



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

**ANDREI DOS SANTOS PEREIRA**

**EXTRATO DE LEVEDURA E MICROALGA COMO SUPLEMENTO EM RAÇÕES  
RESTRITAS EM FARINHA E ÓLEO DE PEIXE: EFEITO NO DESEMPENHO  
ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DO *Penaeus vannamei***

**FORTALEZA**

**2023**

ANDREI DOS SANTOS PEREIRA

EXTRATO DE LEVEDURA E MICROALGA COMO SUPLEMENTO EM RAÇÕES  
RESTRITAS EM FARINHA E ÓLEO DE PEIXE: EFEITO NO DESEMPENHO  
ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DO *Penaeus vannamei*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- P489e Pereira, Andrei dos Santos.  
Extrato de levedura e microalga como suplemento em rações restritas em farinha e óleo de peixe: efeito no desempenho zootécnico de juvenis do *Penaeus vannamei* / Andrei dos Santos Pereira. – 2023.  
60 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.
1. Farinha de peixe. 2. Óleo de peixe. 3. Extrato de levedura. 4. Extrato de microalga. I. Título.  
CDD 551.46
-

ANDREI DOS SANTOS PEREIRA

EXTRATO DE LEVEDURA E MICROALGA COMO SUPLEMENTO EM RAÇÕES  
RESTRITAS EM FARINHA E ÓLEO DE PEIXE: EFEITO NO DESEMPENHO  
ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DO *Penaeus vannamei*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais.

Aprovada em: \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Dr. Jordana Sampaio Leite  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Alexandre Firmino Diógenes  
Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

---

M.Sc. Otavio Serino Castro  
Zinpro Corporation (EUA)

À Deus.

Aos meus pais, Anisio e Marlene.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará e ao Labomar por disporem da sua estrutura e de seus excelentes profissionais para a minha formação e realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Instituição (CNPq) pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes, pela excelente orientação, paciência, pelos bons conselhos e exemplo dado.

Aos professores participantes da banca examinadora Profa. Dra. Jordana Sampaio Leite, Prof. Dr. Alexandre Firmino Diógenes e M.Sc. Otavio Serino Castro, pelo tempo e pelas valiosas colaborações e sugestões.

À minha família do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (Júnior, Sandra, Jordana, Antônio Carlos e Rayssa), por todo aprendizado, vivência e ajuda cedida durante o experimento e ao longo de todos esses anos.

À minha companheira, Sarah Anne, por todo amor, suporte e motivação a quem me foi dado.

Aos meus irmãos Adalnir, Aaulene, Anisio e Alessandro, por acreditarem em mim e me incentivarem.

A empresa Lesaffre do Brasil Produtos Alimentícios Ltda. (Campinas, São Paulo) pelo fornecimento da amostra de ProSaf<sup>632®</sup>, financiamento da pesquisa e permissão de uso dos dados. Ao M.Sc. Otavio Serino Castro pela importante contribuição no desenho das formulas e metodologia empregada no estudo.

A empresa Corbion Produtos Renováveis Ltda. (Orindiúva, São Paulo) pelo fornecimento da amostra de AlgaPrime™ DHA. À Paula Isabel Arriagada Strodthoff, pela valiosa participação na formulação deste produto.

Aos meus colegas de mestrado Pedro Arruda, Luiza Mello, e especialmente ao meu saudoso amigo Odijas de Pinho Ellery, por toda a ajuda que me foi cedida e por todos os momentos vividos durante este período; a presença de vocês durante essa caminhada foi muito importante.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho zootécnico de juvenis do *Penaeus vannamei* alimentados com dietas suplementadas com dois extratos comerciais, um de levedura (EL) e outro de microalga (EM) em rações formuladas com restrição de farinha de peixe (FP) e óleo de peixe (OP). Foram preparadas dez dietas isonitrogenadas e isolipídicas contendo níveis decrescentes de FP e OP, sujeitas a diferentes níveis de inclusão de EL e EM e diferentes estratégias de substituição proteica, definidas como dietas proteicas vegetais e dietas proteicas animais. As dietas Controle e Controle Positivo (CP) foram formuladas com 15,00% de FP (% da dieta, base natural), porém a segunda foi suplementada com 0,25% de EL. As dietas V50M, V50C, A50C e A50C+ foram formuladas com 7,50% de FP (50% de restrição) e suplementadas com 0,43, 0,43, 0,43 e 0,64% do EM e zero, 1,00, 1,00 e 1,50% do EL, respectivamente. Já as dietas V75M, V75C, A75C e A75C+ foram formuladas com 3,75% (75% de restrição) de FP e suplementação de 0,51, 0,51, 0,64 e 0,65% de EM e zero, 1,50, 1,50, e 2,00% de EL. Um total de 2.480 camarões com  $0,59 \pm 0,06$  g foram estocados em 80 tanques de  $1 \text{ m}^3$  mantidos em área aberta na densidade de 61 animais/ $\text{m}^2$ . Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia durante 62 dias. Na despesca, o peso corporal final (PCF), sobrevivência (SV), produtividade final (PF), consumo aparente de ração (CAR) e fator de conversão alimentar (FCA) alcançaram  $11,65 \pm 1,95$  g,  $87,7 \pm 8,1\%$ ,  $583 \pm 64$  g/ $\text{m}^2$ ,  $895 \pm 62$  g/tanque e  $1,52 \pm 0,17$ , respectivamente. A SV, PF, CAR e FCA não foram afetados pelas dietas. Porém, o PCF foi significativamente influenciado. Animais alimentados com as dietas A75C (3,75% FP; 0,64% EM; 1,50% EL), A75C+ (3,75% FP; 0,64% EM; 2,00% EL) e V75M (7,50% FP; 0,43% EM; 1,50% EL) alcançaram o maior PCF ( $12,30 \pm 1,88$ ,  $12,16 \pm 1,90$  e  $11,96 \pm 1,87$ , respectivamente). Ao nível de 75% de substituição, as dietas a base de proteína animal apresentaram melhor desempenho comparado as dietas de base proteica vegetal. Com relação ao EL, em dietas com 15% de FP a suplementação com 0,25% aumentou o PCF, enquanto em dietas a base de proteína vegetal, 1,00% de EL com 7,50% de FP não influenciou e; 1,50% EL com 3,75% teve efeito negativo no PCF. A suplementação conjunta com 0,50% de EL e 0,21 ou 0,14% de EM em dietas a base de proteína animal com 7,50 e 3,75% de FP, respectivamente, não influenciou os parâmetros de desempenho zootécnico. A dieta A75C apresentou o menor custo de produção ( $3,84 \pm 0,33$  USD/kg de camarão) USD/kg) e a V75M o maior ( $8,6 \pm 6,14$  USD/kg de camarão). Adicionar EL na ração reduziu o custo de produção (mesmo que de forma discreta). A pesquisa mostrou que a suplementação de EM e o EL trouxeram benefícios ao PCF dos camarões. Porém

investigações futuras são necessárias para definir os melhores níveis de inclusão de cada produto.

**Palavras-chave:** farinha de peixe; óleo de peixe; extrato de levedura; extrato de microalga.



## ABSTRACT

This study evaluated the growth performance of juveniles of *Penaeus vannamei* fed diets restrained in fish meal (FM) and fish oil (FO) supplemented with a commercial yeast extract (YE) and microalgae extract (ME). Ten isonitrogenous and isolipidic diets were prepared containing decreasing levels of FM and FO, different dietary inclusion levels of YE and ME, and different protein replacement strategies defined as plant protein diets and animal protein diets. The Control and Positive Control (CP) diets were formulated with 15.00% FP (% of the diet, as-is), but the second was supplemented with 0.25% YE. The V50M, V50C, A50C and A50C+ diets were formulated with 7.50% FM (50% restriction) and supplemented with 0.43, 0.43, 0.43 and 0.64% ME and zero, 1.00, 1.00 and 1.50% of the YE, respectively. The V75M, V75C, A75C and A75C+ diets were formulated with 3.75% FM (75% restriction) and supplementation of 0.51, 0.51, 0.64 and 0.65% of ME and zero, 1.50, 1.50, and 2.00% YE. A total of 2,480 shrimp of  $0.59 \pm 0.06$  g were stocked in 80 outdoor tanks of  $1 \text{ m}^3$  under 61 animals/m<sup>2</sup>. Shrimp were fed four times a day for 62 days. At harvest, the final body weight (BWF), survival (FS), final yield (FY), apparent feed intake (AFI) and feed conversion ratio (FCR) reached  $11.65 \pm 1.95$  g,  $87.7 \pm 8.1\%$ ,  $583 \pm 64$  g/m<sup>2</sup>,  $895 \pm 62$  g/tank and  $1.52 \pm 0.17$ , respectively. FS, FY, CAR and FCR were not affected by diet type. However, the BWF was significantly influenced. Animals fed diets A75C (3.75% FM; 0.64% ME; 1.50% YE), A75C+ (3.75% FM; 0.64% ME; 2.00% YE) and V75M (7.50% FM; 0.43% EM; 1.50% YE) achieved the highest FBW ( $12.30 \pm 1.88$ ,  $12.16 \pm 1.90$  and  $11.96 \pm 1.87$  g, respectively). At the 75% replacement level, animal protein-based diets were more effective compared to plant-based protein diets. With regards to the YE, in diets with 15% FM, a 0.25% supplementation increased the BWF, while in plant-based, 1.00% YE with 7.50% FM had no influence, and; at 1.50% YE with 3.75% had a negative effect on BWF. A combined supplementation with 0.50% YE with 0.21 or 0.14% ME in animal-based diets with 7.50 and 3.75% FM, respectively, had not influence on shrimp growth performance. The A75C diet showed the lowest production cost ( $3,84 \pm 0,33$  USD/kg of shrimp) and the V75M the highest ( $8,60 \pm 6,14$  USD/kg of shrimp). Adding EL to the feed reduced the production cost (even if in a discreet way). Research has shown that the dietary supplementation of YE and EL has positive benefits to shrimp BWF. However, future investigations are necessary to define the optimal dietary inclusion for each product.

**Keywords:** fish meal; fish oil; yeast extract; microalgae extract.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista aérea do local de estudo com os 80 tanques de cultivo ao ar livre usados no estudo (parte inferior esquerda). .....	22
Figura 2 - Peletizadora utilizada para fabricação das dietas experimentais. ....	28
Figura 3 - Rações fabricadas em laboratório usadas no estudo. ....	29
Figura 4 - Camarões juvenis durante a pesagem e transferência para os tanques experimentais. ....	31
Figura 5 – Despesca dos camarões. ....	33

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1- Variações diárias de salinidade (g/L), temperatura (°C) e pH ao longo do período de cultivo. Cada valor representa a média de 80 leituras por dia. .... 35
- Gráfico 2 - Comparação entre os valores médios ( $\pm$  erro padrão) do peso corporal final dos camarões alimentados com dietas proteicas animais (A) e vegetais (V) com 75% de substituição da FP. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre PCF segundo a teste Tukey HSD ( $p < 0,05$ )..... 37
- Gráfico 3 - Comparações individuais do peso corporal final do camarão ( $\pm$  erro padrão) para determinar o efeito da suplementação dietética do extrato de levedura (EL) dentro do mesmo nível de inclusão de farinha de peixe e extrato de microalgas (EM). Dietas comparadas: Controle versus CP; V50M versus V50C; V75M versus V75C. Letras em comum indicam a ausência de diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) de acordo com o teste t de Student..... 38
- Gráfico 4 – Peso corporal final ( $\pm$  erro padrão) do *P. vannamei* alimentado com dietas à base de proteína animal contendo 7,50% (A50C versus A50C+) e 3,75% (dietas A75C versus A75C+) com suplementação combinada de extrato de levedura e extrato de microalga. Letras em comum indica a ausência de diferença estatisticamente significativa de acordo com o teste t de Student ( $p > 0,05$ )..... 39
- Gráfico 5 - Custos médios de produção ( $\pm$  erro padrão) das diferentes dietas utilizadas no experimento. Letras em comum indica a ausência de diferença estatisticamente significativa de acordo com o teste t de Student ( $p > 0,05$ )..... 40

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Composição, perfil mineral e de aminoácidos do ProSaf <sup>632®</sup> (% , base matéria seca) .....	23
Tabela 2 - Composição, perfil lipídico, mineral e de aminoácidos do AlgaPrime <sup>TM</sup> (% , base matéria seca; continua).....	23
Tabela 3 - Composição (% da dieta, base natural) das dietas experimentais e seus valores (continua).....	25
Tabela 4 - Tabela de alimentação e sobrevivência utilizada no experimento. ....	32
Tabela 5 - Dietas comparadas e seus objetivos.....	34
Tabela 6 - Desempenho zootécnico do <i>P. vannamei</i> cultivado em tanques de 1m <sup>3</sup> mantidos em área aberta por 62 dias. Camarões de 0,60 ± 0,06 g foram estocados em 80 tanques sob 61 animais/m <sup>2</sup> (62 camarões/tanque). Foram designados oito tanques de cultivo por tratamento dietético. Letras iguais nas colunas indicam diferença não significativas de acordo com o teste de Tukey HSD (p > 0,05). ....	36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAEs	Aminoácidos Essenciais
AGPs	Ácidos graxos poliinsaturados
AGP-CL n-3	Ácidos Graxos Poliinsaturados de Cadeia Longa ômega 3
CRA	Consumo de Ração Aparente
CP	Controle Positivo
DHA	Ácido Docosaexaenoico
EE	Extrato Etéreo
EL	Extrato de Levedura
EM	Extrato de Microalga
EPA	Ácido Eicosapentaenoico
FAS	Fatores Antinutricionais
FAS	Farinha de Aves e Sangue
FCA	Fator de Conversão Alimentar
FP	Farinha de Peixe
FS	Farelo de Soja
IU	Ingredientes Unicelulares
OP	Óleo de Peixe
PB	Proteína bruta
PCF	Peso Corporal Final
PF	Produtividade Final
SPC	Concentrado Proteico de Soja
SV	Sobrevivência
USD	Dólar Americano

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	16
2.1 Farinha e óleo de peixe na formulação de rações para organismos aquáticos .....	16
2.2 Fontes alternativas a farinha e óleo de peixe .....	17
2.2.1 <i>Ingredientes de origem vegetal</i> .....	17
2.2.2 <i>Ingredientes de origem animal</i> .....	18
2.3 Ingredientes unicelulares .....	20
2.3.1 <i>Microalgas</i> .....	20
2.3.2 <i>Leveduras</i> .....	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	22
3.1 Local do Estudo .....	22
3.2 Dietas experimentais .....	22
3.3 Sistema de cultivo e qualidade de água .....	29
3.4 Aquisição das pós-larvas e povoamento dos tanques .....	30
3.5 Manejo alimentar e qualidade e água .....	31
3.6 Desempenho zootécnico .....	32
3.6 Análise econômica .....	33
3.7 Análise estatística .....	34
4 RESULTADOS .....	35
4.1 Qualidade da água .....	35
4.2 Desempenho zootécnico dos camarões .....	35
4.3 Efeitos do extrato de levedura .....	37
4.4 Efeitos da suplementação conjunta do extrato de levedura e extrato de microalga .....	39
4.5 Análise econômica das rações .....	39
5 DISCUSSÃO .....	41

6 CONCLUSÃO ..... 49

REFERÊNCIAS ..... 50

## 1 INTRODUÇÃO

A Aquicultura é definida como o cultivo de organismos que possuem ao menos uma de suas fases de desenvolvimento ligada ao meio aquático (HATJE *et al.*, 2014). Ela se destaca mundialmente como o maior setor de produção alimentícia e, em 2020 atingiu 122,6 milhões de toneladas, apresentando uma taxa de crescimento anual de 6,7% (FAO *et al.*, 2022). Seguindo a mesma tendência, a produção mundial de camarão em cativeiro cresceu de forma acentuada nos últimos anos. Segundo dados da FAO (2022), entre 2015 e 2019 a captura de camarão no mundo por meio da pesca caiu 9,4%, enquanto a carcinicultura teve um aumento de 36%. Portanto, atualmente a aquicultura supre a maior parte da demanda mundial por camarão e a espécie *Penaeus vannamei* é a mais cultivada no mundo; em 2019 respondeu por 83% da produção mundial do crustáceo (VIDAL, 2022).

Como qualquer outra atividade de cultivo, a aquicultura necessita de insumos para a sua realização (MEANTE *et al.*, 2017). Dentre esses, a ração é o item que mais impacta nos custos de produção, podendo chegar até a 70% do total (BRANDÃO, 2018). Com relação aos ingredientes utilizados na sua fabricação, a farinha de peixe (FP) e o óleo de peixe (OP) são os mais utilizados devido as suas qualidades nutricionais excepcionais (TACON; METIAN, 2008). No caso da FP, essas propriedades incluem um alto teor de proteína digestível, perfil de aminoácidos essenciais (AAEs) balanceado, ausência de fatores antinutricionais (FAs) e alta palatabilidade (ABASUBONG *et al.*, 2018). Por sua vez, o OP é rico em ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa da série ômega 3 (AGP-CL n-3), principalmente os ácidos graxos eicosapentaenoico (EPA, 20:5n-3) e docosaenoico [DHA, 22:6n-3] (MOURENTE; BELL, 2006; GLENCROSS, 2009; TURCHINI *et al.*, 2009). Tais características conferem aos animais cultivados bom crescimento e sanidade (SOARES, 2014).

Contudo, o uso indiscriminado de FP e OP em rações para alimentação de organismos aquáticos tem levantado questões de ordem econômica e ambiental. Isso porque proteínas e lipídios dietéticos são ingredientes derivados principalmente de peixes selvagens capturados (OSWALD; TO *et al.*, 2019). A superexploração desses recursos pesqueiros associada à crescente demanda por produtos derivados do pescado provocou a contínua elevação dos preços da FP e do OP, tornado sua utilização em rações economicamente inviável em altas inclusões (LOBO *et al.*, 2010; SUBASINGHE *et al.*, 2010). Portanto, há uma necessidade de buscar fontes alternativas de proteínas e lipídios que não sejam somente mais baratas, mas também nutricionalmente adequadas (HODAR, 2020).

Para tal, existem critérios básicos a serem considerados durante a escolha de fontes



alternativas para a farinha e para o óleo de peixe, sendo esses: perfil nutricional, palatabilidade, digestibilidade, FAs, disponibilidade e preço (HODAR, 2020). Deve-se tomar cuidado para evitar consequências negativas na homeostase dos animais, na integridade do intestino, nos parâmetros imunológicos e na resistência a doenças (OLIVA-TELES; ENES; PERES, 2015). Apesar de corriqueiramente serem utilizados como substitutos da FP e do OP, os ingredientes de origem vegetal e animal apresentam limitações nutricionais. As dietas com alto teor de proteína vegetal frequentemente afetam o desempenho zootécnico, metabolismo e a sanidade nos animais cultivados devido ao desequilíbrio de nutrientes, presença de FAs e teor de fibras que podem afetar negativamente a digestibilidade e palatabilidade (DING *et al.*, 2015; CUMMINS *et al.*, 2013; JANNATHULLA *et al.*, 2017).

Os ingredientes de origem animal, por sua vez, apresentam um alto teor proteico e balanço e conteúdo adequado em aminoácidos, ácidos graxos, minerais e vitaminas. Porém, alguns desses ingredientes podem apresentar alta variação em sua composição, alterando a digestibilidade e a disponibilidade dos nutrientes, o que afeta a sua qualidade e pode trazer prejuízos ao desempenho zootécnico dos camarões cultivados (AKSNES *et al.*, 1997; VERGARA; GALLEGOS, 1999). Outro fator importante é o risco de contaminação presente nos ingredientes animais, que pode refletir em redução no desempenho dos animais, além de maior custo quando comparados aos ingredientes de origem vegetal (REYES-SOSA; CASTELLANOSMOLINA, 1995).

Nesse contexto, os ingredientes de organismos unicelulares (IU) apresentam-se como uma possível solução. Por definição, os IUs são uma classe relativamente ampla de materiais que englobam produtos derivados de bactérias, fungos (leveduras), microalgas ou pelas combinações de todos os três em alguns casos (GLENCROSS, 2020). O uso de tais recursos na formulação de rações não é novo, pois desde a década de 1970, estudos relatam a sua aplicação na alimentação de organismos aquáticos cultivados (D'MELLO, 1972; KAUSHIK, 1980). Atualmente, os IUs são usados como fontes de proteínas, AGP-CLs n-3 (como o EPA e o DHA), e de moléculas bioativas, como astaxantina e peptidoglicanos (GUEDES, 2012; COHEN, 2005). Devido a capacidade de serem produzidas em ambientes totalmente controlados, esses organismos são considerados uma fonte promissora e viável de proteínas e lipídios de alta qualidade (COHEN, 2005). Neste estudo extratos comerciais de levedura (EL) e microalga (EM) foram utilizados para suplementar dietas limitadas em farinha e óleo de peixe.

As leveduras são microrganismos que podem compor a alimentação de organismos cultivado de duas formas, como alimento vivo ou utilizado como ingrediente na formulação de

rações após seu processamento (JIN *et al.*, 2018). Dentre as várias espécies, a *Saccharomyces cerevisiae* é utilizada pela indústria cervejeira e também na produção de outros alimentos fermentados e contém teores de proteína bruta (PB) entre 40-47%, além de outros nutrientes como vitaminas, lipídios, compostos imunoestimulantes ( $\beta$ -glucanos, manano-oligossacarídeos e poliaminas); o que pode melhorar o desempenho zootécnico, a resposta imune e a atividade metabólica de camarões e outros animais aquáticos (GUO *et al.*, 2019; GLENCROSS, 2020; GATESOUBE, 2007). Estes organismos unicelulares foram utilizados como candidatos promissores para a substituição parcial da farinha de peixe em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (ZERAI *et al.*, 2008), robalo híbrido (*Morone chrysops*  $\times$  *M. saxatilis*) (LI; GATLIN, 2004), dourada (*Pagrus major*) (TAKII *et al.*, 1999), robalo Europeu (*Dicentrarchus labrax*) (OLIVA-TELES; GONÇALVES, 2001), carpa Jian (*Cyprinus carpio* var. Jian) (YUAN *et al.*, 2017) e para o camarão branco do Pacífico (*P. vannamei*) (ZHAO *et al.*, 2017). Porém, poucos estudos avaliaram produtos compostos pela *S. cerevisiae* como fonte de proteína em rações para camarões (GAMBOA-DELGADO *et al.*, 2016; QIU; DAVIS, 2017).

As microalgas têm sido usadas como alimento vivo para larvas e juvenis de crustáceos e peixes, todos os moluscos bivalves, incluindo ostras, vieiras, amêijoas e mexilhões, e como alimento para zooplâncton (JU *et al.*, 2009). Nos últimos anos, as farinhas de microalgas tornaram-se alimentos alternativos à FP e OP. O *Schizochytrium sp.* é uma espécie de microalga da família *Thraustochytriaceae*, identificada como uma alternativa promissora e sustentável ao OP, devido à sua facilidade para cultivo em larga escala sob condições controladas (LEWIS; NICHOLS; McMEEKIN, 1999; MILLER; NICHOLS; CARTER, 2007; TURCHINI *et al.*, 2009). Estudos sugerem que produtos derivados dessa microalga na forma de biomassa seca ou extraída de óleo, pode fornecer uma fonte renovável confiável de AGP-CLs n-3 (principalmente o DHA) para o salmão do Atlântico *Salmo salar* (CARTER *et al.*, 2003; MILLER, NICHOLS; CARTER, 2007; SPRAGUE *et al.*, 2015), camarão branco *P. vannamei* (PATNAIK *et al.*, 2006; SAMOCHA *et al.*, 2010) e dourada *Sparus aurata* (GANUZA; ANDERSON; RATLEDGE, 2008).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo: 1) Geral - Avaliar os efeitos das diferentes dietas nos parâmetros de desempenho zootécnico (Peso Corporal Final [PCF], Sobrevivência [SV], Consumo Aparente de Ração [CAR], Produtividade Final [PF] e Fator de Conversão Alimentar [FCA]) de juvenis de *P. vannamei*; 2) Específico – Avaliar o efeito da suplementação com o Extrato de levedura; 3) Específico – Avaliar o efeito da suplementação conjunta com o Extrato de levedura e Extrato de microalga; 4) Específico – Realizar uma análise econômica para definir a ração mais viável economicamente.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Farinha e óleo de peixe na formulação de rações para organismos aquáticos

A farinha (FP) e o óleo de peixe (OP) são insumos derivados principalmente da pesca industrial e usados em larga escala para compor as rações empregadas na alimentação de organismos aquáticos cultivados. As rações geralmente representam o maior item de custo operacional da maioria dos empreendimentos de criação de peixes e crustáceos (FAO, 2008). Apesar desses insumos serem bastante utilizados para a produção de peixes carnívoros (salmão, bacalhau) e camarão, eles também são utilizados na produção de algumas espécies herbívoras como a carpa, um dos organismos mais cultivados por meio da Aquicultura (TACON, 2006).

Historicamente a FP é considerada a principal fonte de proteína de origem marinha utilizada na alimentação de camarões (TACON; METIAN, 2008). A maior parte desse ingrediente ainda é fornecida pela pesca de captura. Essa farinha é feita a partir de pequenos peixes forrageiros, como anchova, menhaden, cavala, capelim, sardinha e arenque (BORQUEZ *et al.*, 2009; VENKATESWARLU, 2019). Essas são pequenas espécies que ocupam um nível trófico baixo, e se alimentam de organismos planctônicos pela filtração da água, usando seus rastros branquiais para retê-los (BEN-TUVIA, 1995). Apesar de seu alto valor energético e nutricional em termos de proteínas, AAEs, AGP-CLs n-3, vitaminas e minerais, existe pouco interesse para o consumo humano (JANNATHULLA *et al.*, 2019).

Há uma grande variação na inclusão dietética de FP e OP em dietas para organismos aquáticos devido a uma série de fatores, por exemplo: camarão (faixa de uso de FP de 5 a 40%; intervalo de uso de OP de 0,5 a 10%), salmão (FP de 20 a 50%; OP de 9 a 35%), tilápia (FP de 0 a 20%; OP de 0 a 10%) e carpas chinesas (FP de 0 a 20%; OP de 0 a 2%). Essas variações refletem as diferenças em relação aos sistemas de produção empregados, hábitos alimentares das espécies, fase de desenvolvimento e em relação ao perfil de alimentos utilizados (a depender da disponibilidade, qualidade e custo dos ingredientes, origem da FP e OP, a existência de diferentes legislações nacionais sobre importações e/ou uso destes insumos, o mercado almejado e o valor de mercado das espécies cultivada) (TACON; METIAN, 2008).

A produção de FP tem variado entre 6 e 7 milhões de ton. desde a década de 90, com previsão de apenas 1% na produção até 2030 (TACON; METIAN, 2008). Em comparação, a produção mundial da aquicultura atingiu 82,1 milhões de toneladas em 2018, o equivalente a um aumento de 527% em relação à produção de 1990. Ademais, mudanças climáticas influenciaram negativamente a produção da pesca de captura, que juntamente com o aumento

da demanda alavancaram o preço da FP no mercado global (JANNATHULLA *et al.*, 2019; BARANGE; PERRY, 2009). Em 2001, a farinha de peixe possuía um valor de 608 USD/ton., aumentando para 1.472 USD/ton. em 2021. Os preços da FP hoje são altamente instáveis e continuam se afastando de outras fontes de proteína, como o farelo de soja (BANK *et al.*, 2022). Além disso, a demanda pela adoção práticas sustentáveis no setor aquícola (bem como em outros setores de produção de alimentos) por parte da sociedade civil e comércio contribuiu para que a indústria diminuísse as inclusões FP e OP nas rações (TACON; METIAN, 2008; DEUTSCH *et al.*, 2007).

## **2.2 Fontes alternativas a farinha e óleo de peixe**

Apesar do volume de consumo da FP ter permanecido praticamente o mesmo, a Aquicultura produz três vezes mais comparado há 20 anos atrás (GLECROSS *et al.*, 2023). Isso foi possível porque, motivados pelas problemáticas relacionadas à inclusão de FP e OP em níveis elevados nas dietas, o setor produtivo, juntamente com as instituições de pesquisa, voltaram seus esforços para a busca de fontes alternativas a esses ingredientes (OLIVA-TELES; ENES; PERES, 2015). As fontes podem ter origens diversas e, para que a substituição possa ser feita de maneira eficiente, é necessário conhecer os requerimentos nutricionais da espécie cultivada, disponibilidade do ingrediente e o seu preço (HODAR, 2020).

### **2.2.1 Ingredientes de origem vegetal**

Os ingredientes vegetais são considerados como as fontes alternativas a FP e OP e mais abundantes para uso em rações aquícolas (TACON *et al.*, 2011). A inclusão de ingredientes vegetais nas dietas é uma prática amplamente utilizada motivada pela sua maior disponibilidade e menor preço em comparação com a FP. Um grande leque de ingredientes vegetais é usado na aquicultura, incluindo grãos (trigo e milho, etc.), sementes oleaginosas (soja, girassol, colza, caroço de algodão, etc.) e leguminosas (feijão, tremoço e ervilha, etc.) (BANDARA, 2018).

A utilização de subprodutos de proteínas vegetais terrestres derivados da agricultura, como farinhas feitas de soja, canola, milho e trigo configura a prática mais comum para reduzir o uso de FP (BANDARA, 2018). O Farelo de Soja (FS) geralmente contém entre 44% e 48% de proteína bruta (PB) e pode compor de 30 a 40% de uma ração de cultivo para o camarão branco do Pacífico. Além disto, níveis superiores a 50% também foram testados com sucesso em condições de cultivo semi-intensivo (SOOKYING *et al.*, 2011; SOOKYING;

DAVIS, 2011). Um estudo revelou que a mistura de FS e farelo de glúten de milho pode ser usado em até 69% da substituição total de proteína sem qualquer efeito negativo no crescimento e consumo de ração em bacalhau (ALBREKSTEN *et al.*, 2006) e para 60% em camarão (CRUZ-SUÁREZ, 2009). Entre os ingredientes testados, o FS mostrou ser a fonte proteica alternativa mais promissora.

Com relação aos óleos vegetais, estes ingredientes são considerados as alternativas mais viáveis para a substituição do OP em rações para organismos aquáticos devido ao aumento constante da produção, alta disponibilidade e preços estáveis (FOUNTOULAKI *et al.*, 2009). Os mais usados para a produção de rações aquáticas são: soja, linhaça, colza, girassol, óleo de palma e azeite de oliva. A substituição parcial do OP por óleo vegetal só é possível quando o conteúdo de AGP-CLs n-3 está em nível adequado para atender às necessidades nutricionais da espécie de interesse. Estudos demonstram que é possível utilizar óleos vegetais para substituir o OP em níveis maiores que 50% em todas as espécies, ou mesmo completamente, no caso do salmão. Porém, essa substituição causa um impacto significativo na composição e metabolismo dos AGP-CLs n-3 nos tecidos (BRANSDEN *et al.*, 2003; TORSTENSEN; FRØYLAND; LIE, 2004; IZQUIERDO *et al.*, 2005; PRATOOMYOT *et al.*, 2008; PETROPOULUS *et al.*, 2009).

A inclusão de ingredientes de origem vegetal pode trazer desafios significantes, como: perfil de aminoácidos desequilibrado, menor teor ácidos graxos essenciais e micronutrientes, reduzida digestibilidade e presença de fatores antinutricionais. Isso faz com que estratégias nutricionais sejam necessárias para contornar possíveis efeitos negativos em performance zootécnica e saúde. Dentre estas pode-se citar o processamento térmico, extração com solvente ou o uso de enzimas exógenas, como fitases (GLENCROSS *et al.*, 2007; KROGDAHL *et al.*, 2010).

### **2.2.2 Ingredientes de origem animal**

Os subprodutos não comestíveis oriundos do abate ou processamento de aves, suínos e bovinos também são uma fonte de ingredientes utilizados pelas fábricas de rações. Farinhas de carne e ossos, carne, aves, penas hidrolisadas e sangue são os principais produtos resultantes deste processamento (MEEKER, 2009). O uso desses insumos na aquicultura é altamente variável dependendo da região.

Dentre estes ingredientes, a farinha de subprodutos de aves tem alto potencial para substituir a FP como fonte de proteína animal (BUREAU *et al.*, 2006). Estudos mostraram que a Farinha de Aves e Sangue (FAS) é capaz de substituir a FP em até 100% sem prejuízos ao

desempenho zootécnico em juvenis de dourada (*Pagrus major*) e robalo híbrido (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) (TAKAGI *et al.*, 2000; GAYLORD; RAWLES, 2005). A farinha de sangue também é considerada uma fonte potencial de proteína que pode ser utilizado para substituir a FP em dietas de aquicultura (TACON *et al.*, 2011). Os pesquisadores relatam que a farinha de sangue pode ser incluída no nível de 6 a 10% em dietas para dourada (*Sparus aurata*) (RIBEIRO *et al.*, 2011) e em até 20 % em rações para juvenis de truta (*Oncorhynchus mykiss*) (LUZIER *et al.*, 1995).

As gorduras oriundas de animais terrestres ainda são pouco exploradas em rações para aquicultura (FRIESEN *et al.*, 2013; GAUSE; TRUSHENSKI, 2013; EMERY *et al.*, 2016). Estes ingredientes são ricos em ácidos graxos saturados, variando de 28,5% na gordura de aves a 47,5% no sebo bovino (TURCHINI *et al.*, 2009). As gorduras de aves e mamíferos têm um conteúdo muito limitado de ácidos graxos poliinsaturados (AGPs). O sebo bovino tem <4% de AGP e a gordura de aves aproximadamente 20% (TURCHINI *et al.*, 2009). Trushenski *et al.* (2011) observaram que a substituição de 50% do OP por gorduras processadas de origem terrestre (gordura de aves, sebo bovino, banha de porco ou gordura de restaurante) não afetou o desempenho zootécnico da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Porém, a substituição de 75% de OP por gordura de frango levou a um declínio no desempenho zootécnico de truta arco-íris (TURCHINI *et al.*, 2013). O valor reduzido e a maior disponibilidade tornaram as gorduras de animais terrestres alternativas viáveis para substituir de maneira parcial o OP na dieta (BUREAU *et al.*, 2002; TURCHINI *et al.*, 2009).

Os ingredientes de origem animal possuem boa palatabilidade e não apresentam FAs. Porém, subprodutos de aves, farinha de carne e farinha de carne e ossos têm alto teor de cinzas e altos níveis de gordura saturada o que impõe limites ao seu uso em rações aquícolas. As cinzas são ricas em fósforo e quando incorporados em demasia, os subprodutos animais podem resultar em excesso de fósforo na dieta e gerar problemas associados à perda de fósforo para a água. A desvantagem principal de utilizar subprodutos animais como principal fonte de proteína na alimentação de camarões está associada à sua menor biodisponibilidade de nutrientes e a ausência de EPA (20:5n-3) e DHA (22:6n-3), AGPs essenciais para alguns organismos aquáticos marinhos. Por outro lado, as vantagens do seu uso incluem sua maior disponibilidade e preços acessíveis em relação à FP (DE CARVALHO *et al.*, 2016; GLENCROSS *et al.*, 2018; LEMOS *et al.*, 2009; VIEIRA *et al.*, 2022).

## 2.3 Ingredientes unicelulares

Na última década, o uso de ingredientes provenientes de microrganismos na nutrição de animais aquáticos ganhou maior atenção. Componentes microbianos incluem principalmente bactérias, microalgas e leveduras. Atualmente, esses ingredientes são usados como fontes de proteínas, aminoácidos, fontes de ácidos graxos essenciais e fontes de moléculas bioativas, como astaxantina e peptidoglicanos (GUEDES, 2012; COHEN, 2005). Por possuírem a capacidade de serem produzidos em tanques de escala industrial, estes organismos apresentam-se como uma alternativa sustentável à FP e OP. Os extratos utilizados na suplementação das dietas pertencem à essa classe de ingredientes.

### 2.3.1 Microalgas

As microalgas possuem denotada importância para a aquicultura pois elas têm sido usadas como alimento vivo para larvas e juvenis de crustáceos e peixes, moluscos bivalves (incluindo ostras, vieiras, amêijoas e mexilhões) e como alimento para zooplâncton (JU *et al.*, 2009). Devido ao seu perfil nutricional, estes organismos atraíram o interesse do setor produtivo. Segundo Tibbetts (2018), as microalgas são fonte de proteínas unicelulares com teor de proteína bruta relativamente alto. No entanto, a sua capacidade de produzir AGPs-CL n-3 e carotenoides (principalmente astaxantina), é o que mais motiva a sua produção em escala industrial (MATTY; SMITH, 1978).

Os teores de lipídios e os perfis de ácidos graxos desses microrganismos dependem da espécie, do estágio de crescimento, dos diferentes aspectos da produção e da tecnologia de processamento empregada. Portanto, os perfis de ácidos graxos das dietas empregando essas fontes lipídicas ou suas combinações podem ser adaptados para atender às necessidades de ácidos graxos essenciais das diferentes espécies de peixes e crustáceos e diversos estágios de vida (GLENCROSS, 2020).

O *Schizochytrium sp.* é uma espécie de microalga da família *Thraustochytriaceae*, identificada como uma alternativa promissora ao OP devido à sua facilidade para cultivo em larga escala sob condições controladas, gerando um produto rico em lipídios contendo AGPs-CL n-3, em particular DHA, de maneira sustentável (LEWIS; NICHOLS; McMEEKIN, 1999; MILLER; NICHOLS; CARTER, 2007; TURCHINI *et al.*, 2009). Um estudo anterior relatou que 40 g/kg de farinha de *Schizochytrium* em microdietas pode melhorar o crescimento e também atividades enzimáticas, como fosfatase alcalina e leucina-aminopeptidase de larvas do

camarão branco (WANG *et al.*, 2017). Estudos adicionais determinaram que a microalga *Schizochytrium*, rica em DHA, substituiu com sucesso o OP em dietas de salmão do Atlântico em ambos os estágios de vida em água doce e marinha (DAVIS *et al.*, 2021). Wang *et al.* (2017) também relataram que a farinha de *Schizochytrium* rica em DHA poderia substituir 1.500 g/kg de OP em micro dietas sem afetar negativamente a sobrevivência, o crescimento e as atividades das enzimas digestivas do camarão branco.

### 2.3.2 Leveduras

As leveduras são micro-organismos que podem compor a alimentação de organismos cultivado de duas formas: como alimento vivo ou como ingrediente na formulação de rações (JIN *et al.*, 2018). Esses organismos são uma fonte rica em proteína (45-55% PB) e complexo vitamínico B (ZHANG *et al.*, 2012). Como suplemento alimentar, as leveduras têm sido utilizadas para compensar os níveis de aminoácidos e vitaminas em dietas formuladas com ingredientes vegetais (OLVERA-NOVOA *et al.*, 2002). Elas podem ser facilmente produzidas a partir de substratos de resíduos ricos em carbono, como melão, resíduos de frutas e resíduos industriais de papel.

O *S. cerevisiae* é uma espécie de levedura utilizada pela indústria cervejeira e na produção de outros alimentos fermentados. Essa levedura contém teores de PB entre 40-47% (GUO *et al.*, 2019). Além disso, após a fermentação, onde ocorre a quebra da parede celular, nutrientes (como proteínas, vitaminas, lipídios, bem como compostos imunoestimulantes [ $\beta$ -glucanos, manano-oligossacarídeos e poliaminas]), são liberados, o que pode melhorar o desempenho zootécnico, a resposta imune e a atividade metabólica dos camarões (ZHENG *et al.*, 2021). Um estudo semelhante revelou que o *P. vannamei* alimentado com dietas suplementadas com 1% de hidrolisado de levedura exibe melhora no crescimento e na utilização da ração em comparação com aqueles alimentados com a dieta controle. Esses resultados são semelhantes aos relatados em estudos para tilápia do Nilo (ABDEL-TAWWAB, 2008; XU *et al.*, 2015) e camarão branco (QUI, 2017; DENG, 2013). Também foi demonstrado que a levedura pode ser usada como uma fonte razoável de proteína em dietas para uma diversidade de espécies de animais aquáticos, dentre eles o camarão *P. vannamei* (GAMBOA-DELGADO *et al.*, 2016; QIU; DAVIS, 2017), lagostins (*Cherax quadricarinatus*, MUZINIC *et al.*, 2004), juvenis do robalo Europeu (*Dicentrarchus labrax*, OLIVIA-TELES; GONÇALVES, 2001) e beijupirá (*Rachycentron canadum*, LUNGER; CRAIG; McLEAN, 2006).



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Local do Estudo

O estudo foi realizado em um sistema de cultivo mantido em área aberta no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA), situado no Centro de Estudos em Aquicultura Costeira (CEAC) do Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará (Figura 1).

Figura 1 - Vista aérea do local de estudo com os 80 tanques de cultivo ao ar livre usados no estudo (parte inferior esquerda).



Foto: Thomaz Xavier

#### 3.2 Dietas experimentais

Foram utilizados dois aditivos alimentares nas dietas, o ProSaf<sup>632®</sup> e o AlgaPrime<sup>™</sup> DHA (Figura 2). O ProSaf<sup>632®</sup> (Lesaffre do Brasil Produtos Alimentícios Ltda., Campinas, SP) é um extrato levedura altamente purificado e funcional com alto teor de PB (> 63%), composta principalmente de aminoácidos essenciais em forma livre e peptídeos de baixo peso molecular. Esse produto é rico em ácidos glutâmicos, ácidos nucleicos e vitaminas do complexo B (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição, perfil mineral e de aminoácidos do ProSaf<sup>632®</sup> (% base matéria seca)

Composição	%	Composição	%	Composição	%
Matéria seca	96,1	Fósforo	1,3	Lisina	4,85
Proteína bruta	> 63	Cálcio	0,076	Leucina	4,35
Gorduras totais	< 1	Potássio	2,47	Valina	3,61
Cinzas	7,3	Magnésio	0,14	Arginina	3,54
Ácidos nucleicos	7,7	Sódio	0,27	Treonina	2,89
Aminoácidos livres	26	Zinco	0,03	Isoleucina	2,7
		Manganês	0,0007	Fenilalanina	2,59
		Ferro	0,0074	Histidina	1,35
		Cobre	< 0,0005	Metionina	0,99
				Triptofano	0,79
				Cisteína	0,75
				Ácido glutâmico	12,42
				Ácido aspártico	7,21
				Alanina	5,57
				Glicina	2,98
				Prolina	3,23
				Serina	2,88
				Tirosina	2,25

Fonte: elaborada pelo Autor.

Por sua vez, o AlgaPrime™ DHA (Corbion Produtos Renováveis Ltda., Orindiúva, São Paulo) consiste em microalgas secas, *Schizochytrium sp.*, concentrada em DHA (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição, perfil lipídico, mineral e de aminoácidos do AlgaPrime™ (% base matéria seca; continua).

Composição	%	Composição	%	Composição	%	Composição	%
Matéria Seca	99	Ácido Palmítico	30	Cálcio	0,1	Asparagina	1,16
DHA	28	Ácido Esteárico	1	Fósforo	0,2	Treonina	0,44
Gorduras Totais	58	DPA	16	Magnésio	0,1	Serina	0,38
Umidade	2	DHA	48	Sódio	1,5	Glutamina	0,80
Proteína Bruta	9	Outros	5	Potássio	0,4	Prolina	0,28
Fibra Bruta	2			Ferro	0,035	Glicina	0,37
Cinzas	6			Cobre	0,0009	Alanina	0,44
Carboidratos	23			Zinco	0,0017	Cisteína	0,19
				Manganês	0,0014	Valina	0,43
						Metionina	0,23
						Isoleucina	0,32

Tabela 2 – Composição, perfil lipídico, mineral e de aminoácidos do AlgaPrime™ (%; base matéria seca; final).

Composição	%	Composição	%	Composição	%	Composição	%
						Leucina	0,50
						Tirosina	0,18
						Fenilalanina	0,35
						Lisina	0,31
						Histidina	0,14
						Arginina	0,37
						Triptofano	0,10

Fonte: elaborada pelo Autor.

Um total de 10 dietas experimentais (com formulas semelhantes às dietas práticas utilizadas pela indústria) isonitrogenadas (35,00% PB) e isolipídicas (8,00% de lipídios totais, Tabela 3) foram formuladas. As dietas foram suplementadas com DL-Metionina e L-Lisina, sempre que necessário, para atingir um teor bruto total de metionina (Met + Cisteína) e lisina de 0,75 (1,30) e 2,10% (% da dieta, base natural), respectivamente. Inicialmente, uma dieta controle foi desenhada para conter 15,00% de farinha de subproduto de salmão. Nessa dieta, não foi realizada a suplementação com extrato de levedura (EL), extrato de microalga (EM) e minerais quelatados (zinco, manganês, cobre e selênio). Uma outra dieta semelhante a primeira em termos de composição de ingredientes e nutrientes, a Controle Positivo (CP), foi formulada para conter 0,25% de EL. Essas duas dietas atingiram um total de 0,19 e 0,24% de EPA e DHA, respectivamente, através da inclusão de 4,50% de óleo de salmão.

Para as dietas restantes, a farinha de subproduto de salmão foi reduzida de 15,00% para 7,50 e 3,75% (50 e 75% de substituição da FP, respectivamente). Esta substituição foi feita em função da utilização de subprodutos vegetais e/ou animais, nomeadamente farelo de soja (FS) e farinha de subprodutos de aves (FSA). Assim, as dietas foram divididas em dois conjuntos, um em que a substituição da FP se baseou na maior utilização de farelo de soja (dietas proteicas vegetais) e outro conjunto baseado em níveis mais elevados de farinha de subprodutos de aves (dietas proteicas animais). Nas dietas proteicas vegetais, o óleo de salmão foi reduzido de 4,50 para 2,25% e substituído por EM. A suplementação dietética de EM atingiu 0,43 (dietas V50M e V50C) e 0,51% (dietas V75M e V75C) nas dietas submetidas a 50 e 75% de substituição de FP, respectivamente. Isso resultou em níveis dietéticos totais de EPA e DHA de 0,08-0,10 e 0,33-0,35%, respectivamente. Adicionalmente, o EL foi suplementado a 1,00 e 1,50% nas dietas V50C e V75C, respectivamente. Todas as dietas com níveis reduzidos de FP foram suplementadas com Cu, Zn e Mn quelatado e Se orgânico de forma a compensar as quantidades que eram aportadas pela maior inclusão de FP.

Tabela 3 - Composição (% da dieta, base natural) das dietas experimentais e seus valores (continua).

Dietas <sup>1</sup>	Controle		Dietas Proteicas Vegetais				Dietas Proteicas Animais			
	Controle	CP	V50M	V50C	V75M	V75C	A50C	A50C+	A75C	A75C+
Ingredientes	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Farelo de soja <sup>2</sup>	39.00	38.94	45.00	44.88	44.00	44.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Farinha de trigo <sup>3</sup>	27.25	27.25	24.03	24.00	23.95	23.41	27.00	27.00	27.00	27.00
<b>Far. de subproduto de salmão<sup>4</sup></b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>	<b>7.50</b>	<b>7.50</b>	<b>3.75</b>	<b>3.75</b>	<b>7.50</b>	<b>7.50</b>	<b>3.75</b>	<b>3.75</b>
Farinha de aves e sangue <sup>5</sup>	3.92	3.93	6.00	6.00	6.90	5.59	13.42	12.92	14.76	14.05
Fécula de mandioca	-	-	-	-	-	-	2.45	2.23	2.14	1.87
Concentrado proteico de soja <sup>6</sup>	1.47	1.19	2.47	1.52	6.00	6.00	-	-	1.77	2.02
Farinha de glúten de trigo <sup>7</sup>	0.74	0.78	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Óleo de salmão	4.50	4.50	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
Óleo de soja	-	-	1.82	1.82	1.73	1.90	0.98	0.92	0.83	0.83
Óleo de lecitina de soja	0.44	0.44	0.99	0.99	1.26	1.26	0.98	0.98	1.25	1.25
MSP <sup>8</sup>	2.56	2.57	2.65	2.69	2.63	2.66	2.72	2.73	2.75	2.75
Sulfato de magnésio	1.50	1.50	1.56	1.59	1.50	1.54	1.41	1.43	1.40	1.41
Cloreto de potássio	0.78	0.79	0.82	0.85	0.71	0.74	0.73	0.74	0.68	0.68
Carbonato de cálcio	0.71	0.71	1.16	1.16	1.39	1.47	0.81	0.83	1.02	1.06
Sal	0.67	0.67	0.80	0.78	0.86	0.86	0.79	0.78	0.85	0.84
<b>Extrato de levedura<sup>9</sup></b>	<b>-</b>	<b>0.25</b>	<b>-</b>	<b>1.00</b>	<b>-</b>	<b>1.50</b>	<b>1.00</b>	<b>1.50</b>	<b>1.50</b>	<b>2.00</b>
Aglutinante sintético <sup>10</sup>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Cloreto de colina, 50%	0.49	0.49	0.49	0.49	0.47	0.47	0.50	0.50	0.49	0.49
Premix vitamínico-mineral <sup>11</sup>	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
<b>Extrato de microalga<sup>12</sup></b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.43</b>	<b>0.43</b>	<b>0.51</b>	<b>0.51</b>	<b>0.43</b>	<b>0.64</b>	<b>0.51</b>	<b>0.65</b>
DL-Metionina <sup>13</sup>	0.18	0.18	0.22	0.23	0.25	0.26	0.17	0.17	0.19	0.19

Tabela 3. Composição (% da dieta, base úmida) das dietas experimentais e seus valores (conclusão).

Dietas <sup>1</sup>	Controle		Dietas Proteicas Vegetais				Dietas Proteicas Animais			
	Controle	CP	V50M	V50C	V75M	V75C	A50C	A50C+	A75C	A75C+
Ingredientes	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
L-Lisina <sup>14</sup>	-	-	0.02	0.01	0.04	0.03	0.05	0.05	0.07	0.06
Zinco quelatado <sup>15</sup>	-	-	0.009	0.009	0.013	0.013	0.009	0.015	0.010	0.015
Cobre quelatado <sup>16</sup>	-	-	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Manganês quelatado <sup>17</sup>	-	-	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Selênio orgânico <sup>18</sup>	-	-	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.010
Valor da dieta <sup>19</sup> (USD/kg)	0,656	0,664	0,635	0,667	0,684	0,706	0,632	0,682	0,683	0,704

Fonte: elaborada pelo Autor

<sup>1</sup>Dieta Controle, dieta contendo 15,00% de farinha de subproduto de salmão; dieta CP, dieta com 15,00% de farinha de subproduto de salmão suplementada com 0,25% de extrato de levedura; dieta VR50M, 7,50% de farinha de subproduto de salmão com 0,43% de extrato de microalga; dieta V50C, 7,50% de farinha de subproduto de salmão com 0,43% de extrato de microalga 1,00% de extrato de levedura; dieta V75M, 3,75% de farinha de subproduto de salmão com 0,51% de extrato de microalga; dieta V75C, 3,75% de farinha de subproduto de salmão com 0,51% de Extrato de microalga 1,50% de extrato de levedura; dieta A50C, 7,50% de farinha de subproduto de salmão com 0,43% de extrato de microalga 1,00% de extrato de levedura; dieta A50C+, 7,50% de farinha de subproduto de salmão com 0,64% de extrato de microalga 1,50% de extrato de levedura; dieta A7C, 3,75% de farinha de subproduto de salmão com 0,51% de extrato de microalga 1,50% de extrato de levedura; diet A75C+, 3,75% de farinha de subproduto de salmão com 0,65% de extrato de microalga 2,00% de extrato de levedura

<sup>2</sup>Bunge Alimentos SA (Luiz Eduardo Magalhães, Bahia). 10,68% de umidade, 46,18% de proteína bruta (PB), 2,00% de extrato de etéreo (EE), 5,48% de fibra bruta (FB), 6,35% de cinzas, 0,51% de metionina (Met), 3,00% de lisina (Lis), 1,27% de metionina mais cisteína (M+C). Valores na base natural

<sup>3</sup>J. Macêdo (Fortaleza, Ceará). 13,00% de umidade, 10,69% PB, 1,34% EE, 0,18% FB, 0,61% cinzas, 0,18% Met, 0,24% Lis, 0,52% M+C

<sup>4</sup>Pesquera Pacific-Star (Puerto Montt, Chile). 10,58% de umidade, 63,86% PB, 9,30% EE, 0,14% FB, 16,20% cinzas, 1,65% Met, 4,19% Lis, 2,35% M+C

<sup>5</sup>BRF SA (Capinzal, Santa Catarina). 4,08% de umidade, 69,79% PB, 13,66% EE, 1,40% FB, 8,48% cinzas, 1,49% Met, 4,36% Lis, 2,35% M+C

<sup>6</sup>XSoy600, Sementes Selecta SA (Araguari, Minas Gerais). 6,96% de umidade, 62,24% PB, 2,35% EE, 1,20% FB, 6,60% cinzas, 0,81% Met, 3,76% Lis, 1,68% M+C

<sup>7</sup>Amytex 100, Tereos Syral SAS (Marckolsheim, França). 6,75% de umidade, 79,68% PB, 2,44% EE, 0,41% FB, 1,87% de cinzas, 1,16% Met, 1,35% Lis, 2,68% M+C

<sup>8</sup>Fosfato de sódio monobásico. 0,60% de cálcio, 20,70% de fósforo, 14,12% de fósforo disponível

<sup>9</sup>Phileo Lesaffre Animal Care (Marcq-en-Baroeul, França). 3,60% de umidade, 65,56% PB, 0,99% EE, 0,94% FB, 7,83% de cinzas, 0,83% Met, 4,47% Lis, 1,45% M+C

<sup>10</sup>Nutri-Bind Aqua Veg Dry, Nutri-Ad International NV (Dendermonde, Bélgica). Aglutinante sintético composto por lignossulfonato de cálcio (94,00%) e goma de guar (6,00%)

<sup>11</sup>Rovimix® 2050 BR0738A010. DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, São Paulo). Níveis de garantia: vitamina A, 3.500.000 UI/kg; vit. D3, 1.500.000 UI/kg; vit. E, 75.000 mg/kg; vit. B1, 12.500 mg/kg; vit. B2, 10.000 mg/kg; vit. B6, 12.500 mg/kg; vit. B12, 10.000 mg/kg; ácido nicotínico, 50.000 mg/kg; ácido pantoténico, 40.500 mg/kg; biotina, 500 mg/kg; ácido fólico, 5.000 mg/kg; vit. C, 100.000 mg/kg; Fe 15.000 mg/kg; Cu, 12.500 mg/kg; Zn, 50.000 mg/kg; Mn, 15.000 mg/kg; Se, 175 mg/kg; I, 500 mg/kg; Co, 100 mg/kg, 10 mg/kg de umidade

<sup>12</sup>Corbion Produtos Renováveis Ltda (Orindiúva, São Paulo). 2,00% de umidade, 9,00% PB, 58,00% EE, 2,00% FB, 6,00% cinzas, 0,23% Met, 0,31% Lis, 0,42% M+C, 48,00% ácido docosaenoico (22:6n-3, DHA)

<sup>13</sup>MetAMINO®, Evonik Nutrition e Care GmbH (Hanau, Alemanha). DL-Metionina, 99%

<sup>14</sup>Biolys®, Evonik Nutrition e Care GmbH (Hanau, Alemanha). L-Lisina, 54,6%

<sup>15</sup>Mintrex® Cu. Novus International (St. Charles, EUA). Mínimo de 15% em peso de cobre como quelato de metionina hidroxilada de cobre (HMTBa)

<sup>16</sup>Mintrex® Zn. Novus International (St. Charles, EUA). Mínimo de 16% em peso de zinco como quelato HMTBa/Zn

<sup>17</sup>Mintrex® Mn. Novus International (St. Charles, EUA). Mínimo de 13% em peso de manganês como quelato HMTBa-Mn

<sup>18</sup>Selsaf®. Phileo Lesaffre Animal Care (Marcq-en-Baroeul, França). Níveis de garantia: 2.200 (± 200) mg Se/kg com 97 a 99% de selênio orgânico

<sup>19</sup>O valor das dietas é baseado no preço de aquisição dos insumos no período do experimento

As dietas proteicas animais foram todas suplementadas com uma combinação de EL e EM. As dietas A50C e A50C+, com redução de 50% na farinha de subprodutos de salmão, foram suplementadas com 1,00 e 1,50% de EL e 0,43 e 0,64% de EM, respectivamente. Comparativamente, as dietas A75C e A75C+ foram suplementadas com 1,50 e 2,00% de EL e 0,51 e 0,65% de EM, respectivamente. As dietas experimentais foram fabricadas nas instalações da fábrica do LANOVA usando uma peletizadora em escala laboratorial (Figura 2).

Figura 2 - Peletizadora utilizada para fabricação das dietas experimentais.



Foto: Alberto Nunes

Primeiro, todas as matérias-primas secas foram moídas a menos de 300  $\mu\text{m}$  (malha nº 48). Em seguida, os ingredientes foram pesados em balança eletrônica de precisão seguindo as especificações da fórmula. Todos os micros ingredientes (vitaminas, oligoelementos, aglutinantes, aminoácidos) foram misturados com uma amostra de 1 kg de todos os macro ingredientes secos em um misturador em Y por 10 min. a 30 rpm. Essa mistura foi então combinada com todos os outros macro ingredientes (secos e líquidos) e misturada por 10 min. em batedeira planetária contendo água doce até formar uma massa de ração. A massa foi então prensada através de uma tela plástica para obter pequenos pedaços de ração úmida para extrusão. Para o cozimento e moldagem da ração, foi utilizada uma peletizadora laboratorial ajustada para operar a uma temperatura máxima de 95°C. A matriz e a faca da peletizadora foram ajustadas para produzir *pellets* de 2,0 mm de diâmetro por 4 mm de comprimento. Para a obtenção de *pellets* com teor de umidade consistente, a ração foi seca a 60°C em estufa de

convecção por um período máximo de 3 h. Após a secagem, lotes de 5 kg de ração foram transferidos para uma cuscuzeira para cozimento a vapor durante 5 min. a 95°C. Os *pellets* pós-cozidos foram então submetidos à secagem final em estufa de convecção até atingir um teor de umidade entre 10 e 12%. O teor de umidade dos *pellets* foi mantido o mais consistente possível coletando-se amostras de ração em intervalos de 15 min. durante toda secagem. As amostras foram analisadas com um analisador rápido de umidade com aquecimento de halogênio. Após a fabricação, as dietas foram resfriadas em temperatura ambiente, embaladas, etiquetadas, seladas em sacos plásticos de 2 kg e mantidas congeladas a -20°C até o momento do uso (Figura 3).

Figura 3 - Rações fabricadas em laboratório usadas no estudo.

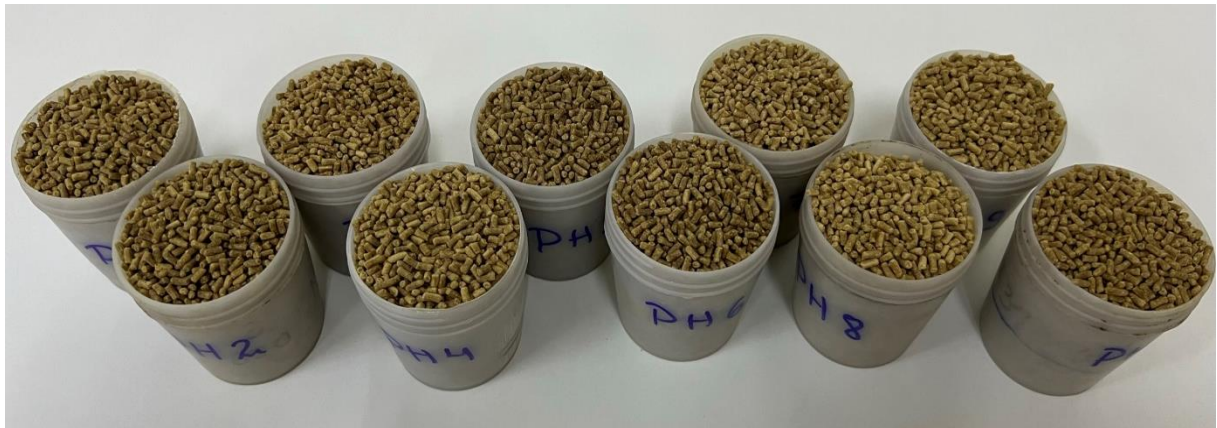


Foto: Alberto Nunes

### 3.3 Sistema de cultivo e qualidade de água

O sistema de cultivo adotado no estudo foi composto por 80 tanques externos independentes de 1,0 m<sup>3</sup>, com área total de fundo de 1,02 m<sup>2</sup>. A aeração por difusão de ar foi fornecida por dois sopradores de 7,0 cv conectados a linhas de PVC. O ar foi transferido ao fundo de cada tanque por uma mangueira microperfurada de aeração com 0,5 m (Aero-Tube™, Tekni-Plex Aeration, Austin, Texas, EUA). A aeração foi utilizada para saturar a água com oxigênio dissolvido durante todo o ciclo de criação. Um gerador a diesel de 150 kVA (Kilo Volt Amperes) foi usado como fonte de alimentação de reserva em caso de falha de energia.

Os tanques de cultivo, tubulação de água e aeração, tubos de aeração e bandejas de alimentação foram primeiramente limpos e desinfetados antes da preparação da água. Inicialmente, os tanques foram escovados com detergente alcalino com cloro diluído a 1 L por



100 L de água doce. A solução foi usada para esfregar toda a superfície do tanque, seguida de remoção com água doce. Um desincrustante à base de ácido sulfúrico (diluição de 1 L por 50 L de água) foi pulverizado nas paredes e fundo do tanque e nas linhas de abastecimento de água e drenagem, sendo mantido em repouso por 24 h. Em seguida, aplicou-se um desinfetante à base de ácido peracético (diluição de 1 L por 500 L de água). Finalmente, os tanques foram lavados com água doce e, em seguida, completamente preenchidos com água salobra filtrada em filtro de areia a 15 g/L de salinidade bombeada do estuário do Rio Pacoti.

A fim de aumentar a produtividade primária e controlar os compostos nitrogenados, a água de cultivo foi fertilizada antes da estocagem dos camarões visando uma relação C:N de 15:1. O preparo da água consistiu na aplicação de melão de cana-de-açúcar líquido juntamente com ração comercial moída para camarões (mínimo de 35% PB) na proporção de 1:1 (20 g/m<sup>3</sup>, na base) por um período de três dias. A água foi misturada sob forte aeração por três dias antes da estocagem dos camarões.

### **3.4 Aquisição das pós-larvas e povoamento dos tanques**

Um total de 50.000 pós-larvas 15 (PL15) do camarão branco do Pacífico, *P. vannamei*, foi adquirida de uma larvicultura comercial (Aquacrusta Marinha Ltda., Acaraú, Ceará). Os camarões foram transportados em sacos plásticos para o laboratório. Na chegada, as PLs foram imediatamente submetidas à aclimação de temperatura, colocando-se as sacolas plásticas transportadoras em dois tanques de 1.000 L com água do mar por 30 min. Para estocagem, os camarões foram contados usando um dispositivo inteligente portátil para avaliação rápida do inventário (*XperCount2*, *XpertSea*, Quebec, Canadá) e sua biomassa úmida determinada usando uma balança eletrônica com precisão de 0,001 g. Os camarões foram estocados em cinco tanques berçário de 23,86 m<sup>3</sup> (4,5 x 1,5 m de diâmetro x profundidade; 15,9 m<sup>2</sup> área de fundo) sob 0,4 PL/L (média de 10.693 camarões/tanque). Durante a fase de berçário, os camarões foram alimentados com uma dieta inicial contendo 35% de ingredientes de origem marinha formulada para conter 40% PB e 8% EE.

Após 17 dias de cultivo, os camarões foram capturados e transferidos para dois tanques de 1.000 L, mantidos próximos a superfície da água utilizando-se uma rede (Figura 5). Os animais foram classificados visualmente por tamanho, removendo camarões pequenos e grandes, permitindo pesos corporais mais homogêneos. Os camarões foram contados em dois lotes de 31 indivíduos, transferidos para um balde com água do mar e pesados em balança de precisão de 0,01 g. Um total de 2.480 camarões de  $0,59 \pm 0,06$  g (Coeficiente de Variação =

10,8%, 0,45 – 0,88 g;  $p > 0,05$ , Análise Univariada) foram transferidos para 80 tanques externos sob 61 animais/m<sup>2</sup> ou 62 camarões/tanque (Figura 4). Os camarões foram aclimatados durante 10 dias com ração comercial contendo 40% PB (Density 40, Neovia Nutrição e Saúde Animal Ltda., São Lourenço da Mata, Pernambuco). Nos primeiros sete dias após o povoamento, os camarões foram alimentados com *pellets* de 1 mm de diâmetro e, em seguida, com *pellets* de 1,2 mm antes de serem alimentados com as dietas experimentais.

Figura 4 - Camarões juvenis durante a pesagem e transferência para os tanques experimentais.



Foto: Alberto Nunes

### 3.5 Manejo alimentar e qualidade e água

Os camarões foram alimentados exclusivamente em bandejas de alimentação com 14,3 cm de diâmetro e bordaduras com 3,5 cm de altura. As bandejas foram instaladas no meio do fundo de cada tanque a uma densidade de uma unidade por tanque. Em cada horário de alimentação, as bandejas foram verificadas quanto a presença de ração não consumida, que quando presente, foi coletada para pesagem e descarte. A oferta de ração e a coleta dos resíduos nas bandejas de alimentação ocorreram nos seguintes horários, respectivamente: 1ª refeição: 07:00 e 10h00; 2ª refeição: 10h00 e 13h00; 3ª refeição: 13h00 e 16h00, e; 4ª refeição: 16h00 e 07h00. As refeições diárias foram divididas em 25, 15, 15 e 45% no 1º, 2º, 3º e 4º horários de alimentação, respectivamente.

As refeições foram ajustadas diariamente, inicialmente assumindo um ganho de peso estimado de 80 mg/dia/camarão e uma queda diária de 0,36% (dos dias 1-16) e 0,14% (dos dias 17-62) na sobrevivência do camarão em todas os tratamentos experimentais. As refeições diárias foram calculadas seguindo uma tabela de alimentação, projetada para atingir um FCA (fator de conversão alimentar) máximo de 1,5 (Tabela 2). As bandejas de alimentação foram inspecionadas diariamente para verificar a presença de animais mortos que foram coletados e

descartados. Os animais mortos não foram repostos durante todo o período de cultivo.

A partir do 18º dia de cultivo e depois quinzenalmente (dias 32º e 46º de cultivo), cinco camarões de cada tanque foram capturados e seu peso corporal determinado. Até a próxima verificação de peso, as refeições diárias aumentaram assumindo ganhos de peso médio diário individual dos camarões para cada tanque, mantendo uma redução diária fixa na sobrevivência (Tabela 4).

Tabela 4 - Tabela de alimentação e sobrevivência utilizada no experimento.

Peso Corporal do Camarão (g)		Taxa de alimentação (% do peso corporal)	Ganho de peso (mg/dia)	Dias de Cultivo		Sobrevivência (%)
Inicial	Final			Inicial	Final	
1	2	6,61	80	1	7	98,9
2	3	4,99	90	8	15	96,3
3	4	4,37	100	16	23	89,9
4	5	3,96	110	24	31	88,2
5	6	3,67	120	32	39	87,1
6	7	3,44	130	40	47	86,1
7	8	3,26	140	48	55	85,1
8	9	3,10	150	56	63	84
9	10	2,97	160	64	71	83
10	11	2,86	170	-	-	-
11	12	2,77	180	-	-	-

Fonte: elaborada pelo Autor.

Os parâmetros de qualidade da água (pH, temperatura e salinidade) foram medidos uma vez ao dia a partir das 09h00 em todos os tanques. A salinidade média da água, pH e temperatura atingiram  $16 \pm 2,5$  g/L (9-26, n = 3.920),  $8,4 \pm 0,3$  (6,9-8,9, n = 3.920) e  $28,7 \pm 1,3^\circ\text{C}$  (24,1-31,1 $^\circ\text{C}$ , n = 3.920). O oxigênio dissolvido foi mantido saturado com aeração contínua no fundo do tanque. A partir do 30º dia, a água foi trocada apenas uma vez por semana durante o cultivo, drenando cerca de 3% do volume total de água do fundo do tanque e substituindo-o por nova água salobra filtrada.

### 3.6 Desempenho zootécnico

Os camarões foram cultivados por 62 dias, incluindo 10 dias de aclimação. Na despesca, todos os camarões vivos foram coletados, contados e pesados individualmente com uma balança eletrônica de precisão de 0,01 g (Figura 5). Com esses dados, os seguintes

parâmetros foram determinados:

1. Peso corporal final (g);
2. Sobrevivência final (%) = (número final de camarões ÷ número inicial de camarões) x 100;
3. Consumo de ração aparente (g de ração/camarão) = (quantidade total de ração seca ingerida ÷ número inicial de camarões);
4. Fator de conversão alimentar (FCA) = consumo de ração aparente por tanque ÷ ganho de biomassa de camarão por tanque;
5. Produtividade final (g/m<sup>2</sup>) = ganho de biomassa de camarão (g) ÷ área do tanque (m<sup>2</sup>);

Figura 5 – Despesca dos camarões.



Fotos: Alberto Nunes

### 3.6 Análise econômica

Uma análise foi realizada para definir a ração mais viável economicamente. Para isso, foram utilizados os valores das formulas das diferentes dietas, o consumo total de ração dos tanques e a produtividade final, para que o custo de produção baseado apenas no consumo de ração fosse determinado:

- Custo de produção (USD/kg) = (consumo total de ração do tanque x valor da formula) ÷ (produtividade final x área do tanque)

### 3.7 Análise estatística

A ração mais viável e os efeitos das diferentes dietas, EL e EM sobre as médias de sobrevivência final do camarão, peso corporal final, FCA, produtividade final e consumo de ração aparente foram determinados com a análise de variância com um ou dois fatores (*One-Way ANOVA* ou *Two-Way ANOVA*) e análise de variância múltipla (MANOVA). Quando diferenças significativas foram detectadas, elas foram comparadas duas a duas com o teste de Tukey HSD. Para comparações pareadas foi aplicado o teste *t* de Student. O nível de significância de 5% foi estabelecido em todas as análises estatísticas. Foi utilizado o pacote estatístico IBM® SPSS® *Statistics* 23.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA). As comparações foram realizadas em etapas de acordo com os objetivos gerais e específicos do estudo, descritos abaixo (Tabela 5).

Tabela 5 - Dietas comparadas e seus objetivos.

Etapa	Dietas comparadas	Objetivo da comparação
1	Todas	Geral: avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de <i>P. vannamei</i> alimentados com as diferentes dietas.
	Controle <i>versus</i> CP	
2	Contrôle <i>versus</i> V50M <i>versus</i> V50C Contrôle <i>versus</i> V75M <i>versus</i> V75C	Específico: avaliar os efeitos do EL
3	Controle <i>versus</i> A50C <i>versus</i> A50C+ Controle <i>versus</i> A75C <i>versus</i> A75C+	Específico: avaliar os efeitos da suplementação conjunta com EL e EM
4	Todas	Específico: avaliar o custo de produção das diferentes dietas

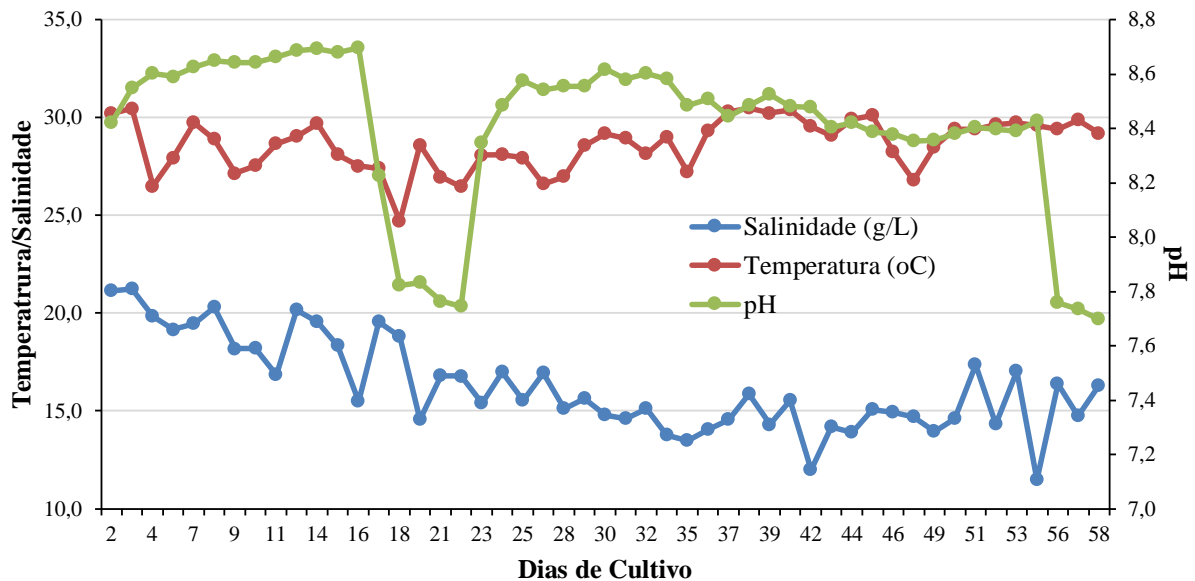
Fonte: elaborada pelo Autor.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Qualidade da água

O pH, temperatura e salinidade da água variaram ao longo do período de cultivo (Gráfico 1). A salinidade caiu de uma média de 21 g/L após a estocagem dos camarões para 15 g/L na última semana de cultivo. Esta variação é consistente com a estação chuvosa que ocorreu durante o período de cultivo. A temperatura da água foi relativamente estável ao longo do período experimental com valores máximos acima de 30°C entre o 37º e 44º dias de cultivo. O pH manteve-se acima de 7,5. Em geral, esses parâmetros de qualidade da água mantiveram-se entre intervalos considerados adequados para o cultivo de juvenis do *P. vannamei*.

Gráfico 1- Variações diárias de salinidade (g/L), temperatura (°C) e pH ao longo do período de cultivo. Cada valor representa a média de 80 leituras por dia.



Fonte: elaborado pelo Autor.

### 4.2 Desempenho zootécnico dos camarões

Após a determinação dos parâmetros de desempenho zootécnico e aplicação da Análise de Variância (ANOVA) comparando todos os tratamentos dietéticos entre si, foi possível observar que a sobrevivência ( $87,7 \pm 8,1\%$ ), produtividade final ( $583 \pm 64 \text{ g/m}^2$ ), consumo de ração aparente ( $\text{CRA} = 895 \pm 62 \text{ g de ração/tanque}$ ) e o fator de conversão alimentar ( $\text{FCA} = 1,52 \pm 0,17$ ) não variaram estatisticamente entre os grupos experimentais ( $p > 0,05$ ; Tabela 6). No entanto, o peso corporal final dos camarões foi afetado pela dieta.

Tabela 6 - Desempenho zootécnico do *P. vannamei* cultivado em tanques de 1m<sup>3</sup> mantidos em área aberta por 62 dias. Camarões de  $0,60 \pm 0,06$  g foram estocados em 80 tanques sob 61 animais/m<sup>2</sup> (62 camarões/tanque). Foram designados oito tanques de cultivo por tratamento dietético. Letras iguais nas colunas indicam diferença não significativas de acordo com o teste de Tukey HSD ( $p > 0,05$ ).

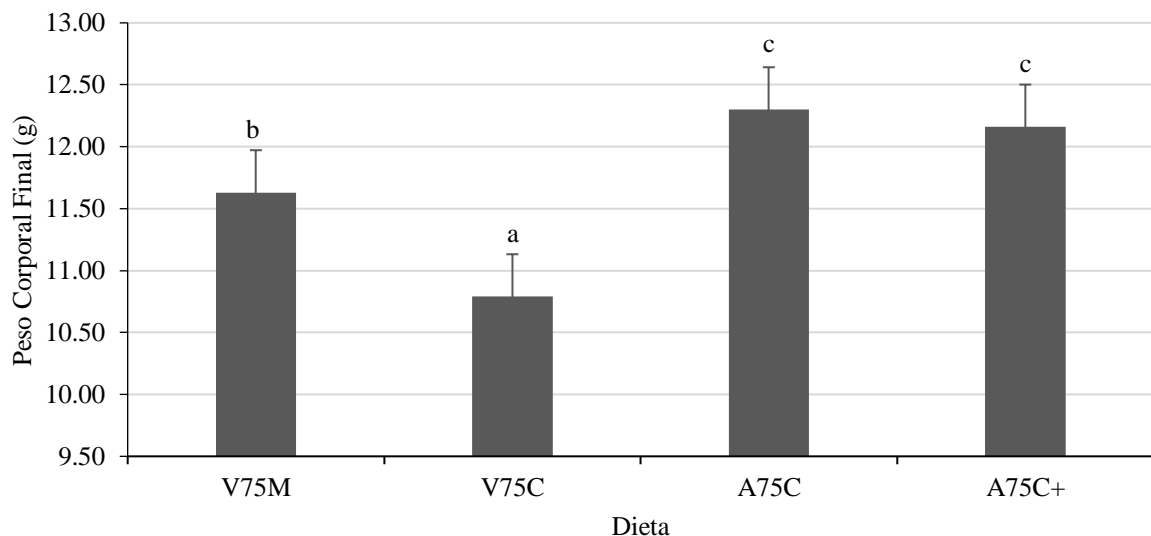
Dietas	Parâmetros de Desempenho Zootécnico				
	Peso Corporal Final (g)	Sobrevivência (%)	Produtividade Final (g/m <sup>2</sup> )	Consumo de ração aparente (g de ração/tanque)	FCA
Controle	10,74 ± 1,71 <sup>A</sup>	88,07 ± 8,50 <sup>A</sup>	536,92 ± 29,27 <sup>A</sup>	864,3 ± 54,49 <sup>A</sup>	1,58 ± 0,11 <sup>A</sup>
CP	11,38 ± 1,96 <sup>BCD</sup>	91,93 ± 6,29 <sup>A</sup>	599,46 ± 29,34 <sup>A</sup>	911,42 ± 49,46 <sup>A</sup>	1,50 ± 0,15 <sup>A</sup>
V50M	11,71 ± 1,91 <sup>BCD</sup>	86,87 ± 13,31 <sup>A</sup>	580,23 ± 116,19 <sup>A</sup>	918,82 ± 54,15 <sup>A</sup>	1,59 ± 0,24 <sup>A</sup>
V50C	11,96 ± 1,87 <sup>CDE</sup>	89,17 ± 6,82 <sup>A</sup>	612,04 ± 64,14 <sup>A</sup>	927,10 ± 62,48 <sup>A</sup>	1,50 ± 0,16 <sup>A</sup>
A50C	11,38 ± 1,96 <sup>B</sup>	91,93 ± 6,29 <sup>A</sup>	599,46 ± 29,34 <sup>A</sup>	911,42 ± 49,46 <sup>A</sup>	1,50 ± 0,15 <sup>A</sup>
A50C+	11,64 ± 2,05 <sup>BC</sup>	82,90 ± 10,37 <sup>A</sup>	551,3 ± 46,67 <sup>A</sup>	903,66 ± 79,46 <sup>A</sup>	1,62 ± 0,25 <sup>A</sup>
V75M	11,63 ± 1,95 <sup>BC</sup>	85,48 ± 4,27 <sup>A</sup>	568,77 ± 28,29 <sup>A</sup>	841,87 ± 58,82 <sup>A</sup>	1,46 ± 0,14 <sup>A</sup>
V75C	10,79 ± 1,95 <sup>A</sup>	92,34 ± 6,63 <sup>A</sup>	568,38 ± 84,27 <sup>A</sup>	877,99 ± 85,49 <sup>A</sup>	1,52 ± 0,11 <sup>A</sup>
A75C	12,30 ± 1,88 <sup>E</sup>	90,73 ± 8,26 <sup>A</sup>	635,45 ± 55,44 <sup>A</sup>	919,95 ± 43,40 <sup>A</sup>	1,43 ± 0,12 <sup>A</sup>
A75C+	12,16 ± 1,90 <sup>DE</sup>	84,56 ± 6,64 <sup>A</sup>	590,34 ± 66,05 <sup>A</sup>	871,41 ± 28,28 <sup>A</sup>	1,46 ± 0,18 <sup>A</sup>
Média ± dp	-	87.7 ± 8.1	583 ± 64	895 ± 62	1.52 ± 0.17
<i>P Two-Way ANOVA</i>	< 0,0001	0,642	0,464	0,153	0,636

Fonte: elaborada pelos Autor.

As dietas A75C e A75C+ com 3,75% FP e a dieta V50C com 7,50% FP, com suplementação de 1,50, 2,00, e 1,50% de EL e 0,51, 0,65 e 0,43% de EM, respectivamente, obtiveram camarões com peso corporal mais elevados ( $12,30 \pm 1,88$ ,  $12,16 \pm 1,90$  e  $11,96 \pm 1,87$  g,  $p < 0,05$ ). Por sua vez, os camarões alimentados com a dieta Controle e V75C, com 15,00 e 3,75% FP, 0,00 e 1,00% EL e 0,00 e 0,51% EM, respectivamente, apresentaram um peso corporal mais baixo,  $10,74 \pm 0,94$  g e  $10,79 \pm 1,95$  (Tabela 4), respectivamente ( $p < 0,05$ ).

Quando as dietas com 75% de substituição da FP por proteína animal (A75C e A75C+) foram comparadas com as dietas proteicas vegetais (V75M e V75C), as primeiras apresentaram camarões um peso corporal mais elevado ( $12,30 \pm 1,88$  e  $12,16 \pm 1,90$  g) do que as últimas ( $11,63 \pm 1,95$  e  $10,79 \pm 1,95$  g, respectivamente). Isso demonstrou que as dietas proteicas animais proporcionaram um peso corporal mais elevado nos camarões para este nível de restrição da FP (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Comparação entre os valores médios ( $\pm$  erro padrão) do peso corporal final dos camarões alimentados com dietas proteicas animais (A) e vegetais (V) com 75% de substituição da FP. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre PCF segundo a teste Tukey HSD ( $p < 0,05$ ).



Fonte: elaborado pelo Autor.

### 4.3 Efeitos do extrato de levedura

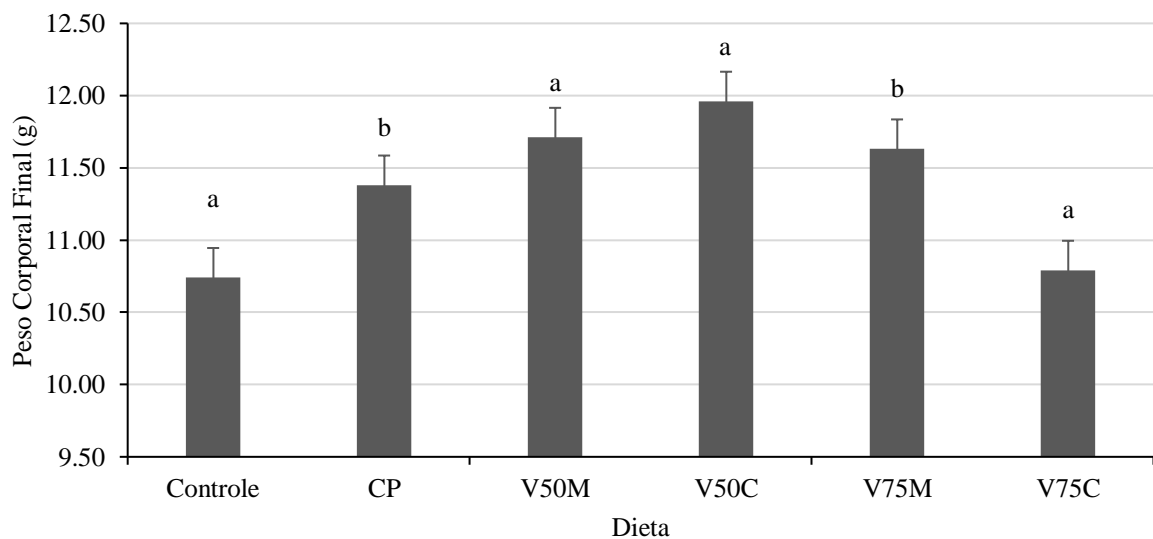
Para avaliar o efeito da suplementação dietética com EL, foram selecionados os tratamentos dietéticos com diferentes níveis de inclusão do extrato, mas com as mesmas quantidades de FP e EM. A dieta Controle foi incluída em todas as comparações. Desta forma, as comparações foram realizadas da seguinte maneira: (I) dieta Controle (0% EL) versus CP (0,25% de EL) a 15,00% de FP; (II) dietas Controle versus V50M (0% EL) e V50C (1,00% EL)



com 7,50% de FP e; (3) dietas Controle versus V75M (0% EL) e V75C (1,50% EL) com 3,75% de FP.

Os resultados indicaram que a suplementação dietética de EL isoladamente não teve efeito estatisticamente significativo sobre a sobrevivência final, FCA, peso corporal final e CAR do *P. vannamei* ( $p > 0,05$ ) quando os níveis individuais de FP são comparados, *i.e.*, 15,00, 7,50% e 3,75%. No entanto, o peso corporal dos camarões foi mais elevado quando o EL foi incluído em 0,25% em uma dieta contendo 15,00% de FP do que quando não foi realizada nenhuma suplementação com EL. Adicionalmente, não foi detectada diferença significativa no peso corporal dos camarões como resultado da suplementação com EL ao nível de 7,50% de FP. Por fim, uma redução foi observada com 3,75% de FP quando o EL foi incluído a 1,50% (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Comparações individuais do peso corporal final do camarão ( $\pm$  erro padrão) para determinar o efeito da suplementação dietética do extrato de levedura (EL) dentro do mesmo nível de inclusão de farinha de peixe e extrato de microalgas (EM). Dietas comparadas: Controle versus CP; V50M versus V50C; V75M versus V75C. Letras em comum indicam a ausência de diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) de acordo com o teste t de Student.



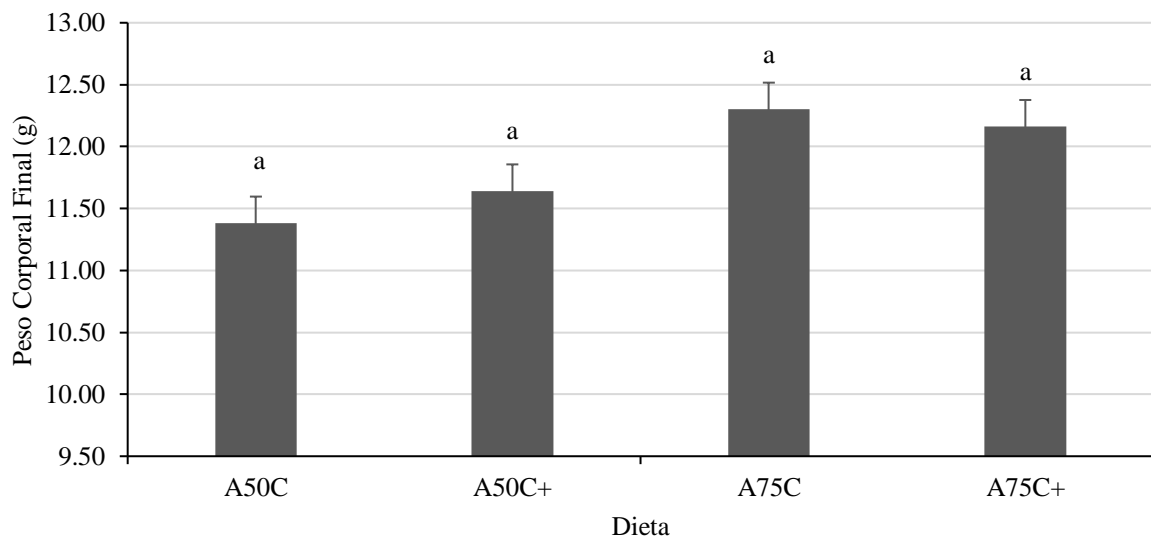
Fonte: elaborado pelo Autor.

#### 4.4 Efeitos da suplementação conjunta do extrato de levedura e extrato de microalga

A avaliação do efeito da suplementação conjunta com EL e EM em dietas contendo o mesmo nível de inclusão de FP sobre os parâmetros de desempenho zootécnico foi realizada por meio da comparação das seguintes dietas: (I) A50C (1,00% EL e 0,43% e EM) *versus* A50C+ (1,50% EL e 0,64% EM) com 7,50% de FP, e; (II) dietas A75C (1,50% EL e 0,51% EM) *versus* A75C+ (2,00% EL mais 0,65% EM) com 3,75% de FP.

Nas comparações I, II e III foi observado que a inclusão do EL e EM nas dietas não teve influência significativa sobre os parâmetros de desempenho zootécnico (sobrevivência, FCA, produtividade final, consumo aparente de ração e peso corporal final). Isso indica que a inclusão de 0,50% e 0,50% de EL e 0,21% e 0,14% de EM em dietas contendo proteína animal com 50% e 75% de restrição de FP, respectivamente, não foi efetiva na melhoria do desempenho zootécnico do *P. vannamei* (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Peso corporal final ( $\pm$  erro padrão) do *P. vannamei* alimentado com dietas à base de proteína animal contendo 7,50% (A50C *versus* A50C+) e 3,75% (dietas A75C *versus* A75C+) com suplementação combinada de extrato de levedura e extrato de microalga. Letras em comum indica a ausência de diferença estatisticamente significativa de acordo com o teste t de Student ( $p > 0,05$ ).



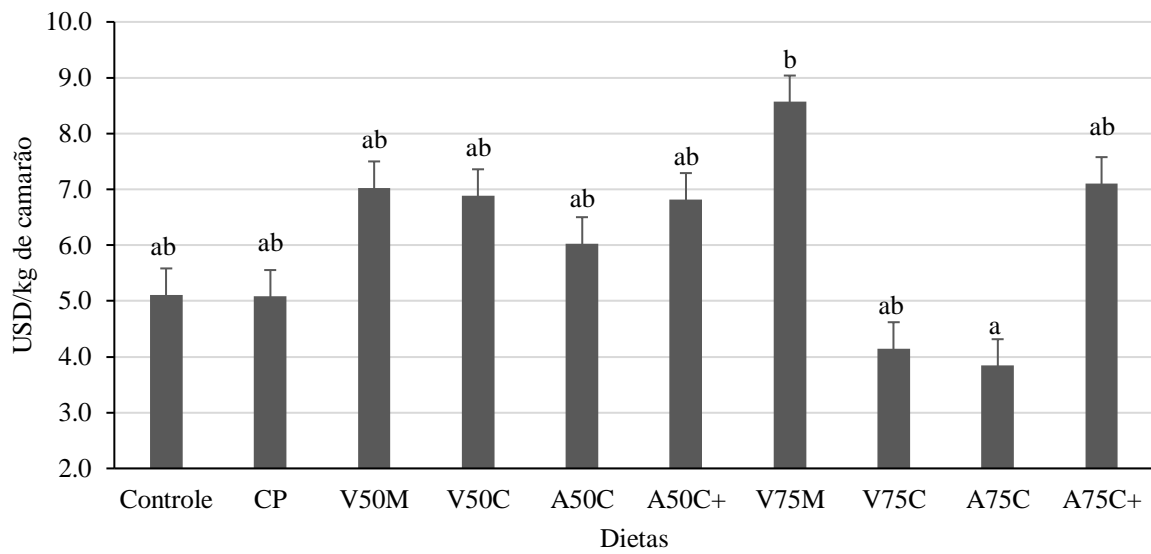
Fonte: elaborado pelo Autor.

#### 4.5 Análise econômica das rações

Ao analisar os resultados do teste ANOVA, foi possível identificar que os custos de produção foram influenciados significativamente pelas diferentes dietas ( $p < 0,05$ ). O menor

custo de produção foi observado na dieta A75C ( $3,85 \pm 0,33$  USD/kg de camarão) e o menor no tratamento V75M ( $8,6 \pm 6,14$  USD/kg de camarão); as demais dietas igualharam-se (Gráfico 5). Portanto, a dieta com 3,75% FP e suplementada com 1,50% EL e 0,51% EM foi a que apresentou o menor custo para produzir uma grama de camarão, enquanto que a dieta com 7,50% FP, 0% EL e 0,51% EM foi a que custou mais.

Gráfico 5 - Custos médios de produção ( $\pm$  erro padrão) das diferentes dietas utilizadas no experimento. Letras em comum indica a ausência de diferença estatisticamente significativa de acordo com o teste t de Student ( $p > 0,05$ ).



Fonte: elaborado pelo Autor.

## 5 DISCUSSÃO

No presente estudo, a substituição da proteína foi realizada mediante um aumento nas inclusões do Farelo de Soja (FS) e (ou) Farinha de Aves e Sangue (FAS). Suas proporções e inclusões em cada dieta foram definidas tendo como base um maior uso de proteínas vegetais ou animais. Somado a isso, os extratos de levedura (EL) e de microalga (EM) foram incluídos, como fonte de aminoácidos (AAEs) e ácidos graxos essenciais, Cu, Zn, Mn (entre outros minerais), para suprir as demandas nutricionais causadas pela redução de farinha de peixe.

A avaliação dos resultados revelou que o peso corporal final foi significativamente influenciado pela dieta. Dentre os dez tratamentos, três destacaram-se pelo maior peso corporal final dos camarões alcançado ao término do estudo: A75C (3,75% FP, 1,50% EL e 0,51 EM), A75C+ (3,75% FP, 2,00% EL e 0,65 EM) e V50C (7,50% FP, 1,00% EL e 0,43 EM). Isso demonstra que a substituição da FP por FS e FAS aliada a suplementação com EL e EM permitiu a substituição de até 75% da FP presente na dieta controle e também resultou em um aumento no peso corporal final do *P. vannamei*, sugerindo que a combinação desses ingredientes foi capaz de suprir as demandas nutricionais por AAEs e AGPs-CL n-3 geradas pela remoção da FP e ainda trazer benefícios ao crescimento dos camarões.

A literatura mostra que, devido as suas deficiências ou excesso de um ou mais AAEs e menor digestibilidade, o FS e a FAS, sozinhos, são capazes de substituir a FP apenas parcialmente (DAVIS; ARNOLD 2000; TOKO; FIOGBE; KESTEMONT, 2008; FASAKIN *et al.*, 2005). Portanto, para que tal substituição seja possível, um ajuste no perfil de aminoácidos foi realizado em todas as dietas, para que a exigência desses nutrientes fosse atendida. Assim, o EL foi utilizado como ingrediente funcional, e pode ter contribuído para o aumento do consumo de ração e digestibilidade dos nutrientes. Segundo Castro *et al.* (2018), o ProSaf<sup>632®</sup> (extrato de leveduras utilizado neste experimento) é um alimento funcional, com alto teor de proteínas (> 63%), constituído principalmente por aminoácidos essenciais altamente digeríveis e peptídeos de baixo peso molecular. Além disso, é rico em ácidos glutâmicos, ácidos nucleicos e vitaminas do complexo B. Finalmente, sua adição em rações dos animais mostrou melhorar a palatabilidade e digestibilidade das proteínas. Em seu estudo Fronh *et al.* (2023) utilizaram o mesmo extrato de levedura para suplementar dietas com redução da FP. Três dietas foram formuladas: a dieta controle, com 19% de FP e outras duas compostas por 17% de proteína de animais processados, sendo uma delas suplementada com 3% de extrato de levedura. As rações foram utilizadas para alimentar juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) em dois testes, um de digestibilidade e outro de crescimento, com 4 e 12 semanas de duração, respectivamente.

Ao final do experimento, os autores concluíram que a suplementação com o extrato de levedura levou a um aumento no significativo peso corporal, igualando com a dieta controle e; também foi observado uma melhora discreta na digestibilidade. Esses resultados corroboram com os encontrados neste experimento. Em um estudo semelhante, Zhang *et al.* (2019) utilizaram rações suplementadas com um extrato da levedura *S. cerevisiae* para alimentar 432 caranguejos chineses (*Eriocheir sinensis*) durante 8 semanas. As dietas foram suplementadas em 0,25, 0,50 e 1,00%. O desempenho zootécnico, a composição corporal, a imunidade e a atividade antioxidante foram avaliadas. Os autores observaram que, a suplementação com extrato de levedura na dieta melhorou o índice de vísceras comestíveis e o teor de proteína bruta das vísceras comestíveis, melhorou a imunidade, e também aumentou a atividade antioxidante das vísceras comestíveis e do músculo dos caranguejos chineses; especialmente quando suplementado a 0,50 %.

Por sua vez, as microalgas são organismos unicelulares que podem produzir altas concentrações de AGPs-CL n-3, como o EPA e o DHA e apresentam grande potencial para fornecer uma fonte renovável desses ácidos graxos (MILLER; NICHOLS; CARTER, 2007). Contudo, o extrato de microalga espécie utilizado neste experimento aportou apenas DHA as dietas. Os resultados deste estudo indicaram o EM é uma fonte de DHA capaz de atender os requerimentos nutricionais dos camarões de maneira eficaz e trazer benefícios ao crescimento. Em um trabalho semelhante com duração de 12 semanas, Kumar *et al.* (2018), avaliou cinco dietas, duas com óleo de peixe (5% OP e 8% OP) e outras três com uma mistura de óleo de peixe, óleo vegetal (OV) e farinha da microalga [FM] *Schizochytrium.sp* (4% OP + 2% OV + 28,8% FM; 2% OP + 2% OV + 58,7% FM; 0% OP + 20% OV + 88,5% FM). As rações foram utilizadas para alimentar juvenis de *P. vannamei* durante 12 semanas. Os autores concluíram que, a farinha de microalga pode substituir o OP em até 75% e desempenhar um papel importante como fonte de ácidos graxos essenciais em dietas de camarão sem comprometer o crescimento e a saúde. Os resultados encontrados neste experimento estão de acordo com a hipótese levantada.

Apesar da retirada da FP gerar um requerimento por EPA e DHA, apenas o último foi suplementado com a inclusão do EM, tornando o EPA um nutriente limitante nas dietas. Contudo, não houve redução no desempenho zootécnico nos camarões alimentados com as dietas suplementadas em relação a Controle. É possível que, apesar da redução em quantidade, o EPA ainda tenha ficado dentro das quantidades requeridas pelos *P. vannamei*. Devido a capacidade limitada do *P. vannamei* para sintetizar os AGPs-CL n-3, principalmente em alta salinidade, a inclusão de fontes ricas em EPA e DHA deve ser considerada essencial (KAYAMA

*et al.*, 1980; GONZÁLEZ-FÉLIX *et al.*, 2002; GONZÁLEZ-FÉLIX *et al.*, 2010). González-Félix *et al.* (2002), avaliaram em seu estudo o requerimento de juvenis de *P. vannamei* por AGPs essenciais. Para isso, nove rações foram formuladas e separadas em 3 grupos baseados no nível dietético dos lipídios (3, 6 e 9%); dentro de cada grupo haviam 3 rações com inclusões crescentes (0,5, 1 e 2%) de uma mistura de AGPs-CL n-3. Ao final do experimento, os autores concluíram que a exigência por AGPs-CL n-3 dos camarões foi satisfeita quando foram fornecidas a 0,5% da dieta; e que este nível dietético pode até ser ainda menor. Em um outro estudo, González-Félix *et al.* (2003), realizaram um teste para avaliar o valor nutricional dos AGPs n-3 e n-6 de cadeia curta, como o linoleico (LOA) e linolênico (LNA), e de cadeia longa (AGPs-CL), como o araquidônico (ARA), EPA e DHA para juvenis do *P. vannamei*. As dietas possuíam 5% da sua composição composta por lipídios. A dieta controle foi formulada para conter 2,5% de ácido palmítico e esteárico e outras cinco com adição de 0,5% de LOA, LNA, ARA EPA e DHA. Por fim, em uma dieta adicional foi suplementada com 0,5% de uma combinação de todos AGPs-CL. Foi observado pelos autores que os AGPs-CL possuíam maior valor nutricional, pois a sua suplementação gerou camarões com maior peso final, ganho de peso e lipídios totais no músculo. Neste experimento, os níveis de AGPs-CL (EPA, DHA e ARA) das dietas utilizadas variaram entre 0,4 – 0,5%. Isso explicaria o maior peso corporal final nos camarões alimentados com as rações suplementadas, como foi observado, ainda que a suplementação com o EM tenha aportado somente DHA.

No presente estudo, os resultados demonstraram que todas as dietas suplementadas com o EL e o EM (separadamente, ou em conjunto) resultaram em um peso corporal final dos camarões acima do observado na Controle, com exceção da V75C+, com o mesmo desempenho. Porém uma análise mais aprofundada é necessária para que se possa haver uma melhor compreensão sobre a suplementação com os extratos, os seus efeitos e os melhores níveis de inclusão. A avaliação do efeito da suplementação com o EL foi realizada por meio da comparação feita em pares (Controle *versus* CP, V50M *versus* V50C e V75M *versus* V75C). Os resultados indicaram que a suplementação com 0,25% de EL em rações contendo 15% de FP gerou um aumento no peso corporal final. O crescimento melhorado desempenho observado no presente estudo pode ser atribuído aos nutrientes valiosos no extrato de levedura, como proteínas, carboidratos, vitaminas e ácidos nucleicos, que podem ter desempenhado papéis nutricionais importantes na melhoria do crescimento do camarão (WANG *et al.*, 2009; YE *et al.*, 2010); pois os dados sugerem um aumento no valor de CRA e redução do FCA nos camarões alimentados com a dieta suplementada. Jin *et al.* (2018) realizou um teste com duração de 8 semanas para avaliar os efeitos da suplementação com um hidrolisado de levedura e levedura

de cerveja no crescimento, expressão de genes relacionados ao sistema imunológico e na resistência ao estresse de nitrogênio amônico de 360 juvenis do camarão branco do Pacífico (*Penaeus vannamei*). Foram utilizadas três dietas práticas isonitrogenadas e isolipídicas, formuladas para conter 0% (dieta controle), 1% de hidrolisado de levedura e 1% de levedura de cerveja. Ao final do experimento, os autores observaram que a suplementação dietética com o hidrolisado de levedura a 1% ou com a levedura de cerveja pode melhorar o crescimento, aumentar a imunidade inata e fortalecer a resistência ao estresse de nitrogênio amoniacal; além disso, a suplementação dietética de hidrolisado de levedura a 1% fornece melhores efeitos imunoestimulantes ao *P. vannamei* do que a levedura de cerveja. Esses resultados corroboram com o maior peso corporal final observados nos camarões alimentados com a dieta contendo 0,25% de EL ( $11,38 \pm 1,96\text{g}$ ) em comparação com a Controle ( $10,74 \pm 1,71\text{g}$ ); e com o maior consumo de ração aparente e menor fator de conversão alimentar como os dados sugerem, apesar de não haver uma diferença significativa entre os dois tratamentos.

Em dietas proteicas vegetais com 7,5% de FP (V50M versus V50C), a inclusão de 1,00% de EL não teve efeito sobre os parâmetros de desempenho zootécnico. Porém, os resultados sugeriram que inclusão do extrato levou a um aumento do peso corporal final, CRA e PF, porém reduziu o FCA. Adicionalmente, a 3,75% de FP, a inclusão de 1,50% de EL resultou numa notável redução do peso corporal final; em índices de melhora na SV, CRA e PF, e na redução do FCA (apesar de não haver diferenças significativas entre os tratamentos). É possível que, em níveis superiores a 1,50% a suplementação com o EL atinja o seu nível máximo de eficiência e comece a causar efeitos deletérios aos camarões. Alguns estudos relataram que a suplementação com o extrato de levedura a 1% pode melhorar o desempenho de crescimento e a utilização da ração, no entanto, com a suplementação adicional de levedura nas dietas, desempenho de crescimento e utilização de ração não melhoraram significativamente, mesmo reduzido (JIN et al., 2018). Segundo Burrells *et al.* (2001), níveis excessivos de levedura podem levar à superestimulação da imunidade e à supressão do crescimento em peixes. Os resultados deste experimento estão de acordo com o que foi observado por Yuan *et al.* (2017), que avaliaram os efeitos da substituição da farinha de peixe na dieta por um extrato hidrolisado de levedura no desempenho zootécnico de juvenis de carpa Jian (*Cyprinus carpio var. Jian*). Para isso, cinco dietas foram formuladas: a controle (0% de extrato de hidrolisado de levedura) e mais quatro em que a farinha de peixe foi gradativamente substituída por 1, 3, 5 e 7%. Ao final do estudo, foi observado que o crescimento máximo foi atingido a 3% de suplementação e, além desse nível, ele foi reduzido. Em um estudo semelhante a este, Zheng et al. (2021), avaliaram os efeitos da levedura e do extrato de levedura no desempenho do zootécnico,

capacidade antioxidante e microbiota intestinal do *P. vannamei*. Cinco dietas suplementadas com 0% (Controle), 3% de levedura de cerveja, 0,5% de extrato de levedura, 1% de extrato de levedura e 2% de extrato de levedura, respectivamente. Arações foram utilizadas para alimentar 30 juvenis de *L. vannamei*, estocando em tanques em um sistema de água corrente durante oito semanas. Os autores concluíram que a suplementação dietética com 2,0% de extrato de levedura aumentou significativamente o desempenho de crescimento e a capacidade antioxidante do camarão, também aumentou a diversidade microbiana e a estrutura da microbiota no intestino de *P. vannamei*. Esses resultados foram de encontro aos observados neste estudo, em que a suplementação com o EL primeiro gerou um aumento, depois ausência de diferença significativa e depois redução do peso corporal final. Essas contradições podem ocorrer principalmente devido às espécies de animais aquáticos utilizadas no cultivo, estágio de vida, fontes ou espécies de levedura, níveis de suplementação e ingredientes dietéticos, e.g., ingredientes fermentados, e outros nutrientes, e.g., vitamina C (JIN *et al.*, 2018).

Adicionalmente, os dados sugeriram que em todas as comparações, a suplementação com 0,25, 1,00 e 1,50% EL, respectivamente, causou um aumento na sobrevivência. É possível que o extrato de levedura fortaleça o sistema imune dos camarões, tornando-os menos suscetíveis à morte. De fato, estudos anteriores mencionam que produtos à base de leveduras podem melhorar o desempenho do crescimento e o sistema imunológico dos animais (ZHANG *et al.*, 2012). Yuan *et al.* (2017) conduziu um estudo com duração de 10 semanas para avaliar o crescimento e o sistema imune de juvenis da carpa Jian (*Cyprinus carpio* var. Jian) alimentados com rações onde a FP foi substituída em 0,1,3,5 e 7% por levedura hidrolisada. Os autores concluíram que a substituição da FM pela levedura hidrolisada pode melhorar o desempenho do crescimento, aumentar a imunidade inata em peixes. Esses resultados coincidem com a discreta melhora na sobrevivência das dietas suplementadas com o EL De acordo com o que foi exposto e baseando-se nos resultados deste experimento, pode-se afirmar que: para as dietas contendo 15% FP, a melhor inclusão de EL foi a de 0,25% e; para as dietas proteicas vegetais, a melhor inclusão foi 1,50% EL e 0,51% EM em uma dieta contendo 3,75% FP.

A suplementação conjunta dos EL e EM foi avaliada de forma semelhante, em pares. Os resultados das comparações mostraram que a inclusão de 0,50% de EL e 0,21% de EM numa dieta contendo 7,5% de FP e, de 0,50% de EL e 0,14% de EM em dietas com 3,75% de FP não teve influência sobre os parâmetros de desempenho zootécnico. Entretanto, para as rações com 7,5% os resultados sugeriram um aumento no peso corporal final e uma redução nos parâmetros de sobrevivência, produtividade final e consumo de ração aparente, e aumento



do fator de conversão alimentar. A 3,75% de FP, os dados sugeriram uma redução em todos os parâmetros de desempenho zootécnico, exceto no fator de conversão alimentar, que foi igual. As dietas A50C+ e A75C+ foram suplementadas com 1,50 - 2,00 EL e 0,64 - 0,65% EM, os maiores valores de inclusão dos extratos; é possível que em ambos a suplementação tenha sido excessiva, gerando efeitos adversos no desempenho dos camarões. Além disso, os menores valores de CRA e maiores de FCA sugerido pelos resultados observados indicam uma possível redução da atratabilidade e/ou palatabilidade dessa ração, ocasionando um menor aproveitamento dos nutrientes presentes na mesma e uma possível redução no peso corporal final. A literatura ainda não dispõe de trabalhos que abordem a suplementação com extrato de levedura e de microalga em conjunto. Portanto, as considerações feitas neste trabalho foram baseadas na literatura acerca da inclusão individual desses ingredientes.

Com relação a suplementação com o EL, os resultados deste experimento assemelham-se aos observados por Ma *et al.* (2019), que testaram cinco dietas, sendo duas controle baseadas em uma fórmula comercial foram com níveis altos (27%) e baixos (22%) de FP, respectivamente e mais três com fórmula igual a segunda, mas com suplementação de 0,5, 1 e 1,5% de EL, para alimentar camarões marinhos *P. vannamei* com peso inicial de  $(0,30 \pm 0,02\text{g})$ , estocados em tanques de concreto (30 camarões/tanque) em um sistema a céu aberto durante oito semanas. Os resultados do estudo mostraram a taxa de crescimento específico da dieta com menor nível de FP e suplementadas com 1,5% de EL ( $6,38 \pm 0,11\%$ ) não diferiu da Controle ( $6,43 \pm 0,05\%$ ). Contudo, os resultados observados neste estudo foram diferentes daqueles encontrados com por Xiong *et al.* (2018). Os autores formularam quatro dietas isonitrogenadas e isolipídicas para conter 0, 1, 3 e 5% de extrato comercial levedura rica em nucleotídeos, para avaliar o crescimento de 480 *P. vannamei* (peso inicial  $1,86 \pm 0,02\text{g}$ ), divididos em quatro grupos com 4 tanques cada (30 animais/tanque). O teste foi realizado em triplicata, num sistema coberto e com água corrente; a duração foi de 8 semanas. Ao final do experimento, os resultados indicaram que os camarões alimentados com a dieta contendo 5% de levedura rica em nucleotídeos tiveram ganho de peso e taxa de crescimento específico ( $514,11 \pm 28,25\%$ ;  $3,13 \pm 0,08\%$ ) significativamente maiores do que aqueles alimentados com a dieta controle ( $402,01 \pm 12,97\%$ ;  $2,78 \pm 0,05$ ).

Diferente do que foi observado neste experimento, muitos estudos observaram que a suplementação de DHA da farinha de microalgas para substituir o óleo de peixe resultou em melhor sobrevivência e crescimento de alguns organismos, como a dourada (ATALAH *et al.*, 2007) e o camarão branco (GONZÁLEZ-FÉLIX *et al.*, 2009). Porém, os resultados estão de acordo com Wang *et al.* (2017) que avaliaram os efeitos da substituição do OP da dieta por

farinha de *Schizochytrium* em larvas de camarão do branco do Pacífico, *P. vannamei*. Para isso, seis microdietas foram formuladas usando farinha de *Schizochytrium* para substituir 0, 25, 50, 75, 100 ou 150% do DHA proveniente do OP. Ao final do experimento, não foram observadas diferenças significativas na sobrevivência, crescimento, comprimento corporal final e atividades de enzimas digestivas entre os camarões alimentados com diferentes dietas. Porém outros trabalhos demonstram resultados conflitantes com esses. Sprague *et al.* (2015) descobriram que o salmão do Atlântico alimentado com a dieta de 11% de farinha de algas exibiu uma taxa de crescimento significativamente menor do que ambos os tratamentos com OP. Atalah *et al.* (2007) e Ganuza *et al.* (2008) também encontraram menor sobrevivência e crescimento, quando a substituição do OP por farinha de algas em dietas para larvas de dourada. O menor crescimento dos animais aquáticos pode estar relacionado ao desequilíbrio de ácidos graxos e uma menor digestibilidade que pode prejudicar o crescimento e desenvolvimento dos animais (COUTINHO *et al.*, 2006; JAIME-CEBALLOS *et al.*, 2006). Para as dietas proteicas animais, o crescimento máximo dos animais foi atingido com a suplementação de 1,50% EL e 0,51 EM em uma ração contendo 3,75% FP, sendo essas as melhores inclusões.

Em dietas com 75% de substituição da FP, os resultados mostraram diferenças significativas entre as dietas das duas estratégias de substituição: A75C e A75C+ versus V75M e V75C. Isso indica que, para este nível de substituição, as rações a base de proteínas animais obtiveram uma melhor performance. Nos tratamentos V75M e V75C, 50% da proteína dietética é oriunda de ingredientes vegetais (44% de FS e 6% de SPC), por sua vez em A75C e A75C+, esse valor é 35%. O resultado observado pode ser uma consequência da presença dos fatores antinutricionais presentes nos ingredientes vegetais, causando uma redução, na atratabilidade, palatabilidade e digestibilidade nas dietas. Segundo Davis e Arnold (2000), o uso de proteínas vegetais é limitado devido a uma variedade de fatores, incluindo deficiência ou desequilíbrio de AAEs, presença de fatores antinutricionais (FAs) ou toxinas e redução da palatabilidade. Além disso, a sensibilidade dos camarões aos FAs, como inibidores de tripsina, taninos, ácido fítico, saponinas e lectinas (HU *et al.*, 2019; TAHER *et al.*, 2017) presentes em dietas com altos níveis de FS podem resultar em baixa digestibilidade de proteínas, lipídios e energia, levando a uma diminuição nos parâmetros de crescimento (OLLI; KROGDAHL; VÅBENØ, 1995; VAN DEN INGH; OLLI; KROGDAHL, 1996; YUE *et al.*, 2012).

Finalmente, com relação aos custos de produção, notou-se que, utilizar uma dieta mais barata não significa necessariamente um menor custo no fim do cultivo. Enquanto a dieta com maior custo de produção, V75M, é 3,6% mais barata que a Controle, a dieta com menor custo, A75C, é 4,2% mais cara. Além disso, a duas dietas com os custos de produção mais

baixos, A75C e V75M, possuem 3,75% FP, 1,50% EL e 0,51% EM, o que indica que a suplementação com os extratos a esse nível pode melhorar a produtividade dos cultivos. Porém, ao analisar todas as dietas, é possível notar que a adição isolada de EL levou a uma redução do custo de produção (mesmo que discreta), enquanto as dietas que tiveram a inclusão de ambos os extratos apresentaram comportamento oposto. Além disso, a dieta V75M, que possui 0% EL, e 0,51% EM, apresentou o maior custo de produção. Portanto, é possível que os nutrientes presentes no EL (minerais, vitaminas do complexo B e aminoácidos) permitam a redução dos custos de produção ao ponto de compensar os gastos adicionais na formulação da dieta. Como citado anteriormente, extrato de levedura apresenta em sua composição 64% de proteínas com alta proporção de aminoácidos essenciais e 4% de RNA, minerais (como sódio, 12,28 g/kg; e potássio, 91,48 g/kg; base de peso seco), e vitaminas do complexo B (como ácido nicotínico, 0,77 g/kg; e piridoxina, 0,55 g/kg; base de peso seco) (VIEIRA *et al.*, 2016). Em um estudo realizado com camarão, Liu *et al.* (2014) relataram que a inclusão de potássio na dieta aumentou a taxa de eficiência proteica comparado ao grupo controle. Adicionalmente, Wang *et al.* (2009) observaram que a piridoxina pode melhorar a taxa de utilização de proteínas do caranguejo chinês. Jin *et al.* (2015) relataram que a inclusão de lisina na dieta de siris resultou em um maior teor de proteína bruta em todo o corpo do que os alimentados com a dieta controle. Além disso, a suplementação com o EL é capaz de melhorar a imunidade de peixes, camarões e caranguejos, aumentando a sobrevivência e melhorando os resultados do cultivo (YUAN *et al.*, 2017; JIN *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2019). Por fim, os resultados deste estudo estão de acordo com os observados neste estudo, onde a suplementação com o extrato resultou numa melhor performance de crescimento e imunidade; gerando um menor custo de produção.

## 6 CONCLUSÃO

O presente estudo realizado com juvenis de *P. vannamei* pode chegar às seguintes conclusões: 1. É possível realizar a redução de 75% da farinha de peixe e 50% do óleo de peixe nas dietas sem alteração significativa dos resultados zootécnicos, ajustando-se devidamente os requerimentos nutricionais nas formulações e utilizando como fonte proteica o farelo de soja, farinha de aves e sangue e concentrado proteico de soja, como fonte de lipídeos e ácidos graxos o óleo de soja, lecitina de soja e farinha de microalga rica em DHA, além da suplementação dos aminoácidos lisina e metionina na forma sintética e dos microminerais zinco, manganês, cobre e selênio na forma orgânica; 2. Com exceção da dieta V75C, a suplementação com o EL e o EM (separadamente, ou não) é eficaz em suprir as demandas nutricionais por aminoácidos e ácidos graxos essenciais geradas pela eliminação da farinha e do óleo de peixe; 3. Com 15,00% de farinha de peixe, o extrato de levedura é capaz de aumentar o peso corporal final do camarão quando suplementado a 0,25%; 4. Em dietas à base de proteína vegetal contendo 7,5 ou 3,75% de farinha de peixe, não há indicação de que o extrato de levedura seja capaz de melhorar o desempenho zootécnico do camarão, independentemente do nível de suplementação adotado; 5. Em dietas à base de proteína animal com 7,5 e 3,75% de FP, a suplementação conjunta com EL e EM não exerce influência significativa sobre os parâmetros de crescimento dos camarões; 6. A suplementação com EL é capaz de reduzir os custos de produção. 7. A dieta A75C com 3,75% FP, 1,50% EL e 0,51% EM apresentou o menor valor de custo de produção, e a V75M, com 3,75%FP, 0% EL e 0,51% EM apresentou o custo mais alto. 8. Finalmente, conclui-se que o EM e o EL trazem benefícios ao peso corporal final dos camarões cultivados e são suplementos dietéticos promissores para a inclusão em rações para organismos aquáticos, porém investigações futuras são necessárias para definir os melhores níveis de inclusão.

## REFERÊNCIAS

- ABASUBONG, Kenneth Prudence *et al.* Fishmeal replacement by rice protein concentrate with xylooligosaccharides supplement benefits the growth performance, antioxidant capability and immune responses against *Aeromonas hydrophila* in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 78, p. 177-186, 2018.
- ABDEL-TAWWAB, Mohsen; ABDEL-RAHMAN, Azza M.; ISMAEL, Nahla EM. Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for Fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. **Aquaculture**, v. 280, n. 1-4, p. 185-189, 2008
- AKSNES, A. *et al.* Influence of fish meal quality and feed pellet on growth, feed efficiency and muscle composition in gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v. 153, n. 3-4, p. 251-261, 1997.
- ALBREKTSSEN, Sissel; MUNDHEIM, Harald; AKSNES, Anders. Growth, feed efficiency, digestibility and nutrient distribution in Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed two different fish meal qualities at three dietary levels of vegetable protein sources. **Aquaculture**, v. 261, n. 2, p. 626-640, 2006.
- ATALAH, E. *et al.* Two microalgae *Cryptocodinium cohnii* and *Phaeodactylum tricornerutum* as alternative source of essential fatty acids in starter feeds for seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v. 270, n. 1-4, p. 178-185, 2007.
- BANDARA, Tharindu. Alternative feed ingredients in aquaculture: Opportunities and challenges. **J. Entomol. Zool. Stud**, v. 6, n. 2, p. 3087-3094, 2018.
- BANK, Michael S.; DUARTE, Carlos M.; SONNE, Christian. Intergovernmental Panel on Blue Foods in Support of Sustainable Development and Nutritional Security. **Environmental Science & Technology**, v. 56, n. 9, p. 5302-5305, 2022.
- BARANGE, Manuel; PERRY, R. Ian. Physical and ecological impacts of climate change relevant to marine and inland capture fisheries and aquaculture. **Climate change implications for fisheries and aquaculture**, v. 7, 2009.
- BEN-TUVIA, Adam. Biological characteristics of middle-sized pelagic fishes. **Scientia Marina (España)**, 1995.
- BÓRQUEZ, A. S. *et al.* Status of and trends in the use of small pelagic fish species for reduction fisheries and for human consumption in Chile. **Fish as feed inputs for aquaculture**, p. 289, 2009.
- BRANDÃO, Carolina da Silva. Perspectivas do desenvolvimento da piscicultura no Brasil: um enfoque na produção de tilápias nos últimos dez anos. 2018.
- BRANSDEN, Matthew P.; CARTER, Chris G.; NICHOLS, Peter D. Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 135, n. 4, p. 611-625, 2003.
- BUREAU, Dominique P. Rendered products in fish aquaculture feeds. **Essential rendering. National Renderers Association, Alexandria, Virginia, USA**, p. 179-184, 2006.

- BUREAU, Dominique P.; GIBSON, Jennifer; EL-MOWAFI, Adel. Use of animal fats in aquaculture feeds. **Avances en Nutrición Acuicola**, 2002.
- BURRELLS, C. *et al.* Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds: 2. Effects on vaccination, salt water transfer, growth rates and physiology of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, v. 199, n. 1-2, p. 171-184, 2001.
- CARTER, C. G. *et al.* Potential of thraustochytrids to partially replace fish oil in Atlantic salmon feeds. **Marine Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 480-492, 2003.
- CASTRO, Otávio Serino *et al.* **The use of permium yeast extract Prosaf® in reduced fishmeal diets for the white-leg shrimp (*L. vannamei*)**. Natal, RN. 22 dez. 2018. Apresentação do PowerPoint. 35 slides, color. Disponível: <https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2018/11/5-THE-USE-OF-PREMIUM-YEAST-EXTRACT-PROSAF-IN-REDUCED-FISHMEAL-DIETS-FOR-THE-WHITE-LEG-SHRIMP-L.-vannamei-Otavio-Castro.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2022.
- COHEN, Zvi; RATLEDGE, Colin. Single cell oils: microbial and algal oils. **AOCS Publishing**, 2005.
- COUTINHO, Paula *et al.* Use of biomass of the marine microalga *Isochrysis galbana* in the nutrition of goldfish (*Carassius auratus*) larvae as source of protein and vitamins. **Aquaculture Research**, v. 37, n. 8, p. 793-798, 2006.
- CRUZ-SUÁREZ, Lucia Elizabeth *et al.* Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. **Aquaculture**, v. 292, n. 1-2, p. 87-94, 2009.
- CUMMINS, Vaun C. *et al.* Replacement of fish meal with soybean meal, alone or in combination with distiller's dried grains with solubles in practical diets for pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, grown in a clear-water culture system. **Journal of the world aquaculture society**, v. 44, n. 6, p. 775-785, 2013.
- DAVIS, D. Allen; ARNOLD, C. R. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 185, n. 3-4, p. 291-298, 2000.
- DAVIS, Dillon *et al.* Life cycle assessment of heterotrophic algae omega-3. **Algal Research**, v. 60, p. 102494, 2021.
- DE CARVALHO, Rodrigo APLF *et al.* Apparent digestibility of protein, energy and amino acids of six protein sources included at three levels in diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in high performance conditions. **Aquaculture**, v. 465, p. 223-234, 2016.
- DENG, Deng *et al.* Effects of a yeast-based additive on growth and immune responses of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (B oone, 1931), and aquaculture environment. **Aquaculture Research**, v. 44, n. 9, p. 1348-1357, 2013.
- DEUTSCH, Lisa *et al.* Feeding aquaculture growth through globalization: Exploitation of marine ecosystems for fishmeal. **Global Environmental Change**, v. 17, n. 2, p. 238-249, 2007.
- DING, Zhili *et al.* An evaluation of replacing fish meal with fermented soybean meal in the diet of *Macrobrachium nipponense*: Growth, nonspecific immunity, and resistance to *Aeromonas hydrophila*. **Fish & shellfish immunology**, v. 44, n. 1, p. 295-301, 2015.

D'MELLO, J. P. F. A study of the amino acid composition of methane utilizing bacteria. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 35, n. 1, p. 145-148, 1972.

EMERY, James A. *et al.* Viability of tallow inclusion in Atlantic salmon diet, as assessed by an on-farm grow out trial. **Aquaculture**, v. 451, p. 289-297, 2016.

FAO, 2008. **FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit.** Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Aquaculture production: quantities 1950–2006, Aquaculture production: values 1984–2006; Capture production: 1950–2006; Commodities production and trade: 1950–2006; Vers. 2.30.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. The state of world fisheries and aquaculture 2022. **Sustain. Action**, 2022.

FAO., FIDA., UNICEF., PAM., & OMS. (2022). **O Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo 2022.** Redefinir políticas alimentares e agrícolas para tornar as dietas saudáveis mais acessíveis. <https://doi.org/10.4060/cc0639en>

FASAKIN, E. A.; SERWATA, R. D.; DAVIES, S. J. Comparative utilization of rendered animal derived products with or without composite mixture of soybean meal in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis mossambicus*) diets. **Aquaculture**, v. 249, n. 1-4, p. 329-338, 2005.

FOUNTOULAKI, E. *et al.* Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile: Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. **Aquaculture**, v. 289, n. 3-4, p. 317-326, 2009

FRIESEN, Erin *et al.* Evaluation of poultry fat and blends of poultry fat with cold-pressed flaxseed oil as supplemental dietary lipid sources for juvenile sablefish (*Anoplopoma fimbria*). **Aquaculture Research**, v. 44, n. 2, p. 300-316, 2013.

FROHN, Laura *et al.* Yeast extract improves growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a fishmeal-free diet and modulates the hepatic and distal intestine transcriptomic profile. **bioRxiv**, p. 2023.02. 23.529675, 2023.

GAMBOA-DELGADO, Julián *et al.* Nutritional contribution of torula yeast and fish meal to the growth of shrimp *Litopenaeus vannamei* as indicated by natural nitrogen stable isotopes. **Aquaculture**, v. 453, p. 116-121, 2016.

GANUZA, E. *et al.* *Cryptocodium cohnii* and *Schizochytrium sp.* as potential substitutes to fisheries-derived oils from seabream (*Sparus aurata*) microdiets. **Aquaculture**, v. 277, n. 1-2, p. 109-116, 2008.

GANUZA, E.; ANDERSON, A. J.; RATLEDGE, C. High-cell-density cultivation of *Schizochytrium sp.* in an ammonium/pH-auxostat fed-batch system. **Biotechnology letters**, v. 30, n. 9, p. 1559-1564, 2008.

GATESOUBE, F. J. Live yeasts in the gut: natural occurrence, dietary introduction, and their effects on fish health and development. **Aquaculture**, v. 267, n. 1-4, p. 20-30, 2007.

GAUSE, Brian R.; TRUSHENSKI, Jesse T. Sparing fish oil with beef tallow in feeds for rainbow trout: effects of inclusion rates and finishing on production performance and tissue fatty acid composition. **North American Journal of Aquaculture**, v. 75, n. 4, p. 495-511, 2013.

- GAYLORD, T. Gibson; RAWLES, Steven D. The modification of poultry by-product meal for use in hybrid striped bass *Morone chrysops* × *M. saxatilis* diets. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 36, n. 3, p. 363-374, 2005.
- GLENCROSS, Brett *et al.* Harvesting the benefits of nutritional research to address global challenges in the 21st century. **Journal of the World Aquaculture Society**, 2023.
- GLENCROSS, Brett D. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. **Reviews in Aquaculture**, v. 1, n. 2, p. 71-124, 2009.
- GLENCROSS, Brett D.; BOOTH, Michael; ALLAN, Geoff L. A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture nutrition**, v. 13, n. 1, p. 17-34, 2007.
- GLENCROSS, Brett D.; HUYBEN, David; SCHRAMA, Johan W. The application of single-cell ingredients in aquaculture feeds—a review. **Fishes**, v. 5, n. 3, p. 22, 2020.
- GLENCROSS, Brett *et al.* Critical variability exists in the digestible value of raw materials fed to black tiger shrimp, *Penaeus monodon*: The characterisation and digestibility assessment of a series of research and commercial raw materials. **Aquaculture**, v. 495, p. 214-221, 2018.
- GONZÁLEZ-FÉLIX, Mayra L. *et al.* Effect of dietary phospholipid on essential fatty acid requirements and tissue lipid composition of *Litopenaeus vannamei* juveniles. **Aquaculture**, v. 207, n. 1-2, p. 151-167, 2002.
- GONZÁLEZ-FÉLIX, Mayra L. *et al.* Effect of various dietary levels of docosahexaenoic and arachidonic acids and different n-3/n-6 ratios on biological performance of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, raised in low salinity. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 40, n. 2, p. 194-206, 2009.
- GONZÁLEZ-FÉLIX, Mayra L. *et al.* Replacement of fish oil in plant based diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 309, n. 1-4, p. 152-158, 2010.
- GUEDES, A. Catarina; MALCATA, F. Xavier. Nutritional value and uses of microalgae in aquaculture. **Aquaculture**, v. 10, n. 1516, p. 59-78, 2012.
- GUO, Jingping *et al.* Use of high-protein brewer's yeast products in practical diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 25, n. 3, p. 680-690, 2019.
- HATJE, Vanessa *et al.* Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 14, n. 3, p. 365-383, 2014.
- HODAR, A. R. *et al.* Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: A review. **J. Exp. Zool. India**, v. 23, n. 1, p. 13-21, 2020.
- HU, Xi *et al.* Effects of fructooligosaccharide on growth, immunity and intestinal microbiota of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed diets with fish meal partially replaced by soybean meal. **Aquaculture Nutrition**, v. 25, n. 1, p. 194-204, 2019.
- IZQUIERDO, M. S. *et al.* Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. **Aquaculture**, v. 250, n. 1-2, p. 431-444, 2005.



- JAIME-CEBALLOS, Barbarito J. *et al.* Substitution of *Chaetoceros muelleri* by *Spirulina platensis* meal in diets for *Litopenaeus schmitti* larvae. **Aquaculture**, v. 260, n. 1-4, p. 215-220, 2006.
- JANNATHULLA, Rajabdeen *et al.* Effect of protein solubility of soybean meal on growth, digestibility and nutrient utilization in *Penaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v. 25, n. 5, p. 1693-1706, 2017.
- JANNATHULLA, Rajabdeen *et al.* Fishmeal availability in the scenarios of climate change: Inevitability of fishmeal replacement in aquafeeds and approaches for the utilization of plant protein sources. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 12, p. 3493-3506, 2019.
- JIN, Min *et al.* Dietary lysine requirement of juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus*. **Aquaculture**, v. 448, p. 1-7, 2015.
- JIN, Min *et al.* Dietary yeast hydrolysate and brewer's yeast supplementation could enhance growth performance, innate immunity capacity and ammonia nitrogen stress resistance ability of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Fish & shellfish immunology**, v. 82, p. 121-129, 2018.
- JU, Z. Y.; FORSTER, I. P.; DOMINY, W. G. Effects of supplementing two species of marine algae or their fractions to a formulated diet on growth, survival and composition of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 292, n. 3-4, p. 237-243, 2009.
- KAUSHIK, Sadasivam J.; LUQUET, Pierre. Influence of bacterial protein incorporation and of sulphur amino acid supplementation to such diets on growth of rainbow trout, *Salmo gairdnerii* Richardson. **Aquaculture**, v. 19, n. 2, p. 163-175, 1980
- Kayama, M., Hirata, M., Kanazawa, A., Tokiwa, S., Saito, M., 1980. Essential fatty acids in the diet of prawn-III. Lipid metabolism and fatty acid composition. **Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.** 46, 483-488.
- KROGDAHL, Åshild *et al.* Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent findings regarding responses in salmonids. **Aquaculture research**, v. 41, n. 3, p. 333-344, 2010.
- KUMAR, V, Habte-Tsion, H-M, Allen, KM, *et al.* Replacement of fish oil with *Schizochytrium* meal and its impacts on the growth and lipid metabolism of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**. 2018; 24: 1769- 1781.
- LEMONS, D.; LAWRENCE, A. L.; SICCARDI III, A. J. Prediction of apparent protein digestibility of ingredients and diets by in vitro pH-stat degree of protein hydrolysis with species-specific enzymes for juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 295, n. 1-2, p. 89-98, 2009.
- LEWIS, Tom E.; NICHOLS, Peter D.; MCMEEKIN, Thomas A. The biotechnological potential of thraustochytrids. **Marine Biotechnology**, v. 1, n. 6, p. 580-587, 1999.
- LI, Peng; GATLIN III, Delbert M. Dietary brewers yeast and the prebiotic Grobionic™ AE influence growth performance, immune responses and resistance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) to *Streptococcus iniae* infection. **Aquaculture**, v. 231, n. 1-4, p. 445-456, 2004.
- LIU, Hongyu *et al.* Effect of dietary potassium on growth, nitrogen metabolism, osmoregulation and immunity of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared in low salinity seawater. **Journal of Ocean University of China**, v. 13, p. 311-320, 2014.

- LOBO, Aaron Savio *et al.* Commercializing bycatch can push a fishery beyond economic extinction. **Conservation Letters**, v. 3, n. 4, p. 277-285, 2010.
- LUNGER, Angela N.; CRAIG, S. R.; MCLEAN, E. Replacement of fish meal in cobia (*Rachycentron canadum*) diets using an organically certified protein. **Aquaculture**, v. 257, n. 1-4, p. 393-399, 2006.
- LUZIER, J. M.; SUMMERFELT, R. C.; KETOLA, H. G. Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) 1. **Aquaculture Research**, v. 26, n. 8, p. 577-587, 1995.
- MA, Shuoli *et al.* Supplementation of yeast extract to practical diet improves the growth, anti-oxidative capacity and intestinal morphology of shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Ocean University of China**, v. 18, p. 933-938, 2019.
- MATTY, A. J.; SMITH, P. Evaluation of a yeast, a bacterium and an alga as a protein source for rainbow trout: I. Effect of protein level on growth, gross conversion efficiency and protein conversion efficiency. **Aquaculture**, v. 14, n. 3, p. 235-246, 1978.
- MEANTE, Raica Esteves Xavier; DA COSTA DÓRIA, Carolina Rodrigues. Caracterização da cadeia produtiva da piscicultura no estado de Rondônia: desenvolvimento e fatores limitantes. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 9, n. 4, p. 164-181, 2017.
- MEEKER, David L. North American Rendering: processing high quality protein and fats for feed. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 432-440, 2009.
- MILLER, Matthew R.; NICHOLS, Peter D.; CARTER, Chris G. Replacement of fish oil with thraustochytrid *Schizochytrium sp.* L oil in Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L) diets. **Comparative biochemistry and physiology part A: Molecular & integrative physiology**, v. 148, n. 2, p. 382-392, 2007.
- MOURENTE, Gabriel; BELL, J. Gordon. Partial replacement of dietary fish oil with blends of vegetable oils (rapeseed, linseed and palm oils) in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) over a long term growth study: effects on muscle and liver fatty acid composition and effectiveness of a fish oil finishing diet. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 145, n. 3-4, p. 389-399, 2006.
- MUZINIC, Laura A. *et al.* Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and brewer's grains with yeast in practical diets for Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. **Aquaculture**, v. 230, n. 1-4, p. 359-376, 2004.
- OLIVA-TELES, Aires; ENES, Paula; PERES, Helena. Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. **Feed and feeding practices in aquaculture**, p. 203-233, 2015.
- OLIVA-TELES, Aires; GONÇALVES, Paula. Partial replacement of fishmeal by brewers yeast (*Saccaromyces cerevisiae*) in diets for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**, v. 202, n. 3-4, p. 269-278, 2001.
- OLLI, J.J., KROGDAHL, Å. and VÅBENØ, A. (1995), Dehulled solvent-extracted soybean meal as a protein source in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar* L.. **Aquaculture Research**, 26: 167-174.

- OLVERA-NOVOA, Miguel A.; OLIVERA-CASTILLO, Leticia; MARTÍNEZ-PALACIOS, Carlos A. Sunflower seed meal as a protein source in diets for *Tilapia rendalli* (Boulanger, 1896) fingerlings. **Aquaculture research**, v. 33, n. 3, p. 223-229, 2002.
- OSWALD, Adissin TO *et al.* Nutritional evaluation of *Nannochloropsis* powder and lipid as alternative to fish oil for kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. **Aquaculture**, v. 504, p. 427-436, 2019.
- PATNAIK, S. *et al.* The use of HUFA-rich algal meals in diets for *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, n. 5, p. 395-401, 2006.
- PETROPOULOS, G. *et al.* A review of Ts/VI remote sensing based methods for the retrieval of land surface energy fluxes and soil surface moisture. **Progress in Physical Geography**, v. 33, n. 2, p. 224-250, 2009.
- PHILEO-LESAFFRE. **Prosaf® Phileo by Lesaffre**, 2023. Página Inicial. Disponível em: <<https://phileo-lesaffre.com/pt-br/prosaf/>>. Acesso em: 14 abr. 2023.
- PRATOOMYOT, Jarunan *et al.* Comparison of effects of vegetable oils blended with southern hemisphere fish oil and decontaminated northern hemisphere fish oil on growth performance, composition and gene expression in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). **Aquaculture**, v. 280, n. 1-4, p. 170-178, 2008.
- QIU, X.; DAVIS, D. A. Evaluation of flash dried yeast as a nutritional supplement in plant-based practical diets for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 6, p. 1244-1253, 2017.
- REYES-SOSA, Carlos F.; CASTELLANOS-MOLINA, Rutilo. Nutritional evaluation of gizzard erosion positive brown fish meal in starter diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 138, n. 1-4, p. 323-329, 1995.
- RIBEIRO, F. B.; LANNA E. A. T.; BOMFIM M. A. D.; DONZELE J. L.; QUADROS M. & CUNHA P. S. True and apparent digestibility of protein and amino acids of feed in Nile tilapia. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 40, p. 939-946, 2011.
- SAMOCHA, Tzachi M. *et al.* Use of commercial fermentation products as a highly unsaturated fatty acid source in practical diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 7, p. 961-967, 2010.
- SOARES, Deborah Rodrigues Pedrosa. Substituição de farinha de peixe por farelo de soja para juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). 2014.
- SOOKYING, Daranee *et al.* Effects of stocking density on the performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured under pond and outdoor tank conditions using a high soybean meal diet. **Aquaculture**, v. 319, n. 1-2, p. 232-239, 2011.
- SOOKYING, Daranee; DAVIS, D. Allen. Pond production of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed high levels of soybean meal in various combinations. **Aquaculture**, v. 319, n. 1-2, p. 141-149, 2011.
- SPRAGUE, Matthew *et al.* Replacement of fish oil with a DHA-rich algal meal derived from *Schizochytrium* sp. on the fatty acid and persistent organic pollutant levels in diets and flesh of Atlantic salmon (*Salmo salar; L.*) post-smolts. **Food chemistry**, v. 185, p. 413-421, 2015.

- SUBASINGHE, Rohana P. *et al.* Farming the waters for people and food. In: **Proceedings of the global conference on Aquaculture**. Bangkok, Thailand: FAO/NACA (Publishers), 2010. p. 896.
- TACON, Albert GJ *et al.* **Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.
- TACON, Albert GJ; HASAN, Mohammad R.; METIAN, Marc. Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects. **FAO Fisheries and Aquaculture technical paper**, n. 564, p. I, 2011.
- TACON, Albert GJ; METIAN, Marc. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, n. 1-4, p. 146-158, 2008.
- TAHER, Sofea *et al.* Assessing the feasibility of dietary soybean meal replacement for fishmeal to the swimming crab, *Portunus pelagicus*, juveniles. **Aquaculture**, v. 469, p. 88-94, 2017.
- TAKAGI, Shusaku *et al.* Replacement of fish meal by combined inclusion of alternative protein sources in a diet for yearling red sea bream, *Pagrus major*. **Aquaculture Science**, v. 48, n. 3, p. 545-552, 2000.
- TAKII, Kenji *et al.* Preliminary assessment of dietary yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, protein for red sea bream. **Aquaculture Science**, v. 47, n. 1, p. 71-76, 1999.
- TIBBETTS, Sean Michael. The potential for ‘next-generation’, microalgae-based feed ingredients for salmonid aquaculture in context of the blue revolution. **Microalgal biotechnology**, v. 151, 2018.
- TOKO, Ibrahim Imorou; FIOGBE, Emile D.; KESTEMONT, Patrick. Mineral status of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing graded levels of soybean or cottonseed meals. **Aquaculture**, v. 275, n. 1-4, p. 298-305, 2008.
- TORSTENSEN, B. E.; FRØYLAND, L.; LIE, Ø. Replacing dietary fish oil with increasing levels of rapeseed oil and olive oil—effects on Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) tissue and lipoprotein lipid composition and lipogenic enzyme activities. **Aquaculture nutrition**, v. 10, n. 3, p. 175-192, 2004.
- TRUSHENSKI, Jesse *et al.* Effect of replacing dietary fish oil with soybean oil on production performance and fillet lipid and fatty acid composition of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, n. 2, p. e437-e447, 2011.
- TURCHINI, G. M. *et al.* Seven fish oil substitutes over a rainbow trout grow-out cycle: I) Effects on performance and fatty acid metabolism. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, p. 82-94, 2013.
- TURCHINI, Giovanni M.; TORSTENSEN, Bente E.; NG, Wing-Keong. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Reviews in aquaculture**, v. 1, n. 1, p. 10-57, 2009.
- VAN DEN INGH, TSGAM; OLLI, J. J.; KROGDAHL, Å. Alcohol-soluble components in soybeans cause morphological changes in the distal intestine of Atlantic salmon, *Salmo salar L.* **Journal of Fish Diseases**, v. 19, n. 1, p. 47-53, 1996.

- VENKATESWARLU, V.; SHEHATAJ, S. Use of Beneficial Microbes (Probiotics) in Aquaculture. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)**, v. 7, n. 9, p. 392-400, 2019.
- VERGARA, H.; GALLEGO, L. Effect of type of suckling and length of lactation period on carcass and meat quality in intensive lamb production systems. **Meat Science**, v. 53, n. 3, p. 211-215, 1999.
- VIDAL, Maria de Fátima. **Carcinicultura**. 2022.
- VIEIRA, Elsa F. *et al.* Nutritive value, antioxidant activity and phenolic compounds profile of brewer's spent yeast extract. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 52, p. 44-51, 2016.
- VIEIRA, Carolina Cavalcanti Fernandes *et al.* Apparent digestibility of protein and essential aminoacids from commonly used feed ingredients in Brazil for juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 51, 2022.
- WANG, Y. *et al.* Dietary vitamin B6 requirement of juvenile Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. **Journal of East China Normal University**, v. 6, p. 47-55, 2009.
- WANG, Y. *et al.* Replacement of fish oil with a DHA-rich Schizochytrium meal on growth performance, activities of digestive enzyme and fatty acid profile of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 5, p. 1113-1120, 2017.
- XIONG, J. *et al.* Dietary nucleotide-rich yeast supplementation improves growth, innate immunity and intestinal morphology of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, v. 24, n. 5, p. 1425-1435, 2018.
- XU, Li *et al.* Effects of dietary yeast nucleotides on growth, non-specific immunity, intestine growth and intestinal microbiota of juvenile hybrid tilapia *Oreochromis niloticus*♀ × *Oreochromis aureus*♂. **Animal Nutrition**, v. 1, n. 3, p. 244-251, 2015.
- YORK, Richard; GOSSARD, Marcia Hill. Cross-national meat and fish consumption: exploring the effects of modernization and ecological context. **Ecological economics**, v. 48, n. 3, p. 293-302, 2004.
- YUAN, Xiang-Yang *et al.* Effects of partial replacement of fish meal by yeast hydrolysate on complement system and stress resistance in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Fish e Shellfish Immunology**, v. 67, p. 312-321, 2017.
- YE, JinYun *et al.* Lysine, methionine and arginine requirements of juvenile Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). **Journal of Fisheries of China**, v. 34, n. 10, p. 1541-1548, 2010.
- YUE, Yi-Rong *et al.* Effects of replacing fish meal with soybean meal and peanut meal on growth, feed utilization and haemolymph indexes for juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei*, B oone. **Aquaculture research**, v. 43, n. 11, p. 1687-1696, 2012.
- ZERAI, Desale B. *et al.* Evaluation of brewer's waste as partial replacement of fish meal protein in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, diets. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 39, n. 4, p. 556-564, 2008.
- ZHANG, Ruiqiang *et al.* Effects of dietary yeast extract supplementation on growth, body composition, non-specific immunity, and antioxidant status of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). **Fish & shellfish immunology**, v. 86, p. 1019-1025, 2019.

ZHANG, Jian *et al.* Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth performance, gut morphology and stress tolerance of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Fish & shellfish immunology**, v. 33, n. 4, p. 1027-1032, 2012.

ZHAO, Libin *et al.* The effect of replacement of fish meal by yeast extract on the digestibility, growth and muscle composition of the shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 1, p. 311-320, 2017.

ZHENG, Lu *et al.* Effects of yeast and yeast extract on growth performance, antioxidant ability and intestinal microbiota of juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 530, p. 735941, 2021.