forma líquida e liofilizada utilizada para a alimentação dos camarões nas fases de pós-larva e juvenil.

Quadro 7. Composições centesimais das *Spirulina platensis* utilizadas nos experimentos.

%	UMIDADE	PTN	LIPÍDIOS	CARBOIDRATOS	RMF
SPL	13,5	52,7	1,56	16,34	15,36
SPLF	12,1	51,8	6,9	14,2	9,0

Fonte: LEA/UEPB e FAZENDA TAMANDUÁ (RMF = resíduo mineral fixo; PTN = proteínas totais. SPLF= *Spirulina platensis* liofilizada. SPL= *Spirulina platensis* líquida).

4.4 FORMULAÇÃO E ELABORAÇÃO DAS RAÇÕES

Foram formuladas quatro rações experimentais para fase de pós-larvas (Tabela 1) isoprotéicas (40% de proteína bruta) e isoenergéticas (3.200kcal de ED kg⁻¹) sendo a farinha de peixe substituída por níveis crescentes da microalga *Spirulina platensis* liofilizada em 0% (R1); 25% (R2); 50% (R3); 100% (R4), e para a fase juvenil do camarão marinho cinco rações isoprotéicas (35% de proteína bruta) e isoenergéticas (3.400kcal de ED kg⁻¹) contendo diferentes percentuais da microalga *Spirulina platensis* liofilizada R(0%), R(10%), R(20%), R(30%) e R(40%) (Tabela 2). Todas as rações elaboradas foram submetidas ao processo de peletização. Para efeito comparativo utilizou-se rações comerciais já fornecidas nos cultivos convencionais, denominada de RC (Ração comercial), com o mesmo percentual de proteína bruta das rações formuladas.

Tabela 1: Ingredientes utilizados na elaboração das rações experimentais para fase de pós-larvas do camarão.

do camarão.					
INGREDIENTES (%)	R1	R2	R3	R4	
Farinha de peixe	0	18,3	36,6	73,3	
<i>Spirulina</i> liofilizada	77,2	57,9	38,6	0	
Fécula de mandioca	6,7	6,0	7,0	8,0	
Farinha de milho	5,0	4,2	3,8	3,6	
Farinha de trigo	0,0	1,2	2,4	3,4	
Óleo de soja	2,5	3,0	2,5	3,5	
Farinha de soja	2,5	3,4	3,6	3,5	
Calcário calcítico	4,6	4,5	4,0	3,2	
Premix	1,0	1,0	1,0	1,0	
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5	
Composição química (%)	R1	R2	R3	R4	RC
Proteína bruta	40,2	40,7	40,5	40,3	40,0
Lipídeos	7,5	7,2	7,0	6,8	7,5
Umidade	10,2	10,4	10,0	10,1	10,0
Cinzas	9,0	10,1	10,0	9,2	13,0
Energia (Kcal)	3.012	3.211	3.266	3.313	-

*RC (Ração comercial) *Spirulina platensis* Liofilizada (PB: 51,8 EE: 6,9 UM: 12,1 CZ: 9,0) Farinha de peixe (PB: 54,7 EE: 8,7 UM: 11,0 CZ: 18,2) Farinha de milho (PB: 8,5 EE: 10,0 UM: 9,5 CZ: 2,5) Farinha de sangue (PB: 80,0 EE: 0,25 UM: 3,5 CZ: 2,7) Farinha de trigo (PB: 10,1 EE: 3,1 UM: 70,2 CZ: 4,57) Farinha de soja (PB: 33,4 EE: 1,3 UM: 11,0 CZ: 3,5) Fécula de mandioca (PB: 0,45 EE: 0,55 UM: 10,5 CZ: 1,45) Sabugo de milho (PB: 3,5 EE: 1,7 UM: 13,2 CZ: 2,0).

Tabela 2. Ingredientes utilizados na elaboração das rações experimentais para fase juvenil.

INGREDIENTES (%)	R0	R10	R20	R30	R40
<i>Spirulina</i> liofilizada	0	5,2	10,3	15,3	20,7
Farinha de peixe	25,0	23,0	20,0	17,0	16,9
Fécula de mandioca	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Farinha de milho	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Óleo de soja	4,0	4,0	4,0	3,5	3,5
Sabugo de milho	5,0	4,0	4,0	3,5	3,5
Farinha de soja	21,5	21,3	20,0	20,0	18,0
Farinha de sangue	15,0	14,0	13,2	12,0	9,4
Premix	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Composição química (%)	R1	R2	R3	R4	R40	RC
Proteína bruta	35,2	35,9	35,8	35,9	35,8	35,0
Lipídeos	6,9	7,1	7,3	6,8	6,7	7,5
Umidade	10,4	11,8	11,7	11,3	11,6	10,0
Cinzas	12,3	11,3	11,5	12,0	11,8	13,0

*RC (Ração comercial). *Spirulina platensis* Liofilizada (PB: 51,8 EE: 6,9 UM: 12,1 CZ: 9,0) Farinha de peixe (PB: 54,7 EE: 8,7 UM: 11,0 CZ: 18,2) Farinha de milho (PB: 8,5 EE: 10,0 UM: 9,5 CZ: 2,5) Farinha de sangue (PB: 80,0 EE: 0,25 UM: 3,5 CZ: 2,7) Farinha de soja (PB: 33,4 EE: 1,3 UM: 11,0 CZ: 3,5) Fécula de mandioca (PB: 0,45 EE: 0,55 UM: 10,5 CZ: 1,45) Sabugo de milho (PB: 3,5 EE: 1,7 UM: 13,2 CZ: 2,0).

Para as formulações das dietas experimentais utilizou-se um *software* específico (CRAC versão 4.0). Para a elaboração, foi utilizado o método para rações peletizadas sendo os ingredientes secos triturados, pesados e misturados em batedeira planetária industrial com o complemento vitamínico (premix) e óleo, adicionando água a 60°C até a formação de uma massa umedecida consistente. A mistura foi introduzida em um moedor de carne manual para formação de pellets de diâmetro igual a 2 mm de diâmetro, estes foram secos em estufa com circulação de ar forçada, a 80°C durante 24 horas e armazenados em sacos de papel à temperatura ambiente.

4.5 CONDUÇÃO EXPERIMENTAL E MANEJO ALIMENTAR

As pós-larvas utilizadas nos experimentos 1 e 2 foram alimentadas inicialmente por *núplios de artemia* fornecido pela AQUATEC, 10 dias para obtenção de peso médio de 0,74±0,11g.

Experimento 1: Neste cultivo, o delineamento foi casualizado com dois tratamentos e três repetições, distribuídos 5 pós-larvas/tratamento, sendo fornecida as pós-larvas uma ração comercial (RC) triturada contendo 40% de Proteína Bruta e a microalga *Spirulina platensis* na forma líquida (SPL) cultivada no Laboratório de Ambientes Recifais e Biotecnologia com Microalgas (LARBIM/LEA/UFPB), sendo ofertadas quatro vezes ao dia diretamente nos aquários 20 ml de SPL com auxílio de uma proveta. Essa quantidade algal foi monitorada e mantida constante até o final do experimento que durou 30 dias.

Experimento 2: As pós-larvas foram distribuídas aleatoriamente nos aquários também na densidade de 5 pós-larva/tratamento, com delineamento inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos com três repetições, sendo um tratamento utilizado como controle (RC). As rações experimentais e a ração comercial que foi utilizada como controle (40% Proteína Bruta) foram oferecidas *ad libitum* seis vezes ao dia possibilitando, desse modo, a saciedade dos animais. O experimento teve duração de 30 dias, a contar do início com a alimentação experimental na salinidade a 2,0‰.

Experimento 3: Juvenis com peso médio de $1,42 \pm 0,23$ foram alimentados com rações experimentais contendo diferentes percentuais da microalga *Spirulina platensis* Liofilizada (SPLF) e com a ração comercial contendo 35% PB, durante 45 dias sendo oferecidas três vezes ao dia *ad libitum* evitando a disputa por alimentos. O experimento constou de um delineamento inteiramente casualizado sendo composto por cinco tratamentos com três repetições e densidade de 10 camarões/ tratamento em salinidade de 2,5‰.

4.6 AVALIAÇÃO QUÍMICA DO CAMARÃO E DAS RAÇÕES EXPERIMENTAIS

A composição centesimal foi realizada no Laboratório de análises de Alimentos em triplicata, e as análises de ácidos graxos, colesterol e aminoácidos no Laboratório de Flavour no Departamento de Ciência e Tecnologia.

Composição centesimal: Os teores de umidade, cinzas e proteínas do camarão foram determinados em triplicata utilizando a metodologia descrita pela AOAC (2000). O extrato etéreo foi determinado seguindo os procedimentos de Folch, Less e Stanley (1957).

Ácidos Graxos: Para a esterificação foi utilizado a metodologia descrita por Hartman e Lago (1973). A análise cromatográfica foi conduzida utilizando um cromatógrafo à gás

VARIAN modelo GC430, acoplado com detector de ionização de chama (FID), coluna capilar de sílica fundida (CP WAX 52 CB, VARIAN) com dimensões de 60m x 0,25mm e 0,25µm de espessura do filme. Foi utilizado o hélio como gás de arraste (vazão de 1 mL/min). A temperatura inicial do forno foi de 100 °C, com programação para atingir 240 °C, aumentando 2,5 °C por minuto, permanecendo por 20 minutos. As temperaturas do injetor e detector foram mantidas em 250 e 260 °C, respectivamente. Os cromatogramas foram registrados em *software* tipo *Galaxie Chromatography Data System*. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões Supelco ME19-Kit (*Fatty Acid Methyl Esters* C6-C22). Os resultados dos ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e expressos em percentual de área.

Colesterol: O teor de colesterol foi determinado por cromatografia líquida, seguindo o método descrito por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1997).

Aminoácidos: Para determinar o perfil dos aminoácidos utilizou-se o método descrito por White, Hart e Fry (1986), foram determinados em amostra previamente hidrolisada em ácido clorídrico bidestilado, seguida de derivação pré-coluna dos aminoácidos livres com fenilisotiocianato (PITC). A separação dos derivativos feniltiocarbamil-aminoácidos (PTC-aa) foi realizada por cromatografia líquida (VARIAN, Waters 2690, Califórnia, USA).

4.7 MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA

Durante o experimento foram verificados semanalmente os parâmetros físicos (temperatura) e químicos (oxigênio dissolvido e pH), sendo a temperatura e o oxigênio dissolvido mensurados utilizando um oxímetro digital de bancada, modelo Q758P (Marca Quimis) e o pH por um potenciômetro digital de bancada. A salinidade foi determinada por um refratômetro, modelo BR11.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A avaliação estatística dos resultados das análises físicas e químicas, das variáveis de crescimento dos camarões e os parâmetros de qualidade da água foram realizados por meio de análises de variância (ANOVA), em delineamento inteiramente casualizado (DIC), utilizando o programa de *software* R, versão Windows 3.0 (The R Project for

Statistical computing). Os dados foram analisados para determinar as diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

5. REFERÊNCIAS

AHMADZADENIA,Y.; NAZERADL, K.; GHAEMMAGHAMI, S.; HEJAZI, M. A.; ZAMANZAD, G.S; HASSANPOUR, S.; CHAICHISEMSARI, M. Effect of replacing fishmeal with *Spirulina* on carcass composition of rainbow trout. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v.6, n. 6, p. 66-71, 2011.

ALVES, C. S.; MELLO, G. L. **Manual para o monitoramento hidrológico em fazendas de cultivo de camarão**. Recife. 2007, 87f.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. Washington, 2000. 1018p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). Carcinicultura Brasileira: Processo Tecnológico, impactos socioeconômico, sustentabilidade ambiental, entraves e oportunidades. **Revista da ABCC**, n. 1, p.26-34. 2011.

BAGRE, P.; PARASHAR, A.; VYAS, V.; BHARGAVA, S.; SAROCH, J. D. Comparative Study of Different Percentage of Natural Carotenoid Source *Spirulina Platensis* on Growth and Survival of *Puntius Sopheore*. **Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences**, v.2, n. 4, p. 2210-2216, 2012.

BARROS, K. K. S.; SASSI, R. Uso de microalgas na alimentação humana e animal: tecnologia de produção e valor nutricional de concentrados algáceos obtidos em cultivo em massa. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XV, 2007, João Pessoa. **Anais eletrônicos...** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2007. p. 34.

BARBOSA, A. C. A.; SOUSA, R. V. Efeitos da lixiviação em alimentos para camarões *penaeideos* em fase de Reprodução. **Revista Eletrônica Científica Centauro**, vol.1, n.2, p. 58-65, 2010. Disponível em:< <http://www.emparn.rn.gov.br>> Acesso em: nov. 2011.

BECKER, W. Microalgae in human and animal nutrition, In: RICHMOND, A. (Ed.). **Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology**. London: Blackwell Science, p.312-351, 2004.

BEZERRA, A. M.; SILVA, J. A. A.; MENDES, P. P. Seleção de variáveis em modelos matemáticos dos parâmetros de cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 385-391, 2007.

BEZERRA, L. R.; SILVA, A. M. A.; AZEVEDO, S. A.; MENDES, R. S.; MANGUEIRA, J. M. E GOMES, A. K. A. Desempenho de cordeiros de Santa Inês submetidos a aleitamento artificial enriquecido com *Spirulina platensis*. **Revista Brasileira de Ciências Animais**, Goiânia, v.11, n. 2, p. 258-263, 2010.

BORGES, L.; FARIA, B. M.; ODEBRECHT, C.; ABREU, P. C. Potencial de absorção de carbono por espécies de microalgas usadas na aquicultura: primeiros passos para o desenvolvimento de um “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo”. **Atlântica**, Rio Grande, v. 29, n. 1, p. 35-46, 2007.

BOYD, C. E. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. In: HAWS, M. C.; BOYD, C. E. (Eds.). **Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica**. Managua: Imprenta UCA, p. 1-30, 2003.

BOYD, C. E. Dissolved oxygen management in aquaculture. **Global Aquaculture Advocate**, v. 7, p. 60-62, 2008.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUES-AMAYA, D. Otimização da determinação de colesterol por CLAE e teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 275-280, 1997.

BROWN, M. R. Nutritional value of microalgae for aquaculture. In: CRUZ-SUÁREZ, L. E., RICQUE-MARIE, D., TAPIA-SALAZAR, M., GAXIOLA-CORTÉS, M. G., SIMOES, N. (Eds.). **Avances em Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. Cancún, Quintana Roo, México. 3 al 6 de Septiembre del 2002.

BRENNAN, L.; OWENDE, P. Biofuels from microalgae - A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 557-577, 2010.

COLLA L. M; BERTOLIN T. E; COSTA J. A. Fatty acids profile of *Spirulina platensis* grown under different temperatures and nitrogen concentrations. **Zeitschrift für Naturforsch** v. 59, p. 55-59, 2004.

COSTA, J. A. V.; MORAIS, M. G. The role of biochemical engineering in the production of biofuels from microalgae. **Bioresource Technology**, v.1, n. 102, p. 2-9, 2011.

CHEN, C.Y.; YEH, K. L.; AISYAH, R.; LEE, D. J.; CHANG, J. S. Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: A critical review. **Bioresource Technology**, v. 102, n.1, p.71-81, 2011.

CHOJNACKA, K.; NOWORYTA, A. Evaluation of *Spirulina sp.* Growth in photoautotrophic, heterotrophic and mixotrophic cultures. **Enzymes and Microbial Technology**, v.34, n.5, p. 461-465, 2004.

CHU, W.-L.; LIM, Y.-W; RADHAKRISHNAN, A. K.; LIM, P.E. Protective effect of aqueous extract from *Spirulina platensis* against cell death induced by free radicals. **BCM Complementary and Alternative Medicine**, v. 10, n. 53, p.1472-6882, 2010.

CUZON, G.; LAWRENCE, A.; GAXIOLA, G.; ROSAS,C.; GUILLAUME, J. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 235, n. 1-4, p. 513-551, 2004.

DALL, W.; HILL, J.; ROTHISBERG, P. C. The Biology of the penaidae. In: BLAXTER, J. H.; SOUTHWARD, A. J. (Eds). **Advances in Marine Biology**. Academic Press, San Diego, p. 21-19 v. 12, 1999.

DANESI, E. D. G.; RANGEL-YAGUI, C. O.; CARVALHO, J. C. M.; SATO, S. Effect of reducing the light intensity on the growth and production of chlorophyll by *Spirulina platensis*. **Biomass and Bioenergy**, v. 26, n. 4, p. 329-335, 2004.

DERNER, R. B.; OHSE, S.; VILLELA, M.; CARVALHO, S. M.; FETT, R. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p.1959-1967, 2006.

DERNEKBASI, S.; UNA, H.; KARAYUCEL, I.; ARAL, O. Effect of Dietary Supplementation of Different Rates of Spirulina (*Spirulina platensis*) on Growth and Feed Conversion in Guppy. **Journal of Animal and Veterinary**, v.9, n.9, p. 1395-1399, 2010.

DIC LIFETEC CO. LTD. **Nutritional elements contained in DIC Spirulina**. Disponível em: <<http://www.dlt-spl.co.jp/business/en/Spirulina/elements.html>> Acesso em: Nov. 2009.

FALQUET, J. Malnutrition: pourquoi la spiruline? In: **La malnutrition**. Antenna technologies, 2000. Disponível em: <<http://www.antenna.ch/malnutrition/spiruline-pourquoi.html>>. Acesso em: set. 2010.

FENUCCI, J. L.; JIMÉNEZ, A. F. Acción de las vitaminas en la dieta de camarones Penaeoideos. In: AVANCES EN NUTRICIÓN ACUÍCOLA, MEMORIAS DEL SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA, 7., 2004, Hermosillo, Sonora, México. **Anais...** México: Univ. Sonora, 2004. p. 126-144.

FITZSIMMONS, K. Polyculture of tilapia and penaeid shrimp. **Global Aquaculture Advocate**, v. 4, n. 3, p. 43-44, 2001. Disponível em: <[http:// www.gaalliance.org/](http://www.gaalliance.org/) > Acesso em: julho 2011.

FOLCH, J. LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 497, 1957.

FRANCIS, G.; MALKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, n. 3-4, p. 197-227, 2001.

GHAENI M.; MATINFAR A.; SOLTANI M.; RABBANI M.; VOSOUGHI, A. Comparative effects of pure spirulina powder and other diets on larval growth and survival of green tiger

shrimp, *Peneaus semisulcatus*. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v. 10, n. 2, p. 208-217, 2011.

GLENCROSS, B. D. The nutritional management of barramundi, *latas calcarifer* - a review. **Aquatic Nutrition**, v. 12, n.4, p. 291-309, 2006.

GOMES, I.; CHAVES, H. F.; BARROS, R.; MOREIRA, L. R.; TEIXEIRA, E.G.; MOREIRA, A. G.; FARIAS W. Dietary supplementation with *Spirulina platensis* increases growth and color of red tilapia. **Revista Colombiana Ciências Pecuária**, v. 25, n.3, p. 462-471, 2012.

GONZÁLEZ-FÉLIX, M. L.; LAWRENCE, A. L.; GATLIN, D. M.; PEREZVELAZQUEZ, 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.

GUROY, D.; SAHIN I.; GUROY, B.; ALTIN A.; MERRIFIELD, D.L. (2012) Effect of dietary protein level on growth performance and nitrogen excretion of yellow tail cichlid *Pseudotropheus acei*. **Israeli Journal of Aquaculture**, v. 64, n.55, p. 6, 2012.

GUO, R.; LIU, Y. J.; TIAN, L. X.; HUANG, J.W. Effect of dietary cornstarch levels on growth performance, digestibility and microscopic structure in the white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in brackish water. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, n. 1, p. 83-88, 2006.

HANEL, R.; BROEKMAN, D.; GRAAF, S.; SCHNACK, D. Partial Replacement of Fishmeal by Lyophilized Powder of the Microalgae *Spirulina platensis* in Pacific White Shrimp Diets. **The Open Marine Biology Journal**, v.1, n. 1-5, p. 1874 – 4508, 2007.

HARDY, R. W. Worldwide fishmeal production outlook and the use alternative protein meals for aquaculture. In: VIII SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUICOLA, 17, 2006, Monterey, Nuevo León, México. **Anais...** Universidad Autónoma de Nuevo León, 2006. p. 410 - 419.

HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, vol. 41, n. 5, p. 770-776, 2010.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. **Rapid preparation of fatty acids methyl esters.** Laboratory Practice, v. 22, n.6, p. 475-476, 1973.

HARUN, R.; SINGH, M.; FORDE, G. M.; DANQUAH, M. K. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n.3, p. 1037-1047, 2010.

HOLME, M. H.; ZENG, C.; SOUTHGATE, P. C. A review of recent progress toward development of a formulated microbound diet for mud crab, *Scylla serrata*, larvae and their nutritional requirements. **Aquaculture**, v. 286, n. 3, p. 164-175, 2009.

JAIME-CEBALLOS B., CERECEDO R. C. VILLARREAL H., LOPEZ J. G.; PEREZ-JAR L. Uso de la harina de *Spirulina platensis* como atrayente en el alimento para el camaron *Litopenaeus schmitti*. **Hidrobiologica**. v. 17, n. 2, p.113-117, 2007.

JORY, D. Estimated World Production of Farmed Shrimp. **Global Aquaculture Advocate**, St. Louis: Missouri, v. 14, n. 1, p. 10-12, 2011.

KERFELD, C. A. Water-soluble carotenoid proteins of cyanobacteria. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 430, n. 1, p. 2-9 2004.

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

LÉON-KING, A. K.; MONTROYA, N. V.; PEDRAZZOLI, A. R. Efecto dietético de concentraciones variables de lipídeos em diets para juveniles *Penaes vannamei* y su digestibilidad. In: VIVAR, H. M. L. (Ed.), **Aqüicultura del Ecuador**, p. 54-57, 1997.

LOURENÇO, J. A.; SANTOS, C. H. A.; BRAGA NETO, F. H. F.; ARENA, M. L.; IGARASHI, M. A. Influência de diferentes dietas no desenvolvimento do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em berçários intensivos. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringa, v. 31, n. 1, p. 1-7, 2009.

LOURENÇO, S. O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos: RIMA, 2006. 606p.

LU, J.; TAKEUCHI, T. Spawning and quality of eggs of the tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina* throughout three generations. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 234, n. 1-4, p. 625-640, 2004.

MALA, R.; KARTHIK, V.; SAKTHISELVAN, S.; SARAVANABABU, S. Milking of *Spirulina platensis* for the production of carotenoids by aqueous two-phase bioreactor.systems. **Journal of Chemical Sciences**, v.8, n. 5, p. 84-91, 2010.

MARQUES, C. H. P. **Cultivo de rotíferos, (*Brachionus plicatilis*) em salinidades 10, 20, e 30 alimentados com *Spirulina platensis* viva e filtrada, em condições laboratoriais**. 2010. 43f. (Monografia) – Engenharia de Pesca. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

MATA, T. M.; MARTINS, A. A.; CAETANO, N. S. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 1, p. 217–232, 2010.

MOHAMMED, M. K.; MOHD, M. K. Production of carotenoids (antioxidants/ colourant) in *Spirulina platensis* in response to indole acetic acid (IAA). **International Journal of Engineering Science and Technology**, v.3, n. 6, p. 4973 - 4979, 2011.

MONTEIRO, M.P.C.; LUCHESE, R.H.; ABSHER, T.M. Effect of Three Different Types of Culture Conditions on *Spirulina maxima* Growth. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n.2, p. 369-373, 2010.

MONTEMAYOR-LEAL, J.; MENDOZA-ALFARO, R.; AGUILERA-GONZÁLEZ, C.; RODRIGUEZ-ALMARAZ, G. Moléculas Sintéticos y Extractos Animales y Vegetales como atrayentes Alimenticios para el camarón Blanco *Litopenaeus vannamei*. **Revista AquaTIC**, n. 22, p. 1-10, 2005.

MORAIS, M. G. de; COSTA, J. A. V. Perfil de ácidos graxos de microalgas cultivadas com dióxido de carbono. **Ciência Agronômica**, v.32, n. 4, 2008.

MOREIRA, R. L.; DA COSTA, J. M.; DE QUEIROZ, R. V.; DE MOURA, P. S.; FARIAS W. R. L. Utilização de *Spirulina platensis* como suplemento alimentar durante a reversão sexual de tilápia do Nilo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 134-141, 2010.

MOREIRA, R. L.; DA COSTA, J. M.; MOURA, P. S.; FARIAS W. R. L. Salinidade da água e suplementação alimentar com microalga marinha no crescimento e masculinização de *Oreochromis niloticus*, tilápia do Nilo. **Bioscience Journal**, v. 27, n.1, p.116-124, 2011.

MÜHLING, M.; HARRIS, N.; BELAY, A.; WHITTON, B. A. Reserval of helix orientation in the cyanobacterium *Arthrospira*. **Journal of Phycology**, v. 39, n. 2, p. 360-367, 2003.

NANDEESHA, M.C., GANGADHARA, B., MANISSERY, J.K. ; ENKATARAMAN, L. V. Growth performance of two Indian major carps, catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing different levels of *Spirulina platensis*, **Bioresource Technology**, v. 80, n. 2, p. 117-120, 2001.

NAYLOR, R. L.; HARDY, R.W.; BUREAU, D. P.; CHIU, A.; ELLIOTT, M., FARRELL, A.P.; FORSTER, I.; GATLIN, D. M.; GOLDBURG, R. J.; HUA, K.; NICHOLS, P.D. Feeding aquaculture in an era of finite resource. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States America (PNAS)**, v. 106, n. 42, p. 36, 2009.

NATORI, M. M.; SUSSEL, F. R.; SANTOS, E. C. B.; PREVIERO, T. C; MACEDO, E. M.; VIEGAS, E. M. M; GAMEIRO, A. H. Desenvolvimento da Carcinicultura Marinha no Brasil e no Mundo: Avanços Tecnológicos e Desafios. **Informações Econômicas**, SP, v. 41, n. 2, 2011.

NUNES, A. J. P. **Manual purina de alimentação para camarões marinhos**. Camaronina. Paulínia, São Paulo. 2001. 40 p.

NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; ANDRIOLA-NETO, F. F.; LEMOS, D. Behavioral responses to selected feed attractants and stimulants in Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 260, n.1-4, p. 244-254, 2006.

ORMOND, J. G. P.; MELLO, G. A. T.; FERREIRA, P. R. P.; LIMA, C.A.O. A carcinicultura Brasileira, **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 19, p. 91-118, 2004.

PASCUAL, C.; ZENTENO, E.; CUZONC, G.; SÁNCHEZ, A.; GAXIOLA, G.; TABOADA, G.; SUÁREZ, J.; MALDONADO, T.; ROSAS, C. *Litopenaeus vannamei* juveniles energetic balance and immunological response to dietary protein. **Aquaculture**. v. 236, p. 431-450, 2004.

PINHEIRO, W. C.; AMARO FILHO, J.; MARACAJÁ, P. B. Efeitos climáticos, físicos e químicos sobre a biologia do *Litopenaeus vannamei* cultivado em viveiros. **Revista Verde Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n.2, p. 142-150, 2007.

RICHMOND, A. Cell response to environmental factors. In: RICHMOND, A. **Handbook of Microalgal Mass Culture**. Boston: CRC Press, 1990.

ROCHA, M. M. R. M. **Cultivo de pós-larvas de *Penaeus vannamei* em tanques berçários e avaliação de dietas em função dos requerimentos lipídicos**. 1999. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade da Federal da Paraíba, João Pessoa. 1999.

ROCHA, I. P.; ROCHA, D. M. Análise da produção e do mercado interno e externo do camarão cultivado. **Revista da ABCC**. Ano 12, n.1, p. 18-23, 2010. Disponível em: <<http://www.abccam.com.br>> Acesso em: Dezembro de 2012.

ROCHA, I. P. Carcinicultura Brasileira: Processo Tecnológico, impactos socioeconômico, sustentabilidade ambiental, entraves e oportunidades. **Revista da ABCC**, ano 12, n.1, p.26-34. 2011. Disponível em: <<http://www.abccam.com.br>> Acesso em: Agosto de 2012.

RODRIGUES, M. S. **Avaliação do cultivo de *Spirulina platensis* utilizando simultaneamente nitrato de potássio e cloreto de amônio como fontes de nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Farmacêutica) - Faculdade de São Paulo, 2008.

ROSAS, C.; CUZON, G.; TABOADA, G.; PASCUAL, C.; GAXIOLA, G.; VAN WOURMHOUDT, A. Effect of dietary protein and energy levels on growth, oxygen consumption, haemolymph and digestive gland carbohydrates, nitrogen excretion and osmotic pressure of *L. vannamei*, and *L. setiferus* (Linne) juveniles (Crustacea; Decapoda, Penaeidae). **Aquaculture Research**, v. 32, n.7, p. 531-547, 2001.

SAROCH, J. D.; SHRIVASTAV, R.; MANOHAR, S.; QUERESHI, T. A. Effect of Spirulina Impregnated Feed on the Fingerlings of *Catla Catla*. **Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences**, v.2, n. 4, p. 1835-1841, 2012.

SARGENT, J. R.; MCEVOY, L.; BELL, J. G. Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine larval feeds. **Aquaculture**, v. 155, n.4, p. 117-127, 1997.

SALZE, G., MCLEAN, E., BATTLE, P.R., SCHWARZ, M.H., CRAIG, S.R., 2010. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fishmeal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 298, n. 3-4, p. 294-299, 2010.

SHIAU, S. Y. Nutrient requirement of penaeid shrimp. **Aquaculture**, v. 164, n. 1- 4, p. 77-93, 1998.

SHIMAMATSU, H. Mass production of Spirulina, an edible microalga. **Hydrobiol.** v. 512, p.39-44, 2004.

SILVA, L. A. **Estudo do processo biotecnológico de produção, extração e recuperação do pigmento ficocianina da *Spirulina platensis***. 2008. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SILVA-NETO, J. F. **Farinha de Spirulina como aditivo atrato-palatabilizante em dietas balanceadas para o camarão marinho *Litopenaeus***. 2010. 55f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2010.

SILVEIRA, S. T.; BURKERT, J. F. M.; COSTA, J. A. V.; BURKERT, C. A. V.; KALIL, S. J. Optimization of phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* using factorial design. **Bioresource Technology**, v. 98, n.8, p. 1629-1634, 2007.

SIRAKOV, I.; VELICHKOVA, K.; NIKOLOV, G. The effect of algae meal (*Spirulina*) on the growth performance and carcass parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal BioScience Biotechnology**, n. 4, p. 151-156. 2012.

STICKNEY, R. R. Shrimp culture. In: **Encyclopedia of Aquaculture**. New York, USA: Stickney, R. R., p. 798-868, 2000.

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, n. 1-2, p. 118–123, 2009.

SULTANA, N.; NOOR, P.; ABDULLAH, A.T.M.; HASAN, M.R.; AHMED, K. M.; NASER, M. N. Growth Performance and Nutrient Composition of Juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed *Spirulina* Flakes, Rice Bran and Mustard Oil Cake. **Malaysian Journal of Nutrition**, v. 18, n.2, p. 275-282, 2012.

TACON A. G. J. Contribution to food fish supplies. In: **Food fish supplies**. Rome: FAO, 1998.

TACON, A.G. J., METIAN, M. Global overview on the use of fishmeal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, n. 1-7, p. 146–158, 2008.

TAKEUCHI, T.; LU, J.; YOSHIZAKI, G.; SATOH, S. Effect on the growth and body composition of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* fed raw *Spirulina*. **Fisheries Science**, v. 68, n. 1, p. 34-40, 2002.

TEIXEIRA, C. M. L. L.; TEIXEIRA, P. C. N.; ROCHA, H.; ALMEIDA, A. G.; BRITO, G. F. C. **Um Novo Sistema de Cultivo de Microalgas para a Produção de Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: 05 de jul. de 2010.

TEIXEIRA, A. P.; GUERRELHAS, A. C. B. Cultivo intensivo: pode ser a solução para o aumento da produção da carcinicultura. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, RJ: SRG Gráfica e Editora Ltda, v. 21, n. 123, p. 52-57, 2011.

TREECE, G. D. Shrimp culture. In: STICKNEY, R. R., SONS, J. W. (Eds.) **Encyclopedia of Aquaculture**, INC. 2000. p. 805-868.

TAHIM, E. F.; ARAÚJO JUNIOR, I. F. O processo de aprendizado e de inovação no sistema produtivo da carcinicultura no Nordeste Brasileiro. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 30-65, 2012.

TORTORA G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiology: an introduction**. 9th.ed. Pearson/Benjamin Cummings, San Francisco, 2007.

VENERO, J. A.; DAVIS, D. A.; ROUSE, D. B. Variable feed allowance with constant protein input for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared under semi-intensive conditions in tanks and ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 269, n. 1-4, p. 490-503, 2007.

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. do C. E. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. **Química Nova**, v.27, n. 1, 2004.

VONSHAK, A.; TOMASELLI, L. *Arthrospira (Spirulina)*: Systematics and Ecophysiology. In: The Ecology of Cyanobacteria. **Kluwer Academic Publishers**. Dordrecht, Holanda. 2000. p. 505-522.

UNGSETHAPHAND T., YUWADEE P.Y.; WHANGCHAI N.; SARDSUD, U. Effect of feeding *Spirulina platensis* on growth and carcass composition of hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*). **Maejo International Journal of Science and Technology**, v.4, n. 2, p. 331-336, 2010.

ZARROUK, C. **Contribution à l'étude d'une cyanophycée**: influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch et 102 Gardner) Geitler. 1966. Theises (Ph. D.) - Faculty of Science, Université des Paris, Paris, 1966.

ZHANG, P.; ZHANG, X.; LI, J.; HUANG, G. The effect of body weight, temperature, salinity, ph, light intensity and feeding condition on lethal levels of whitely shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 256, n.5, p. 579-587, 2006.

WELCH, A. R.; HOENIG, J.; STIEGLITZ, D.; BENETTI, A.; TACON, N.; SIMS, B. O'HANLON. 'From Fishing to the Sustainable Farming of Carnivorous Marine Finfish', **Reviews in Fisheries Science**, v. 18, n. 3, p. 235-247, 2010.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. An evaluation of the Waters Pico-tag system for the amino-acid analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v.8, p. 170-177. 1986.

WYK, P. V.; DAVIS-HODGKINS, M.; LARAMORE, R.; MAIN, L. K.; MOUTAIN, J.; SCARPA, J. **Farming marine shrimp in recirculation freshwater systems**. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Florida: Pierce, 1999. 220 p.

YE, L.; JIANG, S.; ZHU, X.; YANG, Q.; WEN, W.; WU, K. Effects of salinity on growth and energy budget of juvenile *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, v. 290, n. 1-2, p. 140-144, 2009.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

ARTIGO 1

Eficiência da *Spirulina platensis* na forma líquida no desempenho produtivo de pós-larvas do *Litopenaeus vannamei*

Ruth Gomes de Figueiredo Gadelha^{1*}, João Andrade da Silva

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos; Universidade Federal da Paraíba; 58051-900; João Pessoa, PB - Brasil.

ABSTRACT

In the cultivation of aquatic adequate nutrition is crucial for the success of the activity, especially in the early stages of creation, in which animals are more susceptible to handling errors and unexpected changes in the environment. The aim of this study was to evaluate the efficiency of S. Liquid form platensis on the growth and survival of post larvae. Material and Methods: The experimental design was completely randomized with two treatments (RC, SPL) with two replications, density 5 post-larvae per treatment, provided a commercial diet ad libitum and Spirulina platensis Net (SPL), offered four times daily directly in aquaria (20 ml) with the aid of a beaker, in 2,0‰ salinity. Results: After the trial period of 30 days were not statistically significant differences for the survival criterion. For criterion growth treatment that used the SPL as food for post-larvae shrimp Litopenaeus vannamei performed well compared to treatment with diet, although not statistically differ. Conclusion: The results of this study indicate that Spirulina platensis meets the nutritional needs of post-larvae of L. vannamei and promotes better growth and survival in relation to commercial diets.

Key-words: Survival, Growth, Microalgae

INTRODUÇÃO

O camarão marinho *Litopenaeus vannamei* é um importante componente do mercado aquícola, em função de sua capacidade de adaptação às mais variadas condições de cultivo, rápido crescimento nos estágios de vida, rusticidade e habilidade em se desenvolver em variadas salinidades, isto tem contribuído para elevá-lo ao patamar de principal espécie cultivada no mundo, destacando a carcinicultura nas últimas décadas, com uma participação percentual de 42% na produção mundial de camarão (Fao, 2010). No Brasil o cultivo de camarão em viveiros tem crescido respectivamente, principalmente na região Nordeste, garantindo em 2012 uma produção de 75 mil toneladas (Abcc, 2011).

A fase de berçário é definida como a etapa intermediária entre a larvinicultura e o crescimento final (Azaza et al., 2007) onde as pós-larvas recém-metamorfoseadas, em altas densidades, buscam adquirir um melhor aporte de nutrientes e adaptação às condições físicas, químicas e biológicas dos cultivos. Seus primeiros dez dias de vida são considerados críticos, visto que

com as intensas transformações no sistema digestivo a mortalidade se torna alta, sendo importante a utilização de uma alimentação rica em nutrientes digestíveis e de boa qualidade nutricional que garantam o crescimento e sobrevivência do camarão (Brito et al., 2004).

De acordo com Pereira Neto et al., (2005) os alimentos vivos, em especial os náuplios de artemia tem sido ofertados como uma alternativa viável oferecendo altos índices proteicos e principais fontes de substâncias atrativas e estimulantes alimentares para uso na aquicultura (Coutteau et al., 2000). No entanto em virtude, de seu custo elevado e possível vetorização de doenças, pesquisas vem sendo desenvolvidas com o objetivo de substituí-los por outros insumos visando minimizar os custos e manter a qualidade dos organismos cultivados (Robinson et al., 2005; Tlustý et al., 2005; Martin et al., 2006).

Muitas microalgas têm sido amplamente utilizadas na aquicultura por serem capazes de melhorar a qualidade nutricional da alimentação e influenciar positivamente na saúde dos animais aquáticos. Determinadas espécies conferem um maior crescimento e sobrevivência em pós-larvas quando utilizadas como principal fonte de sua alimentação, sua ingestão em pequenas quantidades pode afetar positivamente a fisiologia dos animais, além de estimular a resposta imunológica (Faria et al., 2001). Entre as mais empregadas na aquicultura, destaca-se a espécie *Spirulina platensis* com importância econômica, ecológica e nutricional, principalmente como fonte alimentar na dieta de animais aquáticos, possibilitando maior sobrevivência aos animais e estimulando o sistema imunológico (Moreira et al., 2011), reduzindo a mortalidade, e aumentando a taxa de crescimento (Marengoni et al., 2010). Geralmente apresenta um conteúdo proteico de aproximadamente 60 a 70% de proteína, dependendo das condições ambientais dos cultivos, sendo completa em termos de qualidade por conter todos os aminoácidos essenciais e não essenciais, facilmente digerida o que garante sua importante nutrição, apresentando baixo custo de produção, tornando-se viável para produção em larga escala (Bezerra et al., 2010). Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da *Spirulina platensis*, sob a forma líquida como alimento no crescimento e sobrevivência de pós-larvas do camarão marinho *L. vannamei*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Núcleo de Pesquisa e Processamento de Alimentos (NUPPA) da Universidade Federal da Paraíba-UEPB, com duração de 30 dias. O cultivo da microalga *Spirulina platensis* foi desenvolvido no Laboratório de Ambientes Recifais e Biotecnologia com Microalgas (LARBIM/LEA/UEPB). O cultivo foi realizado em bancada, utilizando balões de fundo chato de 6 litros contendo 5 litros do meio Zarrouk, em ambiente climatizado com temperatura mantida em $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, sistema de iluminação composto por lâmpadas fluorescentes de 40 W ($4,5\pm 0,3$ Klux) e fotoperíodo de 12 horas e sistema de agitação por

injeção contínua de ar atmosférico ($2\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$) provido por um micro compressor de ar. O meio de cultura padrão utilizado foi o Zarrouk (1966), (Quadro 1) sendo o crescimento acompanhado por contagem celular em câmaras Sedgewick-Rafter em microscópio binocular. Esse procedimento foi realizado a cada 24h, a partir da fase de inoculação com densidade celular inicial em torno de $3,0 \times 10^2$ cel. mL^{-1} . O cultivo foi mantido em fase exponencial de crescimento para alimentação das pós-larvas de camarão.

Quadro 1. Composição do meio Zarrouk (1966).

Solução de Trabalho	Quantidades
1 KNO_3	15,0g em 200 ML
2 NaCl	33,0g em 200 ML
3 $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	1,50g em 200 ML
4 K_2HPO_4	1,50g em 200 ML
5 $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	0,58g em 200 ML
6 Na_2EDTA	6,40g em 100 ML
7 $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0,50g em 100 ML
8 H_3BO_3	1,142g em 100 ML
9 Solução mista*	—
Solução Mista*	Quantidades
CO (NO_3) $2.6\text{H}_2\text{O}$	0,049g
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,144g
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,882g
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,0157g
MoO_3	0,071g
Água destilada	100 ML
Preparação de 1litro de meio de cultura (água destilada) A - Dissolver em 600 ml de água destilada 15,0 g de NaHCO_3 e 2,0 g de Na_2CO_3 . B - Acrescentar 10,0 ml das soluções 1, 2, 3, 4 e 5 C - Acrescentar 1,0 ml das soluções 6, 7, 8 e 9. D - Completar o volume a 1.000	

As pós-larvas foram cedidas por um Laboratório de Larvinicultura comercial de camarão - AQUATEC, localizado no município de Barra do Cunhaú, Canguaretama, RN. Para a fase de aclimação, os indivíduos foram colocados em um aquário de vidro com capacidade para 20L com sistema de aeração constante, com a salinidade gradativamente diminuída a cada meia hora para 2,0‰ durante 48 horas, sendo as pós-larvas alimentadas com náuplios de artemia congelados, fornecida pelo laboratório. Após esse período e a devida produção da biomassa de *S. platensis* foi então dado início a criação do camarão marinho *L. vannamei*, sendo retirada uma amostra com vinte pós-larvas com peso médio de 0,74g e comprimento de 4,51cm, e distribuídas em quatro caixas de polietileno retangulares com volume útil de 30L dispostos em

uma bancada de ferro e submetidos a uma aeração constante e iluminação artificial com foto período de 12 h de claro.

O delineamento foi inteiramente casualizado sendo dois tratamentos e duas repetições, com densidade de 5 pós-larva/tratamento, sendo fornecida *ad libitum* uma ração comercial (RC) triturada (Tabela 1) e a microalga *Spirulina platensis* na forma líquida (SPL) ofertada quatro vezes ao dia diretamente nos aquários 20 ml com auxílio de uma proveta. Essa quantidade algal foi monitorada e mantida constante até o final do experimento que durou 30 dias. Para manter a qualidade da água durante o cultivo, o material aderido ao fundo dos aquários como restos alimentares e matéria orgânica eram retirados a cada 24 horas.

Tabela 1. Composição centesimal da ração comercial e da *S. platensis* utilizada no experimento.

(%)	Proteína	Lipídeos	Umidade	RMF
RC	40	7,5	10	13
SPL	52,7	1,56	13,5	15,3

Fonte: GUABI rações; RC (ração comercial), RMF (resíduo mineral fixo)

A água do mar para o cultivo foi obtida na praia de Camboinha, Cabedelo - PB, sendo acondicionada em Galões de 60L e, então, transportada até o NUPPA (Núcleo de Pesquisa e Processamento de Alimentos) para diluição até atingir uma salinidade de 2,0‰ com água proveniente do fornecimento urbano (aerada para evaporação do cloro residual).

Parâmetros físicos e químicos

Durante o experimento os parâmetros de água foram acompanhados diariamente pela manhã sendo coletadas amostras das unidades experimentais duas vezes por semana para determinar a temperatura, a salinidade, o oxigênio dissolvido e o pH. Para a temperatura e o oxigênio dissolvido foi utilizado semanalmente um oxímetro digital de bancada, modelo Q758P, marca QUIMIS, para a salinidade um refratômetro óptico modelo BR11 e o pH por um potenciômetro digital de bancada, marca QUIMIS.

Análises dos dados

As médias de crescimento e os parâmetros da qualidade da água obtidos foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, ao teste de Tukey no caso de diferença estatística significativa entre os tratamentos. Todos os testes foram realizados ao nível de 5% de significância estatística utilizando o *software* de Statistica R versão 3.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando as médias dos parâmetros físicos e químicos da água de cultivo, verificou-se que não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 2) as médias de pH e oxigênio dissolvido se mantiveram dentro da faixa ideal para o cultivo do camarão *L. vannamei* segundo Boyd (1998). A salinidade nos tratamentos e respectivas repetições, não se alterou mantendo-se constante até o final do experimento a 2,0‰. As médias de temperatura entre os tratamentos ficaram entre 27,7 a 28°C considerada ideal para o cultivo de camarões segundo Nunes (2006), sendo este parâmetro um fator importante para o cultivo dos camarões podendo influenciar no consumo do alimento e no ciclo de muda, refletindo no crescimento dos animais.

Tabela 2. Média $\pm$ Desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos da água de cultivo.

Parâmetros	Tratamentos	
	RC	SPL
Temperatura (°C)	28,04 $\pm$ 0,48 ^a	27,75 $\pm$ 0,39 ^a
OD (mg/L ⁻¹)	6,44 $\pm$ 0,11 ^a	6,48 $\pm$ 0,23 ^a
pH	7,52 $\pm$ 0,19 ^a	7,67 $\pm$ 0,03 ^a
Salinidade (‰)	2,0	2,0

*Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si ($p > 0,05$).

Ao final de 30 dias de cultivo não foi observada diferença significativa no peso final e ganho de peso entre os tratamentos (Tabela 3), entretanto no comprimento final foi verificado diferença significativa entre os tratamentos, com melhor valor de comprimento das pós-larvas alimentadas com a *Spirulina platensis* na forma líquida. A disponibilidade e qualidade do alimento fizeram com que as pós-larvas apresentassem um bom desenvolvimento produtivo, demonstrando estarem aptas e sadias a suportar as condições de aclimação e povoamento no sistema de cultivo, pois para Arnold et al., (2006) a qualidade e a quantidade do alimento podem aumentar os níveis de stress e comprometer o desenvolvimento dos camarões.

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão dos índices zootécnicos verificados para as pós-larvas de *L. vannamei*

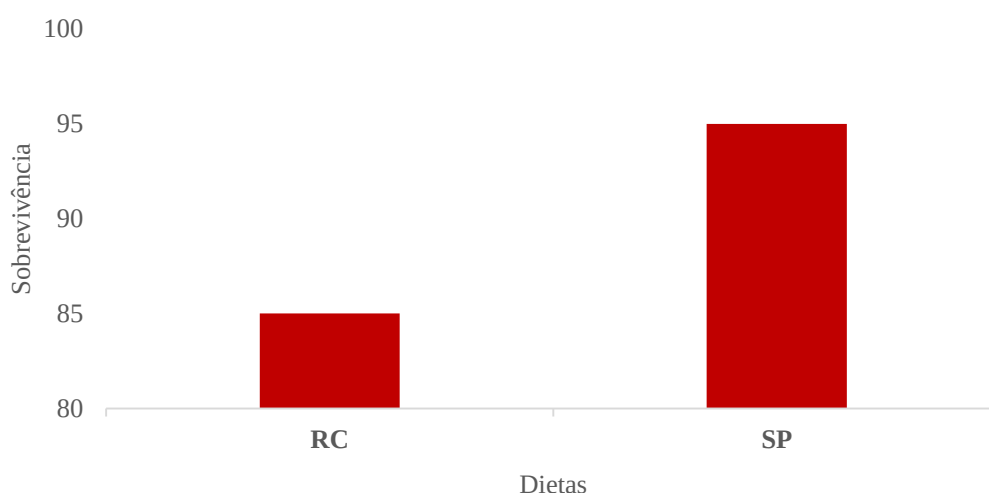
Tratamentos	Peso final (g)	Comprimento final (cm)	Ganho de peso (g)
RC	2,89 $\pm$ 0,31 ^a	7,43 $\pm$ 0,26 ^b	2,13 $\pm$ 0,39 ^a
SPL	2,95 $\pm$ 0,20 ^a	7,97 $\pm$ 0,43 ^a	2,21 $\pm$ 0,23 ^a

*Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si ($p > 0,05$).

Lu et al., (2002) e Gomes et al., (2011) observaram que a adição desta microalga em dietas mesmo em quantidades pequenas apresentam efeitos significativos sobre o crescimento em tilápias do Nilo. Silva-Neto et al., (2008) obtiveram os melhores resultados em sobrevivência,

crescimento em peso e comprimento ao alimentar pós-larvas do *Litopenaeus vannamei* com biomassa seca da *S. platensis*. Resultados semelhantes foram obtidos por Jaime-Ceballos (2006) ao utilizar está microalga como alimento para pós-larvas do camarão *Litopenaeus schmitti*, encontrando resultados semelhantes no crescimento e sobrevivência. De acordo com este autor a disponibilidade de nutrientes presentes na microalga favorece os efeitos positivos para o desenvolvimento dos animais.

Figura 1. Sobrevivência das pós-larvas do *L. vannamei* com diferentes dietas alimentares.



Como se pode observar na Figura 1, a sobrevivência das pós-larvas nos tratamentos foi elevada demonstrando condições favoráveis para o cultivo desta espécie. Resultados foram obtidos por Chuntapa et al., (2003) ao observarem taxa de sobrevivência elevada no cultivo do *penaeus monodon* atribuindo a qualidade nutricional da *S. platensis*. Esses resultados corroboram com os relatados em vários trabalhos realizados utilizando está microalga como alimento para outras espécies de camarões (Lage et al., 2008, Ghaeni et al., 2011).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, podemos concluir que a disponibilidade e a quantidade da *Spirulina platensis* fornecida às pós-larvas permitiu uma maior manutenção na qualidade da água e eficiência como fonte alimentar favorecendo um melhor desempenho produtivo para os animais.

RESUMO

No cultivo de espécies aquáticas a nutrição adequada é de importância fundamental para o sucesso da atividade, especialmente nas fases iniciais da criação, em que os animais são mais

susceptíveis a manipulação de erros e as alterações inesperadas no ambiente. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência de *Spirulina platensis* na forma líquida no crescimento e sobrevivência de pós-larvas. Material e Métodos: O delineamento experimental foi inteiramente casualizado sendo dois tratamentos com duas repetições cada, e densidade de 5 pós-larvas por tratamento. A ração comercial (RC) foi fornecida *ad libitum* e a *Spirulina platensis* na forma líquida (SPL) ofertada quatro vezes ao dia diretamente nos aquários (20 ml) com auxílio de uma proveta, em salinidade 2,0‰. Resultados: Após o período experimental de 30 dias não foram observadas diferenças estatísticas significativas para o critério sobrevivência. Para o critério crescimento, o tratamento que utilizou a SPL como alimento para pós-larvas de camarão *Litopenaeus vannamei* apresentou um bom desempenho se comparado ao tratamento com a ração, apesar de não diferirem estatisticamente. Conclusão: os resultados da presente pesquisa indicam que a *S. platensis* atende às necessidades nutricionais das pós-larvas de *L. vannamei* e promove um melhor crescimento e sobrevivência em relação a dietas comerciais.

Palavras-chave: sobrevivência, crescimento, microalgas, camarão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (ABCC) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (2011). Carcinicultura Brasileira: Processo Tecnológico, impactos socioeconômico, sustentabilidade ambiental, entraves e oportunidades. *Revista da ABCC*, **1**, 26-34.
- Arnold, S. J.; SELLARS, M. J.; CROCOS, P. J. & COMAN, G. J. (2006). Intensive production of juvenile tiger *Penaeus monodon*. Na evaluation of stocking density and artificial substrates. *Aquaculture*, **261**: 890-896.
- Azaza, M. S.; Mensi, F.; Ksouri, J.; Dhraief, M. N.; Brini, B.; Abdelmouleh, A.; Kraiem, M. M. (2007), Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. *Journal of Applied Ichthyology*, **24**, 2, 202-206.
- Bezerra, L. R.; Silva, A. M. A.; Azevedo, S. A.; Mendes, R. S.; Mangueira, J. M.; Gomes, A. K. G. (2010), Desempenho de cordeiros de Santa Inês submetidos a aleitamento artificial enriquecido com *Spirulina platensis*. *Revista Brasileira de Ciências Animais*, **11**, 2, 258-263.
- Boyd, C. E. (1998) Pond and water aeration systems. *Aquaculture Engineering*, **18**: 9-40.
- Brito, R.; Chimal, M. E.; Gelabert, R.; Gaxiola, G.; Rosas, C. (2004), Effect of artificial and Natural diets on Energy Allocation in *Litopenaeus setiferus* and *Litopenaeus vannamei* postlarvae. *Aquaculture*, **237**, 517-531.
- Coutteau, P.; Santos, M.; Kontara, E. K.; Camara, M. R. (2000), Effect of feeding attractants on feeding rate and on growing performance of penaeid shrimp. *European Aquaculture Society*, Special Publication, **28**, 153.
- Chuntapa, B.; Powtongsook, S.; Menasveta, P. (2003), Water quality control using *Spirulina platensis* in shrimp *penaeus monodon* culture tanks. *Aquaculture*, **220**, 355-366.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Fisheries and Aquaculture Department. 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/> Acesso em Janeiro 2012.

Faria, A. C. E. A.; Hayashi, C.; Soares, C. M.; Furuya, W. M. (2001), Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e variáveis físicas e químicas em tanques experimentais submetidos a diferentes adubações orgânicas. *Acta Scientiarum*, **23**, 2, 291-297.

Gomes, I. G.; Barros, R.; Moreira, R. L.; Teixeira, E. G.; Moreira, A. G. L.; Farias, W. R. L. (2011), Dietary supplementation with *Spirulina platensis* increases growth and color of red tilapia. *Revista Colombiana de Ciências Pecuárias*, **25**, 3, 462- 471.

Ghaeni, M.; Matinfar, A.; Soltani, M.; Rabbani, M.; Vosoughi, A. (2011), Comparative effects of pure spirulina powder and other diets on larval growth and survival of green tiger shrimp, *Peneaus semisulcatus*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **10**, 2, 208-217.

Jaime-Ceballos, B. J. Evaluación de La harina de *Spirulina platensis* como alimento y aditivo para La producción de poslarvas de camarón Blanco *Litopenaeus schmitti*. Tese (Doutorado em Ciencias), Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, **2006**.

Lage, L. P. A.; Queiroz, R. V.; Moreira, R. T.; Moreira, R. L.; Araújo, G. S.; Farias, W. R. L. (2008), Avaliação do desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* na fase de pós-larvas, alimentados com ração comercial enriquecida com *Spirulina platensis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, I, Fortaleza – CE. **Anais**. 53f.

Lu, J.; Yoshizaki, G.; Sakai, K. (2002), Acceptability of raw *Spirulina* to larval tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fisheries Science*, **68**, 1, 51-58.

Marengoni, N. G.; Albuquerque, D. M.; Mota, F. L. S.; Passos Neto, O. P.; Silva Neto, A. A.; Silva, A. I. M.; Ogawa, M. (2010), Desempenho e proporção sexual de tilápia vermelha sob a inclusão de probiótico em água mesohalina. *Archivos de Zootecnia*, **59**, 227, 403-414.

Martin, L.; Arenal, A.; Fajardo, J.; Pimentel, E.; Hidalgo, L.; Pacheco, M.; Garcia, C.; Santiesteban, D. (2006), Complete and partial replacement of artemia nauplii by moina micrura during early poslarval culture of White shrimp (*Litopenaeus schmitti*). *Aquaculture Nutrition*, **12**, 8, 96-98.

Moreira, R. L.; Da Costa, J. M.; De Queiroz, R. V.; De Moura, P. S.; Farias, W. R. L. (2010), Utilização de *Spirulina platensis* como suplemento alimentar durante a reversão sexual de tilápia do Nilo. *Revista Caatinga*, **23**, 2, 134-141.

Nunes, A. J. P.; Sá, M. V. C.; Andriola-Neto, F. F.; Lemos, D. (2006) Behavioral responses to selected feed attractants and stimulants in Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, **260**, 1-4, 244-254.

Pereira Neto, A.; Alencar, R.; Peregrino, L.; Junior, F. (2005), Analise comparativa dos resultados de cultivos do *Litopenaeus vannamei* em berçários intensivos utilizando ração e biomassa de Artemia e apenas ração. *Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão*, ano 7, n. 1, p. 68-69.

Robinson, C. B.; Samocha, T. M.; Fox, J. M.; Gandy, R. L.; Mckee, D. A. (2005), The use of inert artificial commercial food sources as replacements of tradicional live food items in culture of larval shrimp, *Farfantepenaeus azteus*. *Aquaculture*, **245**, 135-147.

Silva-Neto, J. F.; Torres, V. M.; Lima, P. W. C.; Farias, W. R. L. (2008), Cultivo experimental de pós-larvas do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* submetidas a três estratégias de alimentação. *Revista Ciência Agronômica*, **39**, 3, 410-415.

Thlusty, M. F.; Fiore, D. R.; Goldestein, J. S. (2005), Use of formulated diets as replacements for artemia in the rearing of juvenile american lobsters (*Homarus americanus*). *Aquaculture*, **250**, 781-795.

Zarrouk, C. Contribution à l'étude d'une cyanophycée: influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch et Gardner) Geitler. 1966. Theses (Ph. D.), Doctorate in Science, Université des Paris, **1966**.

ARTIGO 2

SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA DE PEIXE PELA *Spirulina platensis* LIOFILIZADA EM DIETAS PARA PÓS-LARVAS DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei*

REPLACEMENT OF FISHMEAL BY *Spirulina platensis* LYOPHILIZED IN DIETS FOR POST-LARVAE OF MARINE SHRIMP *Litopenaeus vannamei*

Ruth Gomes de Figueiredo GADELHA ^{1*}, João Andrade da SILVA

^{1,2} Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciência e Tecnologia (CT), Campus I, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Cidade Universitária CEP 58051-900, João Pessoa, PB, Brasil. E-mail: ruthgomesgadelha@gmail.com

Resumo - Os altos preços dos ingredientes proteicos, assim como sua demanda, tem ocasionado uma necessidade cada vez maior de garantir os requerimentos nutricionais dos animais com recursos nacionais que proporcionem uma fonte de proteína de baixo custo. O objetivo desta pesquisa foi avaliar diferentes quantidades de *Spirulina platensis* liofilizada (SPL), em substituição à farinha de peixe (FP) como fonte de proteína em dietas experimentais para pós-larvas do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. Foram formuladas quatro dietas experimentais com quantidades diferentes de *Spirulina platensis* liofilizada (SPL) em substituição da proteína da farinha de peixe (FP): R1(0% de farinha de peixe), R2(25% de farinha de peixe), R3(50% de farinha de peixe) e R4 (100% de farinha de peixe), todas isoproteicas (40%) e isocalóricas (3.200 Kcal) que em conjunto com a ração comercial (RC) foram fornecidas às pós-larvas em quatro refeições diárias *ad libitum* durante 30 dias. O delineamento foi inteiramente casualizado constituído de quatro tratamentos com três repetições cada, distribuídas aleatoriamente cinco pós-larvas/tratamento com peso médio de $0,74 \pm 0,11$ g, em aquários com aeração permanente. Realizou-se a cada 15 dias amostragens, determinando: (GP) ganho de peso, (PF) peso final, (CF) comprimento final, (TCE) taxa de crescimento específico, (CA) conversão alimentar e (S) sobrevivência. Ao final do experimento comparou-se entre si os resultados de cada parâmetro mediante ANOVA com um nível de significância de 5%, não demonstrando diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as variáveis de água e de crescimento, indicando uma melhor eficiência da *Spirulina platensis* em todas as dietas. A farinha de peixe pode ser substituída em até 25% na elaboração de dietas para a alimentação de pós-larvas como ingrediente alternativo nutritivo para o bom desempenho dos animais.

Palavras-chave: proteína, nutrição, formulação de rações, camarão, ingredientes.

Abstract - The high prices of protein ingredients, as well as its demand has resulted in an increasing need to ensure the nutritional requirements of animals with national resources that provide a source of low cost protein. The objective of this research was to evaluate different amounts of lyophilized cyanobacteria (SPL), replacing fishmeal (FP) as a protein source in diets for post-larvae of marine shrimp *Litopenaeus vannamei*. Four experimental diets were formulated with different amounts of freeze-dried *Spirulina platensis* (SPL) in protein replacement of fishmeal (PF): R1 (0% fishmeal), R2 (25% fishmeal), R3 (50 % fishmeal) and R4 (100% fishmeal), each isoproteic (40%) and isoenergetic (3,200 kcal) that in conjunction with commercial diet (CR) were fed to larvae after four daily meals *ad libitum* for 30 days. The completely randomized design consisting of four treatments with three replicates each, five randomly post larvae/treatment with average weight of $0.74 \text{ g} \pm 0.11$, in tanks with continuous aeration. Was performed every 15 days sampling, determining: (GP) weight gain, (FP) Final weight (CF) final length (TEC) specific growth rate (CA) and feed conversion (S) survival. At the end of the experiment compared to each other the results of each parameter by ANOVA with a significance level of 5%, showing no significant differences ($p > 0.05$) among the variables of water and growth, indicating better efficiency of *Spirulina platensis* in all diets. Fishmeal can be replaced by up to 25% in the preparation of diets for feeding post-larvae as alternative nutritional ingredient for good animal performance.

Keywords: protein, nutrition, feed formulation, shrimp, ingredients.

INTRODUÇÃO

A aquicultura segue crescendo mais rapidamente do que qualquer outro setor de produção de alimento de origem animal e em ritmo maior que o aumento da população mundial (FAO, 2010). Dentre os setores que a compõe, a carcinicultura tem se apresentado como uma importante atividade nas regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo, se destacando nas últimas décadas com um percentual de 45% na produção de camarão (NATORI et al., 2011). Mais de 60% do cultivo de crustáceos no mundo é feito mediante o uso de rações balanceadas para alimentação, sendo este insumo responsável por mais de 70% dos custos de produção apresentando uma demanda de 37 milhões de toneladas em 2010 destinada ao cultivo de peixes, camarões e salmonídeos. Estima-se que em 2020, este valor chegará a 75% (NUNES & SÁ, 2010).

Nas dietas de camarões *peneídeos*, a farinha de peixe constitui-se como principal ingrediente proteico, principalmente por ser rica em aminoácidos essenciais e ácidos graxos insaturados (HUFA n-3), essenciais para o ótimo desenvolvimento dos camarões. Quando de alta qualidade, é produzida da captura dos peixes marinhos pelágicos, como a anchoveta, arenque, savelha e pescada branca, causando assim a depleção de alguns estoques pesqueiros (SUÁREZ et al., 2009). Apesar da estabilização produtiva, sua dependência como ingrediente para dietas continua aumentando junto às taxas de crescimento da aquicultura, ocasionando um custo elevado tornando-o um recurso limitado e finito (HARDY, 2010).

Diante deste cenário pesquisadores tem explorado o uso de plantas e subprodutos em busca de ingredientes protéicos alternativos de baixo custo, sustentáveis e com características nutricionais adequadas para a substituição da farinha de peixe em cultivos de camarão (SALZE et al, 2010). Entretanto, muitos desses produtos apresentam resultados contraditórios ao apresentarem algumas limitações do ponto de vista nutricional, tais como deficiência de aminoácidos essenciais, especialmente lisina e metionina, presença de fatores antinutricionais e possíveis contaminações microbianas (FRANCIS et al., 2001). Entre as muitas alternativas proteicas, a microalga *Spirulina platensis* tem se destacado como um organismo unicelular com elevado potencial proteico, tendo como fator qualitativo uma proteína completa, com todos os aminoácidos essenciais e não essenciais necessários à dieta de qualquer organismo aquático, além de apresentar elevada taxa de produção (BEZERRA et al., 2010). Segundo Coverti et al., (2006) pequenas quantidades na dieta de animais produz efeitos significativos sobre o crescimento, fisiologia, estresse, resistência a enfermidades, bem como na qualidade da carne em termos de gordura e coloração.

Por essas razões, o objetivo desta pesquisa foi investigar a possibilidade de se utilizar a *Spirulina platensis* como substituta da farinha de peixe em diferentes percentuais em rações para pós-larvas de *Litopenaeus vannamei*, considerando os parâmetros zootécnicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Unidades e delineamento experimental

O experimento foi realizado no Núcleo de Pesquisa e Processamento de Alimentos (NUPPA), núcleo externo do Campus V da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em João Pessoa. As pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* com peso médio de 0,008g (PL₁₀) foram adquiridas de laboratório especializado (Aquatec-Canguaretama, RN, Brasil), sendo mantidas em aquário de vidro com volume útil de 20 litros e aeração constante por um período de 10 dias sendo alimentadas durante este período com *náuplios de artemia* com refeições diárias (cinco vezes) ao dia até obtenção de peso adequado para o experimento ($0,74 \pm 0,11$ g).

O delineamento foi inteiramente ao acaso constituído de quatro tratamentos com três repetições cada, sendo distribuídas aleatoriamente cinco pós-larvas/tratamento, em vinte aquários retangulares de com volume útil de 30L com água bombeada do mar diluída com água potável sem cloro proveniente do fornecimento urbano até obtenção da salinidade desejada (2,5‰). Após o período de aclimação, foram aplicadas as diferentes rações formuladas e uma ração comercial utilizada como controle *ad libitum* seis vezes ao dia possibilitando, desse modo, a saciedade e evitando a disputa por ração.

Formulação e elaboração das rações

Para formulação das dietas foi utilizado um *software* específico (CRAC versão 4.0), visando atender os requerimentos nutricionais do camarão *Litopenaeus vannamei*, sendo elaboradas quatro rações experimentais isoprotéica (40% de proteína bruta) e isoenergética (3200kcal de ED kg⁻¹) com diferentes quantidades de *S. platensis* liofilizada substituindo a proteína da farinha de peixe R1(0% de farinha de peixe), R2(25% de farinha de peixe), R3(50% de farinha de peixe); R4(100% farinha de peixe) submetidas ao processo de peletização, utilizando como controle uma ração comercial (RC) (Tabela 1).

As dietas experimentais foram elaboradas utilizando uma batedeira planetária industrial, misturando todos os ingredientes com água (60°C) até a formação de uma massa umedecida consistente, sendo levada a um moedor de carne manual para formação de pellets com 2 mm de diâmetro. Os pellets foram secos em estufa com circulação de ar forçada, a 80°C durante 24 horas e armazenados em sacos de papel à temperatura ambiente.

Tabela 1 : Formulação das rações experimentais com diferentes quantidades de *S. platensis* liofilizada

Ingredientes (%)	R1	R2	R3	R4	
Farinha de peixe	0	18,3	36,6	73,3	
<i>Spirulina</i> liofilizada	77,2	57,9	38,6	0	
Fécula de mandioca	6,7	6,0	7,0	8,0	
Farinha de milho	5,0	4,2	3,8	3,6	
Farinha de trigo	0,0	1,2	2,4	3,4	
Óleo de soja	2,5	3,0	2,5	3,5	
Farinha de soja	2,5	3,4	3,6	3,5	
Calcário calcítico	4,6	4,5	4,0	3,2	
Premix	1,0	1,0	1,0	1,0	
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5	
Composição química (%)	R1	R2	R3	R4	RC
Proteína bruta	40,2	40,7	40,5	40,3	40,0
Lipídeos	7,5	7,2	7,0	6,8	7,5
Umidade	10,2	10,4	10,0	10,1	10,0
Cinzas	9,0	10,1	10,0	9,2	13,0
Energia digerível(Kcal)	3.012	3.211	3.266	3.313	-

*RC – ração comercial

As biometrias (peso e comprimento) foram realizadas no início, após 15 dias e ao final do experimento (30 dias) sendo determinados os indicadores de desempenho zootécnico *Peso final* (peso final – peso inicial), *Taxa de sobrevivência* (n° final de camarões / n° inicial de camarões) x 100; *Ganho de peso* (peso médio final – peso médio inicial); *Taxa de conversão alimentar* (ração / ganho de peso total) foram calculados para verificar os efeitos das dietas no desempenho dos camarões.

Análise da água

Os parâmetros físicos e químicos da água foram determinados semanalmente no Laboratório de Ciência de Alimentos – LACA, sendo coletada amostras pela manhã. O oxigênio dissolvido e a temperatura foram determinados com auxílio de oxímetro digital (QUIMIS-Q758P), pH por um potenciômetro digital (QUIMIS) de bancada e a salinidade por um refratômetro portátil (modelo BR11 de 0 a 3,5‰). A qualidade da água foi mantida por

renovações diárias de 10% do volume de cada aquário, fazendo o sifonamento a cada dois dias dos dejetos e restos alimentares.

Análises dos dados

As variáveis de crescimento dos camarões e os parâmetros de qualidade da água foram analisados utilizando uma análise de variância (ANOVA), para determinar o efeito dos níveis de substituição da proteína e a influência dos tratamentos ao nível de significância de 5%. Nos casos em que houve diferença significativa, o teste de Tukey foi aplicado para comparação das médias, ao nível de significância de 5% utilizando o software Statistica R versão 3.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição química das rações

A Tabela 1 apresenta a composição química das rações não mostrando grandes variações, confirmando os valores nutricionais requeridos pelo *L. vannamei* nesta fase de seu desenvolvimento (CUZON et al., 2004). Para o percentual proteico foi recomendado por Nunes; Sá (2010) valor igual ou superior a 40% em dietas para espécies onívoras de camarão na fase berçário, estando este valor relacionado a fatores como digestibilidade e palatabilidade dos ingredientes utilizados nas dietas, balanço de aminoácidos e fatores ambientais (MARTINEZ-CORDOVA, 2002). Lage et al., (2008) utilizou rações contendo 40% de proteína em pós-larvas desta espécie obtendo êxito no desempenho de crescimento e sobrevivência dos animais.

A umidade apresentou valores abaixo de 13% conforme recomendado por Cuzon e Guillaume (1997) para não comprometer a qualidade proteica e vida de prateleira das rações. Os teores de lipídios nas rações variou de 6,8 a 7,5% sendo indicado por Gonzalez-Félix et al., (2002) valores de 6 a 7,5% sem exceder os 10% para esta espécie de camarão evitando a redução no crescimento e aumento na mortalidade. Velasco et al. (2000) obtiveram bons resultados em crescimento nas pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* com teor de 3% em rações formuladas, enquanto que Shuyan et al., (2009) utilizaram o teor de 7,5% em ração para o camarão marinho substituindo a farinha de peixe em até 70%.

O teor de resíduo mineral fixo nas rações apresentou variação de 9 a 10,1% estando compatível aos valores exigidos para rações na fase de pós-larvas do *Litopenaeus vannamei* estando compatível aos valores fornecidos pelos fabricantes de rações (8 a 12%). Valores

semelhantes foram encontrados por Silva (2005) ao formular rações com macroalgas destinadas ao arrojamento desta espécie. O nível energético das rações foram mantidos em torno de 3.200 Kcal/kg ficando dentro do requerido pelo camarão marinho (3.200 a 3.840 Mcal/Kg) sendo favoráveis no desempenho do animal (SENA & NUNES, 2006). Segundo Rosas et al., (2001), o camarão tem capacidade de aceitar diferentes concentrações da relação proteína/energia, devido aos seus baixos requerimentos energéticos e aceitação de altas quantidades de carboidratos na dieta, que serão posteriormente utilizados como reserva.

Qualidade da água

A variação nos níveis de redução da farinha de peixe nas dietas não interferiu na qualidade da água do sistema, não sendo verificada diferença significativa entre os tratamentos, se mantendo os parâmetros físicos (temperatura) e químicos (pH e oxigênio dissolvido) nos limites adequados para o crescimento do *Litopenaeus vannamei* (Tabela 2). A salinidade foi mantida a 2,5‰ em todos os aquários sendo considerada ideal para o crescimento desta espécie (SANTOS et al., 2009).

Resultados semelhantes ao deste experimento foram encontrados por Silva-Neto et al., (2008) e Lage et al., (2008) ao criarem pós-larvas do camarão *L. vannamei* utilizando a microalga *Spirulina platensis* como dieta alimentar.

Tabela 2. Médias $\pm$ Desvio padrão dos parâmetros físico e químicos da água de cultivo das pós-larvas alimentadas com as diferentes dietas.

Dietas	Temperatura (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH
R1	27,74 $\pm$ 0,38 ^a	6,62 $\pm$ 0,22 ^a	7,56 $\pm$ 0,32 ^a
R2	27,66 $\pm$ 0,31 ^a	6,48 $\pm$ 0,16 ^a	7,68 $\pm$ 0,04 ^a
R3	27,96 $\pm$ 0,41 ^a	6,22 $\pm$ 0,25 ^a	7,80 $\pm$ 0,06 ^a
R4	27,86 $\pm$ 0,56 ^a	6,40 $\pm$ 0,12 ^a	7,50 $\pm$ 0,25 ^a
*RC	28,04 $\pm$ 0,48 ^a	6,44 $\pm$ 0,11 ^a	7,52 $\pm$ 0,19 ^a

Letras na mesma coluna não diferem estatisticamente ($p > 0,05$). *RC (ração comercial).

Desempenho zootécnico

A análise de variância nos tratamentos demonstrou efeito significativo na substituição crescente da farinha de peixe pela *Spirulina platensis* liofilizada, mostrando que em todos os parâmetros de crescimento os animais não apresentaram efeito negativo (Tabela 4), entretanto foi verificado os melhores resultados na redução em até 25% quando comparadas a ração comercial. De acordo com De Lara Andrade et al., (2005) o desempenho em crescimento nos animais pode estar associado ao elevado teor de proteína e perfil de aminoácidos presente na *Spirulina platensis*, que se apresenta de forma semelhança ao da farinha de peixe,

proporcionando melhor palatabilidade e digestibilidade em rações para espécies de peixes e camarões, estando entretanto sua composição química pode variar conforme as condições de cultivo.

Isto corrobora com o demonstrado por Jaime-Ceballos et al., (2007) ao substituir 25% da proteína marinha pela *Spirulina platensis* na criação de pós-larvas do *Litopenaeus schmitti*, sendo observadas elevadas taxas de crescimento e sobrevivência. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva-Neto et al., (2012), ao criarem pós-larvas do camarão *Litopenaeus vannamei* encontrando bons resultados no crescimento em peso e comprimento, e uma sobrevivência de 85% quando a dieta teve redução da farinha de peixe em até 25%.

Já Rincón et al., (2012) ao reduzir a farinha de peixe em 30% substituindo pela *S. platensis* em cultivo de alevinos de tilápia vermelha, obtiveram um desempenho satisfatório em crescimento e sobrevivência, e uma elevada conversão alimentar, entretanto Hanel et al., (2007) ao substituir parcialmente a farinha de peixe em dietas para *Litopenaeus vannamei* em rações contendo 10% da *Spirulina platensis* obtiveram excelentes resultados no crescimento e sobrevivência dos animais.

Tabela 3. Parâmetros zootécnicos dos camarões alimentados com dietas experimentais.

Dietas	Peso final (g)	Comprimento final (cm)	Ganho de peso (g)	Conversão Alimentar	Sobrevivência (%)
R1(0%)	2,53±0,31 ^b	7,30±0,30 ^{ab}	1,76±0,35 ^{ab}	0,67 ^{ab}	86,8 ^b
R2(25%)	2,71±0,26 ^{ab}	7,36±0,37 ^{ab}	1,93±0,25 ^{ab}	0,63 ^{ab}	95 ^a
R3(50%)	2,66±0,28 ^{ab}	7,32±0,32 ^{ab}	1,90±0,29 ^{ab}	0,63 ^{ab}	90 ^a
R4(100%)	2,32±0,25 ^b	7,24±0,25 ^b	1,58±0,26 ^b	0,75 ^a	93 ^a
*RC	2,80±0,37 ^a	7,88±0,67 ^a	2,05±0,43 ^a	0,58 ^b	85 ^b

Letras na mesma coluna não diferem estatisticamente (P>0,05). *Ração comercial.

CONCLUSÃO

É possível utilizar a microalga *Spirulina platensis* em dietas alternativas na criação de pós-larvas do *L. vannamei* reduzindo os níveis de farinha em até 25% sem comprometer os índices zootécnicos do camarão e a qualidade da água, visto que pode representar para a criação do camarão uma alternativa viável e sustentável com grande potencial na redução a pressão sobre os estoques pesqueiros naturais, buscando seguir uma linha de criação cada vez mais ecológico para a aquicultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMAYA, E. A.; DAVIS, D. A. ; ROUSE, D. B. Replacement of fishmeal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. **Aquaculture**, v.262, n. 3, p. 393-401, 2007.

BEZERRA, L. R.; SILVA, A. M. A.; AZEVEDO, S. A.; MENDES, R. S.; MANGUEIRA, J. M.; GOMES, A. K. A. Desempenho de Cordeiros Santa Inês submetidos a aleitamento artificial enriquecido com *Spirulina platensis*. **Revista Brasileira de Ciências Animais**, Goiânia – GO, v.11, nº 2, p. 258-263, 2010.

COVERTI, A.; LODI, A.; DEL BORGHI, A.; SOLISIO, C. Cultivation of *Spirulina platensis* in a combined airlift-tubular reactor system. **Biochemical Engineering Journal**, v. 32, p. 13-18, 2006.

CUZON, G.; LAWRENCE, A.; GAXIOLA, G.; ROSAS, C.; GUILLAUME, J. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 235, n. 1-4, p. 513-551, 2004.

CUZON, G.; GUILLAUME, J. Energy and protein: Energy ratios. In: D'ABRAMO, L. R.; CONKLIN, D. E.; AKIYAMA, B. M. Crustacean Nutrition. **Advances in World Aquaculture**, Baton Rouge, World Aquaculture Society, v.6, p. 51-70, 1997.

DE LARA ANDRADE, R.; BARRETA, T. C.; MEJÍA, J. C.; MEJÍA, G. C.; SANCHEZ, A. M.; CASTILLO, V. G. La importância de *Spirulina* em la alimentación acuícola. **Contactos**, v. 57, p. 13-16, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2010). **The state of World Fisheries and Aquaculture**. Fisheries and Aquaculture Department, Rome, 218 pp.

FRANCIS, G.; MALKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, n. 3-4, p. 197-227, 2001.

GONZÁLEZ-FÉLIX, M. L.; LAWRENCE, A. L.; GATLIN, D. M.; PEREZVELAZQUEZ, 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.

HANEL, R.; BROEKMAN, D.; GRAAF, S.; SCHNACK, D. Partial Replacement of Fishmeal by Lyophilized Powder of the Microalgae *Spirulina platensis* in Pacific White Shrimp Diets. **The Open Marine Biology Journal**, v.1, n. 1-5, p. 1874 – 4508, 2007.

HARDY R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 5, p. 770-776, 2010.

JAIME-CEBALLOS B., CERECEDO R. C. VILLARREAL H., LOPEZ J. G.; PEREZ-JAR L. Uso de la harina de *Spirulina platensis* como atrayente en el alimento para el camarón *Litopenaeus schmitti*. **Hidrobiologica**. v. 17, n. 2, p.113-117, 2007.

LAGE, L. P. A.; QUEIROZ, R. V.; MOREIRA, R. T.; MOREIRA, R. L.; ARAÚJO, G. S.; FARIAS, W. R. L. Avaliação do desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* na fase de pós-larvas, alimentados com ração comercial enriquecida com *Spirulina platensis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2008, Fortaleza. **Resumos...**Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2008. 53f.

MARTINEZ-CORDOVA, L.R.; CAMPANA-TORRES, A.; PROCHAS-CORNEJO, M.A. The effects of variation in feed protein level on the culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) in low-water exchange experimental ponds. **Aquaculture research**, v.33, p.995-998, 2002.

NATORI, M. M.; SUSSEL, F. R.; SANTOS, E. C. B.; PREVIERO, T. C; MACEDO, E. M.; VIEGAS, E. M. M; GAMEIRO, A. H. Desenvolvimento da Carcinicultura Marinha no Brasil e no Mundo: Avanços Tecnológicos e Desafios. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 41, n. 2, 2011.

NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; ANDRIOLA-NETO, F. F.; LEMOS, D. Behavioral responses to selected feed attractants and stimulants in pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*, **Aquaculture**, v. 260, n. 1-4, p. 244-254, 2006.

RINCÓN, D. D.; VELÁSQUEZ, H. A.; DÁVILA, M. J.; SEMPRUN, A. M.; MORALES, E. D.; HERNÁNDEZ, J. L. Substitution levels of fish meal by *Arthrospira* (*Spirulina*) meal in

experimental diets for red tilapia fingerlings (*Oreochromis sp.*). **Revista Colombiana Ciências Pecuária**, v. 25, n. 3, p. 430-437, 2012.

ROSAS, C.; CUZON, G.; TABOADA, G.; PASCUAL, C.; GAXIOLA, G.; WORMHOUDT, A. V. Effect of dietary protein and anergy levels on growth, oxygen consumption, haemolymph and digestive gland carbohydrates, nitrogen excretion and osmotic pressure of *Litopenaeus vannamei* (Boone) and *L. setiferus* (Linne) juveniles (Crustacea, Decapoda; Penaeidae). **Aquaculture Research**. v. 32, n. 7, p. 531, 2001.

SALZE, G., MCLEAN, E., BATTLE, P.R., SCHWARZ, M.H., CRAIG, S.R., 2010. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fishmeal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 298, n. 3-4, p. 294-299. 2010.

SANTOS, C. H.; LOURENÇO, R. B. B.; IGARASH, M. A. Crescimento e sobrevivência do camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei* em diferentes salinidades. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n.3, p. 783-789, 2009.

SENA, R. F.; NUNES, M. L. Utilização de resíduos agroindustriais no processamento de rações para carcinicultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 7, n. 2, p. 94-102, 2006.

SILVA, R. L. **Utilização de macroalgas marinhas arribadas em dietas para o camarão marinho *Litopenaeus vannamei***. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural, Recife, 2005, 51f.

SILVA-NETO, J. F.; TORRES, W. M.; LIMA, P.W.C.; FARIAS, W.R.L. Cultivo experimental de pós-larvas do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* submetidas a três estratégias de alimentação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 410-415, 2008.

SILVA-NETO, J. F.; NUNES, A. J. P.; SABRY-NETO, H.; SÁ CARMO, M. V. *Spirulina* meal has acted as a strong feeding attractant for *Litopenaeus vannamei* at a very low dietary inclusion level. **Aquaculture Research**, v. 43, n. 3, p. 430-437, 2012.

SHUYAN, C.; BEIPING, T.; KANGSEN, M.; SHIXUAN, Z. Growth and feed efficiency of juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* fed formulated diets containing different levels of poultry by-product meal. **Journal of Ocean University China**, v. 8, n. 4, p. 399-403, 2009.

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, n. 1-2, p. 118–123, 2009.

VELASCO, M.; LAWRENCE, A. L.; OBALDO, L. G. Determining optimal dietary protein level for *Litopenaeus vannamei* postlarvae. **The Global Advocate**. v. 3, n. 6, 2000.

ARTIGO 3

Efeito da *Spirulina platensis* sobre o desempenho produtivo do camarão *Litopenaeus vannamei*

Ruth Gomes de Figueiredo GADELHA ^{1*}, João Andrade da SILVA²

^{1, 2} Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciência e Tecnologia (CT), Campus I, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Cidade Universitária CEP 58051-900, João Pessoa, PB, Brasil. E-mail: ruthgomesgadelha@gmail.com

RESUMO – A suplementação alimentar com a *S. platensis* tem mostrado nas pesquisas excelentes resultados em crescimento quando utilizada como fonte alimentar nos animais aquáticos. Diante disso, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da *Spirulina platensis* com diferentes percentuais em dietas no desempenho produtivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. Foram elaboradas cinco dietas experimentais (0%, 10%, 20%, 30% e 40%) todas isoproteicas (35%) e isoenergéticas (3400kcal) testadas em um delineamento inteiramente casualizado constando de cinco tratamentos e três repetições. Foram utilizados juvenis com peso inicial de 1,42g alimentados durante 45 dias, *ad libitum*, três vezes ao dia com as rações experimentais e uma ração comercial com mesmo percentual de proteína. A análise de variância demonstrou efeito significativo entre os tratamentos em peso final, ganho de peso e sobrevivência, apresentando um crescimento nos valores ao elevar o percentual de *S. platensis* nas rações, entretanto ao se comparar a ração controle, observa-se valores próximos na ração contendo 40%, apesar de inferiores, demonstrando um melhor perfil de aminoácidos no camarão e proporcionando melhor desempenho produtivo dentre as rações.

Palavras-chave: camarão, dietas, *Spirulina platensis*, suplementação.

Autor para correspondência. Email: ruthgomesgadelha66@gmail.com +83 99935697

INTRODUÇÃO

A aquicultura tem sido considerada um dos caminhos mais eficientes para a redução do déficit entre a demanda e a oferta de pescado em várias regiões do mundo. Neste contexto a carcinicultura vem se destacando como principal segmento pelo seu ritmo acelerado e sua alta produtividade (MPA, 2010). No Brasil apesar de recente, está atividade se encontra em franco crescimento ganhando destaque principalmente na região Nordeste com elevadas produções nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará obtidas pelo desempenho do principal peneídeo cultivado o *Litopenaeus vannamei* (NATORI et al., 2011). Todavia, nos sistemas de cultivos a alimentação continua sendo o principal entrave nos custos de produção, representando em torno de 60%, sendo a proteína o nutriente mais importante e dispendioso nas dietas formuladas (TEIXEIRA et al., 2011).

Em função deste cenário diversas pesquisas vêm utilizando uma grande variedade de ingredientes já testados mundialmente como fonte proteica na ração para espécies aquáticas. Entretanto, para o camarão, a proporção tem sido menor devido à aplicação limitada dos resultados em face de diversidade de condições experimentais e falta de caracterização nutricional dos ingredientes (GLENCROSS, 2006), visto que, a fonte proteica exige determinados requisitos entre eles, o baixo potencial poluidor, aspectos nutricionais desejáveis como alto teor de proteínas, perfil de aminoácidos favorável, alta digestibilidade e palatabilidade aceitável (GATLIN et al., 2007).

Muitas espécies de microalgas tem sido produzidas em larga escala comercial contribuindo para o desenvolvimento da aquicultura, estando sua aplicação associada à nutrição, podendo ser utilizadas diretamente na forma seca ou frescas (como componente único da dieta ou como aditivo a nutrientes básicos) no consumo de moluscos e camarões *peneídeos* ou indiretamente como alimento de presas vivas na alimentação de peixes (LOURENÇO, 2006) na produção de energia e na obtenção de compostos nutritivos, visto que estas apresentam um metabolismo muito ativo e baixo custo de produção por crescer sob condições simples (DERNER, 2006). Seu crescimento pode ser otimizado em função da temperatura, intensidade de radiação, salinidade, agitação, concentração e natureza dos nutrientes em condições de laboratório (LOURENÇO, 2006).

Entre as microalgas já utilizadas na aquicultura a *Spirulina platensis* tem se destacado pelo grande potencial nutricional de proteínas, vitaminas, ácidos graxos poliinsaturados, além de uma mistura natural de biopigmentos, com poderes funcionais

(NIU et al., 2007) que tem sido empregada na alimentação de vários animais aquáticos na maioria peixes, trazendo efeitos significativos sobre o crescimento, sobrevivência, sistema imunológico e na coloração após sua ingestão (MOREIRA et al., 2010; MOREIRA et al., 2011; COVERTI et al., 2006).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência da *Spirulina platensis* com diferentes concentrações em rações no desempenho produtivo do camarão *L. vannamei* e o perfil de aminoácido.

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento experimental e povoamento

O experimento foi realizado nas instalações do Núcleo de Pesquisa e Processamento de Alimentos (NUPPA) da Universidade Federal da Paraíba- UFPB, em João Pessoa com duração de 45 dias. Foram empregadas caixas de polietileno com capacidade de 30L em sistema aberto com aeração constante e iluminação artificial com fotoperíodo de 12 horas. O delineamento foi inteiramente casualizado constituído por cinco tratamentos com três repetições. Os juvenis do *Litopenaeus vannamei* foram adquiridos de uma fazenda de cultivo localizado no município de Livramento, com peso médio de $1,42 \pm 0,23$ g sendo aclimatizados durante dois dias diminuindo gradativamente a salinidade para 2,5‰ sendo distribuídos nos seus respectivos tratamentos na densidade de 10 camarões/ tratamento.

Formulação e elaboração das dietas

Foram formuladas cinco rações isoprotéicas (35% de proteína bruta) e isoenergéticas (3.400kcal de ED kg⁻¹) utilizando um software específico (CRAC versão 4.0) com diferentes percentuais da microalga *Spirulina platensis* liofilizada (SPLF): R (0%), R (10%), R (20%), R (30%) e R (40%) submetidas ao processo de peletização, onde os ingredientes secos foram triturados, pesados e misturados em batedeira planetária industrial com o complemento vitamínico (premix) e óleo de soja, adicionando água a 60°C até a formação de uma massa umedecida consistente. A mistura foi introduzida em moedor de carne manual para formação de pellets de diâmetro 2 mm sendo posteriormente secos em estufa com circulação de ar forçada, a 80°C durante 24 horas e armazenados em sacos de papel à temperatura ambiente (Tabela 1).

Alimentação

As rações experimentais foram oferecidas três vezes ao dia *ad libitum* até a saciedade dos camarões e para efeito comparativo foi utilizada uma ração comercial (RC) contendo 35% de proteína bruta. O sifonamento era realizado a cada dois dias para retirada dos restos de ração e fezes sendo em seguida retirada amostras da água para mensuração dos parâmetros físicos e químicos da água.

Tabela 1. Formulação das rações e composição química das rações experimentais.

Ingredientes (%)	R0	R10	R20	R30	R40	
<i>Spirulina</i> liofilizada	0	5,2	10,3	15,3	20,7	
Farinha de peixe	25,0	23,0	20,0	17,0	16,9	
Fécula de mandioca	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Farinha de milho	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	
Óleo de soja	4,0	4,0	4,0	3,5	3,5	
Sabugo de milho	5,0	4,0	4,0	3,5	3,5	
Farinha de soja	21,5	21,3	20,0	20,0	18,0	
Farinha de sangue	15,0	14,0	13,2	12,0	9,4	
Premix	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Composição química (%)	R1	R2	R3	R4	R40	RC
Proteína bruta	35,2	35,9	35,8	35,9	35,8	35,0
Lipídeos	6,9	7,1	7,3	6,8	6,7	7,5
Umidade	10,4	11,8	11,7	11,3	11,6	10,0
Cinzas	12,3	11,3	11,5	12,0	11,8	13,0
Energia (Kcal)	3.3228	3.3088	3.2967	3.3035	3.3142	-

*RC (Ração comercial).

Análises físicas e químicas da água

As análises físicas e químicas da água foram realizadas durante todo o cultivo no Laboratório de Ciência de Alimentos - LACA, sendo realizada semanalmente a leitura do oxigênio dissolvido e temperatura por um oxímetro digital (QUIMIS-Q758P), pH por um potenciômetro digital de marca QUIMIS, ambos de bancada e duas vezes por semana a salinidade por um refratômetro modelo BR11 de 0 a 3,5‰. Para a qualidade da água foi

mantida renovações diárias de 10% do volume de cada aquário e com sifonamento eliminando os dejetos e restos alimentares.

Composição de aminoácidos do camarão cultivado

Os teores de aminoácidos do camarão cultivado foram determinados pela metodologia de White, Hart, e Fry (1986), em amostras previamente hidrolisada em ácido clorídrico bidestilado, seguida de derivação pré-coluna dos aminoácidos livres com fenilisotiocianato (PITC). A separação dos derivativos feniltiocarbamil-aminoácidos (PTC-aa) foi realizada em cromatografia líquida (VARIAN, Waters 2690, Califórnia, USA).

Desempenho do crescimento

Biometrias foram realizadas no início e a cada quinze dias para avaliação do desempenho de crescimento, calculados por: Taxa de sobrevivência (%) = $(N^{\circ} \text{ final de camarões} / N^{\circ} \text{ inicial de camarões}) \times 100$; Ganho de peso (%) = $(\text{média de peso final} - \text{média de peso inicial})$; TCE (% dia⁻¹) = $\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial} \times 100t$; Taxa de conversão alimentar = $(\text{consumo do alimento} / \text{ganho de peso})$.

Análise estatística

As variáveis de crescimento dos camarões e os parâmetros de qualidade da água foram analisados utilizando uma análise de variância (ANOVA), para determinar o efeito dos níveis de substituição da proteína e a influência dos tratamentos ao nível de significância de 5%. Nos casos em que houve diferença significativa, o teste de Tukey foi aplicado para comparação das médias, ao nível de significância de 5% utilizando o software de Statistica R versão 3.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição centesimal das dietas

A Tabela 1 mostra a composição química das rações experimentais com valores de proteína em torno de 35%, percentual considerado ideal para o desenvolvimento em crescimento na fase juvenil do camarão *L. vannamei* (RIVAS-VEGAS, et al., 2006); HOLME et al., 2009). Para a umidade foi observado valores abaixo de 13% comumente encontrados nas rações comerciais, considerado adequado na formulação de rações para

animais aquáticos, ao evitar a secagem excessiva e diminuição na qualidade proteica dos pellets (CUZON e GUILLAUME,1997).

Os valores de lipídeos variaram entre 6,7 a 7,1% estando de acordo com os exigidos por esta espécie nas rações (6 a 7,5%), segundo González-Félix et al., (2002) esses valores são considerados ideias para evitar a redução no crescimento e mortalidade dos camarões; nos valores de cinzas as rações apresentaram-se semelhantes aos valores mensurados nas rações comerciais com no máximo 13%, valor este observado por Melo (2003) quando analisaram rações comerciais destinadas ao arraçoamento de camarões.

Perfil de aminoácido nos camarões

Foi verificado na porção muscular do camarão *L. vannamei* um conteúdo distinto e elevado de alguns aminoácidos essenciais (Tabela 2) mostrando uma maior incidência dos aminoácidos considerados limitantes para a formulação de rações (arginina, metionina e lisina) nos camarões que se alimentaram com as rações contendo 10% e 40% de *Spirulina platensis*. No entanto, ao serem comparadas com a exigência muscular do camarão e a ração controle, verifica-se uma deficiência no conteúdo de metionina na ração com 10%, considerando que a deficiência em um ou mais aminoácidos podem comprometer a qualidade nutricional do camarão (FOX et al., 2006), podemos constatar que a ração contendo 40% proporcionou as melhores concentrações em aminoácidos para o músculo do camarão.

Tabela 2. Perfil de aminoácidos no músculo do camarão juvenil alimentado com dietas experimentais utilizando a *S. platensis* liofilizada.

EAA (%)	*Camarão	Tratamentos					
		R0	R10	R20	R30	R40	RC
Arginina	7,5	4,9	8,8	2,3	0,6	8,3	9,6
Fenilalanina	3,6	2,7	4,0	1,1	2,0	5,5	6,0
Histidina	1,9	1,4	2,1	1,5	1,2	5,6	3,0
Isoleucina	3,6	2,5	3,9	1,1	1,8	4,4	5,6
Leucina	6,5	3,7	5,9	1,8	2,9	6,1	6,2
Lisina	6,4	5,3	8,6	0,4	1,1	8,5	12,8
Metionina	2,6	1,6	2,2	0,4	1,2	2,8	3,5
Tirosina	5,4	2,0	3,3	0,8	1,6	4,3	4,2
Treonina	3,4	1,8	3,0	0,3	1,7	4,0	4,0
Valina	3,8	2,7	3,9	1,6	2,0	5,4	5,7

*Exigência do músculo do camarão (CUZON et al., 2004).

Segundo Holme et al., (2009), dietas que contenham aminoácidos em proporções próximas às existentes nos próprios músculos dos camarões, propiciam as melhores taxas

de crescimento e de sobrevivência durante os cultivos comerciais, não estando portanto a qualidade da ração obrigatoriamente relacionada à quantidade total de proteínas existentes na ração, mas de uma suplementação bem equilibrada de aminoácidos. De acordo com Di Lifetec co (2009) a *S. platensis* apresenta em sua composição, uma proteína completa contendo todos os aminoácidos essenciais e não essenciais.

Qualidade da água

Durante todo o período experimental, os parâmetros físico e químicos da água não variaram significativamente (Tabela 3) apresentando valores de temperatura entre 27,3 a 28,2°C, pH entre 7,5 e 7,7 e oxigênio dissolvido acima de 4mg/L se mantendo dentro do limite aceitável para o cultivo do *Litopenaeus vannamei*. A salinidade foi mantida a 2,5‰ considerada ideal para obtenção de um melhor crescimento, entretanto essa espécie pode adapta-se a salinidades menores de acordo com Boyd (2002).

Tabela 3. Médias $\pm$ Desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos da água de cultivo dos juvenis alimentados com diferentes dietas.

Dietas	pH	Oxigênio Dissolvido ((mg.L ⁻¹))	Temperatura (°C)
R0	7,75 $\pm$ 0,04 ^a	6,48 $\pm$ 0,19 ^a	28,26 $\pm$ 0,50 ^a
R10	7,67 $\pm$ 0,20 ^a	6,56 $\pm$ 0,10 ^a	28,00 $\pm$ 0,69 ^a
R20	7,65 $\pm$ 0,07 ^a	6,32 $\pm$ 0,18 ^a	27,80 $\pm$ 0,63 ^a
R30	7,73 $\pm$ 0,08 ^a	6,28 $\pm$ 0,26 ^a	27,32 $\pm$ 0,41 ^a
R40	7,78 $\pm$ 0,10 ^a	6,52 $\pm$ 0,11 ^a	28,22 $\pm$ 0,40 ^a
*RC	7,56 $\pm$ 0,04 ^a	6,24 $\pm$ 0,21 ^a	27,94 $\pm$ 0,26 ^a

*Ração comercial. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente (p>0,05).

Indicadores de desempenho zootécnico

A Tabela 4, mostra a crescente diferença significativa no desempenho produtivo do camarão à medida que se elevou o percentual de *S. platensis* nas rações, evidenciando um melhor resultado das rações suplementadas com 30% e 40%, entretanto ao serem comparadas à ração comercial observa-se melhores resultados na ração com a suplementação de 40%.

Diversos autores observaram resultados positivos no desempenho em crescimento com suplementação da *S. platensis* em dietas para algumas espécies de camarões. Jaime-Ceballos et al., (2007) relataram que o incremento de 25% desta microalga na dieta de pós-larvas do camarão *Litopenaeus schmitti* apresentou taxas de crescimento e sobrevivência elevadas. Ghaeni et al., (2011) ao utilizarem a *Spirulina platensis* na alimentação de camarões *Penaeus semisulcatus* obtiveram resultados superiores no crescimento em peso. Grande parte dos

pesquisadores vem utilizando esta microalga na alimentação de peixes entre eles as tilápias (GOMES et al., (2011), MOREIRA et al., (2011); UNGSTHAPHAND et al., (2010) relatando resultados com maior eficiência em ganho de peso e taxa de sobrevivência. Para Abedel-Tawwab e Ahmab (2009) esses efeitos positivos no crescimento são atribuídos a digestibilidade dos nutrientes e altos teores nutricionais presentes na *Spirulina platensis*.

A sobrevivência média dos camarões apresentou diferença significativa, não sendo os resultados influenciados pelo percentual da *S. platensis* nas rações, apresentando valores elevados, o que mostra os efeitos positivos desta microalga ao favorecer condições melhores no cultivo. Uma maior conversão alimentar foi observada na ração comercial, não sendo observada diferença significativas entre as rações suplementadas com a *Spirulina platensis*, apontando resultados satisfatórios segundo Boyd (1997) ao considerar valores de 0,9 a 1,5 como melhor consumo alimentar para a espécie em estudo. Silva-Neto (2010) ao avaliar a *S. platensis* como atrativo em dietas para o *L. vannamei*, observou uma melhor conversão alimentar nos animais, ao constatar que está microalga tem a capacidade de estimular o consumo alimentar nos animais mesmo com baixo teor de inclusão na dieta.

Tabela 4. Parâmetros zootécnicos dos juvenis *Litopenaeus vannamei* alimentados com dietas experimentais.

Suplementação	PF (g)	CF (cm)	GP (g)	TCA	TCE (dia ⁻¹)	S (%)
0	3,59 ± 0,25 ^d	8,49±0,51 ^b	2,17 ± 0,35 ^d	1,3 ^b	2,04 ± 0,37 ^c	85 ^d
10	3,72 ± 0,19 ^{cd}	8,60±0,51 ^b	2,29 ± 0,27 ^{cd}	1,1 ^b	2,13 ± 0,24 ^c	90 ^c
20	3,93 ± 0,33 ^{cd}	8,88±0,35 ^{ab}	2,49 ± 0,37 ^{cd}	1,3 ^b	2,22 ± 0,33 ^{bc}	85 ^d
30	4,07 ± 0,41 ^{bc}	8,91±0,62 ^{ab}	2,65 ± 0,50 ^{bc}	1,2 ^b	2,33 ± 0,48 ^{bc}	97 ^a
40	4,43 ± 0,37 ^b	8,97±0,37 ^{ab}	3,01 ± 0,43 ^b	1,2 ^b	2,51 ± 0,43 ^{ab}	96 ^{ab}
*RC	4,97 ± 0,52 ^a	9,25±0,25 ^a	3,53 ± 0,53 ^a	1,7 ^a	2,55 ± 0,41 ^a	95 ^b

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente (p>0,05). PF- Peso final, CF- Comprimento final, TCA- Taxa de conversão alimentar, TCE- Taxa de crescimento específico, S- Sobrevivência. * Ração comercial.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa, podemos concluir que a utilização da microalga *Spirulina platensis* no cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* demonstrou efeitos positivos na qualidade da água, bem como um suplemento alimentar ao proporcionar um maior incremento no crescimento em peso e comprimento, com elevada sobrevivência dos camarões em todos os tratamentos, entretanto no percentual de 40% observou-se um conteúdo do perfil de aminoácidos com resultados

mais expressivos no desempenho produtivo dos camarões. Sugere-se realizar em experimentos futuros a *S. platensis* como suplemento alimentar com percentuais maiores que o desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-TAWWAB, M.; HMAD, M.H.; 2009. Live Spirulina (*Arthrospira platensis*) as a growth and immunity promoter for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), challenged with pathogenic *Aeromonas hydrophila*. **Aquaculture Research**, v.40, n. 9, p.1037-1046, 2009.

BOYD, C. E. Pond bottom soil and water quality management for shrimp pond Aquaculture. Alabama: ASA, 1997. 55p.

BOYD, C. E. **Manejo da qualidade da água na aquicultura e no cultivo do camarão marinho**. Recife: ABCC, 2002. 200 p.

CONVERTI A, LODI A, DEL BORGHI A, SOLISIO C (2006) Cultivation of *Spirulina platensis* in a combined airlift-tubular system. **Biochem Engineering Journal**. v. 32, n. 1, p. 13-18, 2006.

CUZON, G.; GUILLAUME, J. Energy and protein: Energy ratios. In: D'ABRAMO, L. R.; CONKLIN, D. E.; AKIYAMA, B. M. Crustacean Nutrition. **Advances in World Aquaculture**. Baton Rouge, World Aquaculture Society, v.6, p. 51-70, 1997.

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.

DIC LIFETEC CO. LTD. **Nutritional elements contained in DIC Spirulina**. Disponível em: <<http://www.dlt-spl.co.jp/business/en/Spirulina/elements.html>> Acesso em: Nov. 2009.

DERNER, R. B. **Efeito de fontes de carbono no crescimento e na composição bioquímica das microalgas *Chaetoceros muellei* e *Thalassiosira fluviatilis*, com ênfase**

no teor de ácidos graxos poliinsaturados. (Doutorado) - Tese em Ciência de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2006, 83f.

FOX, J. M.; DAVIS, D. A.; WILSON, M.; LAWRENCE, A. L. Current Status of Amino Acid Requirement Research with Marine Penaeid Shrimp. *Nutrición Acuicola*. In; Editors; L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarrel Cavazos, Ana C. Puella Cruz y Armando García Ortega, *Avances en Nutrición Acuicola. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. 15-17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Monterrey, Nuevo León, México, 2006.

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

GHAENI M.; MATINFAR A.; SOLTANI M.; RABBANI M.; VOSOUGHI, A. Comparative effects of pure spirulina powder and other diets on larval growth and survival of green tiger shrimp, *Peneaus semisulcatus*. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v. 10, n. 2, p. 208-217, 2011.

GOMES, I.; CHAVES, H. F.; BARROS, R.; MOREIRA, L. R.; TEIXEIRA, E.G.; MOREIRA, A. G.; FARIAS, W. Dietary supplementation with *Spirulina platensis* increases growth and color of red tilapia. **Revista Colombiana Ciencias Pecuária** (online) 2012, v.25, n.3, p. 462- 471.

GONZÁLEZ-FÉLIX, M. L.; LAWRENCE, A. L.; GATLIN, D. M.; PEREZVELAZQUEZ, 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.

GLENCROSS, B. D. The nutritional management of barramundi, *Lates calcarifer* - a review. **Aquatic Nutrition**, v. 12, n.4, p. 291-309, 2006.

HOLME, M. H.; ZENG, C.; SOUTHGATE, P. C. A review of recent progress toward development of a formulated microbound diet for mud crab, *scylla serrata*, larvae and their nutritional requirements. **Aquaculture**. v. 286, n. 3-4, p. 164-175, 2009.

JAIME-CEBALLOS B., CERECEDO R. C. VILLARREAL H., LOPEZ J. G.; PEREZ-JAR L. Uso de la harina de *Spirulina platensis* como atrayente en el alimento para el camaron *Litopenaeus schmitti*. **Hidrobiologica**. v. 17, n. 2, p.113-117, 2007.

LOURENÇO, S. O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos: RIMA, 2006. 606p.

MELO, C. R. P. **Avaliação dos requerimentos lipídicos, vitamínicos e estimuladores de apetite, na engorda do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em tanques-rede**. 2003. 52f. (Dissertação) - Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba, João pessoa, 2003.

MOREIRA, R. L.; DA COSTA, J. M.; DE QUEIROZ, R. V.; DE MOURA, P. S.; FARIAS W. R. L. Utilização de *Spirulina platensis* como suplemento alimentar durante a reversão sexual de tilápia do Nilo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 134-141, 2010.

MOREIRA, R. L.; DA COSTA, J. M.; MOURA, P. S.; FARIAS W. R. L. Salinidade da água e suplementação alimentar com microalga marinha no crescimento e masculinização de *Oreochromis niloticus*, tilápia do Nilo. **Bioscience Journal**, v. 27, n.1, p.116-124, 2011.

MPA – MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA, Brasília-DF, Brasil. 100p. 2008-2009. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/#info-estatistica/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>. Acesso: dez 2011.

NATORI, M. M.; SUSSEL, F. R.; SANTOS, E. C. B.; PREVIERO, T. C; MACEDO, E. M.; VIEGAS, E. M. M; GAMEIRO, A. H. Desenvolvimento da Carcinicultura Marinha

no Brasil e no Mundo: Avanços Tecnológicos e Desafios. **Informações Econômicas**, SP, v. 41, n. 2, 2011.

NIU, JIAN-FENG; WANG, GUANG-CE; LIN, XIANG-ZHI; ZHOU, BAI-CHENG. Largescale recovery of C-phycocyanin from *Spirulina platensis* using expanded bed adsorption chromatography. **Journal of Chromatography Biomed.** v. 850, n. 1-2, p. 267-276, 2007.

RIVAS-VEGAS, M. E.; GOYTORTÚA-BORES, E.; EZEQUERRA-BRAVER, J.M; SALAZAR-GARCIA, M.G.; SUÁREZ-CRUZ, L. E.; NOLASCO, H.; CIVERA-CERECEDO, R. Nutritional value of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) meals as ingredients in diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). **Food Chemistry**. v. 97, n. 1, p. 41-49, 2006.

SILVA-NETO, J. F. **Farinha de *Spirulina* como aditivo atrato-palatabilizante em dietas balanceadas para o camarão marinho *Litopenaeus vannamei***. 2010.55f. (Dissertação) – Mestrado em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

TEIXEIRA, A. P.; GUERRELHAS, A. C. B. Cultivo intensivo: pode ser a solução para o aumento da produção da carcinicultura. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, RJ: SRG Gráfica e Editora Ltda, v. 21, n. 123, p. 52-57, 2011.

UNGSETHAPHAND T.; YUWADEE P.Y.; WHANGCHAI N.; SARDSUD, U. Effect of feeding *Spirulina platensis* on growth and carcass composition of hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*). **Manejo International Journal of Science and Technology**, v. 4, n. 2, p. 331-336, 2010.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. (1986). An evaluation of the Waters Pico-tag system for the amino-acid analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, 8, 170-177.

ARTIGO 4

Composição centesimal e teor de colesterol do camarão *Litopenaeus vannamei* submetidos às dietas com *Spirulina platensis*

Proximate composition and cholesterol levels of shrimp *Litopenaeus vannamei* fed diets with *Spirulina platensis*

Ruth Gomes de Figueiredo GADELHA ^{1*}, João Andrade da SILVA², Neiva Maria de ALMEIDA

^{1,2} Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciência e Tecnologia (CT), Campus I, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Cidade Universitária CEP 58051-900, João Pessoa, PB, Brasil. E-mail: ruthgomesgadelha@gmail.com *Autor para correspondência.

³ Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Campus III, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Cidade Universitária, CEP 58220-000, Bananeiras, Paraíba, Brasil.

Resumo – Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a composição centesimal dos camarões alimentados com dietas complementadas com diferentes níveis da microalga *Spirulina platensis* (0%, 10%, 20%, 30% e 40%) sendo isoproteicas e isoenergéticas e uma ração comercial utilizada como controle. Camarões juvenis da espécie *Litopenaeus vannamei* foram alimentado três vezes ao dia *ad libitum* durante 45 dias, utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado constituído de cinco dietas com três repetições. As análises foram realizadas na porção muscular do camarão após a retirada do cefalotórax e exoesqueleto. Foi observado nos resultados um maior teor de proteínas, com menor valor de lipídeos e colesterol nos camarões alimentados com 40% de inclusão da *S. platensis* na ração, mostrando viabilidade como alimento para espécie, sem comprometer a qualidade nutricional da carne para o consumo humano.

Palavras-chave: dietas, microalga, camarão, músculo.

Abstract - This research aimed to evaluate the chemical composition of shrimp fed diets supplemented with different levels of *Spirulina platensis* (0%, 10%, 20%, 30% and 40%) and isonitrogenous and isocaloric and a commercial diet used as control. Juvenile shrimp species *Litopenaeus vannamei* were fed three times daily ad libitum for 45 days, using a completely randomized design consisting of five treatments with three replications. Analyses were performed in the muscular portion of the shrimp after removing the carapace and exoskeleton. Was observed in the results a higher protein, lower value of lipids and cholesterol in shrimp fed 40% inclusion of *S. platensis* in diets, showing viability as food for species without compromising the nutritional quality of meat for human consumption.

Keywords: diets, microalgae, shrimp, muscle.

INTRODUÇÃO

A demanda mundial por pescados vem crescendo de forma acelerada em decorrência do aumento da população, que busca cada vez mais uma melhor qualidade do alimento consumido, principalmente no que diz respeito ao seu valor nutricional que tem como influência positiva com efeitos para a saúde, nomeadamente, na prevenção de acidentes cardiovasculares.

O Brasil tem mostrado um grande potencial na produção do pescado cultivado, principalmente na carcinicultura que de forma acelerada tem apresentado um crescimento constante ano após ano, especialmente na região Nordeste com a criação do *Litopenaeus vannamei*, espécie exótica, com alta taxa de crescimento e sobrevivência, que adaptou-se ao clima regional contribuindo para o desenvolvimento produtivo (NATORI et al., 2011).

A viabilidade econômica da criação de camarão, como em qualquer outra espécie animal, depende e está atrelada à nutrição, apesar das características zootécnicas favoráveis da espécie o custo de produção tem sido considerado alto, representando cerca de 60%. Diversas fontes de alimentos tem sido utilizadas como alternativas para nutrição na aquicultura entre elas a inclusão de microalgas, organismos variados que podem se desenvolver rapidamente em diferentes condições ambientais devido a sua estrutura celular, podendo viver em ambientes aquáticos e terrestres (MATA et al., 2010) com um potencial valor nutricional, econômico e ecológico (LOURENÇO, 2006). A cianobactéria *Spirulina platensis* com sua composição centesimal variada, vem sendo empregada na alimentação de vários animais aquáticos, sendo considerada um alimento completo para as diferentes fases de

desenvolvimento pela ação quelante da proteína ao crescimento e sobrevivência dos animais (AMBROSI et al., 2008).

A composição de pescado e conseqüentemente o seu valor nutritivo variam em função de numerosos fatores entre eles a alimentação, influenciando especialmente, na composição de ácidos graxos dos lipídeos destacando-se os ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (AGPI ω -3), alfa-linolênico (LNA, 18:3 ω -3), eicosapentaenóico (EPA, 20:5 ω -3) e docosahexaenóico (DHA, 22:6 ω -3) (OKADA; MORRISSEY, 2007; RECKS; SEABORN, 2007; ZLATANOS; LASKARIDIS, 2007) que produzem no homem compostos denominados eicosanóides, envolvidos em vários processos metabólicos de grande importância, principalmente os vasculares, com ações antitrombóticas e anti-inflamatórias (BAGGIO e BRAGAGNOLO, 2004; TSAPE et al., 2010). O colesterol é um precursor de hormônios e vitaminas necessários para os processos vitais de reprodução e manutenção da saúde dos animais, que pode ser produzido pelo próprio organismo e originário da dieta, principalmente de origem animal (CORMILLOT, 2002).

Considerando a alimentação como um dos fatores de grande importância para a composição da porção muscular dos animais aquáticos, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de rações com diferentes níveis de *S. platensis* sobre a composição centesimal e teor de colesterol no tecido muscular do camarão cultivado *Litopenaeus vannamei*.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram adquiridas na criação de juvenis do camarão marinho realizado no Núcleo de Pesquisa e Processamento de Alimentos (NUPPA), onde foram alimentados com cinco dietas experimentais contendo diferentes percentuais da microalga *Spirulina platensis* Liofilizada (SPLF), respectivamente de 0%, 10%, 20%, 30% e 40% sendo isoproteicas (35%) e isoenergéticas (3400 kcal de ED kg⁻¹) como mostra a Tabela 1, e uma ração comercial (RC) como controle apresentando o mesmo percentual de proteína bruta das rações experimentais.

As dietas foram formuladas utilizando-se um software específico (CRAC versão 4.0), visando atender os requerimentos nutricionais do camarão *Litopenaeus vannamei* (CUZON et al., 2004), submetidas ao processo de peletização. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituído de cinco dietas com três repetições cada, na densidade

de 10 camarões/tratamentos com peso de 1,42g, salinidade de 2,5‰ sendo as rações distribuídas três vezes ao dia *ad libitum*.

Após os 45 dias de criação os camarões foram transportados até o Laboratório de Tecnologia e Processamento de Carnes e Pescado (LTPCP), armazenados em geladeira para análise de umidade, cinzas e proteínas, realizadas seguindo a metodologia descrita pela AOAC (2000), e extrato etéreo, determinado por Folch, Less e Stanley (1957). Os camarões *in natura* submetidos a esses tratamentos foram triturados em multiprocessador até obtenção de uma polpa homogênea, sendo utilizadas alíquotas em triplicata. O teor de colesterol foi dosado por cromatografia líquida seguindo a metodologia descrita por Bragagnolo e Rodrigues-Amaya (1997).

Tabela 1. Formulação das dietas experimentais utilizadas no experimento.

Ingredientes (%)	R0	R10	R20	R30	R40	
Spirulina liofilizada	0	5,2	10,3	15,3	20,7	
Farinha de peixe	25,0	23,0	20,0	17,0	16,9	
Fécula de mandioca	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Farinha de milho	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	
Óleo de soja	4,0	4,0	4,0	3,5	3,5	
Sabugo de milho	5,0	4,0	4,0	3,5	3,5	
Farinha de soja	21,5	21,3	20,0	20,0	18,0	
Farinha de sangue	15,0	14,0	13,2	12,0	9,4	
Premix	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Composição química (%)	R10	R20	R30	R40	R40	*RC
Proteína bruta	35,2	35,9	35,8	35,9	35,8	35,0
Lipídeos	6,9	7,1	7,3	6,8	6,7	7,5
Umidade	10,4	11,8	11,7	11,3	11,6	10,0
Cinzas	12,3	11,3	11,5	12,0	11,8	13,0

*RC (Ração comercial). *Spirulina platensis* Liofilizada (PB: 51,8 EE: 6,9 UM: 12,1 CZ: 9,0) Farinha de peixe (PB: 54,7 EE: 8,7 UM: 11,0 CZ: 18,2) Farinha de milho (PB: 8,5 EE: 10,0 UM: 9,5 CZ: 2,5) Farinha de sangue (PB: 80,0 EE: 0,25 UM: 3,5 CZ: 2,7) Farinha de soja (PB: 33,4 EE: 1,3 UM: 11,0 CZ: 3,5) Fécula de mandioca (PB: 0,45 EE: 0,55 UM: 10,5 CZ: 1,45) Sabugo de milho (PB: 3,5 EE: 1,7 UM: 13,2 CZ: 2,0).

Os resultados das análises físicos e químicos das amostras foram avaliados de acordo com métodos de estatística descritiva, calculando-se os valores médios e desvio padrão para todas as variáveis utilizando o software de Statistica R versão 3.0.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição química muscular dos camarões pode ser observada na Tabela 2, mostrando diferença significativas entre os tratamentos, apresentando melhores percentuais de umidade, proteínas e cinzas nos camarões alimentados com *Spirulina platensis*. De acordo com Moreira et al., (2001) diferentes variações na composição muscular podem ser atribuídas ao tipo e à disponibilidade do alimento consumido pelos animais (em cativeiro ou em ambiente natural), a espécie analisada ou às regiões do corpo do animal utilizadas na análise (inteiros, somente cefalotórax, ou região abdominal).

Tabela 2. Médias $\pm$ Desvio padrão da composição química dos camarões alimentados com rações experimentais e ração comercial.

	Umidade (%)	Proteínas (%)	Cinzas (%)	Lipídeos (%)	Colesterol (mg/100g)
R0	74,92 $\pm$ 1,01 ^c	20,76 $\pm$ 1,59 ^d	1,3 $\pm$ 0,65 ^c	0,32 $\pm$ 0,01 ^d	46,52 $\pm$ 0,05 ^b
R10	75,57 $\pm$ 0,60 ^b	21,33 $\pm$ 0,96 ^c	1,6 $\pm$ 0,02 ^b	0,48 $\pm$ 0,01 ^d	46,49 $\pm$ 0,03 ^b
R20	74,79 $\pm$ 0,01 ^c	21,77 $\pm$ 3,49 ^b	1,9 $\pm$ 0,01 ^a	0,57 $\pm$ 0,18 ^c	35,12 $\pm$ 0,01 ^c
R30	76,10 $\pm$ 0,44 ^a	24,03 $\pm$ 1,16 ^a	1,7 $\pm$ 0,02 ^b	0,88 $\pm$ 0,04 ^b	22,78 $\pm$ 0,01 ^d
R40	75,24 $\pm$ 0,05 ^b	24,06 $\pm$ 0,12 ^a	1,9 $\pm$ 0,14 ^a	0,92 $\pm$ 0,03 ^b	10,62 $\pm$ 0,01 ^e
*RC	75,54 $\pm$ 0,59 ^{bc}	21,08 $\pm$ 0,49 ^c	1,4 $\pm$ 0,67 ^c	1,20 $\pm$ 0,01 ^a	73,66 $\pm$ 0,02 ^a

*Ração comercial, ** Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si estatisticamente (p<0,05).

Araújo et al., (2012) encontraram na carne do *L. vannamei* valores de umidade 74,1%; proteínas 21,9% e resíduo mineral 1,5% ao serem cultivados em água salgada, enquanto Kirschnik e Viegas (2004) encontraram valores de 78,5% para umidade e 19,50% de proteínas em *Macrobrachium resenbergi* originários de água doce. Santos et al., (2007) observaram valores elevados de proteínas (18,9%) na carne do camarão *Macrobrachium resenbergi* quando alimentados com farinha de linhaça.

Também na mesma Tabela, observa-se diferenças significativas no conteúdo lipídico e nas concentrações de colesterol entre os tratamentos, sendo mais significativo os resultados no tecido muscular dos camarões alimentados com ração comercial e com menor valor encontrado nos camarões suplementados com *S. platensis* a 40%. A proporção de lipídeos

encontrada neste estudo foi inferior às obtidas por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1997) na musculatura de diversas espécies de camarão (1%), estando esta diferença relacionada a região da musculatura analisada. De acordo com esses mesmos autores a gordura armazenada nestes animais fica no hepatopâncreas, localizado no cefalotórax. Valores de lipídeos totais elevados de 1,5% foram obtidos por Furuya et al., (2006) no camarão inteiro da espécie *M. rosenbergii*, já Cadun et al., (2008), encontraram um valor de 1,3% no músculo do camarão *Xiphopenaeus kroyeri*.

Resultados de colesterol com valores mais elevados ao deste estudo foram relatados por Santos et al. (2007) ao obter 115,7 mg/100g na espécie de água-doce *M. rosenbergii* e por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1997; 2001) nas espécies dos camarões *Penaeus brasiliensis* (139mg/100g) e *Macrobrachium rosenbergii* (136mg/100g) em diferentes condições de cultivo, entretanto Araújo et al., (2012) encontraram teores de colesterol de 26,132mg/100g em *Litopenaeus vannamei* procedentes da água salgada, enquanto que Moura (2004) detectou teores que variaram de 47,74 a 69,32mg/100 em análise realizada em amostras do *L. vannamei* cultivados em água doce e salobra.

CONCLUSÃO

A inclusão da *S. platensis* nas rações para o camarão marinho influenciou de forma positiva na composição muscular do camarão elevando o teor de proteína, encontrando o menor valor de lipídeos e colesterol na inclusão de 40%, mostrando viabilidade para alimentação animal, sem comprometimento na qualidade nutricional da carne desta espécie para o consumo humano.

REFERÊNCIAS

- AMBROSI, M. A.; REINEHR, C. O.; BERTOLIN, T. E.; COSTA, J. A. V.; COLLA, L. M. Propriedades de saúde de *Spirulina* spp. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básicas e Aplicada**, v. 29, n.2, p. 109 - 117, 2008.
- ARAUJO, D. F. S.; SILVESTRE, D. D.; DA SILVA, K. S. F.; DAMASCENO, C. PEDROSA, L. F. C.; ALVERNE, L. M.; SEABRA, J. Composição centesimal e teor de colesterol do camarão branco do Pacífico. **Revista Ciência Rural**, v.42, n.6, p.1130-1133, 2012.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis. Washington, 2000. 1018p.
- BAGGIO, S. R.; BRAGAGNOLO, N. Validação da metodologia para determinação simultânea, por CLAE, de colesterol e óxidos de colesterol em produtos cárneos processados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p.64-70, 2004.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Otimização da determinação de colesterol por CLAE e teores de colesterol, lipídeos totais e ácidos graxos em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 75-80, 1997.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Total lipid, cholesterol, and fatty acids of farmed freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and wild marine shrimp (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schimitti*, *Xiphopenaeus kroyeri*); **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, p. 359-369, 2001.
- CADUN, A.; CAKLI, S.; KISLA, D. Marination of deep-ater shrimp ith Rosemary extract and the determination of its shelf life. **Food Chemistry**, v. 109, n.1, p. 81-87, 2008.
- CORMILLOT, A. **O colesterol**: O que é, quando prejudica a saúde e o que fazer para controlá-lo. São Paulo: Editora Caras, 191 p. 2002.
- 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.

FOLCH, J. LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 497, 1957.

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; SILVA, A. B. M.; SANTOS JÚNIOR, O. O; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J. V. V. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos do camarão-d'água-doce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1577-1580. 2006.

KIRSCHNIK, P. G.; VIEGAS, E. M. M. Alterações na qualidade do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* durante estocagem em gelo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.3, p.407-412, 2004.

LOURENÇO, S. O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos: RIMA, 2006. 606p.

MATA, T. M.; MARTINS, A. A.; CAETANO, N. S. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 1, p. 217–232, 2010.

MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazillian brycon freshwater fishes. **Journal of food Composition and Analysis**, v.14, p.565-74, 2001.

MOURA, L. B. **Avaliação do rendimento de filé e da composição lipídica do camarão nativo (*F. schimitti*) e do cultivado (*L. vannamei*) em diferentes salinidades e pesos**. 2004. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2004.

OKADA, T.; MORRISSEY, M. T. Seazonal changes in intrinsic characteristics of Pacific sardine (*Sardinops sagax*). **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 16, n. 1, p. 51-71, 2007.

RECKS, M. A.; SEABORN, G. T. Variation in fatty acid composition among nine forage species from a southeastern US estuarine and nearshore coastal ecosystem. **Fish Physiology Biochemical**, v. 34, n. 3, p. 275-287, 2007.

SANTOS, F. L.; AZEVEDO, V. B.; MARTINS, A. S. A. Efeito do fornecimento de ração complementada com semente de linhaça sobre os macronutrientes e colesterol em tecidos de camarões da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*). **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol. 27, n.4, p. 851-855, 2007.

TSAPE, K.; VASSILIA, J. S.; MINIADIS-MEIMAROGLOUC, S. Comparative analysis of the fatty acid and sterol profiles of widely consumed Mediterranean crustacean species. **Food Chemical**, v.122, n. 1, p.292-299, 2010.

ZLATANOS, S.; LASKARIDIS, K. Seasonal variation in the fatty acid composition of three Mediterranean fish – sardine (*Sardina pilchardus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and picarel (*Spicara smaris*). **Food Chemistry**, v. 103, p. 725-728, 2007.

ARTIGO 5

PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO CAMARÃO MARINHO (*Litopenaeus vannamei*) ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO *Spirulina platensis*

Ruth Gomes de Figueiredo GADELHA ^{1*}, João Andrade da SILVA²

^{1, 2} Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciência e Tecnologia (CT), Campus I, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Cidade Universitária CEP 58051-900, João Pessoa, PB, Brasil. E-mail: ruthgomesgadelha@gmail.com

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência de diferentes percentuais da microalga *Spirulina platensis* em rações sobre o perfil de ácidos graxos no tecido muscular do *L. vannamei*. Foram utilizados camarões juvenis (1,42g) distribuídos em 18 aquários de polietileno com capacidade de 30 L cada, com oxigênio mantido individual e iluminação artificial por foto período de 12h, na salinidade de 2,5‰. O experimento durou 45 dias sendo o delineamento inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos com três repetições. Cinco rações peletizadas foram formuladas sendo isoproteicas (35%) proteína bruta e isoenergéticas (3400 Kcal) contendo diferentes percentuais de *S. platensis* (10%, 20%, 30% e 40%) ofertadas a 10 camarões por tratamento. Uma ração comercial (R0) foi utilizada como controle. Ao final do experimento todos os camarões foram utilizados para avaliação da composição de ácidos graxos. Foi verificada diferença significativa nos teores dos lipídeos totais, apresentando menor concentração na ração com suplementação de 40% não diferindo da ração com 30% da ração controle (R0). Com a inclusão da *Spirulina platensis* nas rações, comprovou-se a elevação dos ácidos graxos poli-insaturados, das razões n-6/n-3 e AGPI/AGS principalmente na suplementação de 30%, mostrando resultados favoráveis ao conteúdo lipídico desejável sob o aspecto nutritivo para o consumo animal e humano.

Palavras-chaves: ácidos graxos, camarão, *spirulina platensis*, lipídeos totais.

INTRODUÇÃO

Pescados são alimentos de alto valor nutricional, de fácil digestão, fontes de proteínas, minerais e vitaminas, além de ser fonte de ácidos graxos essenciais, por isso, seu consumo está associado com a diminuição dos riscos de doenças cardiovasculares (TONIAL et al., 2011).

Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO, 2009) o camarão ocupa lugar de evidência na economia pesqueira mundial, sendo o produto mais rentável entre os alimentos marinhos cultivados, representando 7% do volume de pescados comercializados mundialmente com grande valor agregado, sendo consumido atualmente cerca de 70% proveniente de fazendas de criação. No Brasil, apresenta destaque no litoral do Nordeste, particularmente com a espécie de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* com produção de grande relevância. Devido às várias características desta espécie como boa adaptação às diferentes condições climáticas e as baixas salinidades e temperaturas, acelerada taxa de crescimento e alta sobrevivência vem mostrando um melhor desenvolvimento produtivo nos mercados local e externo do país (LISBOA FILHO; CARLINI JÚNIOR, 2004).

Em cativeiro são fornecidos aos animais aquáticos alimentos específicos que fornecem um aporte de nutrientes essenciais a sobrevivência e crescimento, que exercem efeitos diretos sobre a composição muscular do animal, especialmente no teor de lipídios e de ácidos graxos podendo variar conforme o tipo e disponibilidade do alimento consumido (VISENTAINER et al., 2003). Os lipídios, auxiliam no transporte de vitaminas lipossolúveis, são fontes de energia e de ácidos graxos essenciais, que nos alimentos estão associados ao aumento da palatabilidade, economia da proteína, melhora da textura do tecido muscular e perfil de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (AGPI ω -3), alfa-linolênico (LNA, 18:3 ω -3), eicosapentaenóico (EPA, 20:5 ω -3) e docosahexaenóico (DHA, 22:6 ω -3) (MARTINO & PORTZ, 2006) produzindo compostos denominados eicosanóides, envolvidos em vários processos metabólicos de grande importância para o homem, principalmente os vasculares, com ações antitrombóticas e anti-inflamatórias (COSTA e ROSA, 2010).

Tradicionalmente, os ácidos graxos essenciais podem ser obtidos a partir de fontes animais e vegetais. A escolha da fonte dá-se em função do ácido graxo desejado, sua disponibilidade no material cru e a presença e natureza de impurezas. Dentre estas fontes, os óleos de pescado são os principais, porém a produção é insuficiente para suprir a demanda (KROES et al., 2003). A *Spirulina platensis* é uma espécie de microalgas do gênero *Arthrospira* que apresenta uma rica composição em nutrientes, principalmente em proteínas e

ácidos graxos poli-insaturados, que de forma isolada ou em combinações vem sendo utilizada na alimentação de vários animais aquáticos demonstrando um excelente desempenho em crescimento (SANCHEZ et al., 2003). Em consideração a rica composição química existente nesta microalga, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de diferentes percentuais da *S. platensis* em rações sobre o perfil de ácidos graxos no tecido muscular do *L. vannamei*.

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento experimental

No Núcleo de Pesquisa e Processamento de Alimentos (NUPPA) da Universidade Federal da Paraíba, Campus V foram criados camarões da espécie *Litopenaeus vannamei* na fase juvenil com peso 1,42g, submetidos a um sistema de confinamento em 18 caixas retangulares com capacidade de 30L cada, em sistema aberto com aeração constante para dissipação do oxigênio e iluminação artificial com fotoperíodo de 12h. No cultivo foi utilizada água salgada bombeada do mar e misturada com água potável (previamente aerada para evaporação do cloro residual), até salinidade de 2,5‰. O delineamento foi inteiramente casualizado constituído de seis tratamentos com três repetições, sendo cinco tratamentos com diferentes percentuais de *S. platensis* liofilizada e uma RC (ração comercial), oferecidas a 10 camarões/tratamento durante 45 dias. Após esse período, os camarões foram todos removidos, acondicionados em embalagens de plástico e congelados até o início das análises. No laboratório foram descongelados à temperatura ambiente, lavados, descascados e triturados em processador de alimentos (FAET, Multipratic) para realização das análises.

Formulação e elaboração das rações

As rações foram formuladas utilizando um software específico (CRAC versão 4.0) de modo a apresentarem valores de proteína bruta (35%) e energia (3.400kcal de ED kg⁻¹) conforme apresentada na Tabela 1. Em todas as dietas foi utilizado o óleo de soja como fonte de lipídeos, entretanto apenas as rações R (10%), R (20%), R (30%) e R (40%) apresentaram diferentes percentuais da microalga *S. platensis* liofilizada, sendo utilizada ração R (0%) como controle. Submetidas ao processo de peletização, os ingredientes secos das rações foram triturados, pesados e misturados em batedeira planetária industrial com o complemento vitamínico (premix) e óleo, adicionando água a 60°C até a formação de uma massa umedecida

consistente. A mistura foi introduzida em moedor de carne manual para formação de pellets de diâmetro 2 mm sendo posteriormente secos em estufa com circulação de ar forçada, a 80°C durante 24 horas e armazenados em sacos de papel à temperatura ambiente.

Tabela 1. Ingredientes utilizados na elaboração das rações experimentais para fase juvenil.

Ingredientes (%)	R0	R10	R20	R30	R40	
<i>Spirulina</i> liofilizada	0	5,2	10,3	15,3	20,7	
Farinha de peixe	25,0	23,0	20,0	17,0	16,9	
Fécula de mandioca	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Farinha de milho	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	
Óleo de soja	4,0	4,0	4,0	3,5	3,5	
Sabugo de milho	5,0	4,0	4,0	3,5	3,5	
Farinha de soja	21,5	21,3	20,0	20,0	18,0	
Farinha de sangue	15,0	14,0	13,2	12,0	9,4	
Premix	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Composição química (%)	R1	R2	R3	R4	R40	RC
Proteína bruta	35,2	35,9	35,8	35,9	35,8	35,0
Lipídeos	6,9	7,1	7,3	6,8	6,7	7,5
Umidade	10,4	11,8	11,7	11,3	11,6	10,0
Cinzas	12,3	11,3	11,5	12,0	11,8	13,0

*RC (ração controle).

Análise química

Determinação dos lipídeos totais

Alíquotas da polpa do tecido muscular do camarão triturada (triplicata) e amostra das rações foram utilizadas na extração e quantificação dos lipídeos totais, pelo método de Folch, Less e Stanley (1957).

Derivação da fração lipídica e análise da composição dos ácidos graxos

A caracterização dos ácidos graxos presentes no extrato lipídico foram transmetilados seguindo o método de Hartman e Lago (1973). A identificação e quantificação dos ésteres de ácidos graxos foram realizadas em cromatografia gasosa Varian 430-GC, California, USA, acoplado com detector de ionização de chama (FID), coluna capilar de sílica fundida CP WAX 52 CB, VARIAN com dimensões de 60m x 0,25 e 0,25µm de diâmetro. Foi utilizado o

hélio com gás arraste (vazão de 1mL/min). A temperatura inicial foi de 100°C, com programação para atingir 240°C, aumentando 2,5 °C por minuto, permanecendo por 20 minutos. As temperaturas do injetor e detector foram mantidas em 250 e 260°C, respectivamente. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões Supleco ME19-kit (*Fatty Acid Methyl Esters* C6-C22). Os resultados dos ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e expressos em percentual de área.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativo ($p < 0,05$), efetuou-se a comparação pelo teste de Tukey utilizando o programa de software de Statistica R versão 3.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição de lipídeos totais e ácidos graxos nas rações

Os teores de lipídeos totais e dos ácidos graxos das rações contendo os diferentes percentuais de *S. platensis* pode ser observado na Tabela 1. Foi verificada diferença significativa nos teores dos lipídeos totais, apresentando menor concentração na ração com suplementação de 40%, entretanto não foi observada diferença entre a ração contendo 30% de suplementação e a ração controle (R0). Esses valores se mostraram dentro dos padrões recomendados para lipídeos em rações formuladas (5 a 9%) segundo Fitzsimmons (2001) para esta espécie. Pedrosa (2009) obteve 5,16% de lipídios em rações formuladas para o *L. vannamei*, resultados semelhantes foram observado por Pereira (2007) que encontrou valores de 5,37 a 5,65 % e por Nunes e Parsons (2000) que obtiveram 5,2 % na formulação de rações para esta espécie.

Os ácidos graxos majoritários identificados nas rações foram os ácidos oleico (18:1n-9) e linoleico (LA, 18:2n-6). Elevados valores de n-6 e razões n-6/n-3 foram encontrados, indicando uma forte influência na ração contendo 40% de *S. platensis*, que apresenta em sua composição os ácidos linoleico e linolênico, no entanto essas concentrações podem variar de acordo com o tipo de cultivo e a fase de crescimento utilizado para sua obtenção da microalga (OLGUIN et al., 2001) e do óleo de soja também utilizado na elaboração das rações, sendo uma importante fonte dos ácidos oleico e linoleico (GLENCROSS & SMITH, 2002; ZHOU et. al., 2007).

Tabela 2. Composição dos lipídeos (%) e ácidos graxos (g/100g de lipídeos) das rações experimentais com diferentes percentuais de *Spirulina platensis*.

	Rações				
	R0	R10	R20	R30	R40
Lipídeos Totais	6,9±0,24 ^b	7,1±0,27 ^a	7,3±0,32 ^a	6,8±0,07 ^b	6,7±0,05 ^b
AGS					
11:0	0,05	0,06	0,28	0,58	0,49
14:0	0,83	0,74	0,64	0,62	0,57
16:0	1,30	1,33	1,32	1,32	1,53
17:0	0,12	0,09	0,01	0,12	0,10
18:0	5,47	5,03	4,51	4,36	4,34
19:0	3,18	4,08	4,36	4,19	4,49
20:0	0,06	0,05	0,11	0,16	0,17
21:0	0,12	0,16	0,20	0,26	0,22
23:0	0,11	0,12	0,15	0,15	0,15
TOTAL AGS	11,2	11,6	11,5	11,7	12,0
AGMI					
14:1	0,39	0,16	0,13	0,32	0,20
16:1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
17:1	0,06	0,00	0,02	0,02	0,01
18:1n9	41,1	34,4	32,5	31,4	31,6
18:1n11	2,51	2,08	1,98	2,00	1,96
20:1n9	0,05	0,18	0,07	0,08	0,04
22:1n9	0,19	0,07	0,04	0,46	0,16
TOTAL AGMI	44,3	36,9	34,7	34,3	34,0
AGPI					
18:2n6	42,5	50,8	51,6	53,7	54,2
18:3n3	0,13	0,10	0,12	0,17	0,18
20:4n3	0,32	0,31	0,33	0,37	0,33
TOTAL AGPI	42,9	51,2	52,0	54,0	54,7
n-6	42,5	50,8	52,0	54,0	54,7
n-3	0,45	0,41	0,45	0,54	0,51
AGPI/AGS	3,8	4,4	4,5	4,6	4,5

AGS = ácidos graxos saturados; AGMI = ácidos graxos monoinsaturados; AGPI = ácidos graxos poliinsaturados; n-3 = ômega 3; n-6 = ômega 6.

Composição de lipídeos totais e ácidos graxos no músculo do camarão

No músculo do camarão foi verificado um aumento crescente nos valores dos lipídeos totais (Tabela 3), mostrando uma diferença significativa, com menor percentual no tecido muscular dos camarões alimentados com a suplementação da *S. platensis* a 30%, não sendo observada diferença entre a suplementação com 40% quando comparadas a ração controle (R0), confirmando que a composição lipídica do pescado é reflexo direto da dieta oferecida, podendo assim variar conforme a espécie (FURUYA et al., 2008). Perez-Velazquez et al., (2003), detectaram no camarão *L. vannamei* teores de 0,40 a 1,70% de lipídeos, enquanto Moura e Tenuta-Filho (2001) encontraram no camarão-rosa (nativo) uma variação de 1,0 a 1,4% de lipídeos.

Na Tabela 3 podem ser observados a composição em ácidos graxos, os somatórios e as razões entre n-6/n-3 e AGPI/AGS no tecido muscular do camarão *Litopenaeus vannamei*. Com base nos resultados encontrados pode-se verificar que a influência da dieta na composição de ácidos graxos dos pescados é um fato já estabelecido, deste modo, a suplementação com a *S. platensis* e o óleo de soja nas rações influenciou de forma positiva a qualidade dos lipídeos, mostrando elevadas concentrações dos ácidos graxos poli-insaturados, ômega-6 e menores teores de ômega-3 na suplementação com 30 e 40%.

Um balanço da proporção de n-6/n-3 na dieta é essencial no metabolismo do organismo humano, levando a prevenção de doenças cardiovasculares, degenerativas e também a uma melhor saúde mental (SIMOPOULOS, 2000). Considerando que a composição lipídica do pescado reflete diretamente o teor de sua dieta, foi observado que entre as razões de n-6/n-3 o melhor valor foi encontrado no músculo do camarão que consumiu a ração contendo 30% de suplementação da microalga (4,1).

Para a razão de AGPI/AGS foram encontrados valores superior a 0,45 em todos os camarões, entretanto foi observado um valor mais elevado (0,62) no músculo do camarão que consumiu 30% da microalga. De acordo com o *Departamento of Health and Social Security* (1994), alimentos que apresentam razão n-6/n-3 acima de 4,0 e AGPI/AGS superior a 0,45 são recomendados para a dieta. Bragagnolo & Rodriguez-Amaya (1997), encontraram razão de n-6/n-3 de 4,1 em lipídeos totais de camarão rosa (*penaeus brasiliensis*).

Tabela 3. Composição dos lipídeos totais (%) e ácidos graxos (g/100g de lipídeos) do músculo do camarão.

	Níveis de inclusão (%)				
	0	10	20	30	40
Lipídeos	0,32±0,01 ^c	0,48±0,01 ^{bc}	0,57±0,18 ^b	0,88±0,04 ^a	0,92±0,03 ^a
AGS					
14:0	0,38	0,39	0,26	0,28	0,38
15:0	0,40	0,38	0,35	0,32	0,40
16:0	17,8	22,2	20,9	18,9	21,7
17:0	1,06	1,07	1,17	1,23	1,06
18:0	10,5	11,9	11,7	11,0	13,1
19:0	0,54	0,34	0,24	0,39	0,54
20:0	0,19	0,22	0,20	0,28	0,21
21:0	1,02	1,53	1,70	1,79	1,72
22:0	5,23	6,21	6,66	5,40	4,96
23:0	2,70	2,37	1,40	0,65	2,25
24:0	3,90	4,66	5,62	5,24	5,30
TOTAL AGS	43,7	51,2	50,2	45,4	51,6
AGMI					
15:1	1,38	1,56	1,42	1,25	1,05
16:1	0,96	0,51	0,60	0,66	0,61
17:1	3,04	3,25	2,93	2,69	3,07
18:1n9	18,0	16,3	16,8	18,3	16,7
18:1n11	2,71	2,10	1,98	2,33	2,70
20:1n9	0,65	0,45	0,56	0,55	0,51
22:1n9	0,59	0,34	0,40	0,35	0,64
TOTAL AGMI	27,3	24,5	24,6	26,1	25,2
AGPI					
18:2n6	17,4	18,3	19,4	22,9	19,6
18:3n3	1,18	0,87	0,93	1,20	1,37
20:4n3	4,28	5,00	3,90	4,30	4,33
TOTAL AGPI	22,8	24,1	24,4	28,4	25,1
n-6	17,4	18,3	19,4	22,9	19,6
n-3	5,46	5,87	4,83	5,50	5,70
n-6/n-3	3,1	3,1	4,0	4,1	3,4
AGPI/AGS	0,52	0,47	0,48	0,62	0,48

AGS = ácidos graxos saturados; AGMI = ácidos graxos monoinsaturados; AGPI = ácidos graxos poliinsaturados; n-3 = ômega 3; n-6 = ômega 6.

CONCLUSÃO

A adição da microalga *S. platensis* nas rações do camarão marinho *L. vannamei* proporcionou um melhor resultado na qualidade lipídica e de ácidos graxos poli-insaturados no músculo do camarão na suplementação de 30%, mostrando resultados favoráveis no conteúdo lipídico desejável, sob o aspecto nutritivo, podendo constituir uma fonte nutritiva para a elaboração de rações na alimentação de animais aquáticos, bem como fonte de melhor proporção lipídica para o consumo humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Otimização da determinação de colesterol por CLAE e teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.17, n.3, p.275-280, 1997.

COSTA, N. B; ROSA, C. O. B. Alimentos Funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos. Rio de Janeiro: **RUBIO**, 536p, 2010.

DEPARTMENT OF HEALTH. Report on Health and Social Subjects nº 46. **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease**. HMSO, London, 1994, 178p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fishery and aquaculture statistics**. Disponível em <[www.fao.org /fishery/statistics](http://www.fao.org/fishery/statistics) > Acesso em abril de 2009.

FOLCH, J., LESS, M., SLOANNE STANLEY, G. H., A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues, **Journal Biological Chemistry**, v. 226, p. 497-509, 1957.

FITZSIMMONS, K. Polyculture of tilapia and penaeid shrimp. **Global Aquaculture Advocate**, v. 4, n. 3, p. 43-44, 2001.

FURUYA, W. M.; SANTOS, L. D.; SALES, P. J. P.; SILVA, L. C. R.; SILVA, T. S. C.; MATSUSHITA, M. Perfil de ácidos graxos de pós-larvas de camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) alimentados com dietas com semente de linhaça e Subproduto deTomate. **Boletim do Instituto da Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 473-481, 2008.

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.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparations of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v. 22, n.8, p. 475-476, 1973.

OLGUÍN, E.; GALICIA, S.; ANGULO-GUERRERO, O.; HERNÁNDEZ, E. The effect of low light flux and nitrogen deficiency on the chemical composition of *Spirulina* sp. (*Arthospira*) grown on digested pig waste. **Bioresource Technology**, Essex, v. 77, p. 19-24, 2001.

KROES, R.; SCHAEFER, E.J.; SQUIRE, R.A.; WILLIAMS, G.M. A review of the safety of DHA45-oil. **Food and Chemical Toxicology**, v. 41, p. 1433-1446, 2003.

LISBOA FILHO, W.; CARLINI JÚNIOR, R. J. A carcinicultura na região Nordeste: uma promissora alternativa de diversificação econômica. **Cadernos da FACECA**, v.13, n.1, p.65-78, 2004.

MARTINO, R.C.; PORTZ, L. Estratégias para desenvolvimento de rações para peixes carnívoros de água doce: fontes de proteína e lipídios. **Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura**, Aquaciência 2004, p.125-138, 2006.

MOURA, A. F. P.; TENUTA-FILHO. Colesterol e 7-cetocolesterol em camarão-rosa fresco (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*). IV SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS. 2001, Campinas. **Anais...** Campinas – SP. 2001.

NUNES, A. J. P.; PARSONS, G. J. Size-related feeding and gastric evacuation measurements for the southern Brown shrimp *Penaeus subtilis*. **Aquaculture**, 187, p. 133-151, 2000.

PEDROSA, Z. V. **Estabilidade e exigência das vitaminas α -tocoferol, retinol e ácido ascórbico para os camarões da espécie *Farfantepenaeus subtilis***. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

PEREIRA, M. V. **Estudo das exigências protéicas para juvenis de camarões marinhos da espécie *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

PEREZ-VELAZQUEZ, M.; GONZÁLEZ-FÉLIX, M. L.; LAWRENCE, L. A; GATLIN, D. M. Changes in lipid class and fatty acid composition of adult male *Litopenaeus vannamei*

(Boone) in response to culture temperature and food deprivation. **Aquaculture Research**, v. 34, n. 13, p. 1205-1213, 2003.

SANCHEZ, M.; BERNAL-CASTILLO, J.; ROZO, C.; RODRIGUEZ, I. *Spirulina (Arthrospira): An Edible Microorganism. A Review*. **Revista Universitas Scientiarum** v. 8, 2003.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **American Society for Clinical Nutrition**, v.54, p. 438-63, 2000.

TONIAL, I. B.; BRAVO, C. E. C.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; FURUYA, W. M.; VISENTAINER, J. V. Qualidade nutricional dos lipídios de tilápias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com ração suplementada com óleo de soja. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 1, p. 103-112, 2011.

VISENTAINER, J.V.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; CATHARINO, R. R.; FRANCO, M. R. B. Composição química e de ácidos graxos em tilápias submetidas à dieta prolongada. v. 3, 109-112, 2003.

ZHOU, Q.; KANGMIN, L.; XIE JUN; LIU BO. Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. **Bioresource Technology**, v.100, p. 3780–3786, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos nos diferentes experimentos, podemos concluir que:

- Em todos os experimentos foi observada a influência da *S. platensis* na qualidade da água de cultivo, não sendo observada diferença significativa entre as concentrações dos parâmetros físico e químicos, contribuindo positivamente nos sistemas de criação do camarão marinho *L. vannamei*;
- É possível utilizar a microalga *S. platensis* sob a forma líquida na alimentação de pós-larvas do camarão *L. vannamei* em cultivo de berçários, podendo substituir outras fontes de alimentos naturais, atendendo as necessidades nutricionais e promovendo um melhor crescimento em peso e maior resistência dos animais as condições de cultivo;
- A redução nos valores da farinha de peixe em até 25% por *Spirulina platensis* liofilizada em dietas para o camarão *L. vannamei*, proporcionou resultados satisfatórios sem quaisquer efeitos adversos sobre o crescimento, sobrevivência e consumo alimentar dos animais, podendo representar para o cultivo do camarão uma alternativa viável e sustentável, com possibilidade atrativa para redução nos custos de produção sem comprometer o rendimento da produção e na redução da pressão sobre os estoques pesqueiros naturais, buscando seguir uma linha de cultivo cada vez mais ecológico para a aquicultura;
- O efeito da suplementação na alimentação do camarão marinho com a *S. platensis*, proporcionou um melhor desempenho produtivo em crescimento e sobrevivência no animal ao ser alimentado com a ração R40%, apresentando em seu tecido muscular uma fonte proteica completa de todos os aminoácidos essenciais e não essenciais.

- Para a composição centesimal do tecido muscular, foi observado que o camarão ao se alimentar com as rações compostas por diferentes percentuais de *S. platensis*, apresentou um maior teor de proteínas e lipídeos sem elevar o colesterol, não influenciando de forma negativa a qualidade nutricional da porção muscular do camarão. A suplementação da microalga nas rações influenciou no perfil de ácidos graxos, elevando as concentrações dos ácidos poli-insaturados e das razões n-6/n-3, AGPI/AGS, proporcionando uma melhor qualidade nutricional para a incorporação em dietas para animais aquáticos e posterior consumo humano.