



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

REDUÇÃO NO USO DE FARINHA DE PEIXE EM
DIETAS SUPLEMENTADAS COM ATRADORES
ALIMENTARES PARA CULTIVO DO CAMARÃO
BRANCO, *Litopenaeus vannamei*

FRANCISCO FELIPE ANDRIOLA NETO

FORTALEZA – CE
Agosto / 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

REDUÇÃO NO USO DE FARINHA DE PEIXE EM
DIETAS SUPLEMENTADAS COM ATRADORES
ALIMENTARES PARA CULTIVO DO CAMARÃO
BRANCO, *Litopenaeus vannamei*

FRANCISCO FELIPE ANDRIOLA NETO

Dissertação submetida à Coordenação do
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências
do Mar, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre, outorgado pela
Universidade Federal do Ceará

Orientador: Alberto Jorge Pinto Nunes, Ph.D.

FORTALEZA – CE
Agosto / 2009

Andriola-Neto, Francisco Felipe

Redução no uso de farinha de peixe em dietas suplementadas com atratores alimentares para cultivo do camarão branco, *Litopenaeus vannamei*

79 páginas.

Dissertação de Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais. Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, 2009.

Orientador: Alberto Jorge Pinto Nunes

Palavras chaves: camarão, farinha de peixe, metionina, atratores

FRANCISCO FELIPE ANDRIOLA NETO

REDUÇÃO NO USO DE FARINHA DE PEIXE EM
DIETAS SUPLEMENTADAS COM ATRADORES
ALIMENTARES PARA CULTIVO DO CAMARÃO
BRANCO, *Litopenaeus vannamei*

Dissertação submetida à Coordenação do
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências
do Mar, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre, outorgado pela
Universidade Federal do Ceará

Aprovada em ____/____/2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá
Universidade Federal do Ceará

Profa. Dra. Tereza Cristina Vasconcelos Gesteira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por iluminar-me em diferentes situações de minha vida, mostrando-me sempre o caminho certo a ser seguido;

Ao Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR-UFC), por ceder suas instalações para que esse projeto pudesse acontecer;

Ao professor, orientador e amigo, Alberto Nunes, pelo auxílio e tempo prestados à conclusão das diferentes fases do projeto e também por ter contribuindo para o aprendizado deste seu lisonjeado aluno;

Aos meus avôs, pais e irmãos pelos ensinamentos de vida e por proporcionar-me todo um ambiente pacífico, de muita união e amor, onde sentir-me tranquilo para desenvolver as atividades do mestrado da melhor forma possível;

À FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e posteriormente a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior) pela concessão da bolsa que muito me ajudou durante esse período.

Ao professor e amigo, Marcelo Vinícius do Carmo Sá, por estar sempre à disposição quando solicitado e passando-me boas idéias durante a feitura do projeto;

À Profa. Dra. Tereza Cristina Gesteira, por sua contribuição para o meu conhecimento no estudo do camarão marinho desde a graduação, e incentivando-me na conclusão do trabalho;

Ao amigo, Hassan Sabry Neto e aos demais colegas do laboratório (Leandro, Otávio, Esaú, Antônio Carlos e Josivania) pela assistência e colaboração para o bom desenvolvimento do projeto;

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE APÊNDICES	xv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
2.1 Biologia e Comportamento Alimentar.....	04
2.2 Atratores e Incitantes Químicos.....	06
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Local do Estudo.....	11
3.2 Delineamento Experimental.....	11
3.3 Formulação e Fabricação das Dietas Experimentais.....	14
3.4 Caracterização dos Sistemas de Cultivo e Atratividade.....	21
3.4.1 Sistema de Cultivo (Indoor) e a Céu Aberto (Outdoor).....	21
3.4.2 Sistema de Atratividade	23
3.5 Metodologia de Cultivo.....	26
3.5.1 Fonte e Cultivo de Pós-Larvas e Juvenis.....	26
3.5.2 Alimentação e Manejo dos Sistemas de Cultivo	27
3.5.3 Índices de Desempenho Zootécnico.....	29
3.6 Avaliação da Atratividade Alimentar.....	31
3.6.1 Mensuração das Respostas Comportamentais ao Estímulo Alimentar...	31
3.6.2 Metodologia das Análises Comportamentais.....	33
3.7 Análises Estatísticas.....	34
4. RESULTADOS.....	35
4.1 Qualidade Física das Dietas.....	35
4.2 Parâmetros de Qualidade de Água.....	39

	Pagina
4.3 Desempenho Zootécnico em Função da Dieta e do Sistema de Cultivo.....	42
4.3.1 Peso Corporal dos Camarões.....	42
4.3.2 Sobrevivência, Produtividade e Crescimento.....	47
4.3.3 Consumo Aparente e Fator de Conversão Alimentar.....	47
4.4 Atratividade Alimentar das Dietas Experimentais.....	50
4.4.1 Validação do Sistema em Y.....	50
4.4.2 Ensaios de Atratividade.....	50
5. DISCUSSÃO.....	59
5.1 Efeito do Sistema de Cultivo.....	59
5.2 Efeito dos Atratores Alimentares sobre o Desempenho dos Camarões	60
5.3 Efeito dos Níveis de Metionina.....	62
5.4 Atratividade das Dietas.....	64
6. CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição (g/kg de peso úmido) e custo (R\$/ton.) de formulação das dietas experimentais utilizadas no estudo.....	16
Tabela 2. Perfil nutricional analisado ¹ e projetado ² das fórmulas experimentais utilizadas no estudo. Valores expressos como o % do peso úmido da ração, exceto para os aminoácidos essenciais e ácidos graxos, reportados como o % da proteína bruta e lipídeos totais, respectivamente. Energia bruta reportado em kcal/kg.....	18
Tabela 3. Protocolo de ajuste alimentar por demanda utilizado no presente estudo com o <i>L. vannamei</i>	30
Tabela 4. Peso médio corporal (g) ± desvio padrão do camarão <i>L. vannamei</i> cultivado em tanques com água clara de 500 l durante 72 dias sob densidade de 100 camarões/m ² (57 camarões/tanque). Os animais foram alimentados com rações com perfil decrescente de metionina e redução na inclusão de farinha de peixe. Dados expressos como média ± desvio padrão obtidos dos resultados finais de cinco a quatro tanques. Valores em parênteses indicam o número de camarões pesados. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste <i>a posteriori</i> de Tukey HSD.....	43
Tabela 5. Peso médio corporal (g) ± desvio padrão do camarão <i>Litopenaeus vannamei</i> cultivado em tanques com água verde de 1.000 l durante 49 dias sob densidade de 60 camarões/m ² (61 camarões/tanque). Os animais foram alimentados com dietas com perfil decrescente de metionina e redução na inclusão de farinha de peixe. Dados expressos como média ± desvio padrão obtidos dos resultados finais de cinco a quatro	

- tanques. Valores em parênteses indicam o número de camarões pesados. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste *a posteriori* de Tukey HSD..... 45
- Tabela 6.** Desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em tanques com água clara de 500 l durante 72 dias sob densidade de 100 camarões/m² (57 camarões/tanque). Os animais foram alimentados com dietas com perfil decrescente de metionina e redução na inclusão de farinha de peixe. Dados expressos como média \pm desvio padrão obtidos dos resultados finais de cinco tanques ($n = 5$). Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste *a posteriori* de Tukey HSD. Valores do teste *t* de *Student* indicam resultado estatístico entre dietas formuladas para conter o mesmo nível de metionina..... 48
- Tabela 7.** Desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* cultivado em tanques com água verde de 1.000 l durante 72 dias sob densidade de 60 camarões/m² (61 camarões/tanque). Os animais foram alimentados com dietas com perfil decrescente de metionina e redução na inclusão de farinha de peixe. Dados expressos como média \pm desvio padrão obtidos dos resultados finais de quatro tanques ($n = 4$). Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste *a posteriori* de Tukey HSD. Valores do teste *t* de *Student* indicam resultado estatístico entre dietas formuladas para conter o mesmo nível de metionina..... 49
- Tabela 8.** Número de comparações, percentual de escolhas positivas e percentual de rejeições para cada dieta experimental exposta ao camarão *L. vannamei*. Cada comparação representa a resposta de um indivíduo exposto simultaneamente a dois atratores. Letras iguais indicam diferença estatística não

significativa para o percentual de escolhas positivas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste z	55
Tabela 9. Comparação do tempo de detecção, orientação e alimentação (em segundos) do camarão <i>Litopenaeus vannamei</i> frente às dietas experimentais com (ATMt) ou sem (FPMt) os atratores alimentares farinha de lula inteira e farinha de krill. Os dados são expressos como média \pm desvio padrão das respostas positivas obtidas para cada dieta quando comparada com as demais. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste <i>a posteriori</i> de Tukey HSD. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribuição dos tratamentos nos seus respectivos tanques e sistemas de cultivo. Tanques com cor escura e branca indicam tratamentos ATMt e FPMt, respectivamente. Valores nos tanques situados na parte superior indicam identificação do tanque, enquanto os números na parte inferior indicam o tratamento correspondente. 80, dieta basal com 80% das exigências de metionina; 70, dieta formulada com 70% das exigências de metionina; 60, dieta com 60% das exigências metionina.....	13
Figura 2. Organograma seqüencial do processo de preparação das rações peletizadas em laboratório empregado no estudo.....	20
Figura 3. Tanques de cultivo dispostos em células em ambiente fechado (A) e em ambiente aberto (B).....	22
Figura 4. Sistema de dupla escolha para avaliação da atratividade: A, visão superior mostrando as dimensões do aquário em Y, o posicionamento das pedras porosas com as câmaras de aclimatação e descarga de água. B, visão detalhada do sistema de dupla escolha. Sistema de dupla escolha (1B), lâmpada fosforescente (2B), filmadora digital (3B), monitor de TV (4B), estrutura de barras de alumínio (5B), roldana de metal (6B) para erguer a guilhotina. C, visão geral do sistema de dupla escolha e equipamentos de suporte. Linha de abastecimento de água salgada (1C), tanque de armazenamento de água salgada (2C), eletrobomba para recirculação de água (3C), filtro mecânico de areia (4C), linha para descarga de água (5C), linha para bombeamento de água até o sistema de dupla escolha (6C),	

- eletrobomba para abastecimento de água do sistema de dupla escolha (7C), soprador do sistema de dupla escolha (8C), tanque de espera de 200 l (9C)..... 25
- Figura 5.** Umidade das rações empregadas no presente estudo. Cada coluna representa a média \pm erro padrão de cinco amostras. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ pelo teste *a posteriori* de Tukey HSD. FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências de metionina..... 36
- Figura 6.** Desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em tanques com água clara de 500 l durante 72 dias sob densidade de 100 camarões/m² (57 camarões/tanque). Os animais foram alimentados com dietas com perfil decrescente de metionina e redução na inclusão de farinha de peixe. Dados expressos como média \pm desvio padrão obtidos dos resultados finais de cinco tanques ($n = 5$). Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste *a posteriori* de Tukey HSD. Valores do teste *t* de *Student* indicam resultado estatístico entre dietas formuladas para conter o mesmo nível de metionina..... 38
- Figura 7.** Variação diária de salinidade (‰, A), pH (B) e temperatura (°C) da água de cultivo dos sistemas *indoor* (água clara) e *outdoor* (água verde) ao longo de 72 dias de estudo. Cada ponto representa a média diária de todos os tratamentos estudados..... 41

Figura 8. Peso corporal do camarão *Litopenaeus vannamei* na despesca após 72 dias de cultivo em tanques com água clara de 500 l alimentado com dietas com (ATMt) e sem (FPMt) atratores alimentares. Cada coluna representa a média \pm erro padrão de quatro a cinco tanques de cultivo. Valores de *P* segundo o teste *t* de *Student* comparando as médias de peso corporal do camarão alcançado entre dietas formuladas para conter o mesmo nível de metionina. FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências de metionina..... 44

Figura 9. Peso corporal do camarão *Litopenaeus vannamei* na despesca após 72 dias de cultivo em tanques com água verde de 1.000 l alimentado com dietas com (ATMt) e sem (FPMt) atratores alimentares. Cada coluna representa a média \pm erro padrão de três tanques de cultivo. Valores de *P* segundo o teste *t* de *Student* comparando as médias de peso corporal do camarão alcançado entre dietas formuladas para conter o mesmo nível de metionina. FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências de metionina..... 46

Figura 10 Percentuais de escolhas em relação ao lado de

posicionamento do alimento durante etapa de validação do sistema em Y. Para cada ração foram avaliados 10 espécimes do *L. vannamei* com peso médio corporal de $6,76 \pm 0,68$ g (5,35 – 8,36 g; $n = 75$). FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências de metionina

52

Figura 11 Tempo (segundos) de detecção, orientação e alimentação dos camarões expostos as rações experimentais durante o processo de validação do sistema de dupla escolha em Y. Valores de *P* segundo o teste *t* de *Student*. Um total de 10 observações foram realizadas para cada uma das seis rações ($n = 60$).....

53

Figura 12 Comparação em par do tempo de detecção, orientação e alimentação (em segundos) do camarão *Litopenaeus vannamei* frente às dietas experimentais com (ATMt) ou sem (FPMt) os atratores alimentares farinha de lula inteira e farinha de krill. Os dados são expressos como média \pm erro padrão das respostas positivas obtidas para cada dieta quando comparada com seu par (nível formulado de metionina similar). Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *t*. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.....

58

LISTA DE APÊNDICES

	Página
APÊNDICE A. Seqüência das avaliações de atratividade alimentar. (A) posicionamento das dietas em lados opostas do aquário em Y. (B) monitoramento das respostas alimentares do camarão através de monitor de vídeos. (C) Elevação da guilhotina removível para início das observações de atividade alimentar. (D) momento de chegada do animal a dieta escolhida.....	79

RESUMO

A substituição da farinha e do óleo de peixe em dietas para organismos aquáticos por fontes protéicas mais abundantes e baratas, como o farelo de soja e farinhas de animais terrestres, leva a uma redução no consumo alimentar. Como os camarões detectam e localizam o alimento através de estímulos químicos dissolvidos em água, a atratividade do alimento torna-se um importante parâmetro em rações com baixa inclusão de farinha de peixe. O presente estudo teve como objetivo avaliar se a inclusão de atratores alimentares em dietas com uma redução progressiva no uso de farinha de peixe de Anchoveta (FPA) e (ou) no nível formulado de metionina poderia equilibrar e promover uma melhora no desempenho zootécnico e nas respostas alimentares do camarão branco, *Litopenaeus vannamei*. Camarões juvenis de $3,14 \pm 0,60$ g de peso corporal foram estocados simultaneamente em 30 tanques *indoor* (500 l) e 24 tanques *outdoor* (1.000 l) sob 100 e 60 camarões/m², respectivamente. Os camarões foram cultivados sob condições de água clara (*indoor*) e de água verde (*outdoor*) por 72 dias. Para o estudo, seis dietas foram formuladas, sendo três com inclusão dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. O grupo de dietas com e sem atratores foi designado como sendo ATMt e FPMt, respectivamente. Dentro de cada grupo de dietas, uma foi designada como sendo a dieta basal (80), com alto teor de FPA e níveis de metionina acima das demais dietas. As demais dietas foram identificadas como sendo 70 e 60; dietas formuladas para atender em 70% e 60%, respectivamente, os requerimentos de metionina reportados para camarões peneídeos cultivados. O estudo de atratividade consistiu na mensuração das respostas alimentares do camarão *L. vannamei* em um aquário de dupla escolha (aquário em Y). Todas as rações experimentais foram confrontadas entre si totalizando 20 ensaios comportamentais, alternando-se o lado de oferta de cada ração a cada 10 observações. A atratividade das dietas foi medida visualmente através da observação do comportamento alimentar do animal, e categorizada de acordo com as respostas alimentares: (1) tempo de detecção, (2) tempo de orientação e locomoção e (3) tempo de alimentação. Na despesca, no sistema *indoor*, o valor mínimo e máximo de peso corporal foram obtidos com os camarões alimentados com as dietas ATMt₍₈₀₎ ($16,19 \pm 2,09$ g) e FPMt₍₆₀₎ ($17,30 \pm 2,19$ g). Comparativamente, os animais cultivados em água verde alcançaram um peso corporal entre $14,35 \pm 2,53$ g (FPMt₍₇₀₎) e $15,46 \pm 2,56$ g (FPMt₍₆₀₎). Em água clara, a inclusão de

farinha de lula inteira e farinha de Krill nas dietas ATMt não promoveu um maior peso corporal dos camarões na despesca quando comparado com as dietas FPMt. Nestas condições, o camarão *L. vannamei* alcançou uma sobrevivência superior a 90% em todos os tratamentos, exceto para FPMt₍₆₀₎ (*i.e.*, $61,4 \pm 13,6\%$). A sobrevivência média dos camarões em água verde foi de $83,8 \pm 9,6\%$, menor comparada com o sistema *indoor*. A produtividade de camarões no sistema *indoor* foi duas vezes maior do que a do sistema *outdoor*. Em ambos os sistemas *indoor* e *outdoor*, a inclusão dos atratores alimentares nas dietas ATMt, não promoveu um maior consumo alimentar no *L. vannamei* em relação às dietas FPMt. Um total de 338 avaliações comportamentais foram conduzidas para avaliar a atratividade das dietas experimentais. Não foi encontrada diferença estatística significativa entre as dietas ATMt em relação aos tempos de resposta alimentar (detecção, orientação e alimentação). Já para as dietas FPMt foram encontradas diferenças estatísticas para os tempos de orientação e alimentação. Não foi observada diferença para o tempo de detecção, orientação e alimentação quando as dietas ATMt e FPMt, com mesmo nível formulado de metionina, foram comparadas individualmente entre si. Através do presente estudo concluiu-se que o sistema de cultivo teve influência sobre o desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* nos diferentes tratamentos estudados. Os camarões cultivados em água clara (sistema *indoor*) exibiram melhores resultados de desempenho zootécnico comparado aos cultivados em água verde (sistema *outdoor*). A farinha de lula e a farinha de krill não promoveram melhores resultados de desempenho e respostas alimentares para o *L. vannamei*. Porém, o uso dos atratores proporcionou um equilíbrio entre as dietas com diferentes níveis de metionina, para ambos os sistemas de cultivo. Os diferentes níveis de metionina formulada (60, 70, 80% da exigência do animal) só demonstraram influenciar o desempenho quando os camarões foram alimentados com dietas sem atratores alimentares.

Palavras chave: camarão, farinha de peixe, metionina, atratores

ABSTRACT

Replacement of fishmeal and fish oil in aquaculture diets for more abundant and less expensive protein sources, such as soybean meal and land animal by-products, lead to a reduced feed intake. As shrimp detect and find the food source through chemical stimuli dissolved in water, feed attractiveness becomes an important parameter in low fishmeal diets. The present study aimed at evaluating if the inclusion of feeding effectors in experimental diets with a progressive reduction of Anchovy fishmeal (FPA) and (or) formulated levels of methionine could balance and enhance the growth and feeding responses of the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Juvenile shrimp of 3.14 ± 0.60 g body weight were simultaneously stocked in 30 indoor (500-l) and 18 outdoor (1,000-l) tanks at 100 and 60 shrimp/m², respectively. Shrimp were reared under clear (indoor) and green-water (outdoor) conditions for 72 days. For the study, six diets were formulated, three with the feeding effectors krill meal and whole squid meal. Diets with and without feeding effectors were designated as ATMt and FPMt, respectively. For each diet group, one was designated as the basal diet (80) with a high inclusion of FPA and methionine levels above other diets. Remainder diets were identified as 70 and 60, diets formulated to meet 70% and 60%, respectively, of methionine requirements reported for penaeid shrimp. The attractiveness study consisted in the measurement of the feeding responses of *L. vannamei* using a double choice chamber (Y-maze apparatus). All experimental diets were confronted against each other 20 times each, allowing each diet to be tested 10 times in each side of the chamber. Diet attractiveness was measured visually through the animal feeding behavior categorized in accordance to the following responses: (1) time spent until detection; (2) times spent during orientation and locomotion to the food source, and (3) time spent for feeding. At harvest, under the indoor system, minimum and maximum shrimp body weight were achieved with diets ATMt₍₈₀₎ (16.19 ± 2.09 g) and FPMt₍₆₀₎ (17.30 ± 2.19 g). Comparatively, animals reared under green water achieved a body weight between 14.35 ± 2.53 g (FPMt₍₇₀₎) and 15.46 ± 2.56 g (FPMt₍₆₀₎). In clear water, inclusion of whole squid meal and krill meal in ATMt diets did not promote a greater shrimp body weight at harvest compared to FPMt diets. Under these conditions, *L. vannamei* achieved a final survival above 90% in all treatments, except for FPMt₍₆₀₎ (*i.e.*, $61.4 \pm 13.6\%$). Mean shrimp survival in green water conditions was $83.8 \pm 9.6\%$, lower than under the indoor

system. Shrimp yield indoors was twice higher than outdoors. In both indoor and outdoor systems, inclusion of feeding effectors in ATMt diets did not promote a higher feed intake for *L. vannamei* compared to FPMt diets. A total of 338 shrimp behavioral observations were conducted to evaluate diet attractiveness. There was no statistical difference between ATMt diets for the time spent until detection, orientation and locomotion and feeding. Diets FPMt exhibited differences for the time spent in orientation and locomotion and feeding. No statistical differences were observed for shrimp behavioral responses when ATMt and FPMt diets with similar methionine levels were compared individually. The present study indicated that the rearing system had an influence over the growth responses of *L. vannamei*. Shrimp farmed under clear-water (indoor) displayed better growth responses compared to those reared under green-water (outdoor). Whole squid meal and krill meal did not enhance growth performance and feeding responses of *L. vannamei*. However, the use of feeding effectors allowed balancing these parameters in diets containing similar formulated levels of methionine, for both rearing systems. The different levels of formulated methionine (60, 70 and 80% shrimp requirements) only influenced shrimp performance when these were fed with diets without feeding effectors.

Keywords: shrimp, fishmeal, methionine, attractants

1. INTRODUÇÃO

A produção aquícola mundial em 2006 foi de 51,7 milhões de toneladas, 36% do total de pescado produzido no mundo. Enquanto a pesca por captura segue uma tendência de estagnação, a produção de peixes marinhos e crustáceos em cativeiro continua apresentando uma taxa de crescimento anual acima de 10% (FAO, 2009).

No entanto, os cultivos de espécies de peixes e crustáceos carnívoros continuam a ter uma alta dependência por insumos da pesca marinha, principalmente por farinha e óleo de peixe, para a composição nutricional de suas dietas. Segundo Tacon & Metian (2008) a aquíicultura consumiu em 2006, 3,72 milhões de toneladas de farinha de peixe e 0,84 milhões de toneladas de óleo de peixe (*i.e.*, 68,2% e 88,5% do total da produção mundial dos dois insumos, respectivamente). Com a redução do suprimento global e a alta procura destes insumos no mercado internacional é fácil prevê que, em longo prazo, as indústrias de alimentos aquícolas deverão reduzir os níveis de inclusão de farinha e óleo de peixe em seus produtos, substituindo-os por fontes de animais e vegetais mais abundantes e baratas (TACON *et al.*, 2006; GATLIN *et al.*, 2007). Além disso, há uma preocupação e uma pressão crescente do mercado global, por parte da sociedade civil e de varejistas, para a utilização sustentável dos recursos marinhos pela aquíicultura (NAYLOR *et al.*, 1998, 2000; DEUTSH *et al.*, 2007).

A farinha e o óleo de peixe possuem grande importância para a composição de dietas de peixes e camarões marinhos cultivados. Estes dois ingredientes aportam aminoácidos essenciais, tais como lisina e metionina, além de ácidos graxos altamente insaturados (HUFA) da série omega-3 (*i.e.*, ácido eicosapentaenóico e docosaexaenóico) indispensáveis para o desenvolvimento desses organismos (DE SILVA *et al.*, 1994). Os ingredientes de origem vegetal e de animais terrestres são deficientes nestes nutrientes além de possuírem menor digestibilidade e atratividade em comparação as fontes de animais de origem marinha (LIM & DOMINY, 1991; WEBSTER *et al.*, 1999). A proteína do farelo de soja, por exemplo, apresenta alta digestibilidade pelo camarão (DIVAKARAN *et al.* 2000), no entanto, seu perfil de aminoácidos não é o ideal. O farelo de soja pode ser deficiente em aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) que são os mais limitantes para muitas espécies aquáticas cultivadas (TACON & AKIYAMA, 1997; STOREBAKKEN *et al.*,

2000). A metionina é um dos dez aminoácidos essenciais críticos para se maximizar o crescimento e a sobrevivência de camarões cultivados (COLOSO & CRUZ, 1980; PASCUAL & KANAZAWA, 1986). Contudo, atualmente, este aminoácido pode ser suplementado com metionina sintética (DL-metionina), incorporado nas dietas com baixos teores de farinha de peixe para superar a deficiência deste aminoácido (ALAM *et al.*, 2005).

O uso de atratores alimentares vem sendo estudado para superar as limitações de atratividade e palatabilidade dos ingredientes vegetais e de subprodutos de animais terrestres utilizados em dietas para camarões (HUANG *et al.*, 2003; SMITH *et al.*, 2005; NUNES *et al.*, 2006a). As tentativas de substituição total ou parcial da farinha de peixe em rações de camarões por ingredientes alternativos (DAVIS & ARNOLD, 2000; SMITH *et al.*, 2000), como o farelo de soja (LIM & DOMINY, 1990) e farinhas de animais terrestres (FORSTER *et al.*, 2003), vem demonstrando que estes ingredientes causam uma redução na aceitação das dietas. Assim, o uso de atratores alimentares surge como uma forma de aumentar o consumo alimentar, mesmo em dietas contendo ingredientes protéicos de baixa palatabilidade (KOLKOVSK *et al.* 1993).

Os atratores comumente utilizados em rações comerciais para camarões são extratos naturais de organismos marinhos, podendo incluir as farinhas, os óleos e os solúveis de peixes pelágicos, lula e camarão (SMITH *et al.*, 2005). As principais classes de quimoestimulantes para os peneídeos são metabólitos de baixo peso molecular e incluem vários aminoácidos, açúcares, compostos nitrogenados e nucleotídeos (LEE & MEYERS, 1997). Tem também sido demonstrado que metabólitos secundários produzidos durante alterações *post mortem* funcionam como eficientes atratores para camarões marinhos (HARPAZ *et al.*, 1987), refletindo o necrofagismo típico deste grupo de animais (DALL *et al.*, 1990). Algumas substâncias purificadas, como misturas de L-aminoácidos, especialmente aquelas contendo glicina, alanina, prolina, histidina e betaina têm também mostrado serem eficientes no aumento do estímulo alimentar dos camarões. Estes compostos são mais eficazes quando usados em combinação do que individualmente, proporcionando para esses crustáceos cultivados um crescente consumo alimentar, e possibilitando um crescimento mais rápido (LEE & MEYERS, 1997).

O presente estudo teve como objetivo estudar se a inclusão de atratores alimentares em dietas com uma redução progressiva no uso de farinha de peixe de Anchoveta e (ou) no nível de formulado de metionina consegue equilibrar e promover uma melhora nas respostas alimentares e no desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei*, quando cultivado em condições controladas de água clara e água verde.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Biologia e Comportamento Alimentar*

O *Litopenaeus vannamei* é uma espécie de camarão marinho natural do Oceano Pacífico, que é encontrada desde a região do infralitoral até profundidades de 72 m com preferência por fundos de lama. Na natureza esta espécie pode alcançar até 23 cm de comprimento. O camarão *L. vannamei* espécie foi fundamental para o desenvolvimento da carcinicultura no Brasil, por possuir boa aceitação no mercado, grande capacidade de adaptação as variadas condições de cultivo, apresentando altos rendimentos em elevadas densidades em águas hiper ou oligohalinas, além de suportar água com grande amplitude térmica (BARBIERI, 2002).

Os camarões peneídeos possuem um corpo comprimido lateralmente, alongado, coberto por uma carapaça quitinosa chamada de exoesqueleto. A cabeça e o tórax são fundidos formando o cefalotórax, e o abdômen é adaptado para o nado (DALL *et.al.*, 1990). O sistema alimentar do camarão é conhecido pela sua complexidade. No cefalotórax encontram-se a boca e os apêndices torácicos. Os apêndices torácicos possuem cinco pares de pereiópodos e três pares de maxilípedes, porém somente o 3º par de maxilípedes e os três pereiópodos com quelas (três primeiros) participam da apreensão, manipulação e condução do alimento até a boca, enquanto os dois últimos pares permitem o equilíbrio do animal durante a alimentação funcionando também na locomoção e detecção de alimentos enterrados. Na boca, o alimento é dilacerado pela mandíbula e maxilas permitindo a sua ingestão (NUNES *et al.* 1997).

Diferentemente dos peixes, que utilizam a visão para consumir o alimento, os crustáceos por possuírem uma alta capacidade de quimorecepção podem alimentar-se no escuro ou na penumbra, seguindo a presença dos atratores químicos dos alimentos dissolvidos em água (ISHIDA & HIDAKA, 1987; TACON, 1989). A telorrecepção ou identificação do estímulo químico a distancia é a chave para que os crustáceos possam identificar o alimento ou a fonte alimentar. A localização e o reconhecimento do alimento são feitos principalmente por estruturas quimiosensitivas (quimoreceptores) concentrados nos flagelos antenulares e antenal, e nos apêndices anteriores, particularmente nas estruturas bucais e quelas (DALL *et al.*, 1990).

Segundo Ache & Derby (1985), os quimorreceptores de crustáceos estão divididos em função de sua estrutura, em astetascos e não astetascos. Os astetascos estão localizados exclusivamente sobre o flagelo lateral das antênulas onde são compostas por cerdas inervadas por várias células bipolares (400.000/antênula). O movimento das antenas favorece uma maior exposição dos astetascos a substâncias químicas, proporcionando um fluxo de água (PEARSON *et al.*, 1979). A função dos astetascos está associada ao sentido do olfato (receptor de distância) enquanto outro tipo de quimorreceptor sensitivo localizados nos apêndices mastigadores e partes bucais funcionam como o sentido do paladar (receptores de contato). Assim, o animal é capaz de detectar o alimento a distância mediante os receptores antenais (astetascos) e chegando nele, o explora com os pereiópodos partes bucais, ingerindo-o ou rejeitando-o.

Os estímulos gerados por substâncias químicas regulam o comportamento alimentar e reprodutivo destes animais. Os camarões podem identificar e orientarem-se em direção a uma presa, escapar de predadores e localizar outros indivíduos de sua espécie (RITTSCHOFF, 1992). Frente a estimulantes alimentares, estes animais exibem impulsos comportamentais, refletidos através da movimentação das antênulas, pereiópodos e estruturas bucais (HEINEN, 1980).

Estes impulsos também chamados de respostas comportamentais são classificados e categorizados da seguinte forma, segundo Zimmer-Faust *et al.* (1984), Harpaz *et al.* (1987), Zimmer-Faust (1987), Fine-Levy *et al.* (1989), Fine-Levy & Derby (1991), Costero & Meyers (1993), Lee & Meyers (1996): (1) detecção: o camarão percebe a presença do estímulo químico através de quimorreceptores presentes nas antênulas, partes bucais e pereiópodos; neste momento o animal movimenta as antênulas de um lado para o outro para aumentar o contato do estimulante com os quimorreceptores; o ritmo e a velocidade destes movimentos dependem da natureza do atrativo; além disso, o animal esfrega os maxilípedes nas antênulas e quelas, limpando-as; (2) orientação: fase na qual o estimulante químico pode atuar como atrativo, repelente ou supressor; o animal apresenta movimentos antenulares e dos pereiópodos com a finalidade de guiar-se, ajustando sua posição na direção da fonte do estímulo; as respostas alimentares são semelhantes à fase de detecção, além de arrastar os pereiópodos no substrato; (3) locomoção: o animal movimenta-se na direção do alimento (atrator) ou na direção contrária do alimento (repelente); durante esta

fase o primeiro par de pereiópodos continua sua busca na área frontal de seu cefalotórax levando a boca qualquer material que ele encontre pelo caminho; as antenas e antênulas continuam sua movimentação; (4) início da alimentação: ocorre quando o animal cessa sua procura, entrando em contato com o alimento, explorando-o através dos pereiópodos e suas partes bucais; nesta fase o alimento pode atuar como incitante ou supressor alimentar; (5) continuação ou término da alimentação: o animal consome o alimento até a saciedade ou rejeita-o (estimulante ou restringidor, respectivamente).

2.2 Atratores e Incitantes Químicos

Os quimoatrativos ou incitantes alimentares são compostos químicos capazes de promover um estímulo alimentar nos camarões peneídeos. Estas substâncias químicas são classificadas de acordo com a resposta alimentar que o animal exibe frente ao alimento (LENHOFF & LINDSTEDT, 1974; MACKIE & MITCHELL, 1985; MÉTALLIER & GUILLAUME, 2001), onde: (1) atrator: promove a detecção da fonte alimentar; (2) cessante: susta a detecção; (3) repelente: gera orientação oposta ou nenhuma resposta ao alimento; (4) incitante: provoca o início da alimentação; (5) supressor: inibe o início da alimentação; (6) estimulante: favorece a continuação da alimentação; (7) restringidor: interrompe a alimentação.

Os atratores comumente utilizados em rações comerciais para camarões são extratos naturais de organismos marinhos, podendo incluir as farinhas, os óleos e os solúveis de peixes pelágicos, lula, e camarão (SMITH *et al.*, 2005). Suas inclusões como atratores nas rações dependem de inúmeros fatores, tais como a composição da ração, o hábito alimentar predominante da espécie cultivada, entre outros. As principais classes de quimoestimulantes para os peneídeos são metabólitos de baixo peso molecular e incluem vários aminoácidos, açúcares, compostos quaternários de amônio, compostos nitrogenados e nucleotídeos e ácidos orgânicos (LEE & MEYERS, 1997). Tem também sido demonstrado que metabólitos secundários produzidos durante alterações *post mortem* funcionam como eficientes atratores para camarões marinhos (HARPAZ *et al.*, 1987), refletindo o necrofagismo típico deste grupo de animais (DALL *et al.*, 1990).

Existem dois tipos de estimulantes alimentares usados em dietas para organismos aquáticos, os provenientes de recursos naturais, citados anteriormente, e os sintéticos ou de

derivados químicos, os quais são responsáveis pelas propriedades atrativas dos ingredientes naturais. Estas substâncias purificadas são geralmente compostas por misturas de L-aminoácidos e amina quaternária (misturas compostas por glicina, alanina, prolina, histidina e betaina) (CARR, 1978; DESHIMARU & YONE, 1978; MEYERS, 1987a). Estes compostos são mais eficazes quando usados em combinação do que individualmente, proporcionando para esses crustáceos cultivados um crescente consumo alimentar, e possibilitando um crescimento mais rápido (LEE & MEYERS, 1997).

Os métodos de aplicação dos atratores alimentares na ração são variados. Estes podem ser incorporados antes do processamento; revestindo a ração com o atrator imediatamente após o processamento; revestindo a ração um pouco antes da alimentação ao lado do viveiro; ou ainda, ofertando os atratores misturados separadamente das rações no momento da alimentação. Os métodos dependerão da resistência térmica do atrator alimentar e da hidroestabilidade do alimento, além dos custos associados à alimentação. Deve-se também levar em consideração alguns parâmetros físico-químicos e ambientais como a qualidade da água, a dimensão do viveiro e o substrato. Os íons amônio provaram ter efeito supressor sobre a função das células quimiorreceptoras, especialmente em alta concentração (ZIMMER-FAUST *et al.* 1984; BORRONI & ATEMA 1987a, b; ZIMMER-FAUST, 1987). A quimiorrecepção de camarões e a excitação de peixes por aminoácidos solúveis na água de cultivo também apresentam uma redução em baixo pH. Portanto, para um melhor desempenho de atratores alimentares em rações é importante que as condições ambientais ideais sejam asseguradas para a maximização das respostas alimentares do animal (HARA, 1976, 1982; TIERNEY & ATEMA, 1988). Segundo Crúz-Suarez *et al.* (2002) outro potencial inibidor dos atratores alimentares são os aglutinantes sintéticos usados em dietas comerciais. Estas substâncias, dependendo do tipo ou da quantidade, podem afetar a digestibilidade, a capacidade de absorver água, o valor nutritivo do alimento e as características de textura, fatores importantes na aceitabilidade da dieta pelo camarão, além disso produzem *pellets* mais duros e estáveis, porém menos atraentes para o animal. Segundo os autores, alguns aglutinantes podem provocar efeitos adversos sobre o consumo alimentar, o crescimento e a sobrevivência de camarões cultivados.

A eficácia dos atratores, incitantes e estimulantes alimentares depende principalmente da espécie, do estado fisiológico, da idade da fase reprodutiva em que o animal se encontra (SMITH & DALL, 1985; ROBERTSON *et al.*, 1987; CHAN *et al.*, 1988; VIJAYAN *et al.*, 1997). Um exemplo disso é a interferência na atividade alimentar promovida pelos processos fisiológicos que acontecem durante e após o processo de muda ou ecdise (substituição do exoesqueleto velho por um novo para facilitar o crescimento ou a reprodução) quando o alimento parece não despertar o interesse do animal.

Na aquicultura, como em qualquer outra atividade de produção animal o consumo suficiente de alimento deve ser garantido para que os objetivos de produção e rentabilidade sejam alcançados. Nos sistemas aquícolas, isto pode ser conseguido através da redução dos desperdícios de alimento ofertado mantendo assim a qualidade de água. Desta forma é necessário obter um alimento não só nutricionalmente completo, mas também observando suas características organolépticas para máximo consumo. Daí a importância do estudo de atratores e do comportamento alimentar da espécie cultivada (REIG, 2003).

Nunes *et al.* (2006a) utilizando um aquário em formato de Y de dupla escolha testou a atratividade de sete ingredientes dentre os quais de origens animal marinha e terrestre e vegetal. Para cada observação de consumo do alimento, dois ingredientes foram ofertados separadamente em quantidades iguais. O estímulo alimentar foi mensurado e classificado de acordo com o tempo de detecção, orientação e localização, alimentação e escolha do ingrediente administrado. As farinhas de peixe importada, nacional e de lula alcançaram a pontuação mais elevada entre todos os ingredientes avaliados. Os autores concluíram que as farinhas de animais marinhos apresentaram um maior potencial de atratividade para o *L. vannamei* em comparação aos ingredientes de animais terrestres e (ou) aos óleos de pescado.

Smith *et al.* (2005) examinaram refeições a base de lula, crustáceos, peixes e betaina em dietas para o camarão tigre, *Penaeus monodon*. Os autores concluíram que o *P. monodon* apresentava uma preferência significativamente maior por alimentos que continham crustáceo ou krill na refeição. Huang *et al.* (2003) conduziram um estudo para investigar a seletividade do camarão *Fenneropenaeus chinensis* usando dietas contendo os seguintes ingredientes: peixe, camarão, amêijoia e poliqueta. Uma dieta comercial formulada e um misto destes ingredientes foram também utilizados. Os resultados

mostraram que as taxas de crescimento específico foram mais elevadas para o grupo alimentado com a dieta mista. Os autores afirmaram que o camarão chinês possuía a capacidade de discriminar diferentes dietas.

Recentemente foi constatado através de estudos de atratividade que a L-aminoácidos, betaína e amina quaternária, substâncias purificadas de extratos marinhos de peso molecular inferior a 700 Da, são os grandes incitantes do comportamento alimenta. Em menor grau, os nucleotídeos, nucleosídeos, ácidos graxos, lipídios compostos e alguns açúcares funcionam também como atratores alimentares (CUZON *et al.*, 2004).

Na Malásia, Mendoza *et al.* (1997) investigaram o comportamento alimentar de camarões gigante da Malásia, *Macrobrachium rosenbergii*, para determinar os efeitos de vários compostos incitantes como aminas biogênicas, feromônios, entre outros. Os resultados foram obtidos por três diferentes abordagens. No primeiro, um laboratório de bioensaio avaliou os tempos de resposta alimentar da espécie (percepção, orientação, movimento, chegada ao alimento e ingestão). Um espécime juvenil foi usado por vez em um aquário (120 x 30 x 40 cm), sendo adicionada uma dieta com 0,2% do atrator em estudo. Os autores analisaram a atividade alimentar do camarão através de filmagens. Uma segunda abordagem foi desenvolvida em uma fazenda comercial, para testar o desempenho dos atratores na presença de outros estímulos e de condições de circulação de água que podem provocar uma rápida diluição do atrator. O teste consistiu em colocar uma quantidade de alimento em uma bandeja, que foi submersa em uma gaiola (1 m³ de volume), estocada com 10 camarões (cinco machos e cinco fêmeas) com 20 g de peso cada. A bandeja foi levantada em tempos diferentes de imersão (10, 20, 40 e 80 min) e o número de *pellets* contados. Foram realizadas três repetições para cada tratamento. Uma terceira abordagem consistiu em incorporar um anticorpo nas dietas. Seguindo uma metodologia semelhante à acima referida, partes da boca e hepatopâncreas do camarão foram dissecados em momentos diferentes. Mais tarde, testes de imunodifusão foram realizados para determinar a ingestão real do alimento. Os resultados obtidos indicaram que a cadaverina inclusa a 0,2% foi o melhor incitante. Por outro lado, a urina de caranguejo e extratos da glândula verde de camarões de água doce apresentaram bons resultados somente com indivíduos machos, demonstrando que sua utilização pode ser recomendada para cultivos monosexuais. Este processo de avaliação dos incitantes alimentares foi muito eficaz na

determinação do tempo em que o camarão leva para chegar ao alimento, assemelhando-se com a situação na fazenda.

Simão *et al.* (2008) avaliaram o desempenho produtivo de pós-larvas de camarão marinho, *Litopenaeus vannamei*, submetidas a diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de carne e ossos. Foram avaliados o desempenho dos camarões quanto ao ganho de peso, peso final, consumo de ração, conversão alimentar e a sobrevivência. Os níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de carne e ossos foram: 0, 25, 50 e 75%, com a adição ou não de um atrator comercial. Os autores encontraram que o rendimento produtivo dos camarões decresceu na medida em que os níveis de substituição da fonte protéica se elevaram; enquanto a presença do atrator nas rações proporcionou maior ganho de peso e peso final em relação às rações sem atrator.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 *Local do Estudo*

O estudo foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC). O laboratório está localizado Centro de Estudos em Aqüicultura Costeira (CEAC) no entorno do Estuário do Rio Pacoti, no município do Eusébio, Estado do Ceará.

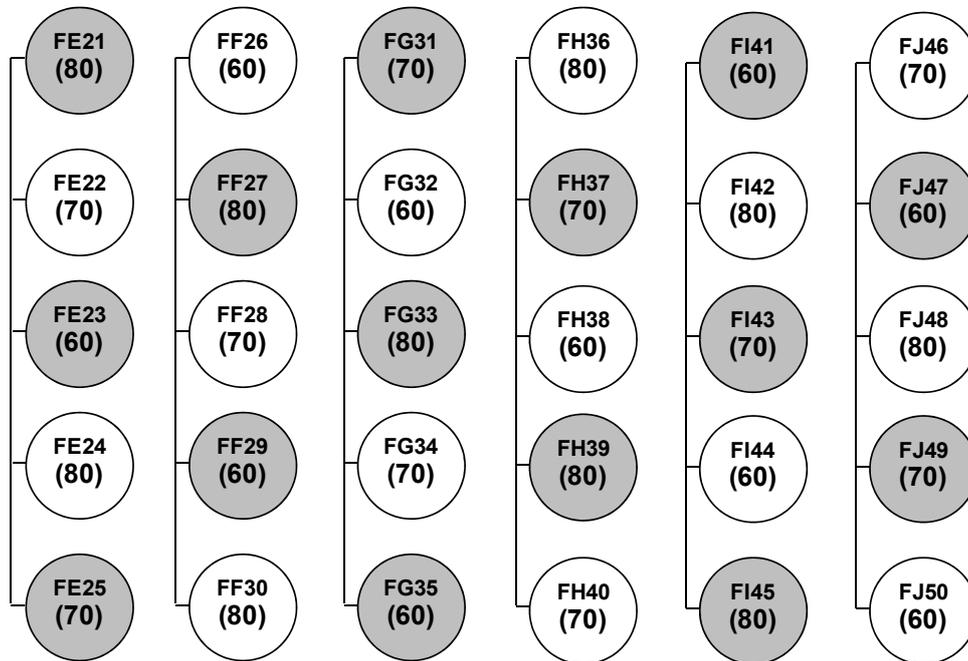
3.2 *Delineamento Experimental*

O estudo consistiu na avaliação do desempenho zootécnico e da resposta alimentar de camarões da espécie *Litopenaeus vannamei* alimentados com dietas com uma redução progressiva nas inclusões de farinha de peixe de Anchoveta (FPA) e (ou) no nível de metionina. A redução na inclusão de FPA nas dietas experimentais foi acompanhada por um aporte de farinha de krill da Antártica (*Euphasia superba*) e farinha de lula inteira, reportados na literatura como incitantes ou atratores alimentares para camarões marinhos (Smith *et al.*, 2005; Nunes *et al.*, 2006a; Sanchez *et al.*, 2005; Amaya *et al.*, 2007).

Seis dietas foram formuladas, sendo três com inclusão dos atratores alimentares marinhos citados. O grupo de dietas com e sem atratores foi designado como sendo ATMt e FPMt, respectivamente. Dentro de cada grupo de dietas, uma foi designada como sendo a dieta basal (80), com alto teor de FPA e níveis de metionina acima das demais dietas. As demais dietas foram identificadas como sendo 70 e 60; dietas formuladas para atender em 70% e 60%, respectivamente, os requerimentos de metionina reportados para camarões peneídeos cultivados (Akiyama *et al.*, 1991).

Inicialmente, o desempenho zootécnico (*i.e.*, crescimento corporal, sobrevivência, produtividade, consumo e conversão alimentar) do camarão *L. vannamei* alimentado com as seis dietas experimentais foi investigado simultaneamente em dois sistemas de cultivo, um operado a céu aberto (sistema “outdoor”) e o outro em ambiente coberto (sistema “indoor”). Nos sistemas *indoor* e *outdoor* foram designadas 5 e 3 tanques de cultivo para cada tratamento, totalizando 30 e 18 tanques, respectivamente. Os tratamentos foram randomizados em blocos de forma casualizada para reduzir tendências experimentais (Figura 1).

- Tanques do Sistema *Indoor* -



- Tanques do Sistema *Outdoor* -

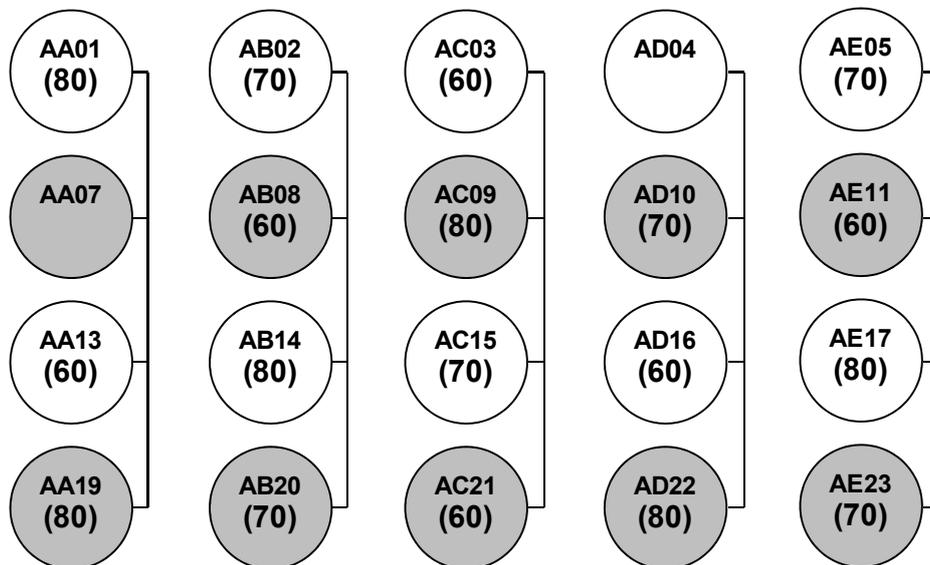


Figura 1.	Distribuição dos tratamentos nos seus respectivos tanques e sistemas de cultivo. Tanques com cor escura e branca indicam tratamentos ATMt e FPMt, respectivamente. Valores nos tanques situados na parte superior indicam identificação do tanque, enquanto os números na parte inferior indicam o tratamento correspondente. 80, dieta basal com 80% das exigências de metionina; 70, dieta formulada com 70% das exigências de metionina; 60, dieta com 60% das exigências metionina.
------------------	---

Subseqüentemente, as dietas foram analisadas quanto a sua atratividade. O estudo de atratividade consistiu na mensuração das respostas alimentares do camarão *L. vannamei* em um aquário de dupla escolha (aquário em Y). Todas as rações experimentais foram confrontadas entre si num total de 20 vezes, alternando-se o lado de oferta de cada ração a cada 10 observações.

3.3 Formulação e Fabricação das Dietas Experimentais

As dietas experimentais foram desenhadas utilizando o software de formulação linear Feedsoft® Professional versão 3.14 (Feedsoft Corporation, Richardson, Texas, EUA). As fórmulas foram elaboradas para atender os requerimentos nutricionais de camarões peneídeos cultivados. No sistema de formulação, os seguintes níveis nutricionais (a base de matéria natural) mantiveram-se constantes entre as dietas experimentais: proteína bruta entre 35,0% e 36,0%; fibra bruta entre 1,0% e 3,0%; 8,5% de gordura; menos de 12,5% de cinzas e 100 mg/kg de vitamina C.

As dietas controle (FPMt), sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira, foram formuladas para conter farinha de peixe como única fonte protéica de origem marinha (Tabela 1). Foram empregados dois tipos de farinha de peixe, a farinha de peixe de Anchoveta (*Engraulis ringers*) e a farinha de peixe nacional produzida a partir de resíduos do beneficiamento de peixes marinhos ou de *by-catch* da pesca. Todas as dietas mantiveram a mesma inclusão de farinha de peixe nacional, contudo, variando os aportes de farinha de peixe de Anchoveta (FPA). A inclusão dos atratores farinha de krill e farinha de lula inteira foi mantida constante em 5,0 e 10,0 g/kg, respectivamente, nas dietas ATMt. Os níveis de inclusão para os atratores alimentares em cada dieta foram definidos de forma aleatória, baseando-se apenas em estudos de atratividade alimentar de camarões que demonstram melhores respostas alimentares quando empregado aportes entre 0,5 e 5% dependendo do atrator e da composição da dieta (HARTATI & BRIGGS, 1993; SMITH *et al.*, 2005).

Entre as dietas basais FPMt₍₈₀₎ e ATMt₍₈₀₎, a inclusão de FPA caiu 8,5%. Esta redução implicou em um aporte adicional de farinha de carne e ossos na dieta ATMt₍₇₀₎ a fim de equilibrar o teor protéico em 36% entre as dietas basais. Para permitir o maior aporte de farinha de carne e ossos e a inclusão dos atratores alimentares, houve uma redução de

13,7% de farelo de soja na dieta ATMt₍₈₀₎. As demais dietas FPMt₍₇₀₎, ATMt₍₇₀₎, FPMt₍₆₀₎ e ATMt₍₆₀₎ sofreram uma redução significativa no aporte de farinha de peixe de Anchoveta (FPA), de 14% nas dietas basais para menos de 5%. A redução de FPA objetivou restringir os níveis de metionina projetada. Nas dietas FPMt₍₇₀₎, ATMt₍₇₀₎, FPMt₍₆₀₎ e ATMt₍₆₀₎, a quirera de arroz foi removida para dar espaço à inclusão de ingredientes mais protéicos, como o farelo de soja.

O perfil de ácidos graxos essenciais¹ nas dietas não foi fixado (Tabela 2). Estes nutrientes variaram principalmente em função do aporte de farinha de peixe, farinha de krill, farinha de lula e óleo de peixe, os quais foram empregados para atender um teor de gordura final de 8,5% nas dietas. O nível de fosfolípidios foi fixado em 1,5% (GONG *et al.*, 2000) sendo atendido principalmente pelo aporte de lecitina de soja. O nível de colesterol nas dietas experimentais foi estipulado em 0,14% de acordo com os requerimentos definidos por Castille *et al.* (2004) para o *L. vannamei*.

Os níveis de fósforo, potássio e magnésio foram atendidos através da suplementação com fosfato monodivale, cloreto de potássio e sulfato de magnésio, respectivamente. Os níveis formulados para estes minerais seguiram as recomendações de Davis & Lawrence (1992) para camarões peneídeos: 0,6% de fósforo disponível; entre 0,9% e 1,2% de potássio; 0,2% e 0,3% de magnésio. Os níveis de cálcio e sódio variaram entre 2,0% e 3,0% e entre 0,6% e 0,7%, respectivamente.

Os dez aminoácidos considerados essenciais² (AAE) para organismos aquáticos cultivados (National Research Council, 1983) apresentaram níveis formulados em pelo menos 80% das exigências estabelecidos por AKIYAMA *et al.* (1991) para camarões peneídeos cultivados, exceto para metionina. Inicialmente as dietas basais, FPMt₍₈₀₎ e ATMt₍₈₀₎, foram formuladas objetivando apresentar níveis de metionina próximo a 80% das exigências nutricionais requerimentos da espécie, permitindo uma livre variação nos níveis

¹Ácido linoléico (18:2n-6, LOA), ácido linolênico (18:3n-3, LNA), ácido eicosapentaenóico (20:5n-3, EPA) e ácido docosaexaenóico (22:6n-3, DHA) segundo GLENCROSS *et al.* (2002).

²Arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina

Tabela 1. Composição (g/kg de peso úmido) e custo (R\$/ton.) de formulação das dietas experimentais utilizadas no estudo.

Ingrediente	Custo por ton. (R\$/ton.)*	Dietas Experimentais/Composição (g/kg)					
		FPMt ₍₈₀₎	FPMt ₍₇₀₎	FPMt ₍₆₀₎	ATMt ₍₈₀₎	ATMt ₍₇₀₎	ATMt ₍₆₀₎
Farelo de soja ¹	744,00	265,1	438,6	459,1	228,7	425,4	459,3
Farinha de trigo ²	840,00	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0
Farinha de peixe, Anchoveta ³	2.630,75	140,3	45,0	49,9	128,3	27,1	19,2
Farinha de peixe, Nacional ⁴	1.255,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Farinha de carne e ossos ⁵	1.020,00	55,9	19,7	49,7	83,3	42,5	69,6
Quirera de arroz ⁶	550,00	50,4	0,0	0,0	62,3	0,0	0,0
Glúten de milho ⁷	1.205,00	50,0	50,0	0,0	50,0	50,0	0,0
Lecitina de soja	1.537,65	17,2	19,6	19,5	16,4	19,1	19,3
Óleo de peixe	2.006,00	13,0	12,7	12,4	10,3	9,8	9,6
Fosfato monodiválcico	886,00	30,1	38,1	34,5	27,3	36,1	33,3
Premix vitamínico-mineral ⁸	16.508,70	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Sal comum	127,50	10,0	9,1	8,5	10,0	8,5	8,3
Farinha de krill ⁹	4.780,00	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	5,0
Farinha de lula inteira ¹⁰	2.805,00	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0	10,0
Aglutinante sintético ¹¹	4.800,00	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cloreto de potássio	2.023,00	1,8	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0
Colesterol ¹²	72.813,31	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1
Vitamina C ¹³	23.655,50	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Sulfato de magnésio ¹⁵	913,00	0,1	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0
Custo de formulação (R\$/ton.)	-	1.386,42	1.228,58	1.218,26	1.404,02	1.237,22	1.204,88

¹Farelo de Soja 46. Bunge Alimentos S.A. (Luis Eduardo Magalhães, BA). 44,78% proteína bruta (PB); 1,64% lipídeos totais (LP); 6,45% cinzas; 5,40% fibra bruta (FB); 8,22% umidade.

²Dona Benta Tipo 1, J. Macedo (Fortaleza, CE). 11,95% PB; 1,75% LP; 0,58% cinzas; 0,05% FB; 10,00% umidade.

³COPEINCA Corporación Pesquera INCA S.A. (Lima, Peru). 63,19% PB; 6,23% LP; 15,83% cinzas; 0,09% FB; 10,44% umidade.

⁴Farinha de peixe Kenia Ltda. (Itajaí, SC). 59,98% PB; 6,15% LT; 19,43% cinzas; 0,17% FB; 6,78% umidade.

⁵NORDAL Nordeste Indl. de Derivados Animais Ltda. (Maracanaú, CE). 46,29% PB; 16,46% LT; 31,13% cinzas; 0,64% FB; 7,20% umidade.

⁶Brasília Alimentos Ltda. (Cruz do Rio Pardo, SP). 8,83% PB; 1,80% LT; 1,31% cinzas; 0,22% FB; 9,33% umidade.

⁷Protenose®, Corn Products Brasil – Ingredientes Industriais Ltda. (São Paulo, SP). 64,99% PB; 11,90% LT; 1,52% cinzas; 1,34% FB; 6,33% umidade.

⁸Rovimix Camarão Intensivo. DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda., São Paulo, SP. Níveis de garantia por quilo de produto: vitamina A, 1.250.000 UI; vitamina D3, 350.000 UI; vitamina E, 25.000 UI; vitamina K3, 500,0 mg; vitamina B1, 5.000,0 mg; vitamina B2, 4.000,0 mg; vitamina B6, 10,0 mg; ácido nicotínico, 15.000,0 mg; ácido pantotênico, 10.000,0 mg; biotina, 150,0 mg; ácido fólico, 1.250,0 mg; vitamina C, 25.000,0 mg; colina, 50.000,0 mg; inositol, 20.000,0 mg; ferro 2.000,0 mg; cobre, 3.500,0 mg; cobre quelado, 1.500,0 mg; zinco, 10.500,0 mg; zinco quelado, 4.500,0 mg; manganês, 4.000,0 mg; selênio, 15,0 mg; selênio quelado, 15,0 mg; iodo, 150,0 mg; cobalto, 30,0 mg; cromo, 80,0 mg; veículo, 1.000,0 g.

⁹QRILL™ meal, Aker Biomarine ASA (Oslo, Noruega). 59,00% PB; 25,00% LT; 10,00% cinzas; 6,00% umidade.

¹⁰Hinrichsen Trading S.A. (Santiago, Chile). 68,89% PB; 5,38% LT; 11,63% cinzas; 0,51% FB; 10,89% umidade.

¹¹Pegabind™, Bentoli Agrinutrition (Texas, EUA). Aglutinante sintético a base de uréia formaldeído.

¹²Cholesterol XG, Solvay Pharmaceuticals BV/NL (Holanda). 91% de colesterol ativo.

¹³Rovimix Stay-C® 35%, DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda., São Paulo, SP. Ácido L-ascórbico-2-monofosfatado, Na₂Ca_{0,5}C₆H₆O₉P.

*Preços CIF de mercado.

Tabela 2. Perfil nutricional analisado¹ e projetado² das fórmulas experimentais utilizadas no estudo. Valores expressos como o % do peso úmido da ração, exceto para os aminoácidos essenciais e ácidos graxos, reportados como o % da proteína bruta e lipídeos totais, respectivamente. Energia bruta reportado em kcal/kg.

	FPMt ₍₈₀₎	FPMt ₍₇₀₎	FPMt ₍₆₀₎	ATMt ₍₈₀₎	ATMt ₍₇₀₎	ATMt ₍₆₀₎
Nutrientes básicos						
Proteína bruta ¹	37,51	36,80	36,65	37,37	35,77	36,42
Lipídeos totais ¹	5,99	6,76	6,95	6,57	6,84	5,82
Cinzas ¹	11,23	10,83	11,62	12,68	11,23	11,81
Fibra bruta ¹	3,78	4,36	4,67	4,29	4,22	4,68
Energia bruta ¹	4.095,24	4.099,67	4.091,60	3.825,25	4.078,70	3.942,25
Fosfolipídeos ²	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Colesterol ²	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Aminoácidos²						
Arginina	5,0	5,1	5,3	4,9	5,1	5,3
Histidina	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0
Isoleucina	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,7
Leucina	7,0	7,0	6,1	6,9	6,9	5,9
Lisina	5,0	4,8	5,1	4,9	4,7	4,9
Metionina	1,9	1,6	1,5	1,9	1,6	1,4
Metionina+cistina	3,0	2,9	2,7	3,0	2,8	2,7
Fenilalanina	3,9	4,1	3,8	3,8	4,0	3,7
Fenilalanina+tirosina	6,4	6,5	6,2	6,3	6,4	6,0
Treonina	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0
Triptofano	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0
Valina	4,1	4,0	3,9	4,1	3,9	3,8
Ácidos graxos²						
LOA (C18:2n-6)	22,9	30,8	28,7	21,2	30,0	28,5
LNA (C18:3n-3)	3,5	4,6	4,7	3,3	4,5	4,7
DHA (C22:6n-3)	4,4	3,8	3,8	4,6	3,9	3,8
EPA (C20:5n-3)	3,8	3,3	3,3	3,9	3,3	3,3
Minerais²						
Fósforo total	1,87	1,69	1,78	1,92	1,73	1,80
Fósforo disponível	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Cálcio	2,65	2,16	2,40	2,83	2,30	2,49
Sódio	0,64	0,50	0,50	0,67	0,50	0,50
Potássio	0,90	1,01	1,10	0,90	1,02	1,12
Magnésio	0,20	0,20	0,21	0,22	0,20	0,23

dos demais AAE. A partir das dietas basais, as demais dietas (FPMt₍₇₀₎, ATMt₍₇₀₎, FPMt₍₆₀₎ e ATMt₍₆₀₎) variaram sua composição para atender níveis de metionina entre 60% e 70%, respectivamente, das exigências definidos por Akiyama *et al.* (1991).

O processo de fabricação das rações experimentais iniciou-se com a moagem (moinho tipo Willye, modelo MA-680, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, SP) do farelo de soja, quirera de arroz e glúten de milho em malha com 600 µm. Subseqüentemente, estes ingredientes juntamente com a farinha de peixe, farinha de carne e ossos, farinha de krill e farinha de lula inteira foram individualmente peneirados em malha de 250 µm. Os microingredientes (minerais e vitaminas) e a farinha de trigo não foram submetidos à moagem ou ao peneiramento, pois já apresentam uma fina granulometria.

Após a moagem, todos os ingredientes sólidos e líquidos foram pesados em balança eletrônica de precisão (Ohaus Adventurer, Toledo do Brasil, São Paulo, SP) e misturados em uma bateadeira planetária industrial para massas (G. Paniz, modelo BP-12 super, Caxias do Sul, RS) durante 10 minutos. Após este período, água doce a uma temperatura 92°C foi adicionada a mistura de ingredientes na proporção de 2,0:1,5. Os ingredientes foram misturados por um tempo adicional de 10 minutos até a formação de um bolo. O bolo de ingredientes foi então transferido para uma cuscuzeira e mantido sob cozimento a vapor durante 40 min. O bolo cozido foi submetido à extrusão em um moedor industrial para carnes (C.A.F., modelo CAF-32, Rio Claro, SP) equipado com uma matriz de 2,0 mm (Figura 2).

Durante a extrusão houve a formação de uma massa na forma de *spaghetti*, o qual foi distribuído em bandejas de aço inox para secagem a 65°C em uma estufa com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, SP) durante 5 h. A massa foi revirada a cada 2 h de secagem para alcançar uma umidade homogênea em toda ração. Findo o processo de secagem a ração foi cortada em *pellets* cônicos com 5,0 cm de comprimento em um multiprocessador, resfriada, embalada em sacos plásticos, identificada e armazenada sob temperatura de -22°C

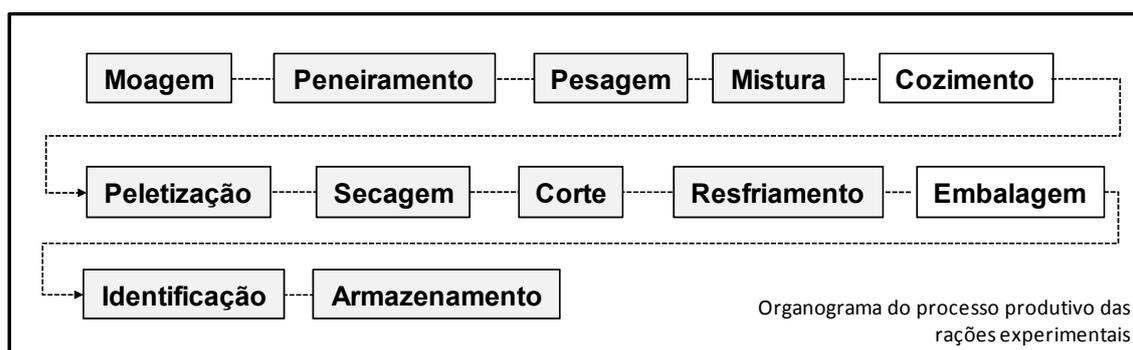


Figura 2. Organograma seqüencial do processo de preparação das rações peletizadas em laboratório empregado no estudo.

3.4 Caracterização dos Sistemas de Cultivo e Atratividade

3.4.1 Sistema de Cultivo Coberto (*Indoor*) e a Céu Aberto (*Outdoor*)

O estudo de desempenho zootécnico foi realizado em dois sistemas distintos de cultivo, um coberto (sistema *indoor*) e o outro a céu aberto (sistema *outdoor*). O sistema *indoor* é constituído por 30 tanques de polipropileno de cor azul (Plastsan Plásticos do Nordeste Ltda. Caucaia, CE) com volume individual de 500 l e área útil de fundo de 0,57 m². Os tanques são mantidos em um galpão coberto de 500 m² onde a influência de variáveis ambientais (e.g., temperatura, chuva, iluminação solar, ciclo lunar) sob o cultivo é reduzida para um maior controle dos parâmetros em estudo (Figura 3).

Os tanques *indoor* são interligados por meio de canos de PVC soldáveis formando baterias independentes de cinco tanques. Cada bateria possui filtragem mecânica de água individual realizada através do uso de um filtro de areia de alta vazão (Dancor S.A. Indústria Mecânica, Rio de Janeiro, RJ) com área filtrante de 0,07 m², conectado a uma eletrobomba (WEG Indústrias S.A., Guarulhos, SP) de serviço contínuo, monofásica, na potência de 1/4 cv, tensão de 220 V e vazão nominal de 3,8 m³/h. Dois tanques de 20.000 l são utilizados para alimentar o sistema *indoor* com água salgada previamente desinfetada e filtrada mecanicamente.

O sistema de cultivo *outdoor* é constituído por 18 tanques com volume individual de 1.000 l e área útil de fundo de 1,02 m², posicionados em uma área a céu aberto de 445 m². Os tanques do sistema *outdoor* são alimentados individualmente com água salgada oriunda de dois tanques de armazenamento de 20.000 l, sem previa desinfecção ou filtragem da água.

Os tanques *indoor* e *outdoor* são mantidos cobertos por uma tampa azul de PVC para evitar o escape de camarões, minimizar o excesso de luminosidade e a interferência de fatores externos. As tampas possuem uma abertura central ou lateral (*indoor* e *outdoor*, respectivamente) para permitir a introdução e a remoção de bandejas de alimentação. As tampas possuem ainda aberturas triangulares protegidas por telas para propiciar a troca de calor com o meio externo, evitando um aumento demasiado da temperatura da água de cultivo. Ambos os sistemas de cultivo são alimentados de forma contínua por um sistema de aeração composto por seis compressores radiais (Ibram Indústria Brasileira de Máquinas e Equipamentos, São Paulo, SP), equipados com supressores de ruído e com motores trifásicos de 2,0 cv e 7,0 cv de potência. Cada tanque dispõe de dois pontos de alimentação



Figura 3. Tanques de cultivo dispostos em células em ambiente fechado (A) e em ambiente aberto (B).

de ar, composto por duas pedras porosas localizadas em lados opostos do tanque, distantes cerca de 15 cm do fundo do tanque.

3.4.2 Sistema de Atratividade

O sistema de atratividade utilizado para avaliação das respostas alimentares do *Litopenaeus vannamei* foi o mesmo empregado por NUNES *et al.* (2006a) com algumas modificações. Este sistema foi inicialmente concebido com base nas descrições apresentadas por Lee (1992), Costero & Meyers (1993), Lee & Meyers (1996, 1997) e Mendoza *et al.* (1997). O sistema consistiu de um labirinto em Y ou de um aquário de dupla escolha construído com vidro transparente de 4,0 mm de espessura e revestido externamente em todas suas laterais por uma película escura com 50% de transparência.

O aquário media 130 cm de comprimento por 30 cm de largura com 40 cm de altura, totalizando um volume total de armazenamento de 70 l de água. A extremidade superior do aquário foi dividida em duas partes para formar duas extensões ou “braços”, em forma de V, cada um medindo 15 cm de largura por 30 cm de comprimento (ângulo de 80°). As extensões foram construídas para funcionar como área de oferta e escolha alimentar (Figura 4A). O lado inferior do aquário foi dividido em duas câmaras com dois vidros móveis denominados de guilhotina. A primeira câmara teve como função a drenagem da água empregada nas observações de comportamento alimentar. A segunda câmara possuía a função de aclimatar os camarões antecedendo as observações de resposta alimentar. A câmara de aclimatação possuía sua guilhotina erguida por uma corda posicionada na sua extremidade superior de forma a minimizar qualquer efeito externo sobre os animais recém aclimatados (Figura 4B).

O aquário foi equipado com um substrato de borracha enrugado disposto ao longo de todo fundo para auxiliar a locomoção do camarão. O labirinto em Y foi circundado e sustentado por uma estrutura de barras de alumínio com 150 cm de comprimento por 90 cm de largura com 150 cm de altura. Uma filmadora digital (Sony Handycam, modelo DCR-SR62_E23, Sony Electronics Inc., San Diego, EUA) foi erguida e fixada no centro da estrutura de metal de forma a registrar todas as respostas alimentares do camarão durante as observações. As observações foram acompanhadas simultaneamente pelo observador através de um monitor de TV com 15”. Uma lâmpada fosforescente (marca Philips TLT

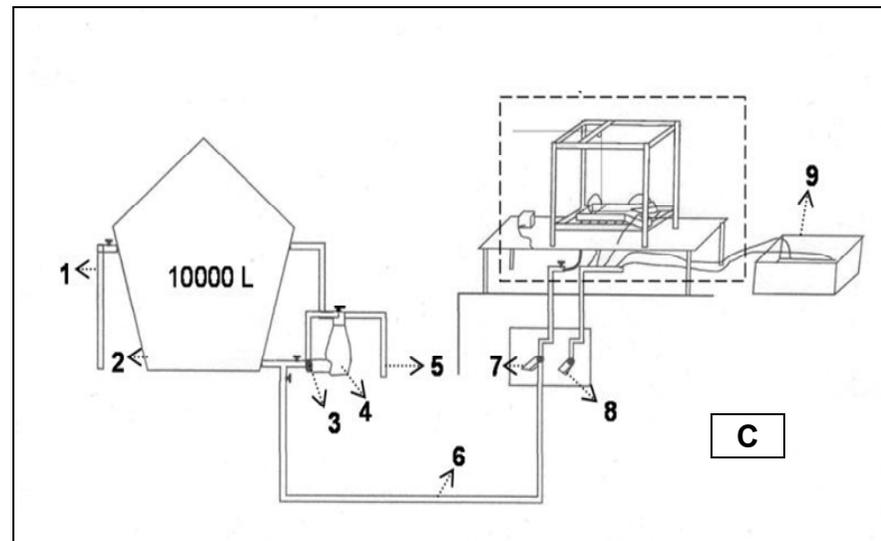
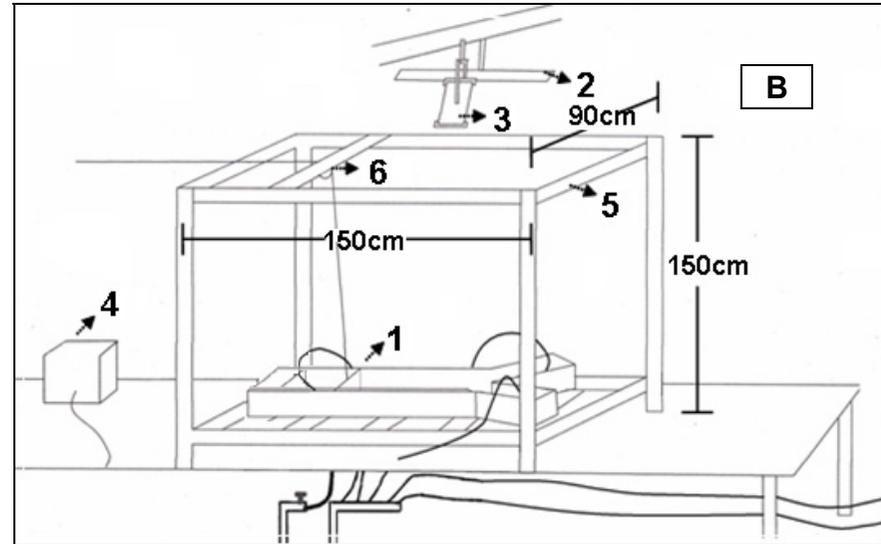
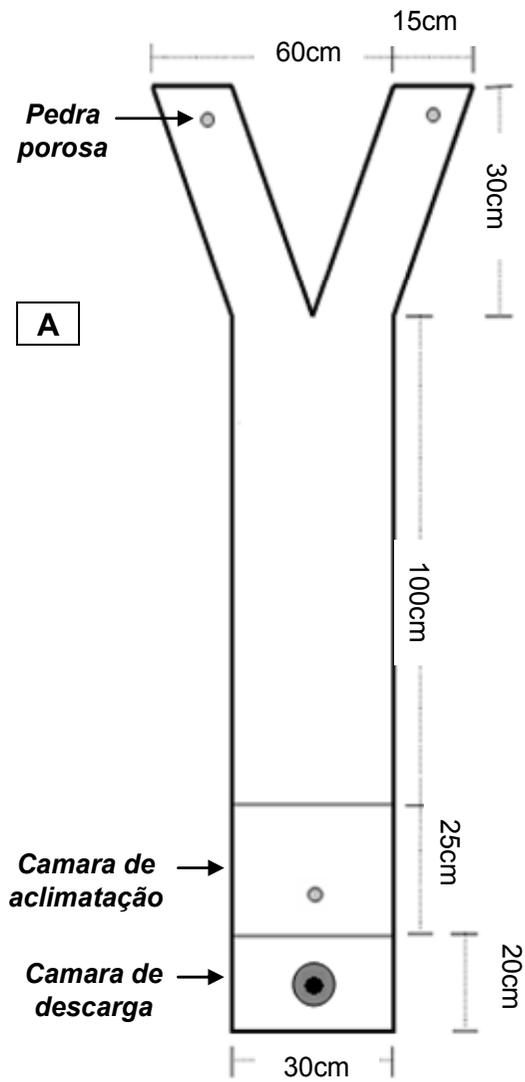


Figura 4. Sistema de dupla escolha para avaliação da atratividade: A, visão superior mostrando as dimensões do aquário em Y, o posicionamento das pedras porosas com as câmaras de aclimação e descarga de água. B, visão detalhada do sistema de dupla escolha. Sistema de dupla escolha (1B), lâmpada fosforescente (2B), filmadora digital (3B), monitor de TV (4B), estrutura de barras de alumínio (5B), roldana de metal (6B) para erguer a guilhotina. C, visão geral do sistema de dupla escolha e equipamentos de suporte. Linha de abastecimento de água salgada (1C), tanque de armazenamento de água salgada (2C), eletrobomba para recirculação de água (3C), filtro mecânico de areia (4C), linha para descarga de água (5C), linha para bombeamento de água até o sistema de dupla escolha (6C), eletrobomba para abastecimento de água do sistema de dupla escolha (7C), soprador do sistema de dupla escolha (8C), tanque de espera de 200 l (9C).

com 20 W de potência) de cor branca equipada com um dimer para controle da intensidade luminosa foi posicionada sobre a estrutura de metal. Adicionalmente, uma lona plástica escura cobriu toda a estrutura de alumínio, servindo para reduzir a influencia de qualquer fator externo na resposta alimentar do camarão durante as observações. O aquário foi provido de aeração com uma pedra porosa posicionada em cada uma das extensões do sistema e uma na câmara de aclimatação.

O aquário de dupla escolha foi alimentado com água salgada previamente filtrada com um filtro de areia de alta vazão (Dancor S.A. Indústria Mecânica, Rio de Janeiro, RJ) provinda de um tanque com 10.000 l de capacidade (Figura 4C). Os camarões submetidos às avaliações de resposta alimentar foram mantidos em cinco tanques *indoor* de 500 l, equipados com aeração constante e filtragem noturna de água. Antecedendo as observações de comportamento alimentar, camarões foram transferidos para um tanque de fibra de vidro com 200 l (tanque de espera) a fim de submeterem-se a um jejum alimentar por 16 h. O tanque de espera possuía água com níveis de qualidade similares aos usados durante as observações, provido de aeração constante e equipado com um fundo de borracha enrugada.

3.5 Metodologia de Cultivo

3.5.1 Fonte e Cultivo de Pós-Larvas e Juvenis

Pós-larvas do camarão *Litopenaeus vannamei* com 12 dias de vida (PL12) foram adquiridas da larvicultura de camarões marinhos Sea Life Ltda. (Cajueiro da Praia, Estado do Piauí). Os animais foram transportados em 09/01/2008 para as instalações do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) em sacos plásticos duplos com 15 l de água salgada cada, sob densidade aproximada de 666 PL/L (temperatura de 23°C e salinidade de 39‰).

Na chegada ao laboratório (7 h de transporte terrestre) os camarões foram divididos e estocados em cinco tanques berçários com volume individual de água de 3.000 l. Um total de 30.000 PL ou cerca de 6.000 PL por tanque (2,0 PL/l) foi povoado. Os camarões foram cultivados nos tanques berçários por 45 dias quando alcançaram $1,11 \pm 0,23$ g ($n = 200$) de peso corporal úmido. Ao final do cultivo foi estimada uma sobrevivência média de 91%. Durante a fase de berçário, os camarões foram alimentados oito vezes ao dia (às 0700, 0900, 1100, 1300, 1500, 1700, 2300 e 0300 h) com uma ração desintegrada comercial

contendo 40% de proteína bruta (0,5 mm de diâmetro, Camaronina 40 CR1, Evialis do Brasil Nutrição Animal Ltda., Paulínia, Estado de São Paulo). As taxas de alimentação variaram entre 96% a 16% da biomassa estocada. Adicionalmente, nos primeiros cinco dias de cultivo e sempre na última refeição do dia (*i.e.*, às 1700 h), foram também ofertadas as rações S-Pak[®] INVE (Stresspak), E-Pak XL[®] INVE e Lansy Flake[®] INVE (INVE do Brasil Ltda., Fortaleza, Estado do Ceará). Uma ração líquida, LiquaLife[®] PL (Cargill Animal Nutrition, Minneapolis, EUA), foi ofertada uma vez pela manhã na primeira semana de cultivo numa quantidade de 5 g por tanque. A ração desintegrada foi ofertada exclusivamente em bandeja de alimentação (uma unidade por tanque), sendo as demais rações diluídas e aplicadas diretamente sobre a água de cultivo.

Após o cultivo em tanques berçários, os camarões foram classificados a fim de homogeneizar os tamanhos e transferidos para tanques *outdoor* com 1.000 l de volume de água em 11/02/2008. Durante toda esta fase, os camarões foram alimentados com ração comercial desintegrada com 40% de proteína bruta (< 1,0 mm de diâmetro, Camaronina 40 CR1, Evialis do Brasil Nutrição Animal Ltda., Paulínia, Estado de São Paulo). Um total de 18.900 camarões foram estocados sob densidade de 350 animais/m² em 54 tanques e cultivados por 12 dias quando alcançaram um peso médio corporal úmido de 3,14 ± 0,60 g (*n* = 102). Em 23/02/2008, os animais foram então transferidos para 30 tanques *indoor* e no dia seguinte para 18 tanques *outdoor*. Durante 11 dias os camarões foram submetidos a uma aclimação com ração comercial peletizada para engorda de camarões marinhos (Camaronina 35 hp, Evialis do Brasil Nutrição Animal Ltda., Paulínia, Estado de São Paulo).

3.5.2 Alimentação e Manejo dos Sistemas de Cultivo

Após o período de aclimação, os animais passaram a ser alimentados com suas respectivas dietas até o término do cultivo no 72º dia. Durante todo estudo, os camarões foram alimentados diariamente duas vezes ao dia (inclusive aos Domingos), às 0730 h e 1600 h. Os camarões foram continuamente expostos a ração, durante períodos de 9,0 h (0730 às 1530 h) e 15,0 h (1600 às 0700 h). Para reduzir a lixiviação de ração após imersão em água, todo alimento foi distribuído em bandejas de alimentação confeccionadas com uma tela com malha retangular com área de 141 mm (abertura da malha de 640 µm e uma

altura de 220 μm) e bordas com 35 mm de altura. As bandejas foram instaladas na parte central dos tanques *indoor* ou na parte lateral dos tanques *outdoor* sob densidade de uma unidade por tanque. A cada alimentação, as bandejas foram individualmente inspecionadas para detectar a presença de alimento não consumido, o qual quando observado, foi coletado para pesagem e descarte.

Nos primeiros três dias de cultivo, a quantidade de ração ofertada obedeceu à biomassa estimada de camarões de cada tanque (*i.e.*, peso médio dos camarões estocados por tanque multiplicado pela população), seguindo taxas de alimentação segundo NUNES & PARSONS (2000). Nos dias subsequentes de cultivo, os camarões foram alimentados sob um regime de demanda alimentar, permitindo realizar mudanças na quantidade de alimento ofertado em relação a cada oferta de ração e em função do apetite alimentar dos animais. O alimento não consumido foi contabilizado diariamente em cada tanque e horário de alimentação por meio da coleta de sobras encontradas nas bandejas de alimentação. Sempre que necessário, foram realizados ajustes nas refeições a cada horário de alimentação (*i.e.*, sobras de alimento das 0730 h empregado para ajuste da refeição das 1600 h). Um protocolo de ajuste alimentar foi usado para alterar as refeições 25% acima ou abaixo das refeições originalmente calculadas (Tabela 3).

Ao longo do estudo, todos os camarões encontrados mortos em bandejas de alimentação foram removidos, subtraídos da população inicial e contabilizados. Contudo, a sobrevivência final dos camarões somente foi determinada na despesca. Não foi realizada a reposição de camarões mortos durante o cultivo. Os parâmetros de qualidade de água (pH, temperatura e salinidade) foram determinados uma única vez ao dia em todos os tanques *indoor* e *outdoor*. A temperatura e o pH da água foram determinados com um pHmetro portátil (SevenGo™ pH meter SG2, Mettler Toledo GmbH, Schwerzenbach, Suíça), enquanto um refratômetro com calibração automática para temperatura (modelo RTS-101ATC, Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda, São Paulo, Estado de São Paulo) foi utilizado para determinar a salinidade da água.

Nos tanques *indoor*, os filtros de areia funcionaram somente no período entre as 1700 e 0700 h. A retrolavagem dos filtros ocorreu sempre que observado a perda de transparência da água de cultivo, geralmente dentro de um intervalo de 3 a 10 dias, dependendo do estágio de cultivo. A cada retrolavagem foi drenado cerca de 20% de água,

sendo reposta com água salgada previamente desinfetada com hipoclorito de sódio a 20 ppm. Nos tanques *outdoor*, a troca de água ocorreu semanalmente, drenando 25% do volume total de cada tanque e repondo por água recém bombeada do Estuário do Rio Pacoti, sem nenhum tratamento físico ou químico.

3.5.3 Índices de Desempenho Zootécnico

O desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* foi avaliado ao longo e no final do cultivo por meio de biometrias dos camarões cultivados. A biometria foi iniciada no primeiro dia de cultivo após o período de aclimação, seguido de pesagens realizadas em um intervalo de 24 dias. Os camarões foram pesados individualmente em uma balança de precisão (Ohaus Adventurer, modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, Estado de São Paulo). O peso úmido de um total de 10 animais por tanque foi avaliado, sendo estes imediatamente devolvidos para suas respectivas unidades de cultivo após pesagem. Na despesca, todos os camarões vivos foram contados e pesados individualmente para determinar os seguintes índices de desempenho zootécnico:

$$GW = ((WGf - Wgi) \div PR) \times 7 \quad (1) \quad \text{onde,}$$

GW = crescimento semanal dos camarões (g);

WGf = peso corporal úmido (g) dos camarões na despesca;

Wgi = peso corporal úmido (g) dos camarões no dia 1 de cultivo;

PR = número total de dias de cultivo.

$$SR = (POPf \div POPi) \times 100 \quad (2) \quad \text{onde,}$$

SR = sobrevivência final dos camarões na despesca (%);

POPf = número total de camarões vivos por tanque no momento da despesca;

POP = número total de camarões povoados por tanque.

Tabela 3. Protocolo de ajuste alimentar por demanda utilizado no presente estudo com o *L. vannamei*.

% de Sobra de Ração nas Bandejas	Ajuste nas Refeições
< 25%	Nenhuma mudança na refeição
≥ 25%	Ofertar $\frac{3}{4}$ da refeição original
Nenhuma sobra	Aumentar em 25% a refeição original

$$YLD = ((POPf \times WGf) - (POPi \times WGi)) \div AR \quad (3) \quad \text{onde,}$$

YLD = produtividade de camarões por tanque (g/m²);

AR = área de fundo do tanque (m²).

O fator de eficiência alimentar das dietas foi determinado ao final do cultivo empregando-se o consumo aparente de ração (AFI, em g). O consumo aparente de ração mede a ingestão de alimento pelo camarão a base da matéria seca. Com isto, para determinar o consumo alimentar dos camarões foi calculado a taxa de lixiviação de cada ração em água salgada em relação aos respectivos intervalos de alimentação empregados. Estes intervalos indicam o período em que a ração manteve-se imersa em água antes da coleta da ração não consumida, quando esta fora detectada. No presente estudo, dois tempos de imersão foram utilizados: (a) 9,0 h (0730 às 1530 h) e (b) 15,0 h (1600 às 0700 h). Para cada dieta e período de imersão em água, foi determinado o teor de umidade da ração, sua taxa de absorção em água salgada (WA_i) e sua lixiviação de matéria seca (DM_i) quando imersa em água salgada, de acordo com Nunes *et al.* (2006b). Estes parâmetros foram determinados em triplicata para cada tipo de ração testada. O fator de eficiência alimentar foi determinado por meio da equação:

$$FCR = \Sigma AFI \div BIO \quad (4) \quad \text{onde,}$$

FCR = fator de conversão alimentar a base seca;

AFI = consumo aparente de ração (g) por tanque ao longo de todo ciclo de cultivo;

BIO = biomassa despescada de camarão (g) por tanque, onde:

$$BIO = (POPf \times WGf) - (POPi \times WGi) \quad (5)$$

3.6 Avaliação da Atratividade Alimentar

3.6.1 Mensuração das Respostas Comportamentais ao Estímulo Alimentar

A avaliação da atratividade alimentar foi realizada segundo o estímulo alimentar proporcionado pelas diferentes dietas ao camarão *L. vannamei*. As respostas alimentares do *L. vannamei* foram categorizadas em três fases distintas, sendo quantificadas seguindo uma modificação do modelo comportamental para crustáceos em resposta a estímulos químicos

apresentado por Lee & Meyers (1996) derivado de Zimmer-Faust *et al.* (1984), Zimmer-Faust (1987), Costero & Meyers (1993) e Pittet *et al.* (1996):

- (1) Fase I (detecção): tempo percorrido (em segundos) entre a o levantamento da guilhotina e o início do processo de reconhecimento ou percepção da presença do alimento pelo camarão, efetuado por meio de quimorreceptores situados nas antênulas, partes bucais e pereiópodos. Os sinais comportamentais observados foram o movimento rápido das antênulas, a limpeza das antênulas e quelas pelos maxilípedes e a batida dos maxilípedes.
- (2) Fase II (orientação): tempo percorrido (em segundos) após o final da detecção até a chegada ao alimento. A fase de orientação e locomoção teve início quando o camarão mudou sua posição em relação ao ponto de detecção, na direção a favor ou oposta em relação ao alimento, movimentando-se vagarosamente ou rapidamente de um lado para outro, procurando calmamente ou intensamente a fonte alimentar, até que o limite da câmara de aclimatação (25 cm de comprimento) fosse ultrapassado. Nesta fase, os camarões apresentaram respostas alimentares semelhantes à fase I, com respostas adicionais como o arrasto dos pereiópodos no fundo do aquário.
- (3) Fase III (alimentação): tempo decorrido após a localização do alimento, com a chegada do camarão a fonte alimentar, com a ingestão, sua continuação ou interrompimento. O camarão alcança o ingrediente, cessa a movimentação dos apêndices e manipula o alimento, ingerindo-o ou rejeitando-o.

Foram ainda contabilizados o percentual de escolha positiva (POS) e o percentual de escolha negativa (NEG) a cada dieta. Quando foi detectado consumo alimentar a uma determinada dieta, esta resposta foi contabilizada como sendo escolha positiva. A recusa ao consumo alimentar de uma dieta escolhida no sistema em Y foi quantificada como sendo rejeição alimentar. Os percentuais de escolha positiva e escolha negativa para uma determinada dieta em relação às demais avaliadas foram calculados de acordo com as seguintes expressões:

$$\text{POS (\%)} = (\text{ESC} \div \Sigma \text{obs}) \times 100 \quad (6) \quad \text{onde,}$$

POS = percentual de escolhas positivas

ESC = número total de escolhas positivas

obs = número total de observações

$$\text{NEG (\%)} = (\text{REJ} \div \Sigma \text{obs}) \times 100 \quad (7) \quad \text{onde,}$$

NEG = percentual de escolhas negativas

REJ = número total de rejeições

3.6.2 Metodologia das Análises Comportamentais

Os camarões utilizados para observações comportamentais foram cultivados em cinco tanques *indoor* de 500 l da fase de PL12 até juvenil, alimentados com ração comercial peletizada para engorda de camarões marinhos (Camaronina 35 hp, Evialis do Brasil Nutrição Animal Ltda., Paulínia, Estado de São Paulo). Para observações, camarões entre 5,05 e 9,16 g ($7,00 \pm 0,97$ g; $n = 412$) foram transferidos para um tanque de espera e submetidos a um jejum alimentar de pelo menos 16 h antes do início das avaliações comportamentais. A fim de evitar comportamentos agressivos, estresse e canibalismo, um número máximo de 15 indivíduos foi transferido e estocado por vez em um tanque de espera de 200 l. As observações comportamentais iniciavam-se sempre pela manhã, selecionando animais ativos, sem sinais clínicos de enfermidades, na fase de intermuda e com todos seus pereiópodos, maxilípedes, antenas e antênulas íntegras.

Para as mensurações de atratividade alimentar foi estocado um animal por vez no sistema de dupla escolha, contendo água salgada. Para cada observação comportamental, 2 g de duas dietas experimentais distintas, foi ofertada separadamente em lados opostos e contrários a câmara de aclimatação. Durante as observações de comportamento alimentar, não foi permitido qualquer movimentação na água para evitar a influência do fenômeno de reotaxis na orientação do animal em relação à dieta experimental ofertada. O registro de alimentação de ar foi desligado 2 minutos após a imersão da dieta em água, contudo antes da remoção da guilhotina de vidro da câmara de aclimatação.

Os camarões foram acondicionados ao sistema de dupla escolha dentro da câmara de aclimatação por um total de 7 minutos. Cada espécime do camarão *L. vannamei* foi monitorada apenas uma única vez. Nos casos em que o alimento não foi detectado ou

localizado dentro dos primeiros 60 segundos de observação, o monitoramento foi interrompido e o animal substituído por outro indivíduo já submetido à aclimatação.

Após cada sessão ou troca de animais, a água foi descartada, o aquário lavado com água doce e enchido com nova água filtrada. Isto permitiu que a qualidade da água se mantivesse constante durante todas as observações ($32 \pm 1,3\%$ salinidade, $n = 413$; $27,0 \pm 0,83^\circ\text{C}$ temperatura, $n = 413$; $8,70 \pm 0,22$ pH, $n = 413$), como também evitando uma possível interferência de compostos químicos dissolvidos na água nos estímulos alimentares do camarão.

Para determinar a influência dos lados de exposição da dieta experimental sobre a escolha alimentar do camarão, foi realizado provas de validação antecedendo os confrontos entre as diferentes dietas experimentais. Para estas observações, cada dieta foi ofertada simultaneamente em ambas as extensões do sistema de dupla escolha, permitindo 10 observações com respostas alimentares positivas para cada dieta. Foram contabilizados, além dos parâmetros de atratividade alimentar, os percentuais de escolha positiva e negativa em relação aos lados esquerdo e direito do sistema em Y.

3.7 Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o programa Statistical Package for Social Sciences, versão Windows 15 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA). A Análise de Variância Univariada (ANOVA) foi aplicada para determinar as diferenças estatísticas entre as dietas. O teste *a posteriori* de Tukey HSD foi utilizado para examinar as diferenças estatísticas individuais entre dietas, quando observadas diferenças estatísticas ao nível de significância de 0,05. O teste *t* foi aplicado para testar a igualdade entre duas variáveis. Os dados de escolhas positivas e de escolhas negativas foram submetidos à análise do Qui-Quadrado (X^2). As médias foram comparadas pelo teste Z quando as diferenças foram estatisticamente significativas ($P < 0,05$). Os tempos de detecção, de orientação e de alimentação foram submetidos à Análise de Variância Univariada (ANOVA) seguido do teste *a posteriori* de Tukey HSD com $\alpha = 0,05$ para analisar as diferenças individuais entre dietas experimentais.

4. RESULTADOS

4.1 *Qualidade Física das Dietas*

A maioria das dietas experimentais apresentou um teor de umidade entre 6 e 7% (Figura 6), exceto a dieta $ATMt_{(60)}$ que exibiu uma umidade estatisticamente superior em relação às demais ($P < 0,05$; Tukey HSD). Embora tenha sido observada diferença no teor de umidade das dietas experimentais, não foi possível relacionar estas variações com a composição das dietas.

Nas primeiras 9 h de imersão, as dietas experimentais exibiram uma alta taxa de absorção de água, acima de 100% (Figura 7). A absorção de água diminuiu na medida em que o tempo de imersão em água aumentou. Houve diferença estatística significativa entre as dietas para todos os tempos de imersão estudados ($P < 0,05$; Tukey HSD). Embora não tenha sido observada uma consistência na absorção de água entre as dietas, em alguns casos foi detectado maiores taxas de absorção para dietas com o menor teor de umidade (*e.g.*, $ATMt_{(60)}$ e $FPMt_{(80)}$).

Ao contrário dos demais parâmetros físicos, a lixiviação de matéria seca das dietas experimentais exibiu maior consistência (Figura 7). Apenas a dieta $ATMt_{(80)}$ apresentou um valor de lixiviação de matéria seca estatisticamente superior em relação às demais dietas nas primeiras 9 h de imersão em água ($P < 0,05$; Tukey HSD). Como esperado, a lixiviação de matéria seca das dietas experimentais aumentou com o tempo de imersão em água, de uma média de 22,4% nas primeiras 9 h para 25,0% e 29,1% nos tempos de imersão de 15 h e 24 h, respectivamente. Estes dados expressam uma boa estabilidade física das dietas experimentais, mesmo quando expostas a um longo período de imersão.

Com relação ao estudo bromatológico das rações estudadas é visível uma grande homogeneidade no perfil nutricional. Como esperado, as dietas com maiores níveis de farinha de peixe $FPMt_{(80)}$ e $ATMt_{(80)}$ exibiram teores mais elevados para proteína bruta 37,51 e 37,37 % respectivamente.

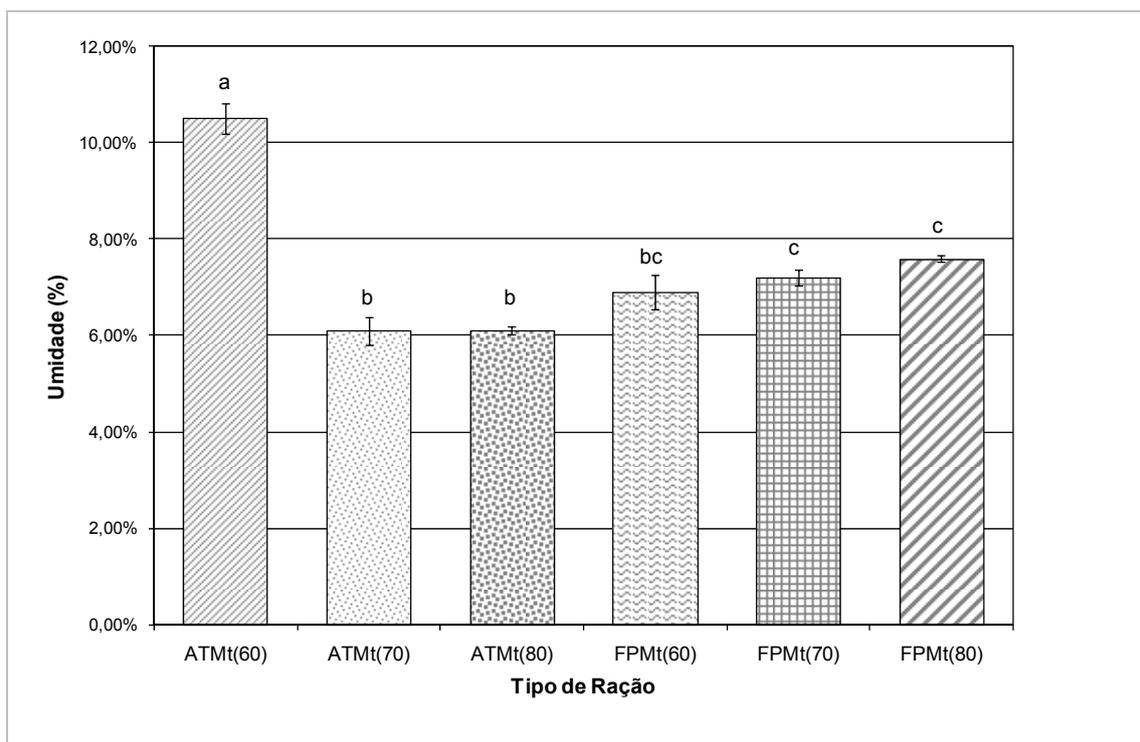


Figura 5. Umidade das rações empregadas no presente estudo. Cada coluna representa a média \pm erro padrão de cinco amostras. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ pelo teste *a posteriori* de Tukey HSD. FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

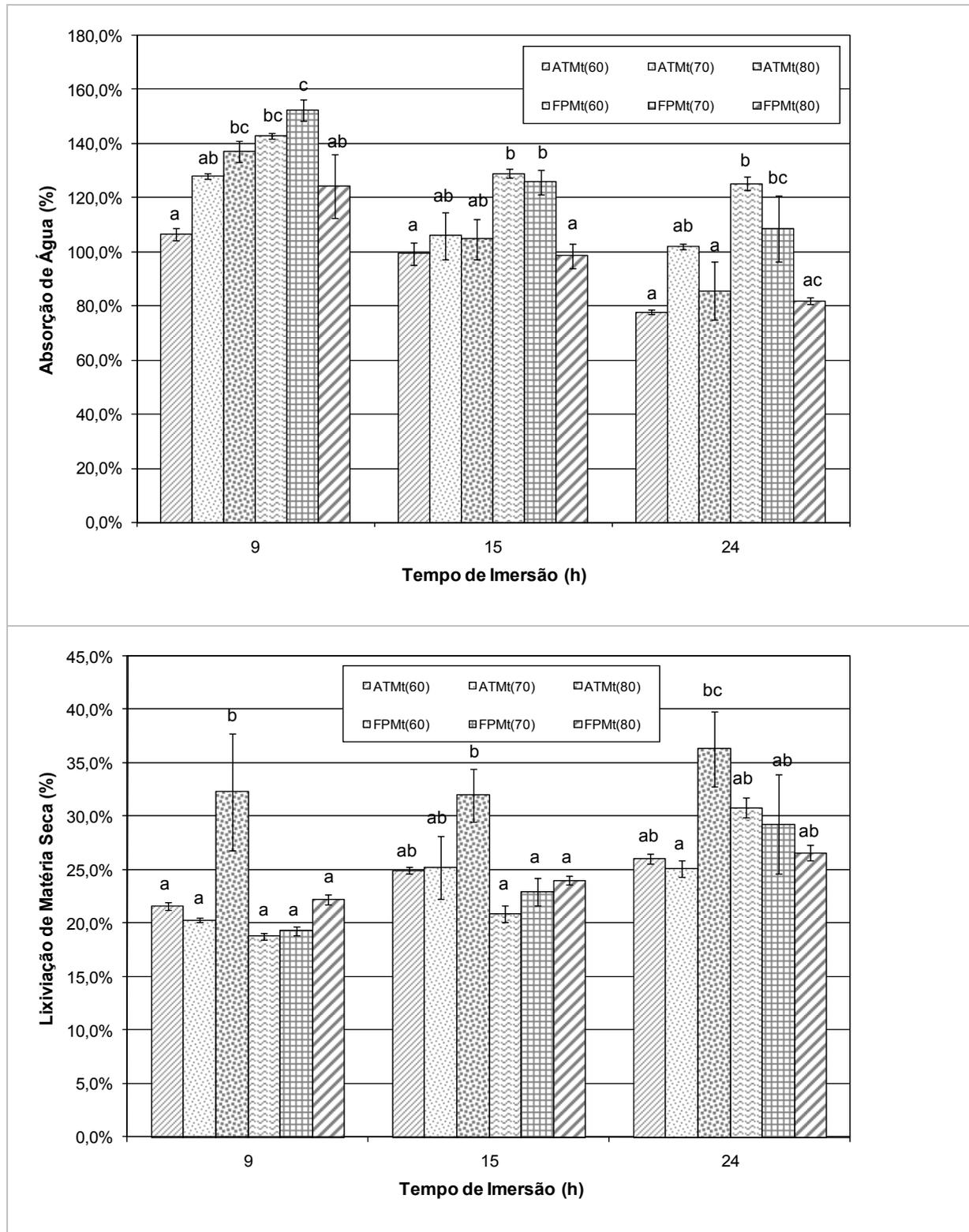


Figura 6.	Absorção de água e lixiviação de matéria seca em função do tempo de imersão das rações empregadas no presente estudo. Cada coluna representa a média \pm erro padrão de cinco amostras. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ pelo teste <i>a posteriori</i> de Tukey. FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.
------------------	--

4.2 Parâmetros de Qualidade de Água

No presente estudo, os parâmetros de qualidade de água mantiveram-se dentro de níveis considerados ideais para o cultivo do *L. vannamei* (Figura 7). Nos sistemas operados tanto com água clara (*indoor*) como com água verde (*outdoor*) ocorreu uma queda na salinidade e pH da água com o decorrer do cultivo. Contudo, não foram observadas diferenças estatísticas significativas para estes parâmetros entre os tratamentos estudados ($P > 0,05$; ANOVA).

A salinidade exibiu uma variação semelhante ao longo do estudo entre os sistemas de cultivo avaliados. Contudo, foi encontrada uma maior variação na salinidade nos tanques *outdoor* (CV = 24,7%) comparada com os tanques *indoor* (CV = 15,9%). Como resultado, a salinidade da água de cultivo alcançou um valor médio de $28 \pm 4,4\%$ ($n = 1.500$) no sistema *indoor* estatisticamente mais elevado comparado com $26 \pm 6,5\%$ ($n = 1.128$) alcançado no sistema *outdoor* ($P < 0,05$; teste *t*). Os níveis mínimos e máximos observados foram de 11 e 33‰ para os tanques *indoor* e de 10 e 34‰ para os tanques *outdoor*, respectivamente.

Da mesma forma, o pH da água dos tanques *outdoor* apresentou uma variabilidade mais elevada (CV = 9,2%) comparada com os tanques *indoor* (CV = 5,4%), embora tanto as médias como os níveis mínimos e máximos tenham sido próximos para os sistemas de cultivo em questão. No sistema *indoor* o pH alcançou uma média (mínimo e máximo) de $7,8 \pm 0,4\%$ ($n = 1.500$; 6,2 e 8,8) estatisticamente mais elevada do que $7,7 \pm 0,7\%$ ($n = 1.128$; 6,1 e 8,8) encontrada nos tanques *outdoor* ($P < 0,05$; teste *t*).

A temperatura da água de cultivo também variou estatisticamente em relação aos dois sistemas de cultivo ($P < 0,05$; teste *t*). Embora a variação deste parâmetro tenha sido menor em relação à salinidade e ao pH da água de cultivo, a temperatura da água do sistema *outdoor* sofreu maior flutuação, da ordem de 4,3% enquanto no sistema *indoor* foi alcançado um coeficiente de variação de 3,6%. Tanto para os tanques com água clara quanto para os de água verde, a variação de temperatura da água foi elevada (Figura 7, C). Apesar de ter sido observada uma temperatura da água elevada para ambos os sistemas de cultivo ($27,0 \pm 1,0$ °C; $n = 1.500$; *indoor* e $28,2 \pm 1,2$ °C; $n = 1.128$; *outdoor*) ocorreram quedas pontuais, em alguns dias abaixo de 25°C.

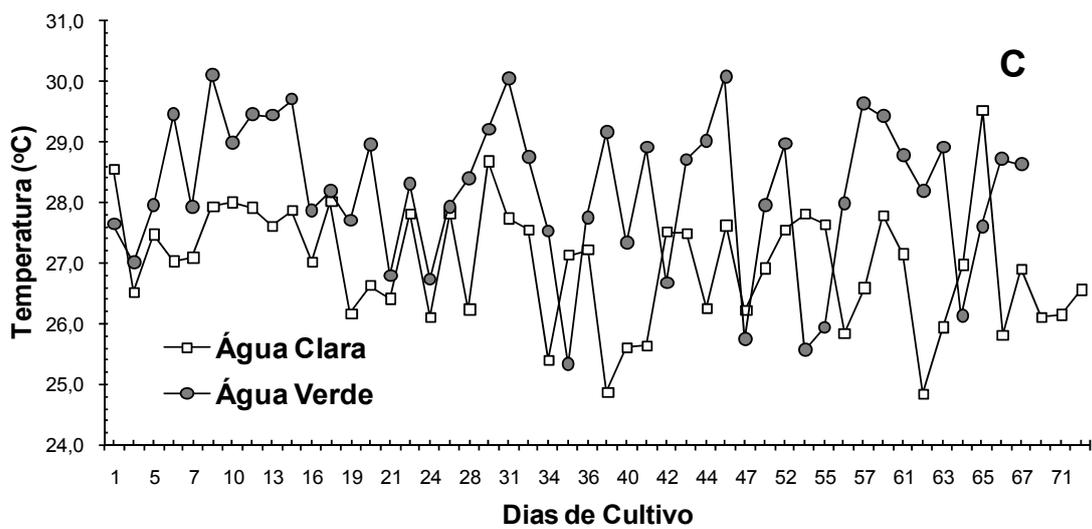
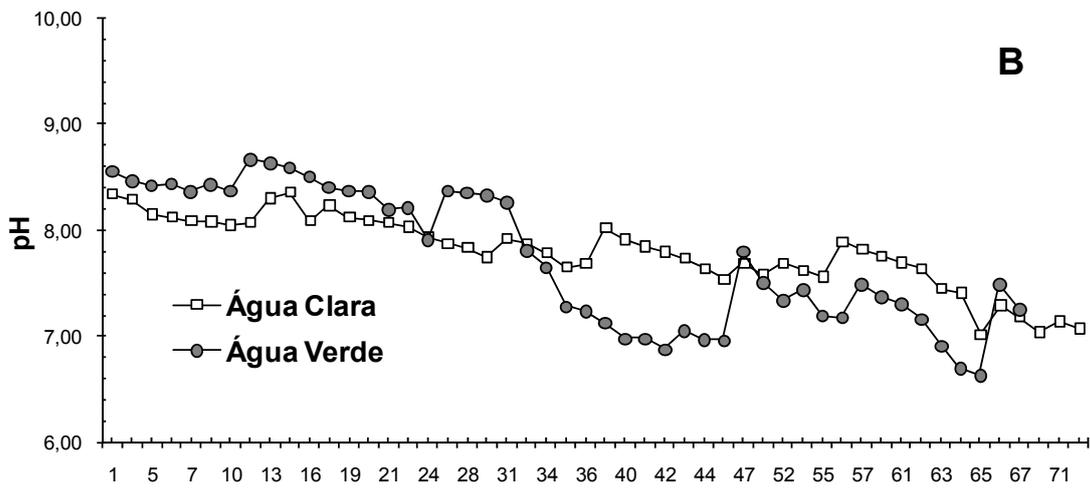
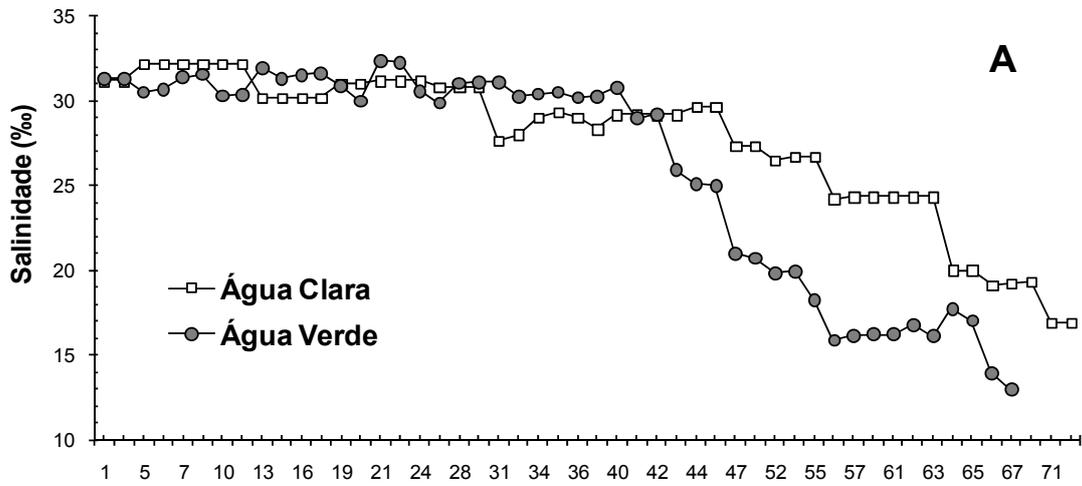


Figura 7.	Variação diária de salinidade (‰, A), pH (B) e temperatura (°C) da água de cultivo dos sistemas <i>indoor</i> (água clara) e <i>outdoor</i> (água verde) ao longo de 72 dias de estudo. Cada ponto representa a média diária de todos os tratamentos estudados.
------------------	---

4.3 Desempenho Zootécnico em Função da Dieta e do Sistema de Cultivo

4.3.1 Peso Corporal dos Camarões

Nos sistemas *indoor* e *outdoor* os camarões cresceram de forma contínua durante todo ciclo de cultivo (Tabelas 4 e 5). Ao final do cultivo, os camarões cultivados em água clara (*indoor*) alcançaram um peso corporal mais elevado comparado aos animais cultivados em água verde (*outdoor*). No sistema *indoor*, o valor mínimo e máximo de peso corporal foram obtidos com os camarões alimentados com as dietas ATMt₍₈₀₎ ($16,19 \pm 2,09$ g) e FPMt₍₆₀₎ ($17,30 \pm 2,19$ g). Comparativamente, os animais cultivados em água verde alcançaram um peso corporal entre $14,35 \pm 2,53$ g (FPMt₍₇₀₎) e $15,46 \pm 2,56$ g (FPMt₍₆₀₎).

Em água clara, nenhuma diferença estatística significativa ($P > 0,05$; ANOVA) foi observada no peso médio dos camarões quando alimentados com as dietas ATMt, contendo diferentes níveis formulados de metionina (Tabela 4). Contudo, para os camarões alimentados com dietas FPMt, o peso corporal apresentou diferença estatística já no 24º dia de cultivo ($P < 0,05$; ANOVA) entre as dietas FPMt₍₆₀₎ e FPMt₍₇₀₎. Esta diferença foi novamente observada ao final do estudo quando os camarões alcançaram $17,30 \pm 2,19$ g e $16,42 \pm 2,35$ g alimentados com as dietas FPMt₍₆₀₎ e FPMt₍₇₀₎, respectivamente ($P < 0,05$; ANOVA; Tabela 4). Em água clara, a inclusão de farinha de lula inteira e farinha de krill nas dietas ATMt não promoveu um maior peso corporal dos camarões na despesca quando comparado com as dietas FPMt (Figura 8). Nestas condições, com exceção do tratamento ATMt₍₇₀₎, tanto o ATMt₍₆₀₎ como o ATMt₍₈₀₎ alcançaram um peso corporal inferior as suas similares, FPMt₍₆₀₎ e FPMt₍₈₀₎ ($P < 0,05$; teste *t*).

Igualmente, em água verde, os camarões alimentados com as dietas ATMt não exibiram diferença estatística no peso corporal ($P > 0,05$; ANOVA; Tabela 5). No entanto, entre as dietas FPMt foi encontrada diferença ($P < 0,05$; ANOVA), em especial para a FPMt₍₇₀₎ ao final do cultivo. Este resultado também refletiu quando se comparou o peso final dos camarões alimentados com as dietas ATMt₍₇₀₎ e FPMt₍₇₀₎. Os camarões alimentados com esta última dieta alcançaram o menor peso corporal ao final do estudo (Figura 9; $P < 0,05$; teste *t*).

Tabela 4. Peso médio corporal (g) \pm desvio padrão do camarão *L. vannamei* cultivado em tanques com água clara de 500 l durante 72 dias sob densidade de 100 camarões/m² (57 camarões/tanque). Os animais foram alimentados com rações com perfil decrescente de metionina e redução na inclusão de farinha de peixe. Dados expressos como média \pm desvio padrão obtidos dos resultados finais de cinco a quatro tanques. Valores em parênteses indicam o número de camarões pesados. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste *a posteriori* de Tukey HSD.

Dieta ¹	Dias de Cultivo			
	1	24	48	72
ATMt₍₆₀₎	4,92 \pm 0,86 (50)	9,60 \pm 1,20 (50)	14,03 \pm 1,68 (50)	16,47 \pm 2,49 (261)
ATMt₍₇₀₎	4,59 \pm 0,90 (40)	9,73 \pm 1,48 (40)	13,17 \pm 1,55 (40)	16,08 \pm 2,03 (208)
ATMt₍₈₀₎	4,84 \pm 0,74 (50)	9,74 \pm 1,18 (50)	13,47 \pm 1,68 (50)	16,19 \pm 2,09 (267)
<i>P</i> ²	NS ³	NS	NS	NS
FPMt₍₆₀₎	4,81 \pm 0,85 (40)	10,32 \pm 1,16 (40) a	13,58 \pm 1,91 (40)	17,30 \pm 2,19 (203) a
FPMt₍₇₀₎	4,76 \pm 0,79 (50)	9,43 \pm 1,24 (50) b	13,51 \pm 1,60 (50)	16,42 \pm 2,35 (267) b
FPMt₍₈₀₎	4,91 \pm 0,81 (50)	9,86 \pm 1,42 (50) ab	13,52 \pm 2,31 (50)	16,72 \pm 2,41 (259) ab
<i>P</i> ²	NS	< 0,05	NS	< 0,05

¹FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

²Análise de Variância Univariada (ANOVA)

³NS, não significativo

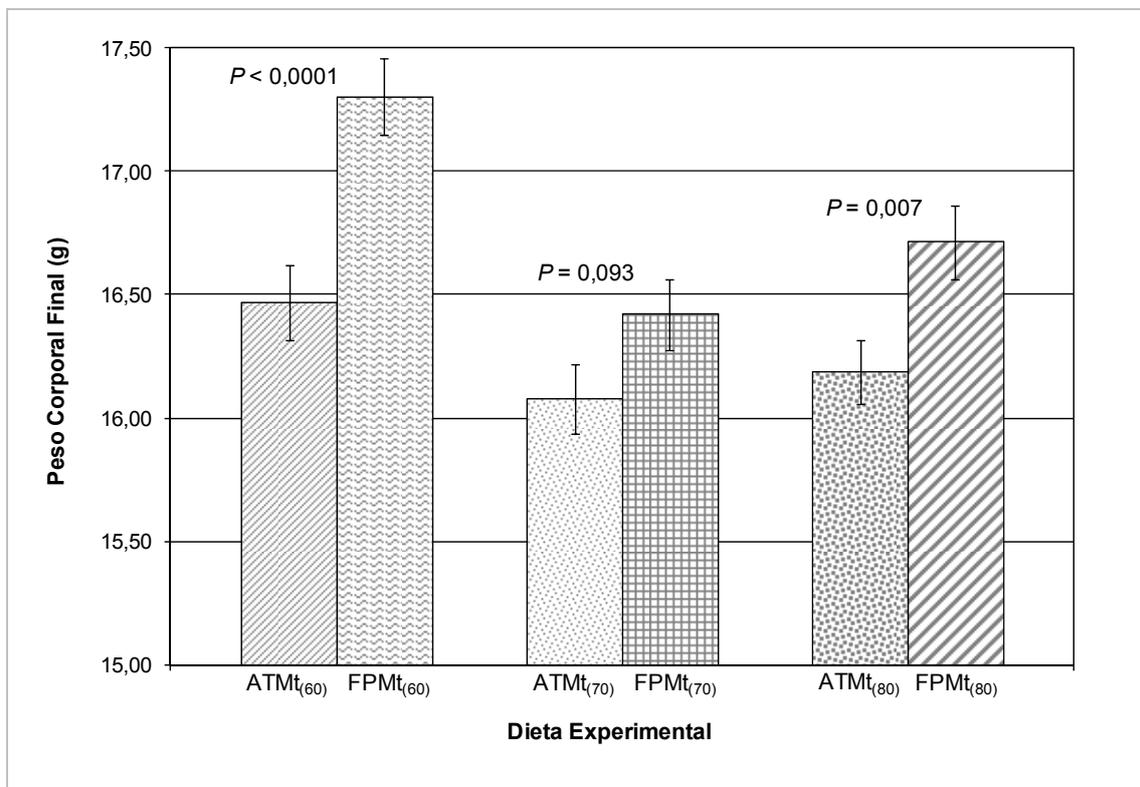


Figura 8. Peso corporal do camarão *Litopenaeus vannamei* na despesca após 72 dias de cultivo em tanques com água clara de 500 l alimentado com dietas com (ATMt) e sem (FPMt) atratores alimentares. Cada coluna representa a média \pm erro padrão de quatro a cinco tanques de cultivo. Valores de P segundo o teste t de *Student* comparando as médias de peso corporal do camarão alcançado entre dietas formuladas para conter o mesmo nível de metionina. FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

Tabela 5. Peso médio corporal (g) \pm desvio padrão do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em tanques com água verde de 1.000 l durante 49 dias sob densidade de 60 camarões/m² (61 camarões/tanque). Os animais foram alimentados com dietas com perfil decrescente de metionina e redução na inclusão de farinha de peixe. Dados expressos como média \pm desvio padrão obtidos dos resultados finais de cinco a quatro tanques. Valores em parênteses indicam o número de camarões pesados. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste *a posteriori* de Tukey HSD.

Dieta ¹	Dias de Cultivo			
	1	24	48	72
ATMt₍₆₀₎	4,69 \pm 0,83 (30)	10,43 \pm 1,15 (30)	13,32 \pm 1,19 (30)	15,35 \pm 2,37 (167)
ATMt₍₇₀₎	4,91 \pm 0,71 (30)	9,96 \pm 1,11 (30)	12,79 \pm 1,71 (30)	15,23 \pm 2,15 (170)
ATMt₍₈₀₎	4,64 \pm 0,77(30)	10,25 \pm 1,45 (30)	13,09 \pm 1,54 (30)	15,15 \pm 2,04 (142)
<i>P</i> ²	NS ³	NS	NS	NS
FPMt₍₆₀₎	4,64 \pm 0,75 (30)	9,83 \pm 1,42 (30) a	12,51 \pm 1,99 (30)	15,46 \pm 2,56 (144) a
FPMt₍₇₀₎	4,80 \pm 0,84 (30)	9,95 \pm 1,29 (30) a	12,06 \pm 2,20 (30)	14,35 \pm 2,53 (151) b
FPMt₍₈₀₎	4,94 \pm 0,93 (30)	10,96 \pm 1,60 (30) b	12,72 \pm 2,28 (30)	15,34 \pm 2,14 (146) a
<i>P</i> ²	NS	< 0,05	NS	< 0,05

¹FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

²Análise de Variância Univariada (ANOVA)

³NS, não significativo

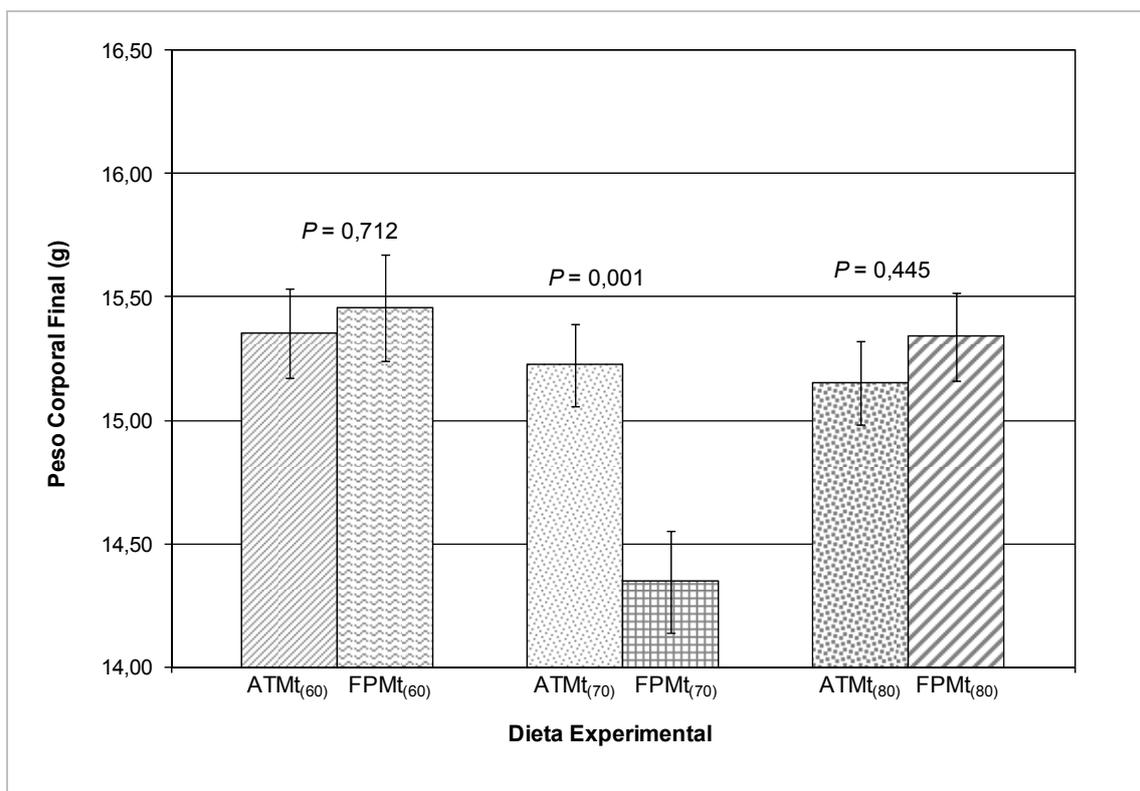


Figura 9. Peso corporal do camarão *Litopenaeus vannamei* na despesca após 72 dias de cultivo em tanques com água verde de 1.000 l alimentado com dietas com (ATMt) e sem (FPMt) atratores alimentares. Cada coluna representa a média \pm erro padrão de três tanques de cultivo. Valores de P segundo o teste t de *Student* comparando as médias de peso corporal do camarão alcançado entre dietas formuladas para conter o mesmo nível de metionina. FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

4.3.2 Sobrevivência, Produtividade e Crescimento

Sob condições de água clara e ao final de 72 dias de cultivo, o camarão *L. vannamei* alcançou uma sobrevivência superior a 90% em todos os tratamentos, exceto para FPMt₍₆₀₎ (Tabela 6). Os animais submetidos à alimentação com FPMt₍₆₀₎ exibiram a menor sobrevivência final (*i.e.*, $61,4 \pm 13,6\%$), estatisticamente inferior as demais dietas FPMt ($P < 0,05$; ANOVA) e a dieta ATMt₍₆₀₎ ($P < 0,05$; teste *t*). A sobrevivência média dos camarões em água verde foi de $83,8 \pm 9,6\%$, menor comparada com o sistema *indoor*. Contudo, em água verde, não houve diferença estatística significativa para sobrevivência final dos camarões entre as dietas com diferentes níveis formulados de metionina ($P > 0,05$; ANOVA) e com ou sem atratores alimentares ($P > 0,05$; teste *t*).

A produtividade de camarões no sistema *indoor* foi duas vezes maior do que a do sistema *outdoor*. Isto foi resultado de uma maior densidade inicial de estocagem, de uma maior sobrevivência e de um maior peso corporal final dos camarões cultivados no sistema *indoor* em relação ao *outdoor*. Apenas os camarões alimentados com a dieta FPMt₍₆₀₎ no sistema *indoor* exibiu menor produtividade, tanto em relação às dietas FPMt₍₇₀₎ e FPMt₍₈₀₎ ($P < 0,05$; ANOVA), como em relação à dieta ATMt₍₆₀₎ ($P < 0,05$; teste *t*).

O crescimento semanal dos camarões não apresentou diferença estatística em função da dieta ofertada (Tabelas 6 e 7). Para ambos os sistemas de cultivo, o crescimento semanal ultrapassou 1,0 g. No entanto, os animais cultivados em água clara ($1,14 \pm 0,10$ g) alcançaram maior crescimento comparado com os submetidos à água verde ($1,01 \pm 0,06$ g; $P < 0,05$; teste *t*).

4.3.3 Consumo Aparente e Fator de Conversão Alimentar

Em ambos os sistemas *indoor* e *outdoor*, a inclusão dos atratores alimentares, farinha de lula inteira e farinha de krill nas dietas ATMt, não promoveu um maior consumo alimentar no camarão *L. vannamei* em relação às dietas FPMt ($P > 0,05$; ANOVA). A única diferença estatística observada foi quando se comparou as dietas ATMt₍₈₀₎ e FPMt₍₈₀₎ no sistema *indoor*. Neste caso, um menor consumo aparente foi encontrado para os animais alimentados com ATMt₍₈₀₎ ($P < 0,05$; teste *t*).

O Fator de Conversão Alimentar (FCA) mostrou pouca diferença entre as dietas ou sistema de cultivo. Foi observado um maior FCA para a dieta FPMt₍₆₀₎ quando ofertada em

Tabela 6. Desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em tanques com água clara de 500 l durante 72 dias sob densidade de 100 camarões/m² (57 camarões/tanque). Os animais foram alimentados com dietas com perfil decrescente de metionina e redução na inclusão de farinha de peixe. Dados expressos como média \pm desvio padrão obtidos dos resultados finais de cinco tanques ($n = 5$). Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste *a posteriori* de Tukey HSD. Valores do teste *t* de Student indicam resultado estatístico entre dietas formuladas para conter o mesmo nível de metionina.

Dieta ¹	Sobrevivência (%)	Produtividade (g/m ²)	Crescimento (g/sem.)	Consumo (g)	FCA
ATMt₍₆₀₎	91,6 \pm 3,8 a	1.016 \pm 138 a	1,12 \pm 0,14	1.251 \pm 105	2,18 \pm 0,17
ATMt₍₇₀₎	91,2 \pm 6,2 a	1.008 \pm 57 a	1,12 \pm 0,06	1.352 \pm 302	2,34 \pm 0,40
ATMt₍₈₀₎	93,7 \pm 2,4 a	1.032 \pm 64 a	1,10 \pm 0,05	1.105 \pm 65	1,88 \pm 0,13
<i>P</i> ²	NS ³	NS	NS	NS	NS
FPMt₍₆₀₎	61,4 \pm 13,6 b	579 \pm 209 a	1,21 \pm 0,12	1.490 \pm 262	4,97 \pm 2,02 a
FPMt₍₇₀₎	93,7 \pm 3,2 a	1.062 \pm 93 b	1,13 \pm 0,10	1.371 \pm 165	2,26 \pm 0,13 b
FPMt₍₈₀₎	90,9 \pm 9,7a	1.028 \pm 247 b	1,14 \pm 0,12	1.305 \pm 151	2,30 \pm 0,41 b
<i>P</i> ²	< 0,05	< 0,05	NS ³	NS	< 0,05
Teste <i>t</i>					
(60)	< 0,05	< 0,05	NS	NS	< 0,05
(70)	NS	NS	NS	NS	NS
(80)	NS	NS	NS	< 0,05	NS

¹FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

²Análise de Variância Univariada (ANOVA)

³NS, não significativo

Tabela 7. Desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* cultivado em tanques com água verde de 1.000 l durante 72 dias sob densidade de 60 camarões/m² (61 camarões/tanque). Os animais foram alimentados com dietas com perfil decrescente de metionina e redução na inclusão de farinha de peixe. Dados expressos como média ± desvio padrão obtidos dos resultados finais de quatro tanques ($n = 4$). Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste *a posteriori* de Tukey HSD. Valores do teste *t* de *Student* indicam resultado estatístico entre dietas formuladas para conter o mesmo nível de metionina.

Dieta ¹	Sobrevivência (%)	Produtividade (g/m ²)	Crescimento (g/sem.)	Consumo (g)	FCA
ATMt₍₆₀₎	91,3 ± 6,6	557 ± 52	1,04 ± 0,04	1.577 ± 39	2,79 ± 0,24
ATMt₍₇₀₎	92,9 ± 3,4	552 ± 39	1,00 ± 0,03	1.406 ± 87	2,50 ± 0,16
ATMt₍₈₀₎	77,6 ± 1,9	426 ± 17	1,02 ± 0,03	1.440 ± 225	3,30 ± 0,38
<i>P</i> ²	NS ³	NS	NS	NS	NS
FPMt₍₆₀₎	78,7 ± 17,1	450 ± 137	1,05 ± 0,07	1.409 ± 123	3,25 ± 0,88
FPMt₍₇₀₎	82,5 ± 10,0	421 ± 133	0,92 ± 0,09	1.340 ± 196	3,23 ± 0,59
FPMt₍₈₀₎	79,8 ± 2,5	436 ± 29	1,01 ± 0,02	1.283 ± 29	2,89 ± 0,18
<i>P</i> ²	NS	NS	NS	NS	NS
Teste <i>t</i>					
(60)	NS	NS	NS	NS	NS
(70)	NS	NS	NS	NS	NS
(80)	NS	NS	NS	NS	NS

¹FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

²Análise de Variância Univariada (ANOVA)

³NS, não significativo

condições de água clara, tanto em relação as demais dietas FPMt ($P < 0,05$; ANOVA) como também em comparação a ATMt₍₆₀₎ ($P < 0,05$; teste *t*). Um maior FCA para a dieta FPMt₍₆₀₎ foi resultado de uma menor sobrevivência final de camarões, o qual gerou uma perda de biomassa de camarões durante o cultivo.

4.4 Atratividade Alimentar das Dietas Experimentais

4.4.1 Validação do Sistema em Y

Os testes de validação demonstraram que o camarão não apresenta qualquer preferência ou tendência aos lados, direito ou esquerdo, de posicionamento da dieta (Figura 10). Estes resultados contribuíram para ajustar a influência de fatores externos (*e.g.*, luz, ruídos, observador, aeração, substrato) sobre as respostas alimentares do camarão durante as observações comportamentais.

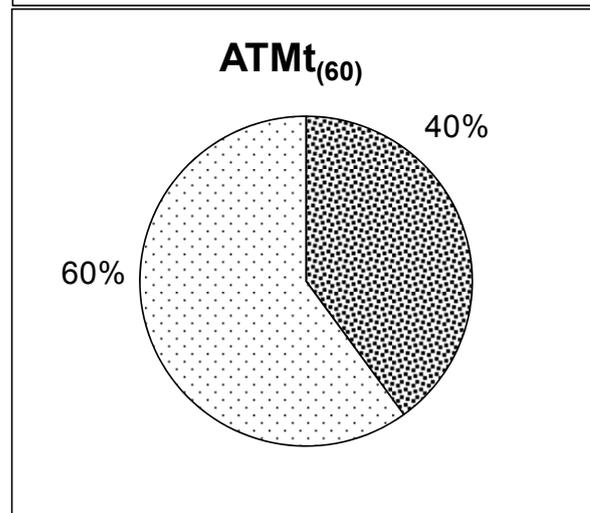
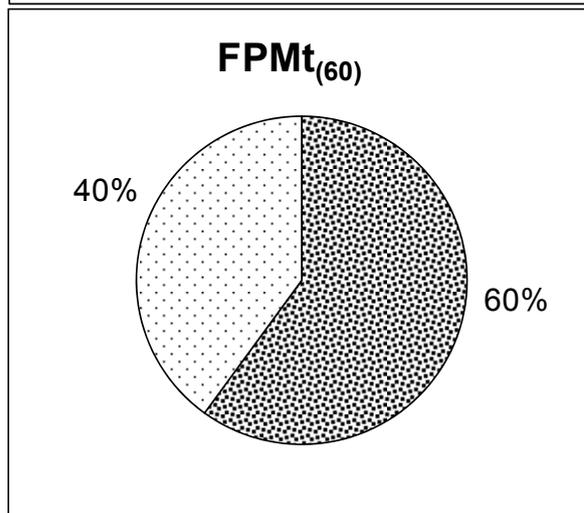
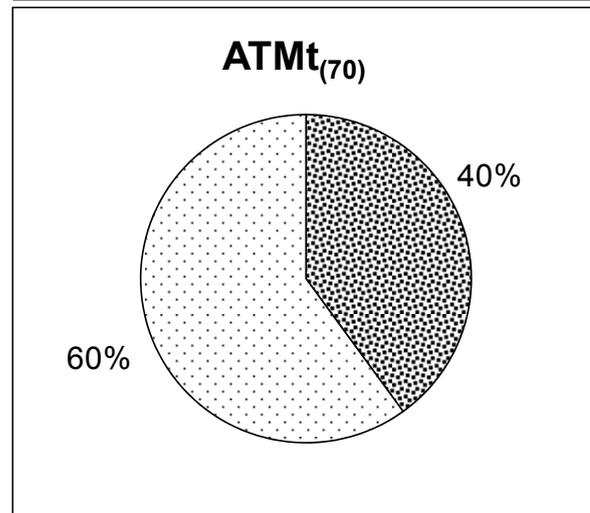
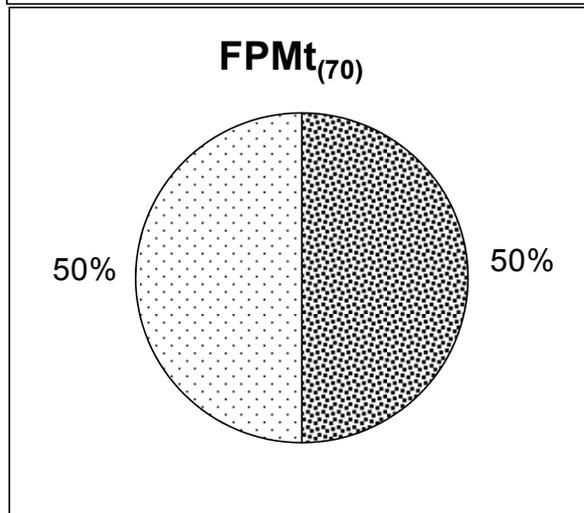
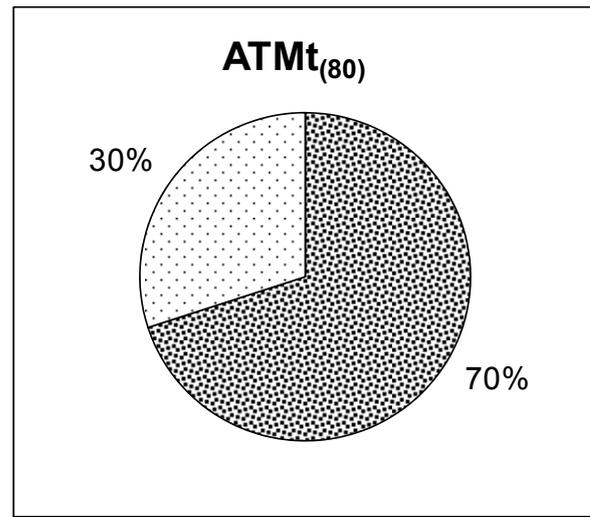
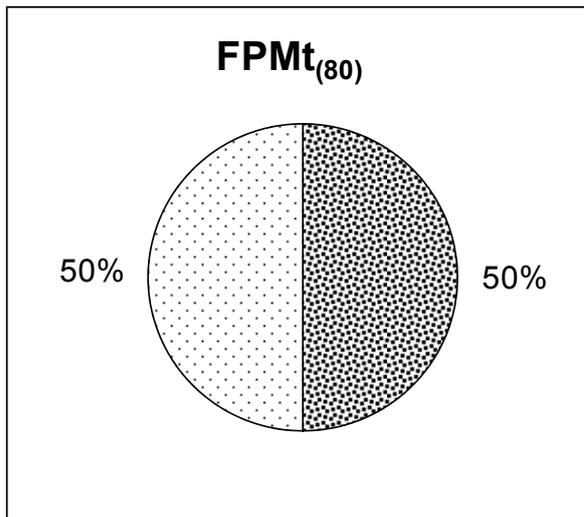
Na fase de validação do sistema em Y, um total de 75 observações foi realizado, com 20% de resposta alimentar ausente. Em média, 51,7% das escolhas positivas do animal foram para o lado esquerdo e 49,3% para o lado direito. Não houve qualquer diferença estatística significativa ($P > 0,05$; teste *t*) quando comparado os lados escolhidos (esquerda versus direita) ou em relação ao peso corporal dos indivíduos utilizados ($6,76 \pm 0,68$ g), tempos de recepção (81 ± 95 segundos), orientação (57 ± 49 segundos) e alimentação (254 ± 84 segundos) ($P > 0,05$; ANOVA).

Os parâmetros de água também se mantiveram dentro de níveis constantes ao longo de todo período de validação ($26,76 \pm 0,97^{\circ}\text{C}$ de temperatura; $32,7 \pm 1,4\%$ de salinidade, e; $9,05 \pm 0,10$ de pH).

4.4.2 Ensaio de Atratividade

No confronto entre as dietas experimentais, 338 avaliações foram realizadas. Deste total, em 300 (88,8%) observações os camarões exibiram escolhas positivas, sendo que em 38 (11,2%) observações não houve qualquer resposta alimentar.

Observando a resposta alimentar dos indivíduos testados, percebe-se que as dietas com elevados níveis de metionina (ATMt₍₈₀₎ e FPMt₍₈₀₎) desempenharam melhores valores de escolhas positivas e menores níveis de rejeição. Porém, estas dietas não se diferenciaram estatisticamente dos demais tratamentos ($P > 0,05$; teste do Qui-quadrado; Tabela 8).



□ Esquerda ■ Direita

Figura 10.	Percentuais de escolhas em relação ao lado de posicionamento do alimento durante etapa de validação do sistema em Y. Para cada ração foram avaliados 10 espécimes do <i>L. vannamei</i> com peso médio corporal de $6,76 \pm 0,68$ g (5,35 – 8,36 g; $n = 75$). FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.
-------------------	--

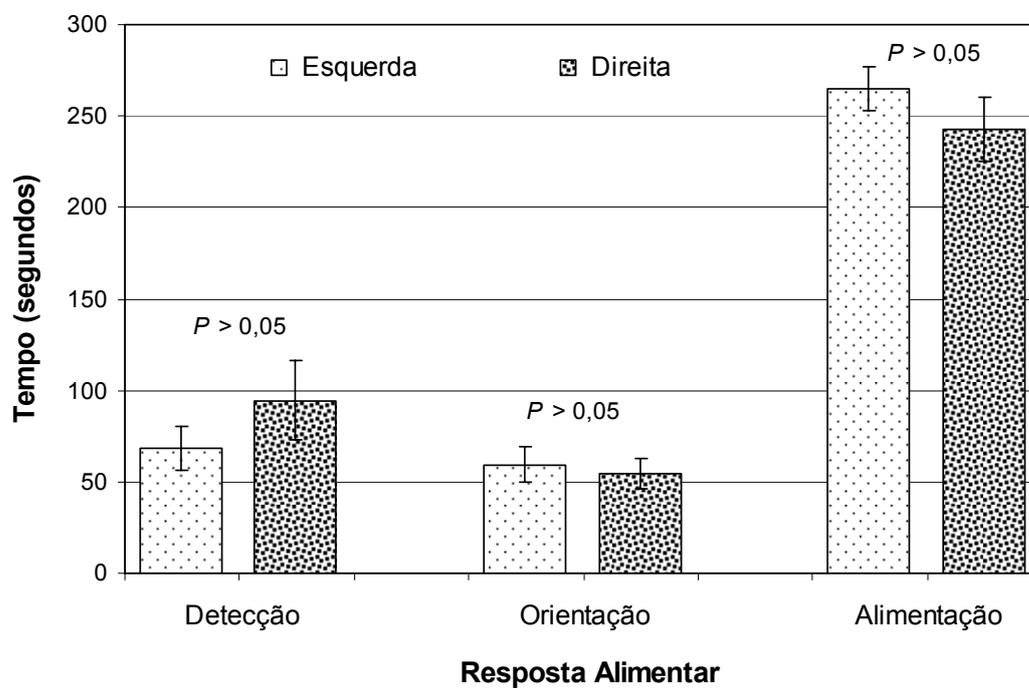


Figura 11. Tempo (segundos) de detecção, orientação e alimentação dos camarões expostos as rações experimentais durante o processo de validação do sistema de dupla escolha em Y. Valores de P segundo o teste t de *Student*. Um total de 10 observações foram realizadas para cada uma das seis rações ($n = 60$).

Os valores máximos e mínimos para a percentagem de escolhas positivas foram encontrados para as dietas $ATMt_{(80)}$ (57,0%) e $ATMt_{(70)}$ (40,0%), enquanto o menor e maior percentual de rejeição foi observado para $FPMt_{(80)}$ (8,9%) e $FPMt_{(60)}$ (27,5%) respectivamente (Tabela 8).

Calculando uma média dos resultados de comparações sem resposta entre o bloco de dietas $ATMt$ (10,1%) e $FPMt$ (12,2%) observa-se um equilíbrio no número de comparações em que o animal não demonstrou interesse pela dieta.

Quanto à comparação dos diferentes tempos de resposta alimentar (detecção, orientação e alimentação; Tabela 9) não foi encontrada diferença estatística significativa entre as dietas $ATMt$ ($P > 0,05$; ANOVA). Este resultado indica que o uso do atrator alimentar pode ter contribuído para uma maior homogeneidade dos resultados de atratividade. Já para as dietas $FPMt$ foram encontradas diferenças estatísticas para os tempos de orientação e alimentação ($P < 0,05$; ANOVA; Tabela 9). A dieta $FPMt_{(80)}$ se destacou das demais pois exibiu um baixo tempo de orientação (49 ± 68 segundos) comparado com a dieta $FPMt_{(70)}$ (86 ± 89 segundos). Os camarões que escolheram a dieta $FPMt_{(80)}$ também apresentaram uma longa duração de alimentação (261 ± 73 segundos), consumindo por mais tempo a dieta, se diferenciando das outras duas, $FPMt_{(70)}$ e $FPMt_{(60)}$ (187 ± 91 e 187 ± 110 segundos), respectivamente ($P < 0,05$; ANOVA).

Não foi observada diferença para o tempo de detecção, orientação e alimentação quando as dietas $ATMt$ e $FPMt$, com mesmo nível formulado de metionina, são comparadas individualmente entre si ($P > 0,05$; teste t ; Figura 12). Os camarões quando expostos a estas dietas, não apresentaram resposta alimentar distinta, indiferente da presença ou ausência da farinha de lula inteira e farinha de krill nas dietas.

Tabela 8. Número de comparações, percentual de escolhas positivas e percentual de rejeições para cada dieta experimental exposta ao camarão *L. vannamei*. Cada comparação representa a resposta de um indivíduo exposto simultaneamente a dois atratores.

Dieta ¹	Número de Avaliações	Comparações sem Resposta (%) ²	Escolhas	
			Positivas (%)	Rejeições (%)
ATMt₍₆₀₎	110	9,1	51,0	27,5
ATMt₍₇₀₎	108	7,4	40,0	25,0
ATMt₍₈₀₎	116	13,8	57,0	14,0
FPMt₍₆₀₎	117	14,5	41,0	19,5
FPMt₍₇₀₎	113	11,5	55,0	25,5
FPMt₍₈₀₎	112	10,7	56,0	8,9
Qui-quadrado <i>P</i>	-	-	-	-

¹FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

²Indica o número de comparações em que o camarão não apresentou resposta alimentar.

Tabela 9. Comparação do tempo de detecção, orientação e alimentação (em segundos) do camarão *Litopenaeus vannamei* frente às dietas experimentais com (ATMt) ou sem (FPMt) os atratores alimentares farinha de lula inteira e farinha de krill. Os dados são expressos como média \pm desvio padrão das respostas positivas obtidas para cada dieta quando comparada com as demais. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo teste *a posteriori* de Tukey HSD. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

Dieta ¹	Tempo de Resposta (segundos)		
	Detecção	Orientação	Alimentação
ATMt₍₆₀₎	79 \pm 103	88 \pm 102	255 \pm 77
ATMt₍₇₀₎	100 \pm 130	59 \pm 55	244 \pm 86
ATMt₍₈₀₎	88 \pm 109	81 \pm 87	237 \pm 90
ANOVA P^2	NS ³	NS	NS
FPMt₍₆₀₎	93 \pm 96	72 \pm 76 ab	187 \pm 110 a
FPMt₍₇₀₎	100 \pm 94	86 \pm 89 b	187 \pm 91 a
FPMt₍₈₀₎	97 \pm 127	49 \pm 68 a	261 \pm 73 b
ANOVA P^2	NS	< 0,05	< 0,05

¹FPMt, dietas controle, sem a presença dos atratores alimentares, farinha de krill e farinha de lula inteira. ATMt, dietas com 5,0 e 10,0 g/kg de farinha de krill e farinha de lula inteira, respectivamente. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

²Análise de Variância Univariada (ANOVA)

³NS, não significativo

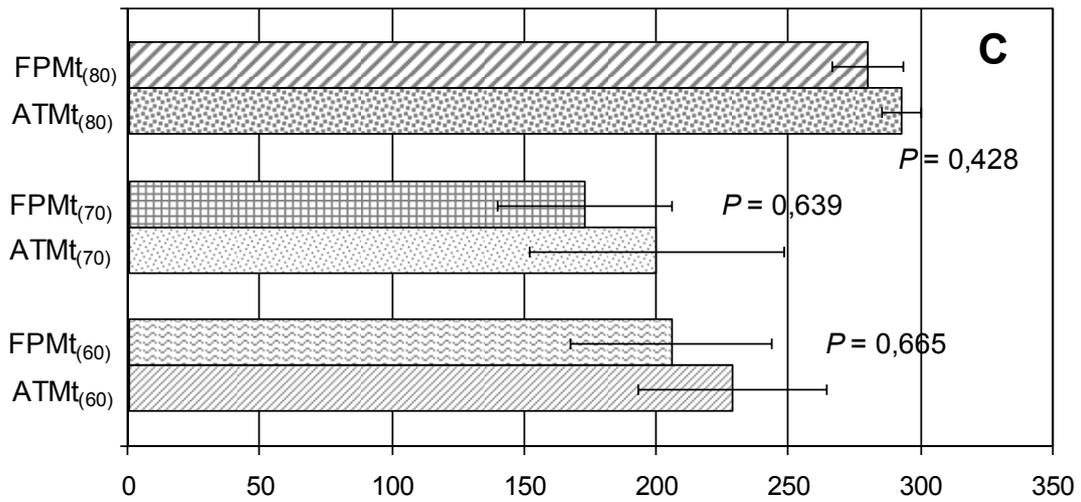
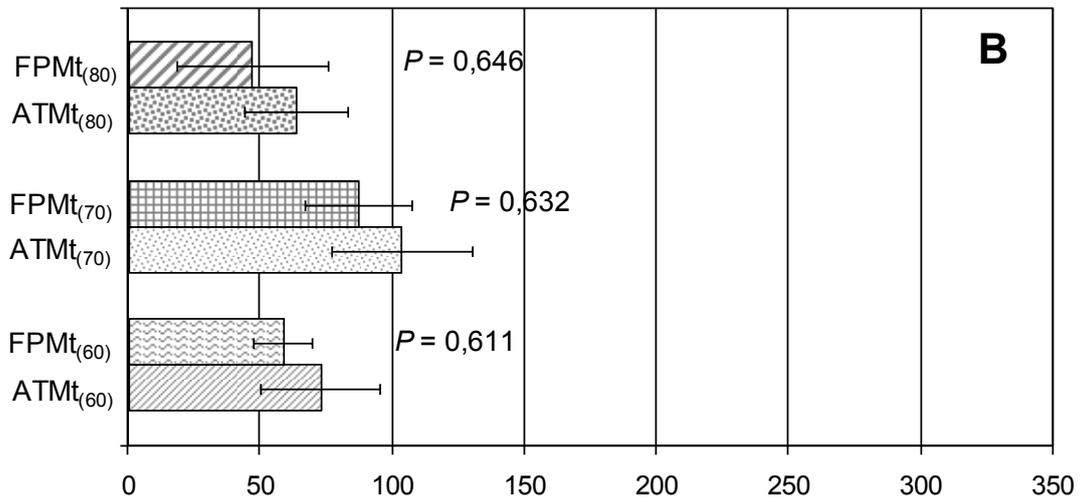
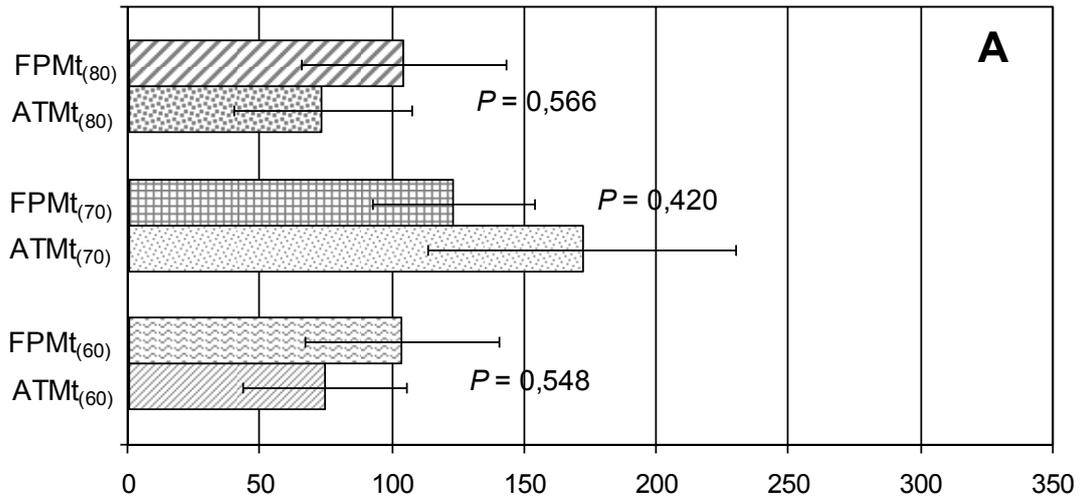


Figura 12. Comparação em par do tempo de detecção (A), orientação (B) e alimentação (C) (em segundos) do camarão *Litopenaeus vannamei* frente às dietas experimentais com (ATMt) ou sem (FPMt) os atratores alimentares farinha de lula inteira e farinha de krill. Os dados são expressos como média \pm erro padrão das respostas positivas obtidas para cada dieta quando comparada com seu par (nível formulado de metionina similar). Letras iguais indicam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *t*. (80), dieta basal com 80% das exigências de metionina; (70), dieta formulada com 70% das exigências de metionina; (60), dieta com 60% das exigências metionina.

5. DISCUSSÃO

5.1 *Efeito do Sistema de Cultivo*

O sistema de cultivo parece ter influenciado de forma direta no desempenho zootécnico dos camarões cultivados. Mesmo sob maior densidade de estocagem, os camarões cultivados em água clara (*indoor*) exibiram ao final do cultivo uma melhor sobrevivência, crescimento semanal e peso corporal médio. Esses fatores refletiram diretamente na produtividade média alcançada no sistema *indoor*, duas vezes superior comparada ao sistema com água verde (*outdoor*).

O melhor resultado de desempenho do sistema *indoor* pode ser atribuído a uma maior estabilidade dos parâmetros físico-químicos da água de cultivo. Neste sistema ocorreu a troca parcial de água sempre que necessário, por água tratada com hipoclorito de sódio (20 ppm). Comparativamente no sistema *outdoor* a troca parcial de água foi semanal, empregando água estuarina sem nenhum tratamento prévio. Isto concorda com a afirmação de McNeil (2000) onde o acúmulo de metabólitos excretados pelo animal e do alimento não consumido, em um ambiente de cultivo sem renovação e tratamento de água, podem elevar progressivamente a concentração de compostos nitrogenados, refletindo em piores resultados de desempenho zootécnico para espécie cultivada.

A manutenção dos parâmetros físico-químicos dentro dos níveis ideais e com o mínimo de oscilação são de extrema importância para o consumo alimentar e para o crescimento, influenciando diretamente na produtividade de camarões peneídeos (NUNES, 1995). Segundo Boyd & Teicher-Coddington (1992) e Chen & Lin (1992), o declínio da qualidade dos parâmetros de água acontece principalmente em condições de elevada densidade de estocagem, quando existe um acúmulo de alimento não consumido e de fezes no substrato. Este acúmulo de matéria orgânica promove a produção de amônia que age como um toxicante reduzindo a disponibilidade de oxigênio (RACOTTA & HERRERA, 2000) e elevando o estresse que pode ocasionar o surgimento de doenças, afetando assim a sobrevivência (WAINBERG & CÂMARA, 1998; WAINBERG, 2000). Além disso, a alta concentração dos íons de amônio possuem efeito supressor sobre a função das células

quimiorreceptoras o que pode reduzir o consumo alimentar e conseqüentemente o crescimento do animal (ZIMMER-FAUST *et al.* 1984).

O sistema de cultivo a céu aberto (*outdoor*) acompanhado de uma baixa renovação e sem tratamento de água pode ter gerado uma alta produção natural de microorganismos. Segundo Moss & Pruder (1995), Velasco & Lawrence (2000), Schuur (2003) e Decamp *et al.* (2003) esses microorganismos são formados por bactérias, fitoplâncton, protistas, rotíferos e nematóides que podem servir como uma fonte extra de nutrientes para o camarão cultivado. Neste ambiente o animal dispõe de duas fontes de alimento, uma exógena (ração) e outra endógena (organismos presentes na coluna d'água).

Tacon *et al.* (2002) utilizaram juvenis de *L. vannamei* sob densidade de estocagem semelhante ao presente estudo. Estes animais foram cultivados em água clara com renovação de água, e em água verde sem troca de água ao longo de todo cultivo. Ao final do ciclo foi encontrado que em água verde os camarões apresentaram uma taxa de crescimento e um peso corporal final 2,8 e 3,4 g, respectivamente, maiores que os animais cultivados em água clara. Estes e outros autores destacam a produtividade natural como o principal fator para a elevada produtividade nestes sistemas de cultivo (LEBER & PRUDER 1988; MOSS, 1995; TACON, 1996; MORIARTY, 1997).

Gomez-Jimenez *et al.* (2005) trabalharam com camarões *L. vannamei* cultivados em condições intensivas com água verde e alimentados com dietas comerciais apresentando diferentes níveis de proteína bruta (25%, 30%, 35% ou 40%). Estes autores afirmaram que esta fonte suplementar de alimento gerou um equilíbrio entre os tratamentos, de forma que não encontraram diferenças no crescimento, peso corporal final e na sobrevivência dos camarões. De fato, no presente estudo, não foi encontrado diferenças zootécnicas entre os camarões dos diferentes tratamentos em água verde. Porém, a produtividade natural parece não ter contribuído para o desempenho zootécnico dos camarões cultivados, ao ponto do sistema com água clara ter superado os resultados do sistema com água clara.

5.2 Efeito dos Atratores Alimentares sobre o Desempenho dos Camarões

Os atratores usados no presente estudo, farinha de krill e farinha de lula inteira, foram incorporados nas mesmas inclusões (0,5 e 1,0% da dieta respectivamente). Estes ingredientes já demonstraram em estudos anteriores agir como incitantes alimentares

eficazes para camarões peneídeos (LEE & MEYERS, 1997; SMITH *et al.*, 2005; NUNES *et al.*, 2006a). Porém, a inclusão dos atratores nas dietas ATMt, com a presença dos atratores alimentares farinha de krill e farinha de lula inteira, não gerou melhor resultado no peso corporal e desempenho zootécnico dos camarões em comparação com as dietas FPMt (sem atratores). Isso contrastou com os resultados dos estudos feitos por Carr (1988) e por Mendoza *et al.* (1997), nos quais eles afirmam que as dietas para crustáceos contendo substâncias incitantes, mesmo em pequenas quantidades, além de induzir a sua localização e alimentação, aumentam e melhoram a ingestão, as taxas de crescimento, a sobrevivência e a conversão alimentar de camarões.

Em outro estudo Smith *et al.* (2005) trabalhou com juvenis de *Penaeus monodon* sob baixa densidade de estocagem e avaliou a eficácia de atratores quanto ao consumo, preferência alimentar e desempenho zootécnico. Os autores utilizaram como atratores alimentares às farinhas de lula, de crustáceos, de peixes, além de betaína e de uma farinha e hidrolisado de krill. Os autores concluíram que o *P. monodon* apresentou uma preferência significativamente maior pela dieta que continha farinha de crustáceos e farinha de krill em relação às demais.

O baixo rendimento dos atratores no atual estudo pode ter sido causado pelos níveis de farinha de peixe formulados para os diferentes tratamentos. Nos trabalhos citados acima em que foi constatada grande superioridade de desempenho dos camarões alimentados com dietas contendo atratores, os níveis de inclusão da farinha de peixe estiveram consideravelmente mais baixos que no atual estudo. Por conseqüência disto, é possível que a influência dos incitantes alimentares no desempenho dos animais tenha sido mascarada pela farinha de peixe, mesmo havendo uma sensível diferença de inclusão deste insumo entre os tratamentos.

Comparando os resultados de peso corporal e desempenho zootécnico entre as dietas do bloco ATMt (com atratores) para os dois sistemas de cultivo, não foi observada diferença. Já para os tratamentos FPMt (sem atratores), em água clara, se verificou pior desempenho zootécnico para dieta FPMt₍₆₀₎ que possuiu menores valores de inclusão de farinha de peixe. Isso demonstra que os atratores (farinha de krill e farinha de lula inteira) podem ter contribuído para uma maior homogeneidade dos resultados zootécnicos entre os tratamentos ATMt. Isto corrobora com os resultados do estudo realizado por Hartati &

Briggs (1993) com camarões da espécie *Penaeus monodon*. Os autores estudaram diferentes atratores e constataram que os estimulantes alimentares podem também contribuir para o equilíbrio nutricional das dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de peixe.

Amaya *et al.* (2007) utilizando juvenis de *L.vannamei* estocados em tanques com água verde e em baixa densidade de estocagem (29 camarões/m²) demonstraram que a farinha de peixe pode ser substituída em até 16 % por farinhas de origem vegetal (farinha de soja, farelo de glúten de milho e solúvel de milho fermentado) em combinação com 1% de farinha de lula servindo de atrator na refeição, sem afetar o crescimento e a produção. De fato, no presente trabalho as dietas com atratores (ATMt) apresentaram desempenho zootécnico semelhantes entre si, mesmo com altos níveis de substituição de FPA por farinha de soja em suas formulações.

5.3 Efeito dos Níveis de Metionina

O conhecimento das exigências de aminoácidos essenciais é fundamental para otimizar o desempenho e para o desenvolvimento da relação custo-benefício de dietas para o camarão cultivado (MILLAMENA *et al.*, 1996). Segundo Coloso & Cruz (1980) e Pascual & Kanazawa (1986) a metionina é um dos dez aminoácidos essenciais que são considerados críticos para um ótimo crescimento e sobrevivência dos camarões.

Ainda não se tem conhecimento das exigências ideais de metionina para o *Litopenaeus vannamei*. As informações sobre inclusões de aminoácidos usadas nas rações para o cultivo de camarões peneídeos são referentes a estudos feitos com o *Penaeus monodon*. Para a metionina, sua inclusão é de 2,4 % da proteína bruta da dieta ou 0,89 % do total da dieta quando esta apresenta 36% de proteína bruta (AKIYAMA *et al.*, 1991).

Devido à deficiência do farelo de soja por metionina, quando se eleva os níveis de substituição da farinha de peixe por farelo de soja os valores de metionina na formulação caem. Para suprir esta deficiência é bastante comum a utilização de aminoácidos sintéticos. Porém, o uso eficiente destas substâncias sintéticas exige um processo de fabricação da ração e do uso de aglutinantes apropriados para aumentar a hidroestabilidade da dieta. Do contrário, os aminoácidos sintéticos podem não estar presentes quando o alimento é

consumido devido ao hábito alimentar lento, característico dos camarões peneídeos (AKIYAMA *et al.*, 1986, 1991).

No presente estudo as dietas com e sem atratores (ATMt e FPMt, respectivamente) possuíram inclusões entre 35 e 36% de proteína bruta e foram formuladas para atender diferentes níveis de exigência por metionina (60,70 e 80%) do camarão *L. vannamei*. Os demais aminoácidos essenciais foram mantidos em níveis superiores a 80% da exigência do animal.

O maior valor de peso corporal alcançado com os camarões alimentados com dieta FPMt₍₆₀₎, comparada as demais dietas FPMt foi acompanhado de uma menor sobrevivência, produtividade e fator de conversão alimentar (FCR). Isto concorda com os resultados obtidos por Sandifer *et al.* (1988) e Ray & Chien (1992). Estes autores afirmaram que a redução na densidade de estocagem provoca uma maior disponibilidade de alimento e conseqüentemente uma elevação do crescimento.

O baixo desempenho zootécnico da dieta FPMt₍₆₀₎ pode ser relacionado aos menores níveis de inclusão de metionina na formulação. Millamena *et al.* (1996) trabalharam para encontrar a exigência ideal de metionina para o camarão *Penaeus monodon*. Os autores constataram que altos níveis de metionina não refletem necessariamente em elevação do crescimento, no entanto, a sobrevivência tende a melhorar à medida que o nível dietético de metionina for aumentado, podendo elevar a produtividade.

Os valores projetados de metionina na dieta FPMt₍₆₀₎ representaram 0,52% da dieta ou 1,50% do total de proteína bruta. Esses níveis são semelhantes aos usados por Forster *et al.* (2006) estudando a eficiência de diferentes fontes de metionina para o *L. vannamei* estocado sob densidade de 51 camarões/m². Os autores constataram que 0,44% de metionina na dieta ou 1,42% de metionina em relação à proteína bruta da dieta provoca queda no desempenho do camarão. Isto demonstrou que o camarão *L. vannamei* possui uma exigência mínima por metionina na dieta próximas as descritas acima. Contudo, esta exigência pode variar bastante entre os peneídeos. Abe (2008) trabalhando com pós-larvas de *Farfantepenaeus paulensis* analisou seis diferentes níveis de substituição da farinha de peixe (FP) por farelo de soja (FS) (12, 24, 36, 48 e 60%). O autor encontrou que conforme se elevava o nível de substituição de FP por FS menores eram os valores de metionina, porém os níveis dos demais aminoácidos cresciam. Este autor concluiu que mesmo com a

redução dos níveis de metionina na dieta com 60% de substituição da FP, esta dieta promoveu melhores resultados de crescimento no camarão *F. paulensis*, indicando uma menor exigência da espécie por metionina.

Ainda em água clara, os maiores valores de peso corporal final e consumo alimentar da dieta FPMt₍₈₀₎ sobre sua similar ATMt₍₈₀₎, não são suficientes para afirmar que um tratamento é superior ao outro. As diferenças no desempenho zootécnico dos camarões alimentados com estas duas dietas não se refletiram em outros parâmetros como produtividade, fator de conversão alimentar (FCA), sobrevivência e crescimento. Da mesma forma, porém em água verde, a dieta com atratores ATMt₍₇₀₎ só foi melhor em relação a sua similar (FPMt₍₇₀₎) para o peso corporal dos camarões.

No sistema com água verde, não foi encontrada qualquer diferença no desempenho dos camarões entre os tratamentos contendo diferentes níveis de metionina, tanto para as dietas ATMt quanto para as dietas FPMt. Isto com exceção do menor peso corporal exibido por FPMt₍₇₀₎ que não refletiu nos demais parâmetros de desempenho zootécnico. Esse maior equilíbrio no desempenho de camarões cultivados em água verde comparado ao sistema com água clara pode ser justificado pela formação da biota natural na coluna d'água que pode ter servido como uma fonte extra de nutrientes para os animais. Este alimento endógeno pode ter contribuído para suprir a exigência de metionina do animal, equilibrando os resultados de desempenho como descrito por Forster *et al.* (2006).

5.4 Atratividade das Dietas

Costero & Meyers (1993) enfatizam a importância de um sistema de análise em dimensões reduzidas na caracterização criteriosa do comportamento seqüencial relacionado à resposta alimentar de crustáceos. O ensaio laboratorial de atratividade em aquário com formato em Y, estabelecido em condições ambientais controladas, tem se mostrado eficaz no estudo de padrões do comportamento e da preferência alimentar do camarão (COSTERO & MEYERS, 1993; PITTET *et al.*, 1996; LEE & MEYERS, 1997; MENDOZA *et al.*, 1997; NUNES *et al.*, 2006a).

No presente estudo, os testes de validação do sistema com aquário em Y, confirmaram a total ausência da influência de fatores externos que interferissem na escolha do animal por um dos lados do aquário em que as rações foram posicionadas, gerando

dados confiáveis da resposta alimentar dos camarões. Esses dados serviram como garantia de que o comportamento do animal foi influenciado exclusivamente pelo estímulo alimentar promovido pelas dietas confrontadas. As gravações feitas por uma filmadora digital contribuíram para uma avaliação mais criteriosa dos tempos de resposta alimentar do animal durante os ensaios, assim como no estudo feito por Mendoza *et al.* (1997).

As dietas FPMt, sem a presença dos chamados atratores ou incitantes alimentares (farinhas de lula inteira e farinha de krill) apresentaram resultados semelhantes para atração, palatabilidade e ingestão comparadas às dietas ATMt (com atratores). Esse equilíbrio foi refletido tanto nos percentuais de comparações sem resposta, escolhas positivas e rejeições, quanto nos tempos de resposta alimentar do animal (detecção, orientação e alimentação).

Isso provavelmente foi causado pelos altos níveis de farinha de peixe (entre 12,7 e 24,3%) apresentados entre os tratamentos, que podem ter mascarado as vantagens que a inclusão dos atratores poderiam oferecer. Esta afirmação concorda com estudos anteriores desenvolvidos por Hartati & Briggs (1993) Smith *et al.* (2005), em que atratores podem não ser necessários quando a dieta apresenta outras fontes de proteína marinha.

Já Mendoza *et al.* (1997) em seu estudo para verificar a eficiência de diferentes incitantes alimentares, encontraram que a dieta basal (sem atrator) demonstrou inferioridade na atratopalatabilidade comparada as dietas com atratores. Porém no estudo de Mendoza *et al.* (1997) a dieta sem atratores possuía apenas 5% de farinha de peixe, ou seja, níveis bem mais baixos que os usados no atual estudo, motivo pelo qual provavelmente tornou mais clara a eficiência do atrator.

Assim como a farinha de krill e a farinha de lula inteira, a farinha de peixe possui proteína de origem marinha que reconhecidamente é composta por substâncias com alta capacidade de estimular o comportamento alimentar do animal (Fenucci *et al.*, 1980; Smith *et al.*, 2005). Mesmo sem proporcionar uma clara superioridade nos diferentes parâmetros estudados, os atratores parecem ter promovido um equilíbrio entre as dietas com alta inclusão de farinha de peixe (ATMt₍₈₀₎) e as demais dietas com elevados níveis de substituição deste insumo por farelo de soja (ATMt₍₇₀₎ e ATMt₍₆₀₎). Já entre as dietas FPMt (sem atratores), o tratamento FPMt₍₈₀₎ se diferenciou das demais dietas com menores níveis

de metionina, apresentando os melhores valores de tempo de orientação e alimentação, provavelmente causado por elevados níveis de farinha de peixe em sua formulação.

Recentemente, Nunes *et al.* (2006a) utilizaram juvenis de *Litopenaeus vannamei* para avaliar a resposta alimentar do animal frente a incitantes de diferentes origens (terrestre e marinha), em aquário em Y e condições similares aos desenvolvidos no atual estudo. Estes autores utilizaram níveis de inclusão de atratores variando entre 0,5 e 3,0% da dieta. A formulação das dietas possuiu o único objetivo de gerar a atratividade e a ingestão alimentar pelo animal, pois eram compostas apenas pelo atrator em estudo e por gelatina incolor e sem sabor. Os autores concluíram que os incitantes alimentares de origem marinha demonstraram maior poder de atratividade. Este trabalho apresentou grande semelhança com o presente estudo, quando comparados os tempos de resposta alimentar. Isso demonstra que não necessariamente as dietas com maiores valores de inclusão de proteína de origem marinha geram resultados superiores de atratopalatabilidade.

Os estudos ligados à eficiência de atratores na resposta alimentar do camarão e seus efeitos no desempenho do animal são raros e seus resultados ainda são bastante discutíveis. A elaboração de estudos futuros em aquário em Y devem ser produzidos focando os níveis de inclusão destes incitantes alimentares e relacionando-os aos valores de substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja para uma melhor compreensão de seus resultados.

6. CONCLUSÃO

Através do presente estudo pode ser concluído que:

- 1) O sistema de cultivo influenciou o desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* nos diferentes tratamentos estudados. Os camarões cultivados em água clara (sistema *indoor*) exibiram melhores resultados de desempenho zootécnico comparado aos cultivados em água verde (sistema *outdoor*).
- 2) Os atratores (farinha de lula e farinha de krill) não promoveram melhores resultados de desempenho e respostas alimentares para o camarão *L. vannamei*. Porém, o uso dos atratores proporcionou um equilíbrio entre as dietas com diferentes níveis de metionina, para ambos os sistemas de cultivo.
- 3) Os níveis de farinha de peixe usadas nos diferentes tratamentos parece ter reduzido à eficiência dos atratores.
- 4) Os diferentes níveis de metionina formulada (60, 70, 80% da exigência do animal) só demonstraram influenciar o rendimento do animal quando estes foram alimentados com dietas sem atratores alimentares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, M.P. Substituição da farinha de peixe por farelo de soja em dietas práticas para o camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*). *Cienc. Rural*, v.38, n.1, p. 219-224, 2008.
- ACHE, B.W.; DERBY, C.D.; KENNEL, E.W. Mixture suppression in olfaction: electrophysiological evaluation of the contribution of peripheral and central neural components. *Chem. Senses*, v.10, p. 301-316, 1985.
- AKIYAMA, D.M.; DOMINY, W.G.; LAWRENCE, A.L. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry revised. **Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop**. Thailand and Indonesia, p. 80-90, 1991.
- AMAYA, E.; DAVIS, D.A.; ROUSE, D.B. Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, v. 262 (2-4), p. 419-425, 2007.
- ALAM, M.S.; TESHIMA, S.I.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; UYAN, O.; HERNANDEZ, L.H.H.; MICHAEL, F.R. Supplemental effects of coated methionine and/or lysine to soy protein isolate diet for juvenile Kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture*, v. 248(1-4), p. 13-19, 2005.
- BARBIERI, R.C.JR. **Camarões Marinhos – Engorda**. Aspectos biológicos. Viçosa MG: ed. Aprenda fácil, 2002. v. 2, p.34 e 35.
- BOYD, C. E.; TEICHERT-CODDINGTON, D. Relationship between wind speed and reaeration in small aquaculture ponds. **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, v. 11, p.121-131, 1992.
- BORRONI, P.F. & ATEMA, J. Self- and cross-adaptation of single chemoreceptor cells in the taste organs of the lobster *Homarus americanus*. **Annals NY Acad. Sci.**, v. 510, p.184-186, 1987a.
- BORRONI, P.F. & ATEMA, J. Self-adaptation and cross-adaptation in ammonium receptor cells. **Chem. Senses**, v. 12, p. 190, 1987b.

- CARR, W.E.S. The molecular nature of chemical stimuli in the aquatic environment. **Sensory Biology of Aquatic Animals**. Springer-Verlag, New York, USA, p. 3–27, 1988.
- CARR, W.E.S. Chemoreception in the shrimp, *Palaemonetes pugio*: the role of amino acids and betaine in elicitation of a feeding response by extracts. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 61, p.127–131, 1978.
- CASTILLE, F.; LAWRENCE, A.; BUISMAN, P.; DROST, R. Effects of sterol supplements (cholesterol FG, cholesterol SF, and sterols M1M) on growth and survival of the shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. Hermosillo, Sonora, México, p. 504-517, 2004.
- CHAN, S-M.; RANKIN S.M.; KEELEY, L.L. Characterization of the molt stage in *Penaeus vannamei*: setogenesis and hemolymph levels of total protein, ecdysteroids and glucose. **Biological Bulletin**, v. 175, p. 185-192, 1988.
- COLOSSO, R.M. & CRUZ, L.J. Preliminary studies in some aspects of amino acid biosynthesis in juveniles of *Penaeus monodon* Fabricius. I. Incorporation of ¹⁴C (U-¹⁴C) acetate into amino acids of precipitable proteins. **Bull. Phil. Biochem. Soc.**, v. 3, p. 12-22, 1980.
- COSTERO, M. & MEYERS, S.P. Evaluation of chemoreception by *Penaeus vannamei* Boone under experimental conditions. **Progressive Fish-Culturist**, v. 55, p. 157-162 1993.
- CRUZ-SUÁREZ, L.E.; RICQUE-MARIE, D.; TAPIA-SALAZAR, M.; MARIN-ZALDIVAR, L. F.; GUAJARDO-BARBOSA, C.; NIETO-LÓPEZ, M.; SALINAS-MILLER, A. Historia y estatus actual de la digestibilidad y algunas características físico-químicas de los alimentos comerciales para camarón usados en México, *in*: CRUZ-SUÁREZ, L.E.; RICQUE-MARIE, D.; TAPIA-SALAZAR, M.; GAXIOLA-CORTÉS, M.G.; SIMÕES, N. (eds), **Avances em Nutrición Acuícola VI. Memórias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**, Cancún, Quintana Roo, México, p. 1-22, 2002.

- CUZON, G.; LAWRENCE, A.; GAXIOLA, G.; ROSAS, C. & GUILLAUME, J. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**, p. 513-551, 2004.
- DALL, W.; HILL, B.J.; ROTH LISBERG, P.C.; SHARPLES, D.J. The Biology of the Penaeidae. *in*: Blaxter, J.H.S. & Southward, A.J. (eds). London: Academic Press. **Advances in Marine Biology**, v. 27, p. 489, 1990.
- DAVIS, D.A. & ARNOLD, C.R. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 185, p. 291-298, 2000.
- DECAMP, O.; CODY, J.; CONQUEST, L.; DELANOY, G.; TACON, A.G.J. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei*, (Boone), within experimental zero-water exchange culture systems. **Aquac. Res.**, v. 34, p. 345–355, 2003.
- DESHIMARU, O. & YONE, Y. Effect of dietary supplements on the feeding behaviour of prawn. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.**, v. 44, p. 903–905, 1978.
- DE SILVA, S.S. & ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture** (Chapman and Hall, London), 1994.
- DIVAKARAN, S.; VELASCO M.; BEYER E.; FORSTER, I.; TACON A. Soybean meal apparent digestibility for *Litopenaeus vannamei*, including a critique of methodology. **Avances en Nutrición Acuícola V**. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, Mexico, p. 267–276, 2000.
- FAO, Fisheries Department. **The State of the World Fisheries and Aquaculture**. FAO, Rome, p. 153, 2009.
- FENNUCCI, J.L.; ZEIN-ELDIN, Z.P.; LAWRENCE, A.L. The nutritional response of two penaeid species to various levels of squid meal in a prepared feed. **Proc. World Mariculture Soc.** v. 11, p. 403–409, 1980.

- FINE-LEVY, J.B.; DANIEL, P.C.; GIRARDOT, M.-N.; DERBY, C.D. Behavioral resolution of quality of odorant mixtures by spiny lobsters: differential aversive conditioning of olfactory responses. *Chem. Senses*, v. 14, p. 503-524, 1989.
- FINE-LEVY, J.B. & DERBY, C.D. Effects of stimulus intensity and quality on discrimination of odorant mixtures by spiny lobsters in an associative learning paradigm. *Physiol. Behav.*, v. 49, p.1163-1168, 1991.
- FORSTER, I.P.; DOMINY, W.; OBALDO, L.E.; TACON, A.G.J. Rendered meat and bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 219, p. 655-670, 2003.
- FORSTER, I.; BABBITT, J.; SMILEY, S. Nutritional quality of fish meals made from by-products of the Alaska fishing industry in diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, v. 13, p. 115-123, 2004.
- GATLIN III, D.; BARROWS, F.; BELLIS, D.; BROWN, P.; CAMPEN, J.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T.G.; HARDY, R.W.; HERMAN, E.M.; HU, G.; KROGDAHL, A.; NELSON, R.; OVERTURF, K.E.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E.J.; STONE, D.; WILSON, R.F. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, v. 38, p. 551–579, 2007.
- GLENCROSS, B.D.; SMITH, D.M.; THOMAS, M.R.; WILLIAMS, K.C. Optimising the essential fatty acids in the diet for weight gain of the prawn, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 204, p. 85-99, 2002.
- GOMEZ-JIMENEZ, S.; GONZALEZ-FELIX, M.L.; PEREZ-VELAZQUEZ, M.; TRUJILLO-VILLALBA, D.A.; ESQUERRA-BRAUER, I.R.; BARRAZA-GUARDADO, R. Effect of dietary protein level on growth, survival and ammonia efflux rate of *Litopenaeus vannamei* (Boone) raised in a zero water exchange culture system. *Aquac. Res.*, v. 36, p. 834–840, 2005.

- GONG, H.; LAWRENCE, A L.; JIANG D.H.; CASTILLE, F. L.; GATLIN III, D.M. Lipid nutrition of juvenile *Litopenaeus vannamei*. I. Dietary cholesterol and de-oiled soy lecithin requirements and their interaction. **Aquaculture**, v. 190, p. 305-324, 2000.
- HARA, T.J. Effects of pH on the olfactory responses to amino acids in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 540, p. 37-39, 1976.
- HARA, T.J. Structure-activity relationships of amino acids as olfactory stimuli. in: **Chemoreception in Fishes** (Hara. T.J., ed.), Elsevier, New York, NY, p. 135-137, 1982.
- HARPAZ, S.; KAHAN, D.; GALUN, R.; MOORE, I. Responses of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* to chemical attractants. **J. Chem. Ecol.**, v. 13, p. 1957-1965, 1987.
- HARTATI, R. & BRIGGS, M.R.P. Effect of feeding attractants on the behavior and performance of juvenile *Penaeus monodon* Fabricius, **Aquac. Fish. Manage.**, v. 25, p. 13–624, 1993.
- HEINEN, J.M. Chemoreception in decapod crustacea and chemical feeding stimulants as potential feed additives. **Proc. World Maricult. Soc.**, v. 11, p.319 -334, 1980.
- HUANG, G.Q.; DONG, S.L.; WANG., F.; MA, S. Selection and use of different diets in a study on Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. **Journal of Shellfish Research**, v. 22, p.547-553, 2003.
- ISHIDA, Y.; HIDAKA, I; TACON, A.G.J. Gustatory response profiles for amino acids, glycinebetaine and nucleotides in several marine teleosts. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 53, p. 1391-1398. 1987.
- KOLKOVSKI, S.; TANDLER, A.; KISSIL, G.W.; GERTLER, A. The effect of dietary exogenous digestive enzymes on ingestion, assimilation, growth and survival of gilthead seabream larvae. **Fish Physiol. Biochem.**, v. 12, p. 203–209, 1993.
- LEBER, K.M. & PRUDER, G.D. Using experimental microcosms in shrimp research: the growth-enhancing effect of shrimp pond water. **J. World Aquacult. Soc.**, v. 19, p. 197–203, 1988.

- LEE, P.G., Chemotaxis by *Octopus maya* Voss et Solis in a Y-maze. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 153, p. 53-67, 1992.
- LEE, P.G. & MEYERS, S.P. Chemoattraction and feeding stimulation. *in*: D'Abramo, L.R., Conklin, E., Akiyama, D.M. (eds). **Crustacean Nutrition**. Baton Rouge, EUA: The World Aquaculture Society, p. 292-352. 1997.
- LENHOFF, L. & LINDSTEDT, D. Chemoreception in decapodcrustacea and chemical feeding stimulants as potential feed additives. **Proceedings of the World Mariculture Society**, v. 11, p. 319-334, 1974.
- LIM, C. & DOMINY, W.G. Utilization of plant proteins by warmwater fish. *In*: **Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop**, Thailand, Indonesia: Akiyama, D.M. & Tan, R.K.H. (eds.), p. 80-98, 1991.
- LIM, C. & DOMINY, W. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp *Penaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 87, p. 53-64, 1990.
- MACKIE, A.M. & MITCHELL, A.I. Identification of gustatory feeding stimulants for fish-applications in aquaculture. *in*: Cowey, C.B.; Mackie, A.M.; Bell, J.G. (eds.). 1985. **Nutrition and feeding in fish**. Academic Press. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. p. 177-189, 1985
- MCNEIL, R. Zero exchange, aerobic, heterotrophic systems: key considerations. **Global Aquaculture Advocate**, v. 3, p. 72-76. 2000.
- MENDOZA, R.; MONTEMAYOR, J.; VERDE, J. Biogenic amines and pheromones as feed attractants for the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture Nutrition**, v. 3, p. 167-173, 1997.
- MÉTALLIER, R. & GUILLAUME, J. Part IV. Feeding of fish: Applications. Raw materials and additives used in fish foods. *In*: Guillaume, J.; Kaushik, S.; Bergot, P.; Métallier, R. (eds.). **Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans**. Praxis Publishing. p. 279-295, 2001.

- MEYERS, S.P. Aquaculture feeds and chemoattractants. **INFOFISH-Marketing Digest**, No. 1/87, p. 35–37, 1987.
- MILLAMENA, O.M.; BAUTISTA-TERUEL, M.N.; KANAZAWA, A. Methionine requirement of juvenile tiger *Penaeus monodon* Fabricius shrimp. **Aquaculture**, v. 143, p. 403-410, 1996.
- MORIATY, D.J.W. The role of microorganisms in aquaculture ponds. **Aquaculture**, v. 151, p. 333–349, 1997.
- MOSS, S.M. & PRUDER, G.D. Characterization of organic particles associated with rapid growth in juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei* Boone, reared under intensive culture conditions. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 187, p. 175–191, 1995.
- NAYLOR, R.L.; GOLDBERG, R.J.; MOONEY, H.; BEVERIDGE, M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; KAUTSKY, N.; LUBCHENCO, J.; PRIMAVERA, J.; WILLIAMS, M. Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. **Science**, v. 282, p. 883–884, 1998.
- NAYLOR, R.L.; GOLDBERG, R.J.; PRIMAVERA, J.H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M.C.M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONEY, H.; TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, p. 1017–1024, 2000.
- NUNES, A.J.P. Feeding dynamics of the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* Pérez-Farfante, 1967 (Crustacea, Penaeidae) under semi-intensive culture in NE Brazil. **Dissertação de Mestrado em Aqüicultura**. Memorial University of Newfoundland, Newfoundland, Canadá. 166 p.
- NUNES, A.J.P.; SÁ, M.V.C.; ANDRIOLA-NETO F.F.; LEMOS, D. Behavioral response to selected feed attractants and stimulants in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 260, p. 244 –254, 2006a.
- NUNES, A.J.P.; SÁ, M.V.C.; CARVALHO, E.A.; SABRY-NETO, H. Growth performance of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared under time- and rate-restriction feeding regimes in a controlled culture system. **Aquaculture**, v. 253, p. 646-652, 2006b.

- NUNES, A.J.P. & PARSONS, G.J. Size-related feeding and gastric evacuation measurements for the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis*. **Aquaculture**, v. 187, p. 133-151, 2000.
- NUNES, A.J.P.; GESTEIRA, T.C.V.; GODDARD, S. Food consumption and assimilation by the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. **Aquaculture**, v.149, p.121-136. 1997.
- PIEDAD-PASCUAL, F.; CRUZ, E.M.; SUMALANGCAY, A. Supplemental feeding on *Penaeus monodon* juveniles with diets containing various levels of defatted soybean meal. **Aquaculture**, v. 89, p. 183–191, 1990.
- PITTET, A.O.; ELLIS, J.C.; LEE, P.G. Methodology for the identification and quantitative measurement of chemical stimulants for penaeid shrimp. **Aquac. Nutr.**, v. 2, p. 175–182, 1996.
- PASCUAL, F.P. & KANAZAWA, A. Specific amino acid-free semi-purified diets for *Penaeus monodon* juveniles. **Mem. Kagoshima Univ. Res. Center South Pacific**, v. 7, p. 65-72, 1986.
- PEARSON, W.H.; SUGARMAN, P.C.; WOODDRUFF, D.L.; OLLA, B.L. Thresholds for detection and feeding in the dungeness crab, *Cancer magister* (Dana). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 39, p.65-78, 1979.
- RACOTTA, I.S. & HERRERA, R.H. Metabolic responses of the white shrimp, *Penaeus vannamei*, to ambient ammonia. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 125, p. 437-443, 2000.
- RAY, W.M. & CHIEN, Y.H. Effects of stocking density and aged sediment on tiger prawn, *Penaeus monodon*, nursery systems. **Aquaculture**, v. 104, p. 231–248, 1992.
- REIG, L.; GINOVRT, M.; FLOS, R. Modification of the feeding behaviour of sole (*Solea solea*) through the addition of a commercial flavour as an alternative to betaine **Aquatic Living Resources**, v. 16, p. 370-379, 2003.
- RITTSCHOF, D. Chemosensation in the daily life of crabs. **Am. Zool.**, v. 32, p. 363-369. 1992.

- ROBERTSON, L.; BRAY, W.; LEUNG-TRUJILLO, J.; LAWRENCE, A. Practical molt staging of *Penaeus setiferus* and *Penaeus stylirostris*. **Journal of World Aquaculture Society**, v. 18, p. 180-185, 1987.
- SANCHEZ, D.R.; FOX, J.M.; LAWRENCE, A.L.; CASTILLE, F.L.; DUNSFORD, B.A. Methodology for evaluation of dietary feeding stimulants for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 36, p. 14-23, 2005.
- SANDIFER, P.A.; HOPKINS, J.S.; STOKES, A.D. Intensification of shrimp culture in earthen ponds in South Carolina: progress and prospects. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 19, p. 218–226, 1988.
- SCHUUR, A.M. Evaluation of biosecurity applications for intensive shrimp farming. **Aquac. Eng.**, v. 28, p. 3–19, 2003.
- SIMÃO, B.R.; AZEVEDO, C.M.S.B.; MIRANDA, L.C.; OLIVEIRA, H.V.; FREITAS A.V.L. Farinha de carne e ossos como substituto da farinha de peixe em dietas para camarão. **Caatinga** (Mossoró, Brasil), v. 21, p. 22-28, 2008.
- SMITH, D.M.; ALLAN, G.L.; WILLIAMS, K.C.; BARLOW, C. Fishmeal replacement research for shrimp feed in Australia. *in*: Avances en Nutrición Acuícola. Mérida, Yucatán, México. **Anais**, Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. & Civera-Cerecedo, R. (eds.). **Internacional de Nutrición Acuícola**, 2000.
- SMITH, D.M. & DALL, W. Moulting staging the tiger prawn *Penaeus esculentus*. *in*: **Second Australian National Prawn Seminar**. p.85-93, 1985.
- SMITH, D.M.; TABRETT, S.J.; BARCLAY, M.C.; IRVIN, S.J. The efficacy of ingredients included in shrimp feeds to stimulate intake. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 263-271, 2005.
- STOREBAKKEN, T.; REFSTIE, S.; RUYTER, B. Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture. **Soy in animal nutrition**. Federation of

- Animal Science Societies, Savoy, Illinois, USA. *in*: J. K. Drackley, editor. P. 127–170, 2000.
- TACON, A.G.J. Nutritional studies in crustaceans and the problems of applying research findings to practical farming systems. **Aquacult. Nutr.**, v. 1, p. 165–174, 1996.
- TACON, A.G.J. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. **Manual de Capacitación**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. p. 516, 1989.
- TACON, A.G.J. & AKIYAMA, D.M. Feed ingredients. *in*: L.R.D'Abramo, D.E. Conklin, and D.M. Akiyama (eds.), Crustacean Nutrition. **World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, EUA, p. 411–472, 1997.
- TACON, A.G.J.; CODY, J.J.; CONQUEST, L.D.; DIVAKARAN, S.; FORSTER, I.P.; DECAMP, O.E. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquac. Nutr.**, v. 8, p. 121–137, 2002.
- TACON, A.G.J.; HASAN, M.R.; SUBASINGHE, R.P. Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications. **FAO Fisheries Circular No. 1018**. FAO, Rome, p. 99, 2006.
- TACON, A.G.J. & METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285 (1-4), p. 146-158, 2008.
- TIERNEY, A.J. & ATEMA, J. Amino acid chemoreception: effects of pH on receptors and stimuli. **J. Chem. Ecol.**, v. 14, p. 135-141, 1988.
- VAN WYK, P. & SCARPA, J. Water quality and management, *in*: VAN WYK, P. & SCARPA, J. (eds.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. **Florida Department of Agriculture and Consumer Services**, Tallahassee, EUA, p. 141–138, 1999.

- VELASCO, M. & LAWRENCE, A. Initial evaluation of shrimp vitamin requirements in laboratory tanks without water exchange. **Global Aquaculture Advocate**, v. 3, p. 23, 2000.
- VIJAYAN, K.K., SUNILKUMAR-MOHAMED, K.; DIWAN, A.D. Studies on moult staging, moulting duration and moulting behavior in indian white shrimp *Penaeus indicus* Milne Edwards (Decapoda: Penaeidae). **Journal of Aquaculture in the Tropics**, v. 12, p. 53-64, 1997.
- WAINBERG, A.A. & CAMARA, M.R. Carcinicultura no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: interações ambientais e alternativas mitigadoras. *in*: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, XI., 1998, Recife. **Anais.**, Recife, p. 527-544. 1998.
- WAINBERG, A.A. O pesadelo dos vírus asiáticos ainda ronda a carcinicultura brasileira. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 10, p. 51-52, 2000.
- WEBSTER, C. D.; TIU, L.G.; MARGAN, A.M.; GANNAM, A. Effect of partial and total replacement of fishmeal on growth and body composition of sunshine bass, *Morone chrysops* X *M. saxatilis*, fed practical diets. **J. World Aquaculture Soc.**, v. 30, p. 443-453, 1999.
- WILLIAMS, K.C. & BARLOW, C.G. Nutritional research in Australia to improve pelleted diets for grow-out barramundi. *in*: Kongkeo, H. & Cabanban, A.S. (eds.). **Aquaculture of Coral Fishes and Sustainable Reef Fisheries**. NACA and Pacific, Bangkok, Thailand. 1996.
- ZIMMER-FAUST, R.K.; TYRE, J.E.; MICHEL, W.C.; CASE, J.F. Chemical mediation of appetitive feeding in a marine decapod crustacean: the importance of suppression and synergism. **Biol. Bull.**, v. 167, p. 339-353, 1984.
- ZIMMER-FAUST, R.K. Crustacean chemical perception: towards a theory on optimal chemoreception. **Biol. Bull.**, v. 172, p. 10-29, 1987.

APÊNDICE A.	Seqüência das avaliações de atratividade alimentar. (A) posicionamento das dietas em lados opostas do aquário em Y. (B) monitoramento das respostas alimentares do camarão através de monitor de vídeos. (C) Elevação da guilotina removível para início das observações de atividade alimentar. (D) momento de chegada do animal a dieta escolhida.
--------------------	--

