


**INCLUSÃO DO TENÉBRIO GIGANTE (ZOPHOBAS MORIO) COMO FONTE
PROTEICA ALTERNATIVA EM DIETAS PARA CAMARÃO P.VANNAMEI
(BOONE, 1931)**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n2-213>

Data de submissão: 18/01/2025

Data de publicação: 18/02/2025

Vanuza de Paula do Nascimento da Silva

Bacharel em Engenharia de Pesca pelo Instituto Federal do Pará - Campus Castanhal

E-mail: 2001vpaula@gmail.com

LATTES: <https://lattes.cnpq.br/2831154724216585>

Fernanda Reis Lima

Bacharel em Engenharia de Pesca pelo Instituto Federal do Pará - Campus Castanhal

E-mail: fernandalinma23@gmail.com

LATTES: <https://lattes.cnpq.br/9068615256466042>

Léa Carolina de Oliveira Costa

Doutorado no Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Universidade Federal de Rio Grande (FURG).

E-mail: leacarolinacosta@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4423-7937>

LATTES: <https://lattes.cnpq.br/7576540554112066>

Saymon Rodrigues Matos da Costa

Bacharel em Engenheiro de Pesca, Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais

E-mail: saymon.costa@ifpa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2120-5185>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/8426042496733123>

Jackson Oliveira Andrade

Tecnólogo em Aquicultura Instituto Federal do Pará - Campus Castanhal

E-mail: jackson.andrade@ifpa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3409-2663>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/7925330842465750>

Danilo Acatauassu da Silva Costa

Bacharel em Engenheiro de Pesca, Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, Técnico em Aquicultura IFPA-Campus Castanhal

E-mail: Danilo.acatauassu@ifpa.edu.br

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/7980436223026514>

Lian Valente Brandão

Doutorado no Programa de Pós-graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

E-mail: lian.brandao@ifpa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2571-2798>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2728614973665468>

RESUMO

Este trabalho investiga a inclusão do Tenébrio gigante (*Zophobas morio*) como uma fonte proteica alternativa em dietas para o camarão *Penaeus vannamei* (Boone, 1931). O objetivo principal é avaliar os efeitos dessa inclusão na performance de crescimento dos camarões. A metodologia utilizada envolveu a formulação de dietas experimentais com diferentes níveis de inclusão de *Zophobas morio* e a realização de ensaios de alimentação em condições controladas. Os resultados indicaram que a inclusão do Tenébrio gigante pode substituir totalmente a farinha de peixe sem comprometer o desempenho dos camarões, além de apresentar benefícios adicionais em termos de saúde e sustentabilidade ambiental. Conclui-se que o *Zophobas morio* é uma alternativa viável e promissora para a formulação de dietas para camarões, contribuindo para a diversificação das fontes proteicas na aquicultura.

Palavras-chave: *Zophobas Morio*. Proteína Alternativa. *Penaeus Vannamei*.

1 INTRODUÇÃO

A carcinicultura (criação de camarões em cativeiro) tem desempenhado um papel essencial no fornecimento de proteínas de origem animal, especialmente em regiões em desenvolvimento, como a Ásia e a América Latina. Desde a década de 1990, o Brasil tem se destacado nesse setor com a introdução do *Penaeus vannamei*, espécie exótica que possui características zootécnicas vantajosas, como rápido crescimento, alta eficiência alimentar e maior resistência em diferentes condições ambientais (Vinatea, 2004).

O cultivo dessa espécie é hoje uma importante atividade da maricultura (cultivo de animais aquáticos em ambientes marinhos e/ou costeiros) no país e no mundo, representando uma grande fonte de sustento econômico e alimentar para milhões de pessoas (FAO, 2022). Contudo, desafios relacionados à sustentabilidade e aos custos da alimentação tornam-se cada vez mais evidentes, impulsionando a busca por alternativas nutricionais viáveis e ambientalmente responsáveis (Oliveira *et al.*, 2013).

A alimentação representa o maior custo operacional na carcinicultura, e grande parte desse custo está associada à dependência de insumos como farinha de peixe e farinha de carne, fontes tradicionais de proteína animal. Essas fontes, embora altamente nutritivas, geram pressões sobre os recursos naturais, com impactos ambientais consideráveis e limitações de oferta (Sá *et al.*, 2018).

Assim, o desenvolvimento de dietas alternativas que mantenham ou melhorem o desempenho zootécnico dos camarões, ao mesmo tempo em que reduzam os impactos ambientais e os custos, tornou-se uma das prioridades da pesquisa em aquicultura (Henry *et al.*, 2018). Nesse contexto, o uso de insetos como fontes proteicas emergiu como uma solução promissora, tanto pela sua eficiência produtiva quanto pelo menor impacto ambiental.

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2013) já destacou o potencial dos insetos para alimentação animal, citando benefícios como a alta conversão de biomassa, a redução nas emissões de gases do efeito estufa e o menor consumo de recursos como água e terra.

O *Tenébrio molitor* e o *Zophobas morio*, em particular, têm ganhado destaque como alternativas sustentáveis para a nutrição de espécies aquáticas, devido ao seu perfil nutricional equilibrado e à presença de compostos bioativos que favorecem a saúde e o crescimento dos organismos (Gasco *et al.*, 2016; Rumbos e Athanassiou, 2021). A larva do *Zophobas morio*, conhecida como tenébrio gigante, apresenta elevado teor de proteínas (46,8%) e lipídios (33,6%), além de conter quitina, um polissacarídeo que pode beneficiar o sistema imunológico dos camarões e melhorar a saúde intestinal (Araújo *et al.*, 2019; Benzertiha *et al.*, 2020).

Estudos recentes mostram que dietas à base de insetos, como o tenébrio, podem substituir a farinha de peixe ou carne em até 100% sem comprometer a taxa de crescimento específico (TCE) ou a conversão alimentar (C.A), mantendo ou até mesmo melhorando os índices de desempenho (Shekarabi *et al.*, 2021).

No entanto, a eficácia dessa substituição em dietas para camarões ainda é relativamente pouco explorada, especialmente quando comparada a outras espécies aquáticas. A introdução de dietas mais sustentáveis e eficientes pode não só reduzir os custos de produção, mas também alinhar a carcinicultura com as demandas globais por práticas alimentares mais responsáveis e ecologicamente sustentáveis.

A tecnologia de bioflocos é vista como uma inovação promissora para a produção de pescado (Ogello *et al.*, 2021). O sistema BFT (*Biofloc Technology*) melhora a eficiência no uso de nutrientes, que são constantemente reciclados e reutilizados por microrganismos em um ambiente com mínima troca de água (Avnimelech, 2012; Ebeling *et al.*, 2006; Nisar *et al.*, 2022). O cultivo do camarão marinho *Penaeus vannamei* utilizando bioflocos é amplamente pesquisado e possui um padrão de cultivo bem estabelecido

Diante disso, os estudos iniciais sobre a tecnologia de bioflocos concentraram-se na produção do camarão *Penaeus vannamei* (Burford *et al.*, 2004; Wasielesky *et al.*, 2006). Desde então, muitos conhecimentos foram gerados sobre essa espécie. Parâmetros de qualidade da água para o cultivo dessa espécie foram definidos para otimizar a produção, incluindo temperatura (de Souza *et al.*, 2016, 2014), salinidade, alcalinidade e pH (Furtado *et al.*, 2011), compostos nitrogenados (Ferreira *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2020), sólidos suspensos totais (Gaona *et al.*, 2017; Ray *et al.*, 2010) e uso de inóculo (Harun *et al.*, 2019; Krummenauer *et al.*, 2014).

Parâmetros de desempenho zootécnico também são bem documentados na literatura científica, como crescimento (Jory *et al.*, 2001; Panigrahi *et al.*, 2019; Xu *et al.*, 2013), sobrevivência e conversão alimentar (Krummenauer *et al.*, 2014; Wasielesky *et al.*, 2006). A contribuição dos bioflocos para a nutrição dos camarões (Burford *et al.*, 2004), a composição dos flocos juntamente com a ração e probióticos (Ferreira *et al.*, 2017; Huerta-Rábago *et al.*, 2019; Llario *et al.*, 2019) recomendados para a sua criação, fornecendo informações essenciais para estabelecer um padrão de bem fundamentado para o camarão em sistemas de bioflocos.

Portanto, este estudo visa investigar a substituição da farinha de carne pela farinha de tenébrio gigante (*Zophobas morio*) em dietas para o camarão *Penaeus vannamei*. A pesquisa tem como objetivo principal avaliar os impactos dessa substituição no desempenho zootécnico dos camarões e na qualidade da água em sistemas de bioflocos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Complexo de Aquicultura pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), no município de Castanhal, entre os meses de julho e agosto de 2024. Foram utilizados 64 camarões da espécie *P. vannamei*, adquiridos no sítio Lorenvill, localizado no município de Curuçá-Pará, os animais foram conduzidos ao complexo de aquicultura (IFPA) para o período de aclimação, durante 5 dias. Após a aclimação, os camarões foram distribuídos aleatoriamente em 16 caixas de polipropileno com volume útil de 20 litros, em densidade de 4 camarões por caixa, com peso médio inicial de $4,76 \pm 0,57$ g. Cada tratamento foi realizado em triplicata, com as réplicas devidamente alocadas entre as caixas para garantir a representatividade dos resultados. Durante 30 dias, o experimento foi realizado em sistema de bioflocos (BFT), sistema esse que permite uma alta densidade de produção e a não renovação de água e aeração constante (Barbosa *et al.*

2017).

Foi utilizado um inóculo de bioflocos de cultivo já em andamento e para o controle da amônia foi aplicado o melaço de cana de açúcar cada vez que o nível de amônia chegava na concentração de 1 mg/L. O sistema BFT utiliza as bactérias heterotróficas na sua formação, sua junção é induzida através da relação carbono: nitrogênio do cultivo mantendo a relação 6:1 (Avnimelech 1999, 2009).

Para este estudo foram formuladas quatro dietas experimentais, sendo um controle utilizando a farinha de carne e três com substituição da farinha de carne pela farinha de tenébrio gigante (*Z.morio*) nos níveis de 25, 50 e 100%. As rações foram formuladas e produzidas no complexo de aquicultura. Os ingredientes foram pesados, misturados e peletizados. As rações foram armazenadas em condições controladas até o momento de uso.

A composição nutricional das dietas foi realizada de acordo com a (AOAC, 1995) (Association of Official Agricultural Chemists) para garantir que ambas fossem isoproteicas (Tabela 1).

Tabela 1: Composição dos ingredientes na formulação das dietas para a engorda em sistema de bioflocos.

	Tratamentos			
	0%	25%	50 %	100 %
Composição (%)				
Farinha de carne (%)	66	49,5	33	0
F. de arroz (%)	4	3	5	2

F. de milho (%)	5	5	3	2
F. de trigo (%)	22	23	23	27
F. de Tenébrio (%)	0	16,5	33	66
Óleo de Soja (%)	2	2	2	2
Premix vit min	1	1	1	1
PB ração*	35,43	35,51	35,63	35,97
EB ração (Kcal) *	376,8	413,48	452,11	525,32
EB:PB *	10,64	11,65	12,69	14,61
ED ração (Kcal)*	3542,81	3550,68	3562,66	3596,83

PB-proteína bruta, EB- energia bruta, ED-energia digestível.

Os ingredientes das dietas foram triturados e misturados, (conforme a figura A e B). A confecção das dietas experimentais foi iniciada com a pesagem dos ingredientes e, em seguida, foram misturados a seco e homogeneizadas com adição de 20% de água. Posteriormente, todas as dietas passaram por esse processo de homogeneização e mistura, até a sua formulação e imediatamente adicionadas em moedor manual, com tamanho do péletes final de 3,00 mm.

Figura A: Trituração das larvas, para formulação das dietas; **Figura B:** Mistura dos ingredientes.



As dietas foram secas ao sol por um período de 3 dias para garantir a remoção completa da umidade. Após esse processo, foram cuidadosamente colocadas em sacos plásticos para evitar a contaminação e armazenadas a uma temperatura constante de 20°C até o momento de sua utilização. A análise centesimal da farinha de tenébrio, que inclui a porcentagem de proteínas, carboidratos, lipídios, fibras e cinzas, está presente na Tabela 2.

Tabela 2: Composição centesimal (com base na matéria seca (%)) da farinha de proteína de tenébrio gigante (*Z. morio*) .

Composição centesimal da farinha de tenébrio gigante (<i>Zophobas morio</i>) (%).	
Proteína Bruta (%)	46,8
Matéria seca (%)	96,32
Extrato Etéreo (%)	33,6
Cinzas (%)	2,52
Quintina (%)	4,59
Calcário (%)	0,05
Fósforo (%)	0,62
Fibras Bruta (%)	5,1

Fonte: Araújo *et al.*, 2019

2.1 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

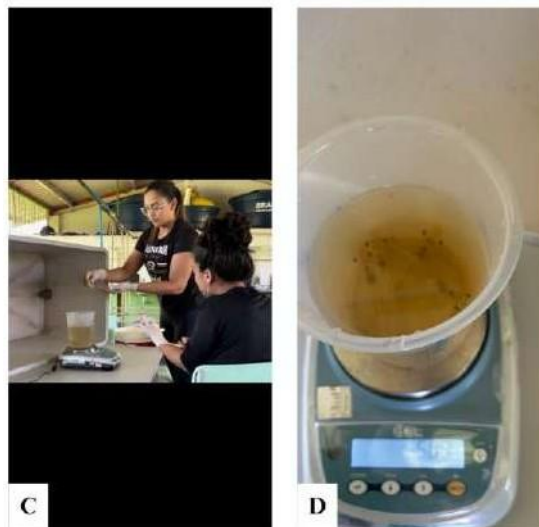
Após a distribuição nas unidades de cultivo e período de aclimação, os camarões foram alimentados três vezes ao dia (08:00, 14:00 e 18:00), as dietas fornecidas inicialmente em uma quantidade correspondente a 6% da biomassa dos animais (Jory, 2001), reajustadas semanalmente de acordo com as biometrias. Os parâmetros de qualidades de água como: oxigênio dissolvido - OD, pH, temperatura e salinidade foram mensurados diariamente com a sonda multiparâmetros AKSO (AK88v2).

As análises de alcalinidade, Amônia (NH₃), Nitrito (NO₂) e Nitrato (NO₃) foram medidos duas vezes por semana utilizando os kits de análise rápida (Aquality, LabconTest e CHECKER). Durante o experimento não houve a troca de água devido adaptação ao sistema de bioflocos (BFT) e para o controle da concentração de amônia foi utilizado o melaço de cana-de-açúcar como fonte de carbono.

2.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DOS CAMARÕES

Semanalmente era feita a biometria dos camarões (Figura C e D) com auxílio de balança digital (BEL engineering) para acompanhamento de peso dos animais e ajuste da quantidade de ração. Após as 4 semanas de experimento em sistema de bioflocos, foram analisados os seguintes parâmetros zootécnicos: biomassa final, taxa de eficiência proteica (TEP), taxa de crescimento específico (TCE), ganho de peso (g), conversão alimentar e sobrevivência.

Figura C e D: Realização da biometria dos camarões.



2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados do desempenho zootécnico dos camarões foram analisados utilizando a Análise de Variância (ANOVA) para determinar a existência de diferenças significativas entre os grupos experimentais. Para identificar quais grupos apresentavam diferenças específicas, foram realizadas comparações múltiplas através do teste de Tukey. O nível de significância adotado para todas as análises foi de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de qualidade de água nos tratamentos e outros aspectos se mantiveram em níveis favoráveis, não tendo variações significativas entre os mesmos, tabela 3 (Marques e Andreatta (1998)).

Tabela 3: Parâmetros de qualidade da água mensurados nas unidades experimentais em sistema de bioflocos.

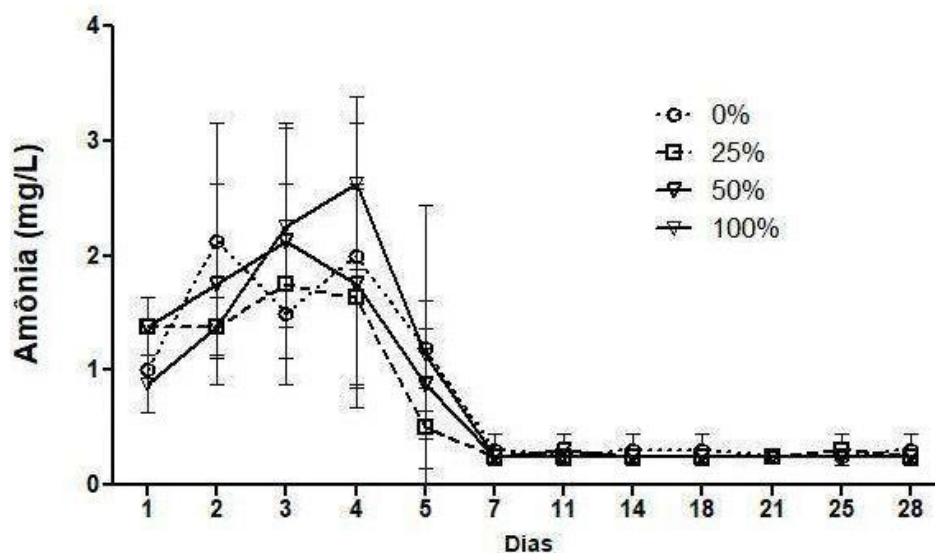
Análises dos parâmetros da qualidade de água nas unidades experimentais (\pm desvio padrão).				
Parâmetros	0%	25%	50%	100%
Temperatura ($^{\circ}$ C)	27,41 \pm 0,51	27,16 \pm 1,27	27,34 \pm 0,53	27,27 \pm 0,49
O.D (mg/L)	5,91 \pm 0,22	5,94 \pm 0,25	5,88 \pm 0,22	5,88 \pm 0,22
pH	8,26 \pm 0,99	8,30 \pm 0,68	8,30 \pm 0,87	8,24 \pm 0,17
Sal (ppm)	17,75 \pm 1,28	18,90 \pm 1,21	18,46 \pm 1,18	18,45 \pm 1,20
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	116,70 \pm 43,3	120,8 \pm 54,3	128,3 \pm 63,62	125 \pm 44,51
N-NH ₃ (mg/L)	0,81 \pm 0,72	0,70 \pm 0,62	0,80 \pm 0,73	0,83 \pm 0,85
N-NO ₂ (mg/L)	2,14 \pm 0,65	1,70 \pm 0,96	1,83 \pm 0,70	1,78 \pm 0,76
N-NO ₃ (mg/L)	50	50	50	50

A concentração de Oxigênio Dissolvido manteve-se entre 5,2 – 6,5 mg/l em todos os tratamentos. A temperatura teve uma variação entre 26,5 – 28,5°C, o pH (8,0 – 8,5 mg/l) e Salinidade entre 17-20 ppm, os nitrogenados como a amônia total, nitrito e nitrato obtiveram valores entre 0,70-0,83 mg/L; 1,70-2,14 mg/L e 50 mg/L respectivamente, e a alcalinidade permaneceu acima de 100 mg/L durante o experimento. Todos os parâmetros avaliados permaneceram dentro da faixa ideal e não influenciaram no desempenho dos animais (Boyd,1984; Vinatea ,2004, Gadelha et al., 2009).

A amônia é um parâmetro crítico na aquicultura, pois pode causar estresse e mortalidade nos organismos aquáticos (Wasielesky et al., 2006). Em sistemas de bioflocos, a amônia é convertida em nitrito e posteriormente em nitrato pela atividade microbiana, reduzindo assim o risco de toxicidade para os organismos cultivados (Avnimelech et al., 1994).

No entanto, o controle da amônia em sistemas de bioflocos requer uma gestão cuidadosa do pH, temperatura e nutrientes, pois variações nestes parâmetros podem afetar a eficiência da conversão da amônia (Ebeling et al., 2006). Diante disso, os níveis de amônia não apresentam diferenças significativas entre os tratamentos adotados (Gráfico 1).

Gráfico 1: Concentração de amônia ao longo do experimento.



A farinha de tenébrio contém uma maior quantidade de lipídios, com destaque para os ácidos graxos insaturados. Esses ácidos são essenciais para a síntese de energia e auxiliam no desenvolvimento das membranas celulares, influenciando diretamente no crescimento e na taxa de sobrevivência dos camarões (Henry *et al.*, 2018). Além disso, esses ácidos graxos possuem uma maior quantidade na farinha de tenébrio em comparação à farinha de carne, tornando-se fundamentais para

o metabolismo energético adequado. O metabolismo mais rápido de lipídios de alta qualidade libera energia de forma mais eficiente, o que pode ser direcionado para o crescimento corporal.

Sendo assim, esses ácidos são essenciais para o desenvolvimento saudável do camarão, impactando positivamente na taxa de crescimento específico (TCE). Estudos indicam que dietas contendo farinha de tenébrio podem elevar a TCE para valores acima de 2,5% por dia, enquanto dietas com altos níveis de farinha de carne tendem a apresentar uma TCE mais baixa devido à menor digestibilidade e à alta concentração de gorduras saturadas (Makkar *et al.*, 2014).

Neste estudo, a conversão alimentar também foi mais eficiente com o uso de tenébrio gigante. Van Huis (2017) encontrou resultados semelhantes ao obter CA de aproximadamente 1,2-1,4 em dietas à base de tenébrio gigante, comparado a valores superiores a 1,5 com farinha de carne, evidenciando que o camarão consegue converter de forma mais eficiente a proteína ingerida em massa corporal, o que resulta em menores custos de alimentação.

Em um estudo semelhante, Sá *et al.* (2018), ao trabalharem com substituição de farinha de carne por farinha de peixe, observaram que a inclusão de até 20-30% de farinha de carne na dieta manteve uma conversão alimentar (CA) eficiente, com valores entre 1,3-1,5, além de um ganho de peso médio de 30-35 g em ciclos de 60 dias.

No entanto, constatou-se que a elevação em mais de 30% deste ingrediente na dieta comprometeu a CA e TCE dos animais, possivelmente devido à menor digestibilidade e ao perfil aminoacídico inferior da farinha de carne e altos níveis de gorduras saturadas e cinzas em comparação à farinha de peixe, o que pode impactar negativamente a eficiência alimentar (ZHAO *et al.*, 2019).

Neste trabalho, a inclusão de farinha de tenébrio gigante (*Z.morio*) nas dietas de camarões *P. vannamei* resultou em melhorias significativas em diversos parâmetros de desempenho zootécnico, tabela 4. Os camarões alimentados com dietas contendo tenébrio apresentaram um aumento significativo no ganho de peso ($P < 0,05$) em comparação com os animais alimentados com a ração controle. Além disso, a taxa de conversão alimentar (C.A) foi significativamente melhor nos grupos experimentais, indicando uma maior eficiência na utilização dos nutrientes fornecidos pela farinha de tenébrio gigante.

Tabela 4: Parâmetros zootécnicos do camarão cinza *Penaeus vannamei* nutridos com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha proteica de origem animal pela farinha de proteína de tenébrio gigante (*Z. morio*).

Parâmetros zootécnicos da substituição da farinha de carne pela farinha de proteica de tenébrio gigante (<i>Z.morio</i>).				
	0%	25%	50%	100%
Peso inicial	4,76	4,76	4,76	4,76

Peso final (g)	7,30±0,94	7,41±0,73	8,51±1,15	10,80±0,81
Biomassa final (g)	8,12	9,03	12,3	23,2
Taxa de crescimento específico (%/dia)	1,09%	1,21%	1,49%	2,56%
Taxa de Eficiência Proteica	0,52	0,57	0,78	1,49
Conversão Alimentar	5,29	4,78	3,51	1,86
Sobrevivência (%)	100%	100%	100%	100%

Comparando com outros estudos, a pesquisa de Sánchez-Muros *et al.* (2014) também encontrou melhorias significativas no desempenho zootécnico de camarões *P. vannamei* quando alimentados com dietas contendo farinha de insetos. Além disso, um estudo recente de Henry *et al.* (2021) demonstrou que a inclusão de farinha de insetos em dietas de camarões resultou em melhorias na saúde intestinal e na resistência a patógenos.

Estes resultados reforçam o potencial do uso da farinha de insetos como ingrediente alternativo nas dietas aquícolas, com benefícios que vão além do desempenho zootécnico, que também se estendem à saúde geral dos camarões. Gasco *et al.* (2016) também observaram resultados semelhantes aos obtidos neste estudo, com a taxa de eficiência proteica (TEP) sendo significativamente maior em dietas contendo farinha de tenébrio, atingindo valores entre 2,0 e 2,3.

Em contrapartida, a utilização de farinha de carne apresentou TEP's mais baixos, variando de 1,5 a 1,7. Esses resultados indicam uma maior capacidade de aproveitamento da proteína contida na farinha de tenébrio pelos camarões, o que reforça seu potencial como ingrediente alternativo em dietas aquícolas.

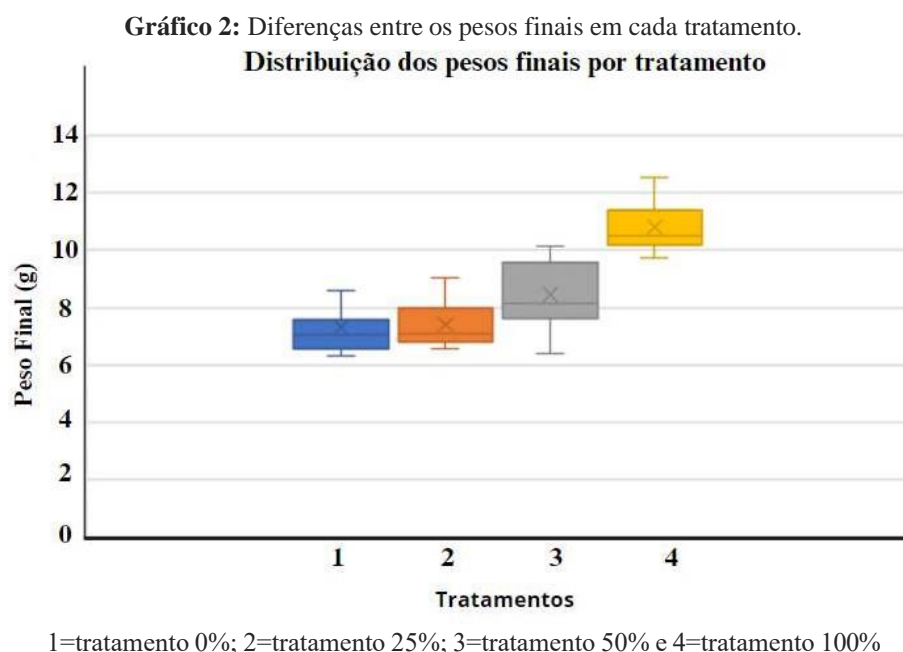
Esses estudos demonstram que a farinha de tenébrio oferece um perfil nutricional mais equilibrado e adequado para o crescimento do camarão do que a farinha de carne, proporcionando melhor digestibilidade, retenção proteica e saúde intestinal. Os insetos são considerados muito vantajosos em relação à sustentabilidade, devido à sua rápida reprodução, alta taxa de crescimento, baixo impacto ambiental e eficiência na conversão de alimentos.

Eles são capazes de se desenvolver a partir de diferentes materiais, como resíduos orgânicos, além de serem uma fonte nutritiva rica em proteínas, ácidos graxos e minerais. Também podem ser consumidos de diversas formas (Nowak *et al.*, 2016; Van Huis *et al.*, 2013; Araújo *et al.*, 2019).

Rumbos e Athanassiou (2021) destacam que o tenébrio gigante (*Z.morio*) é uma fonte promissora de nutrientes e anti-microbianos, com potencial para uso em rações para aquicultura e aves. A produção deste inseto apresenta um impacto ambiental reduzido, contribuindo para a sustentabilidade. Além disso, o tenébrio gigante pode ser utilizado na redução de resíduos, oferecendo uma alternativa viável e sustentável à produção tradicional de proteína animal.

Portanto, a utilização de dietas para camarões que não dependam da farinha de peixe para o alcance de bons resultados zootécnicos, surgem como uma oportunidade promissora para os produtores associar-se a novos mercados e que agreguem valores para o camarão produzido (Amaya *et al.*, 2007; Soares *et al.*, 2011).

Os pesos finais dos camarões submetidos aos quatro tratamentos foram analisados por meio de ANOVA e comparações múltiplas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%. A ANOVA indicou uma diferença significativa entre os tratamentos ($F=45.83$, $p<0.0001$). O teste de Tukey revelou que o Tratamento 4 foi significativamente superior aos demais ($p < 0.05$), enquanto não foram observadas diferenças significativas entre os Tratamentos 1, 2 e 3 (Gráfico 2).



Embora a análise *post-hoc* não tenha identificado diferenças estatisticamente significativas entre os Tratamentos 1, 2 e 3, os dados sugerem uma tendência de melhora nos pesos finais dos camarões à medida que os tratamentos progrediram, especialmente entre os Tratamentos 2 e 3. Essa tendência de aumento de peso, observada visualmente no gráfico de caixa, pode indicar uma potencial

otimização nas dietas aplicadas nesses tratamentos, ainda que a diferença não tenha sido estatisticamente significativa. O Tratamento 4, por outro lado, apresentou um ganho de peso substancialmente maior, o que reforça a eficiência da dieta testada nesse grupo e sua capacidade de melhorar o desempenho zootécnico dos camarões.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com a substituição de até 100% da farinha de origem animal pela farinha de tenébrio gigante foram extremamente promissores. As melhorias significativas em diversos aspectos, incluindo a qualidade nutricional e a sustentabilidade do produto final. A farinha de tenébrio gigante demonstrou ser uma alternativa viável e eficiente, proporcionando benefícios tanto para os animais quanto para o meio ambiente. Esses achados abrem caminho para futuras pesquisas e aplicações industriais, destacando o potencial inovador dessa substituição no setor alimentício.

REFERÊNCIAS

ABE, Marcos Paulo; FRÓES, Charles Nunes; PRENTICE-HERNÁNDEZ, Carlos; JÚNIOR, Wilson Wasielesky; CAVALLI, Ronaldo Oliveira. Substituição da Farinha de peixe por farelo de soja em dietas práticas para camarões-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*). *Ciência Rural*-V.38, n.1, (p.219-224), janeiro- fevereiro de 2008.

Amaya, E., Davis, D. A., & Rouse, D. B. (2021). "Substitution of fishmeal by soybean meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*." *Aquaculture*, 231(1), 197-203.

Associação of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official Methods of Analysis*. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995.

ARAÚJO, Rafael Ribeiro; BENFICA, Tatiana Aparecida R.d.Santos; FERRAZ, Vany Perpétua; SANTOS, Eleonice Moreira. Nutritional composition of *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *ScienceDirect, Journal of Food Composition and Analysis*. Vol 76, (pag 22-26) março de 2019. Disponível em: <<https://doi-org.ez366.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jfca.2018.11.005>>.

AVNIMELECH, Y., 2012. *Biofloc Technology: A Practical Guide Book*, 2nd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.

AVNIMELECH, Y.; CROPPER, M. L. Bioflocs technology: a new approach to intensive aquaculture. *Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*, v. 46, n. 4, p. 455-462, 1994.

AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon: nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176: 227-235. AVNIMELECH, Y. 2009. *Biofloc Technology—A Practical Guide Book*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA. 182 p.

AZMAN KASAN, N., AYUNI GHAZ, N., CHE HASHIM, N.F., JAUHARI, I., JUSOH, A., Ikhwanuddi, M., 2018. 18s rDNA Sequence Analysis of Microfungi from Biofloc-based System in Pacific Whiteleg Shrimp, *Litopenaeus vannamei* Culture. *Biotechnology(Faisalabad)* 17, 135–141. <<https://doi.org/10.3923/biotech.2018.135.141>>

BARBOSA, P. T. L., PIRES, L. B., PLATES, M. F. M., MARTINS, T. X., GONSALO, T., POVH, J. A., & CORREA FILHO, R. A. C. (2017). Disponível em: <Sistema Bioflocos¹Anais da X Mostra Científica FAMEZ / UFMS, Campo Grande, 308-313>

BENZERTIHA, A., KIEROŃCZYK, B., KOŁODZIEJSKI, P., PRUSZYŃSKA-OSZMAŁEK, E., RAWSKI, M., JÓZEFIK, D., & JÓZEFIK, A. (2020). *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* full-fat meals as functional feed additives affect broiler chickens' growth performance and immune system traits. *Poultry Science*, 196– 206. Disponível em:<<https://doi-org.ez366.periodicos.capes.gov.br/10.3382/ps/pez450>>.

BRAGA, A., MAGALHÃES, V., HANSON, T., MORRIS, T.C., SAMOCHA, T.M., 2016. The effects of feeding commercial feed formulated for semi-intensive systems on *Litopenaeus vannamei* production and its profitability in a hyper-intensive biofloc-dominated system. *Aquac. Reports* 3, 172– 177. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.03.002>>

BURFORD, M.A., THOMPSON, P.J., MCINTOSH, R.P., BAUMAN, R.H., PEARSON, D.C., 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture* 232, 525–537. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00541-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00541-6)>

BOYD, C. E. (1984). *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station.

CASTRO, Talison de. Obtenção e análise da composição centesimal de farinha de larvas de *Tenebrio molitor*. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/5957/7/TCC_ThalisonCastro.pdf. Acesso em: 5 set. 2024.

CLIFFORD III, H.C. 1992. Marine shrimp pond management: a review. pp. 110-137. In: Wyban, J., (editor). 1992. *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA. U.S.A. de SOUZA, D.M., BORGES, V.D., FURTADO, P., ROMANO, L.A., WASIELESKY, W., MONSERRAT, J.M., DE OLIVEIRA GARCIA, L., 2016. Antioxidant enzyme activities and immunological system analysis of *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc technology (BFT) at different water temperatures. *Aquaculture* 451, 436–443. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.006>>

de SOUZA, D.M., MARTINS, Á.C., JENSEN, L., WASIELESKY, W., MONSERRAT, J.M., GARCIA, L. DE O., 2014. Effect of temperature on antioxidant enzymatic activity in the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in a BFT (Biofloc technology) system. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 47, 1–10. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10236244.2013.857476>>

EBELING, J.M., TIMMONS, M.B., BISOGNI, J.J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346–358. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>>

EDIBLE INSECTS: future prospects for food and feed security. Rome: (FAO, 2013).

FERREIRA, G.S., SILVA, V.F., MARTINS, M.A., DA SILVA, A.C.C.P., MACHADO, C., SEIFFERT, W.Q., DO NASCIMENTO VIEIRA, F., 2020. Strategies for ammonium and nitrite control in *Litopenaeus vannamei* nursery systems with bioflocs. *Aquac. Eng.* 88, 102040. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.102040>>

FERREIRA, M.G.P., MELO, F.P., LIMA, J.P. V., ANDRADE, H.A., SEVERI, W., CORREIA, E.S., 2017. Bioremediation and biocontrol of commercial probiotic in marine shrimp culture with biofloc. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 45, 167–176. Disponível em: <<https://doi.org/10.3856/vol45-issue1-fulltext-16>>

FREITAS, Igor Santos; NUNES, César Antunes Rocha; SALES, André Luis Batista. Nutrição e alimentação de camarões do gênero *Macrobrachium* (Bate, 1868) (CRUSTACEA: DECAPODA: PALAEMONIDAE). Publicado em: *Revista sustentável*, vol. 4, N 1 (pag 17-28). 2022. Disponível em: <<https://sertaosustentavel.com.br/index.php/home/article/view/57>>

FURTADO, P.S., POERSCH, L.H., WASIELESKY, W., 2015. The effect of different alkalinity levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquac. Int.* 23, 345–358. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10499-014-9819-x>>

FURTADO, P.S., POERSCH, L.H., WASIELESKY, W., 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture* 321, 130–135. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.034>>

GADELHA, J. R., SILVA, C. A., & SANTOS, M. A. (2009). Qualidade da água na aquicultura: parâmetros e monitoramento. *Revista Brasileira de Aquicultura*, 31(4), 123-135.

GASCO, L.; HENRY, M.; PICCOLO, G.; FONTOULAKI, E. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science and Technology*, v. 203, p. 1-22, 2016. HENRY, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2018). "Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future." *Animal Feed Science*.

GAONA, C. A. P., DE ALMEIDA, M. S., VIAU, V., POERSCH, L. H., & WASIELESKY, W. (2017). Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. *Aquaculture Research*, 48(3), 1070–1079. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/are.12949>>

HARUN, A.A.C., MOHAMMAD, N.A.H., IKHWANUDDIN, M., JAUHARI, I., SOHAILI, J., KASAN, N.A., 2019. Effect of different aeration units, nitrogen types and inoculum on biofloc formation for improvement of Pacific Whiteleg shrimp production. *Egypt. J. Aquat. Res.* 45, 287–292. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.07.001>>

HAMIDOGLI, A., YUN, H., SHAHKAR, E., WON, S., HONG, J., BAI, S.C., 2018. Optimum dietary protein-to-energy ratio for juvenile whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in a biofloc system. *Aquac. Res.* 49, 1875–1886. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/are.13643>>

HENRY, M.; GASCO, L.; PICCOLO, G.; FONTOULAKI, E. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science and Technology*, v. 203, p. 1-22, 2018.

HUERTA-RÁBAGO, J.A., MARTÍNEZ-PORCHAS, M., MIRANDA-BAEZA, A., NIEVES-SOTO, M., RIVAS-VEGA, M.E., MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R., 2019. Addition of commercial probiotic in a biofloc shrimp farm of *Litopenaeus vannamei* during the nursery phase: Effect on bacterial diversity using massive sequencing 16S rRNA. *Aquaculture* 502, 391–399. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.055>>

HUIS, A. Van. (2013). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*, 58(1), 563-583. Disponível em: <<https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev-ento-120811-153704>>

JABIR, M. A. R., JABIR, S. A. R., & VIKINESWARY, S. (2012). Nutritional potential and utilization of worm meal (*Zophobas morio*) in the diet of juvenile Nile-tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Africana de Biotecnologia*, 11(24), 6592–6598.

JORY, Darryl E. manejo integral del alimento de camarón, de estanques de producción camaroneros, y principios de bioseguridad. Monterrey, Nuevo León, México. (4-76 páginas), marzo, 2001.

KRUMMENAUER, D., SAMOCHA, T., POERSCH, L., LARA, G., WASIELESKY, W., 2014. The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT System. J. World Aquac. Soc. 45, 3–14. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jwas.12093>>

KHANJANI, M.H., ALIZADEH, M., SHARIFINIA, M., 2020. Rearing of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system: The effects of different food sources and salinity levels. Aquac. Nutr. 26, 328–337. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/anu.12994>>

LLARIO, FALCO, SEBASTIÁ-FRASQUET, ESCRIVÁ, RODILLA, POERSCH, 2019. The Role of *Bacillus amyloliquefaciens* on *Litopenaeus vannamei* During the Maturation of a Biofloc System. J. Mar. Sci. Eng. 7, 228. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/jmse7070228>>

MARQUES, H. L. A.; ANDREATTA, E. R. The effect of temperature, salinity and nitrogen on shrimp behavior. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 123-130, 1998.

MAKKAR, H. P. S., TRAN, G., Heuzé, V., & ANKERS, P. (2014). State-of-the-Art on Use of Insects as Animal Feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.

Métodos para determinação da composição centesimal de alimentos. Disponível em: <https://files.cerc.omp.ufg.br/web/up/128/o/Composiçao_Centesimal_-_LANAL-UFG.pdf?1545408882>. Acesso em: 5 set. 2024.

NISAR, U., PENG, D., MU, Y., SUN, Y., 2022. A Solution for Sustainable Utilization of Aquaculture Waste: A Comprehensive Review of Biofloc Technology and Aquamimicry. *Front. Nutr.* 8. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fnut.2021.791738>>

NOWAK, V.; Du, J.; CHARRONDIÈRE, U. R. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, v. 193, p. 47-54, 2016.

OGELLO, E.O., OUTA, N.O., OBIERO, K.O., KYULE, D.N., MUNGUTI, J.M., 2021. The prospects of biofloc technology (BFT) for sustainable aquaculture development. *Sci. African* 14, e01053. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01053>>

Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 2020). Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 2022).

OLIVEIRA, J.C.; JACKSON, A.J. Fornecimento global de farinha de peixe e óleo de peixe: entradas, saídas e mercados. *J. Peixe Biol.*, v.83, p.1046-1066, 2013.

PACHECO-VEGA, J.M., CADENA-ROA, M.A., LEYVA-FLORES, J.A., ZAVALA-LEAL, O.I., PÉREZ-BRAVO, E., RUIZ-VELAZCO, J.M.J., 2018. Effect of isolated bacteria and microalgae on the biofloc characteristics in the Pacific white shrimp culture. *Aquac. Reports* 11, 24–30. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2018.05.003>>

PANIGRAHI, A., SUNDARAM, M., SARANYA, C., SWAIN, S., DASH, R.R., DAYAL, J.S., 2019.

Carbohydrate sources differentially influence growth performances, microbial dynamics and immunomodulation in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under the biofloc system. *Fish Shellfish Immunol.* 86, 1207–1216. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.12.040>>.

PINTO, P.H.O., ROCHA, J.L., DO VALE FIGUEIREDO, J.P., CARNEIRO, R.F.S., DAMIAN, C., DE OLIVEIRA, L., SEIFFERT, W.Q., 2020. Culture of marine shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in biofloc technology system using artificially salinized freshwater: Zootechnical performance, economics and nutritional quality. *Aquaculture* 520, 734960. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734960>>

PRCHOM, Noratat; BOONYOUNG, Suttisak; HASSAAN, S. Mohamed; EL-HAROON, Ehab; DAVIES, Simon J. Preliminary evaluation of Super worm larval flour (*Zophobas morio*) as Partial source of protein in experimental diets for juvenile sea bass Asian, *lates calcarifer*, (1–26 páginas), maio de 2021.

RAY, A.J., LEWIS, B.L., BROWDY, C.L., LEFFLER, J.W., 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture* 299, 89–98. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.021>>

RAJKUMAR, M., PANDEY, P.K., ARAVIND, R., VENNILA, A., BHARTI, V., PURUSHOTHAMAN, C.S., 2016. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquac. Res.* 47, 3432–3444. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/are.12792>>

RUMBOS, C. I.; ATHANASSIOU, C. G. The superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): a 'sleeping giant' in nutrient sources. *Journal of Insect Science*, v. 21, n. 2, p. 13, 2021. DOI: 10.1093/jisesa/ieab014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8033247/>>. Acesso em: 14 set. 2024.

SÁ, M. V. C.; LEMOS, D.; TACON, A. G. J. Effects of meat and bone meal levels on growth performance, nutrient utilization and digestive enzyme activities of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, v. 24, n. 4, p. 1262-1271, 2018.

SOARES, M.; FRACALLOSSI, D.M, FREITAS, L.E, REDIG, J.C. SEIFFERT, W.Q., VIEIRA.F. N. Avaliação do desempenho zootécnico do camarão branco do Pacífico alimentado com dietas com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por concentrado proteico de soja. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/123288>>

SHEKARABI, Swyed P.H.; MEHRGAN, Mehdi S; BANAVREH, Akbar. Viability of the superworm, *Zophobas morio*, flour as a partial substitute for Fish meal in rainbow trout fingerlings, *Oncorhynchus mykiss*, Diet: Growth Performance, Amino Acid Profile, Enzyme Activity proteolytics and pigmentation (1-26 páginas), fevereiro de 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/anu.13249>>

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

VAN HUIS, A. Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2017.

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

WASIELESKY, W., ATWOOD, H., STOKES, A., BROWDY, C.L., 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258, 396–403. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.030>>

XU, W.J., PAN, L.Q., SUN, X.H., HUANG, J., 2013. Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. *Aquac. Res.* 44, 1093–1102. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x>>

XU, W., XU, Y., SU, H., HU, X., YANG, K., WEN, G., CAO, Y., 2020. Characteristics of ammonia Removal and Nitrifying Microbial Communities in a Hybrid Biofloc-RAS for Intensive *Litopenaeus vannamei* Culture: A Pilot-Scale Study. *Water* 12, 3000. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w12113000>>

ZHAO, Z.; LIU, Y.; YANG, P.; WANG, J.; CHEN, L. Effects of replacing fishmeal with meat and bone meal on the growth, digestibility, and immune response of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports*, v. 13, p. 100191, 2019.