



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA**

REBECA LARANGEIRA DE LIMA

**USO DE DIETAS FERMENTADAS, USANDO O CONCEITO AQUAMIMICRY, NO
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E ECONÔMICO DE *Penaeus vannamei***

FORTALEZA

2022

REBECA LARANGEIRA DE LIMA

USO DE DIETAS FERMENTADAS, USANDO O CONCEITO AQUAMIMICRY, NO
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E ECONÔMICO DE *Penaeus vannamei*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pela autora

L732u Lima, Rebeca Larangeira de.

Uso de dietas fermentadas, usando o conceito Aquamimicry, no desempenho zootécnico e econômico de *Penaeus vannamei* / Rebeca Larangeira de Lima. – 2022.

87 f. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa.

1. Aquicultura. 2. Carcinicultura. 3. Alimentação. 4. Aquamimicry. I. Título

CDD 639.2

REBECA LARANGEIRA DE LIMA

USO DE DIETAS FERMENTADAS, USANDO O CONCEITO AQUAMIMICRY, NO
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E ECONÔMICO DE *Penaeus vannamei*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Aprovada em: 31/08/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Kelma Maria dos Santos Pires Cavalcante

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José William Alves da Silva

Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Antonio Glaydson Lima Moreira

Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Rommel Rocha de Sousa

Instituto Federal de Roraima (IFRR)

A Deus.

Aos meus pais, Francisco de Assis Lima (*in memoriam*) e Maria Lucila Larangeira de Lima.

Ao meu filho, Lucas Assis Larangeira Rodrigues.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir tudo que acontece em minha vida, coisas que me fazem crescer e melhorar, pelo seu imensurável amor por mim.

Aos meus pais Francisco de Assis Lima (*in memoriam*) e Maria Lucila Larangeira de Lima, que custearam meus estudos, que me fizeram ser quem sou hoje, ter o caráter, personalidade e senso de justiça que tenho.

Ao Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa, por ter me recebido de braços abertos, ter me aceitado como aluna no momento de maior necessidade durante meu doutorado. Agradeço pela atenção e dedicação, além dos ensinamentos repassados.

Aos professores participantes da banca examinadora pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos meus amigos Nayagra Vidal e Jefferson Oliveira, em quem confio e conto nos momentos de tribulações, por sempre me lembrarem do meu potencial, por me fazerem acreditar na minha capacidade.

A minha amiga Jessica Lucinda Saldanha, por seu companheirismo, por me incentivar a não desistir, por todas as ajudas, inclusive nas análises, dadas ao longo do meu doutorado. Agradeço à Deus pois sei que você é um anjo que Ele enviou para mim.

A minha amiga Kelma Pires, que me incentivou a persistir e seguir com o doutorado, me acalmando nos momentos de dificuldade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.

“A um coração grato Deus dá tudo” (Ana
Clara Rocha).

RESUMO

Atualmente, metade do pescado consumido mundialmente provém da aquicultura, uma vez que a pesca se encontra praticamente estagnada. Este setor está crescendo e tende a continuar em ascensão, uma vez que o pescado é um alimento de interesse, apresenta valor nutricional diferenciado, tendo em sua composição quantidades relevantes de proteínas, vitaminas e minerais. Além disso, exibem ácidos graxos poli-insaturados, que estão relacionados a efeitos benéficos na saúde humana, estimulando ainda mais a ingestão desse alimento. A aquicultura brasileira é descrita por ser constituída em sua maior parte pela piscicultura, sendo a tilápia a principal espécie, e pela maricultura, em que o cultivo do *Penaeus vannamei* é o destaque. Em se tratando da carcinicultura, o Ceará é responsável por quase metade da produção nacional. Na aquicultura, de maneira geral, um dos maiores gastos é com a ração ofertada aos organismos cultivados. Dessa maneira, ultimamente, tem-se buscado alternativas para diminuir essa despesa dos cultivos, como exemplo, a substituição de parte da ração. Uma alternativa adotada em alguns países no cultivo de camarões é o protocolo denominado Aquamimicry. Nele, é estimulado o crescimento do alimento natural para os camarões além de relatos de possíveis efeitos benéficos ao estado geral do animal. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico do *P. vannamei*, utilizando o protocolo Aquamimicry e realizando a substituição parcial/total da ração comercial pela ração fermentada, constituída por farelo de soja fermentada e farelo de trigo (70/30), e a substituição total da ração por uma ração formulada. O experimento foi realizado na Fazenda Nordeste Aquicultura e Piscicultura S/A, localizada em Limoeiro do Norte, Ceará. Os camarões da dieta controle apresentaram melhores valores de crescimento semanal, produção, sobrevivência e Fator de conversão Alimentar (FCA) que os dos tratamentos. A substituição de 50% da ração, T-01, resultou em uma mesma produtividade e peso médio final que o controle. O processo de fermentação incrementou em cerca de 10% o teor proteico das dietas dos tratamentos. Os parâmetros de qualidade de água não diferiram entre o controle e os tratamentos. As dietas fermentadas mesmo apresentando valores inferiores a ração comercial, causaram prejuízos em T-02 e T-03. T-01 apresentou lucro, porém inferior ao controle. Nas projeções de tempo de retorno de investimento T-01 apresentou 7,2 anos e controle 3,8 anos. Esse tempo foi inferior, de 3,3 anos para T-01 e 2,5 anos em outro cenário, utilizando valores atuais de venda do camarão. Embora o presente trabalho não tenha obtido resultados tão promissores quanto os esperados com a substituição da ração comercial pelas dietas fermentadas, utilizando o protocolo aquamimicry, os custos com a alimentação são os de

maior relevância nos cultivos e, com isso, é necessária a busca por fontes alternativas que diminuam esses custos.

Palavras-chave: aquicultura; carcinicultura; alimentação; aquamimicry.

ABSTRACT

Currently, half of the fish consumed worldwide comes from aquaculture, since fishing is practically stagnant. This sector is growing and tends to continue on the rise, since fish is a food of interest, has differentiated nutritional value, having in its composition relevant amounts of proteins, vitamins and minerals. In addition, they exhibit polyunsaturated fatty acids, which are related to beneficial effects on human health, further stimulating the intake of this food. Brazilian aquaculture is described for being constituted mostly by fish farming, with tilapia being the main species, and by mariculture, in which the cultivation of *Penaeus vannamei* is the highlight. When it comes to shrimp farming, Ceará is responsible for almost half of the national production. In aquaculture, in general, one of the biggest expenses is with the feed offered to the cultivated organisms. Thus, lately, alternatives have been sought to reduce this expense of crops, for example, the replacement of part of the feed. An alternative adopted in some countries in shrimp farming is the protocol called Aquamimicry. In it, the growth of natural food for shrimp is stimulated, in addition to reports of possible beneficial effects on the general condition of the animal. Thus, the objective of the present work was to evaluate the zootechnical performance of *P. vannamei*, using the Aquamimicry protocol and performing the partial/total replacement of commercial feed by fermented feed, consisting of fermented soybean meal and wheat bran (70/30), and the total replacement of the feed by a formulated feed. The experiment was carried out at Fazenda Nordeste Aquicultura e Piscicultura S/A, located in Limoeiro do Norte, Ceará. The shrimp in the control diet showed better values of weekly growth, production, survival and Feed Conversion Ratio (FCR) than those of the treatments. The replacement of 50% of the ration, T-01, resulted in the same productivity and final average weight as the control. The fermentation process increased the protein content of the treatment diets by about 10%. The water quality parameters did not differ between the control and the treatments. The fermented diets, even with lower values than commercial rations, caused losses in T-02 and T-03. T-01 showed a profit, but lower than the control. In the investment payback time projections T-01 presented 7.2 years and control 3.8 years. This time was shorter, 3.3 years for T-01 and 2.5 years in another scenario, using current shrimp sales values. Although the present work did not obtain results as promising as those expected with the replacement of commercial feed by fermented diets, using the aquamimicry protocol, feed costs are the most relevant in crops and, therefore, it is necessary to search for alternative sources that reduce these costs.

Keywords: aquaculture; shrimp farm; food; aquamimicry.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Produção do camarão *Penaeus vannamei* (toneladas) oriunda do Rio Grande do Norte e Ceará dos anos de 2015 a 2020..... 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção mundial oriunda da pesca e aquicultura e sua utilização, excluindo mamíferos aquáticos, crocodilos, jacarés e algas.....	19
Tabela 2 – Principais produtores mundiais.....	20
Tabela 3 – Estados produtores de peixe em ordem decrescente de produção e sua participação (%) na produção nacional de piscicultura para o ano de 2020..	22
Tabela 4 – Participação dos grupos de peixes na piscicultura nacional (%) e sua produção (mil toneladas) para o para o ano de 2020.....	23
Tabela 5 – Estados produtores de camarão em ordem decrescente de produção e sua participação (%) na produção nacional da carcinicultura para o ano de 2020.....	25
Tabela 6 – Valores de alguns dos principais constituintes utilizados no cultivo do <i>P. vannamei</i> durante o experimento de tese realizado na fazenda Nordeste Aquicultura e Piscicultura S/A.....	37
Tabela 7 – Ingredientes, formulação (%) e respectivos custos de cada um dos três tratamentos alimentares e controle, utilizados neste trabalho.....	41
Tabela 8 – Composição microbiana do probiótico comercial BM-PRO utilizado no processo de fermentação do farelo de arroz, farelo de soja/farelo de trigo e ração formulada.....	42
Tabela 9 – Desempenho zootécnico do <i>P. vannamei</i> , submetido aos três tratamentos alimentares e ao controle, realizados neste experimento.....	50
Tabela 10 – Composição centesimal do tratamento T-01 antes e depois do processo de fermentação.....	58
Tabela 11 – Composição centesimal do tratamento T-02 antes e depois do processo de fermentação.....	58
Tabela 12 – Composição centesimal do tratamento T-03 antes e depois do processo de fermentação.....	58
Tabela 13 – Composição centesimal do controle.....	59

Tabela 14 – Valores médios dos parâmetros de qualidade de água dos tratamentos e controle.....	64
Tabela 15 – Custo de implantação de uma fazenda destinada ao cultivo de camarões <i>P. vannamei</i> de uma fazenda aquícola.....	66
Tabela 16 – Custos fixos de produção mensal do <i>P. vannamei</i> de uma fazenda aquícola.	69
Tabela 17 – Dados utilizados na análise da sensibilidade econômica.....	71
Tabela 18 – Custos variáveis de produção mensal do <i>P. vannamei</i> de uma fazenda aquícola, utilizando ração como fonte única de alimentação (controle).....	72
Tabela 19 – Compilação dos custos variáveis do controle e tratamentos.....	73
Tabela 20 – Custos fixos, variáveis e totais mensais da produção de <i>P. vannamei</i> deste trabalho para controle e tratamentos.....	74
Tabela 21 – Variáveis econômicas do controle, T-01, T-02 e T-03.....	75
Tabela 22 – Projeções de custos, receitas e lucros mensais e anuais e payback.....	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivos específicos.....	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1	Aquicultura mundial e brasileira.....	17
3.2	<i>Penaeus vannamei</i>.....	26
3.3	Aquamimicry.....	30
3.4	Probióticos.....	32
3.5	Pandemia e seu impacto nos principais custos produtivos.....	36
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	40
4.1	Local do experimento.....	40
4.2	Delineamento experimental.....	40
4.3	Preparação dos viveiros.....	42
4.4	Preparação da dieta fermentada utilizada na alimentação.....	43
4.5	Análise do desempenho zootécnico.....	43
4.6	Análise da composição centesimal das dietas utilizadas.....	44
4.6.1	<i>Determinação da umidade</i>.....	45
4.6.2	<i>Determinação de proteínas</i>.....	45
4.6.3	<i>Determinação de lipídios</i>.....	46
4.6.4	<i>Determinação de cinzas</i>.....	47
4.6.5	<i>Determinação de carboidratos</i>.....	47
4.7	Variáveis de qualidade de água.....	48
4.8	Análise de sensibilidade econômica.....	48
4.9	Análise estatística.....	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
5.1	Análise do desempenho zootécnico.....	50
5.2	Análise da composição centesimal das dietas utilizadas.....	57
5.3	Variáveis de qualidade de água.....	63
5.4	Análise de sensibilidade econômica.....	66
6	CONCLUSÃO.....	78
	REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura mundial tem crescido nas últimas décadas, e, de certa forma, isso se deve ao fato do aumento da população mundial, atendendo, consequentemente, o incremento da demanda por mais alimento. Além disso, uma das maneiras de suprir a procura por pescado devido à estagnação da pesca mundial é o desenvolvimento do setor aquícola. Mundialmente, o setor contribuiu com mais de 55% do pescado que foi consumido em 2020, existindo uma forte tendência que continue a crescer por ser uma fonte importante para alimentação humana (ZHANG *et al.*, 2020; FAO, 2022).

O continente asiático tem dominado de forma expressiva a produção aquícola nas últimas décadas, respondendo por mais de 90% da produção mundial no ano de 2020, sendo a China o país de maior relevância nesta atividade. De acordo com os últimos dados compilados pela *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2022), a indústria aquícola foi responsável pela produção de mais 87,5 milhões de toneladas de pescado, não inclusos as algas, e, destas, 50 milhões foram oriundas da China, quase 57% do mundial, e neste ranking, o Brasil ocupou a décima terceira posição.

O Brasil apresenta características excepcionais para o avanço da aquicultura, como potencial hídrico, clima favorável, além de uma produção significativa de grãos necessários à fabricação de rações e um mercado consumidor que só tende a aumentar (BRABO *et al.*, 2016; VALENTI *et al.*, 2021). A aquicultura brasileira apresenta um crescimento contínuo, e, no ano de 2020, sua produção ultrapassou as 615 mil toneladas, sendo as atividades mais representativas, a piscicultura e a carcinicultura, e em menor importância, a malacocultura, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020).

O pescado se destaca nutricionalmente de outras fontes alimentares de origem animal, pois apresentam elevadas quantidades de vitaminas lipossolúveis A e D e minerais. Além disso, suas proteínas apresentam todos os aminoácidos essências que são requeridos pelos seres humanos (ZHANG *et al.*, 2020). Adicionalmente, algumas espécies são fontes de ácidos graxos poli-insaturados, como ácido eicosapentaenoico (EPA) e docosaeaxenoico (DHA), conhecidos popularmente por ômega 3. Estes lipídeos têm sido estudados e mostraram ser benéficos a saúde humana, como por exemplo reduzindo doenças cardiovasculares. Assim, devido a este valor nutricional diferenciado e melhorias para saúde humana, como redução do risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC), de depressão e do Mal de Alzheimer, quando a ingestão do pescado ocorre de uma a duas vezes por semana, o

interesse por este alimento tem se intensificado nos últimos anos (SARTORI; AMANCIO, 2012).

Essa maior demanda de pescado requisita uma maior produção, oriunda principalmente da aquicultura. Para obter essas produtividades mais levadas são utilizados sistemas de cultivos intensivos. Nestes tipos de cultivo, os animais são supridos nutricionalmente, quase que de forma exclusiva, por alimentos artificiais, ou seja, rações. Dessa forma, os custos com ração representam a maior parte das despesas no cultivo de organismos aquáticos (LI *et al.*, 2017).

A intensificação da aquicultura é limitada, isso se deve não só ao alto custo dos alimentos formulados, mas também pela sua má utilização, que causa deterioração do ambiente de cultivo, necessidade de aumentar as trocas de água, elevando, assim, os gastos. Sem contar que essa intensificação e maior demanda por água pode impactar o meio ambiente (CHAKRAVARTY; KUMAR; PRAKASH, 2018).

Assim, tem-se procurado novas fontes de ingredientes para a formulação de rações para a aquicultura. Com este intuito, representantes da aquicultura de cinco países, Argentina, Colômbia, Costa Rica, Guatemala e Paraguai, solicitaram auxílio à FAO para que conseguissem desenvolver rações aquícolas de baixo custo, tendo como base aqueles ingredientes disponíveis nas suas respectivas localidades. Os produtores conseguiram resultados animadores, com uma redução geral dos custos de produção de 15% a 65% fazendo o uso de fontes de nutrientes vegetais não tradicionais e de baixo custo. No Paraguai, o incremento no lucro foi de 35% em cultivos de pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fazendo a substituição parcial (50%) da ração. Na Colômbia, os aquicultores optaram por realizar a troca completa da ração, para a mesma espécie acima, visto que os animais exibiram crescimento semelhante tanto para o uso da ração comercial como para rações com ingredientes de origem vegetal (FAO, 2018).

Com intenção semelhante, acrescida da necessidade de resultar em menores desgastes ambientais, produtores do camarão branco do Pacífico, *Penaeus vannamei*, de alguns países, como a Tailândia, tem optado por utilizar um protocolo denominado Aquamimicry. Este método é baseado no uso de farelo de arroz fermentado, que é capaz de estimular a produção de alimento natural, combinado com o fornecimento da soja fermentada como alimento único para os camarões. Desse modo, ocorre a diminuição da taxa de conversão alimentar, resultando no aumento da lucratividade. Além do potencial efeito benéfico no estado geral do animal (ROMANO; KUMAR, 2017).

Diante do potencial aquícola brasileiro e disponibilidade de produção de vários produtos vegetais, faz-se necessário a busca por ingredientes que possam ser utilizados na aquicultura visando substituir parcial ou totalmente a tradicional ração, reduzindo as despesas de operação e, consequentemente, aumentando os lucros.

2 OBJETIVOS

O intuito da presente pesquisa foi avaliar o desempenho zootécnico e econômico do *Penaeus vannamei*, utilizando o protocolo Aquamimicry, em cultivo de caráter comercial, realizando a substituição parcial e total da ração comercial por uma ração fermentada, constituída de farelo de soja e farelo de trigo (70/30), e a substituição total da ração comercial por uma ração formulada.

2.1 Objetivos específicos

Avaliar a taxa de crescimento dos camarões cultivados nos três tratamentos e no controle.

Avaliar a conversão alimentar dos camarões cultivados nos três tratamentos e no controle.

Avaliar a taxa de sobrevivência dos camarões cultivados nos três tratamentos e no controle.

Avaliar a produtividade dos cultivos com as diferentes dietas realizada nos três tratamentos e no controle.

Avaliar a composição centesimal das dietas utilizadas: 100% farelo de soja/farelo de trigo (70/30); 50% farelo de soja/farelo de trigo (70/30) e 50% ração; 100% ração formulada e 100% ração comercial.

Avaliar a qualidade da água com a utilização de dietas fermentadas, usando protocolo Aquamimicry.

Avaliar a sensibilidade econômica do cultivo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aquicultura mundial e brasileira

A aquicultura é uma atividade milenar que se desenvolveu lentamente, por vezes através das tentativas e erros dos produtores, em suas curiosidades e necessidades, com base no conhecimento tradicional. Esta atividade pode ser definida de diversas maneiras, dentre estas, uma seria: como processo de produção de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais, se dá total ou parcialmente em meio aquático em ambientes confinados e controlados (FAO, 2020).

Ela é classificada de acordo com o tipo de organismo produzido, tendo os seguintes ramos: piscicultura (cultivo de peixes, como tilápia, carpa, truta, tambaqui), carcinicultura (cultivo de camarões), malacocultura (cultivo de moluscos), ostreicultura (ostras), mitilicultura (mexilhões), pectinicultura (vieiras), algicultura (algas) (VALENTI *et al.*, 2021).

A aquicultura é um ramo de produção de proteína animal que apresenta grande potencial de expansão, e, surge como uma alternativa para suprir a demanda de pescado da população que cresce a cada dia. A aquicultura tem como principal objetivo a produção de pescado de alto valor nutritivo para o consumo humano. Portanto, além de ser uma importante atividade econômica, que gera emprego e renda para milhões de pessoas, a aquicultura ainda tem relevante papel social por contribuir significativamente com a segurança alimentar das populações humanas ao redor do mundo (AHMED; AZRA, 2022).

A aquicultura emprega grande massa de trabalhadores de baixa escolaridade, a maioria de zonas rurais, inserindo no mercado de trabalho, dessa forma, considerável fatia da população mundial que anteriormente estava marginalizada. As práticas aquícolas, quando realizadas de acordo com orientações técnicas apropriadas, são ambientalmente corretas, impactando minimamente o meio ambiente em que se inserem. Portanto, a boa aquicultura apresenta sustentabilidade econômica, social e ambiental (SÁ, 2012).

De acordo com os últimos dados da FAO (2022), foram produzidos mundialmente, na pesca e aquicultura, 214 milhões de toneladas de pescados, compreendendo 178 milhões de toneladas de animais aquáticos e 36 milhões de toneladas de algas. Excluindo-se as algas, a produção oriunda unicamente da aquicultura foi de 87,5 milhões de toneladas, o que equivaleu a cerca de 49,2% da produção mundial. Essa produção corresponde ao recorde

produtivo aquícola já mencionado pela FAO. Já a produção resultante da pesca foi de 90,3 milhões de toneladas, cerca de 50% da produção mundial.

Vale ressaltar que, apesar da produção pesqueira ainda ser superior a aquícola, a tendência é que a aquicultura ultrapasse a pesca, uma vez que os volumes de captura têm se mantido estáveis (na casa de 90 milhões de toneladas) desde a década 80. Essa situação tem promovido um desenvolvimento acelerado da aquicultura, que desponta como a alternativa mais viável para aumentar a oferta de pescado nos próximos anos e, até mesmo, contribuir com a preservação de estoques pesqueiros (VALENTI *et al.*, 2021).

Dos quase 178 milhões de pescado, oriundos da pesca e aquicultura, aquilo que foi destinado para o consumo humano foi aproximadamente 157 milhões de toneladas, cerca de 89%. Sendo que, a maior parte foi resultante da aquicultura (87,5 milhões de toneladas), 56% do pescado consumido mundialmente. Esses valores realçam a representatividade da aquicultura mundial na produção do pescado com intuito de fornecimento para alimentação humana (FAO, 2022).

Este consumo significou uma oferta anual de 20,2 kg *per capita* (consumo aparente por cada indivíduo) no ano de 2020 (Tabela 1), inferior ao observado no ano anterior, que foi de 20,5 kg *per capita* (FAO, 2022). Essa menor oferta, decorrente de um crescimento limitado, foi causada principalmente pelo declínio de mais de 4% na produção pesqueira, devida à redução na captura de espécies pelágicas, em especial anchoveta e também os impactos da pandemia de Covid-19 em 2020 (AHMED; AZRA, 2022; AZRA *et al.*, 2021).

Pode-se observar (Tabela 1) que 20 milhões de toneladas tiveram como finalidade sua utilização para fins não alimentícios, como, na fabricação da farinha de peixe e óleo de peixe, ambos usados amplamente na fabricação de rações. Eles são os principais ingredientes presentes nas rações para aquicultura. A farinha apresenta proteína de alta qualidade, com um perfil de aminoácidos adequado além de boa digestibilidade. Já o óleo de peixe é fonte de ácidos graxos essenciais como o EPA e o DHA (TESSER *et al.*, 2019).

Pode-se observar (Tabela 1) um aumento da produção aquícola total nos últimos anos e acredita-se que continuará com uma tendência ascendente. No período de 2011 a 2018, apresentou uma taxa de crescimento médio de 4,6%, já de 2018 a 2019 exibiu um crescimento mais lento de 3,3% e 2,6 % para 2019-2020. Essa desaceleração no crescimento ocorreu devido a alguns fatores, como mudanças políticas na China, se voltando para maior proteção ao meio ambiente, além dos problemas relacionados ao Covid-19 que afetaram diminuindo a disponibilidade de trabalhadores, insumos, impactando a produção, além da interrupção do transporte e comercialização. Apesar destes contratemplos, ela é a atividade pecuária que mais

cresce no mundo. É importante citar que, embora a produção seja mundial, existe grande disparidade entre os países (AHMED; AZRA, 2022).

Tabela 1 – Produção mundial oriunda da pesca e aquicultura e sua utilização, excluindo mamíferos aquáticos, crocodilos, jacarés e algas

	Média por ano (milhões de toneladas)					
	1990	2000	2010	2018	2019	2020
Produção						
Captura	88,9	90,9	91,0	96,5	92,2	90,3
Aquicultura	21,8	43,4	71,5	82,5	85,2	87,5
Total	110,7	134,3	162,6	178,9	177,4	177,8
Utilização						
Consumo humano	81,6	109,3	143,2	156,8	158,1	157,4
Usos não alimentícios	29,1	25,0	19,3	22,2	19,3	20,4
População (bilhões)	5,7	6,5	7,3	7,6	7,7	7,8
Consumo <i>Per capita</i> (kg)	14,3	16,8	19,5	20,5	20,5	20,2

Fonte: FAO (2022).

Os principais países produtores aquícolas mundiais estão localizados no continente asiático. Nas últimas três décadas, o desenvolvimento da aquicultura ultrapassou o crescimento populacional, resultando em um aumento na produção per capita da maioria das regiões. Da produção mundial, a Ásia foi responsável por cerca de 91% da produção mundial. Dessa maneira, continuou como o continente de maior produção aquícola, posição que ocupa por mais de duas décadas consecutivas. O continente americano ocupou a segunda posição no ranking dos principais produtores, com 3,6% da produção mundial, seguido da Europa com uma contribuição de 2,7%. O continente africano e a Oceania são aqueles que apresentaram menores produções, sendo responsáveis por 1,9% e 0,2%, respectivamente (FAO, 2022).

Na Tabela 2 pode ser observado os principais produtores aquícolas mundiais em ordem decrescente de produção, expressa em milhões de toneladas, e seus respectivos continentes. O primeiro, a China, com a maior produção, e em décimo terceiro país no rol dos mais relevantes países produtores, o Brasil.

Tabela 2 – Principais produtores mundiais

País	Continente	Produção aquícola (milhões de toneladas)
China	Ásia	50,0
Índia	Ásia	9,0
Indonésia	Ásia	5,0
Vietnã	Ásia	4,6
Bangladesh	Ásia	2,6
Egito	África	1,6
Noruega	Europa	1,5
Chile	América do Sul	1,5
Myanmar	Ásia	1,1
Tailandia	Ásia	0,96
Filipinas	Ásia	0,86
Equador	América do Sul	0,78
Brasil	América do Sul	0,63

Fonte: adaptado FAO (2022).

Apesar da grande diversidade de espécies criadas, mais de 420, a produção aquícola em volume é dominada por um pequeno número de espécies bases. A piscicultura é a categoria que apresenta uma maior variedade, com mais de 30 espécies e grupos de espécies, que representaram quase 66% da produção total de pescado. Em comparação com os peixes, espécies de crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos são menos cultivados. Os peixes responderam por uma produção total de 57,5 milhões de toneladas. A produção de moluscos foi de 17,7 milhões de toneladas e de crustáceos atingiram 11,2 milhões de toneladas, correspondendo a 20,2% e 12,8% da produção mundial, respectivamente. Os outros animais, como invertebrados, tartarugas, tiveram uma produção de e 1,1 mil toneladas, 1,2% do total (VALENTI *et al.*, 2021).

As espécies de peixe com maior relevância produtiva foram a carpa capim, *Ctenopharyngodon idellus*, a carpa prateada, *Hypophthalmichthys molitrix*, e a tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. Já entre os moluscos foram as ostras do gênero *Crassostrea* spp. Em se tratando dos crustáceos, a produção total aquícola foi de 11,24 milhões de toneladas. A espécie que liderou a produção foi o *P. vannamei*, que sozinho respondeu por quase 52% do total, cerca de 5,8 milhões de toneladas, valor este bem superior ao observado em anos

anteriores. Em segunda posição veio o *Procambarus clarkii* com 22% da produção total. O *P. monodon* apresentou produção de 717 mil toneladas, cerca de 6,4% e o camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* teve uma produção de 294 mil toneladas (FAO, 2022).

A aquicultura, que de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), é o ramo de criação de animais que mais cresce no mundo, no Brasil é responsável por 40% de todo o pescado aqui produzido. Essa produção garante a demanda atual e futura de pescado, uma vez que a pesca extrativa está estagnada desde pelo menos o ano de 2006. O Brasil é um país que apresenta condições relevantes para o desenvolvimento da aquicultura, com grande aporte hídrico, possuindo uma das maiores bacias hídricas do mundo, quase 12% de toda a água doce do planeta, uma vasta área de reservatórios e barragens com os mais variados tamanhos e uma costa litorânea de cerca de 8.700 Km de extensão. Além disso, uma boa parte do seu território, tem a peculiaridade de exibir temperaturas quentes durante todo o ano, e o país tem um mercado consumidor interno que só tende a crescer (BRASIL, 2014; TAHIM; DAMASCENO; ARAÚJO, 2019).

Acredita-se que o início da aquicultura no Brasil se deu por volta da década de 1970, no estado de Pernambuco, quando a Região Nordeste era governada pelos holandeses. Um jardim foi construído, e junto com ele, três lagos que foram utilizados na criação de uma variedade de peixes. Após um período, a pesca nestes reservatórios foi tão abundante, que forneceu alimento para um grande contingente da população, além dos pescados que foram dados para os soldados que trabalhavam no local. A aquicultura é uma atividade relativamente jovem no país e sua produção vem de pequenos empresários e fazendas com viveiros com menos de 2 hectares (ha), característica vista também em vários outros países produtores da Ásia (VALENTI *et al.*, 2021).

A produção aquícola brasileira é caracterizada por ser, em sua maior parte, resultante da piscicultura continental, sendo a tilápia, *O. niloticus*, a principal espécie cultivada. A maricultura é representada pelas criações de moluscos bivalves, ostras e mexilhões, como *Crassostrea gigas* e *Perna perna*, na região Sul. A maior relevância nesta categoria é o camarão branco do Pacífico, *P. vannamei*, principalmente na região Nordeste (BRABO *et al.*, 2016).

No Brasil, mais de 60 espécies de organismos aquáticos comestíveis são cultivadas, fora estas, tem as espécies de peixes ornamentais, invertebrados e plantas aquáticas. Entretanto, vale destacar que, a grande relevância é das espécies de peixes alimentícios, onde a tilápia e os peixes conhecidos popularmente por peixes redondos e seus híbridos são os mais representativos. As espécies de peixes de água doce são o único grupo

cultivado em todos os estados. Uma avaliação recente, baseada nas estatísticas, indicou que a produção de pescado no Brasil, oriunda da pesca e aquicultura foi de 1.591,835 toneladas em 2018, sendo a aquicultura responsável por aproximadamente 50% (VALENTI *et al.*, 2021).

Vale destacar que dessa produção aquícola nacional, algumas espécies são as verdadeiras responsáveis por tais valores. Para o ano de 2018, a tilápia exibiu maior representatividade com uma produção de 54% da produção total, seguida do tambaqui, *Colossoma macropomum*, que juntamente com seus híbridos responderam por 18% da produção. O terceiro e quarto grupos mais produzidos foram o camarão *P. vannamei* e o pacu, *P. mesopotamicus*, e seus híbridos que corresponderam a 8% da produção cada e nas posições 5 e 6 foram as carpas e o mexilhão *P. perna* (XIMENES, 2021).

A aquicultura brasileira no ano de 2020 produziu 629,3 mil toneladas de pescado, tendo destaque o ramo da piscicultura, onde foi observado um aumento de 4,3% na produção brasileira. A produção nacional foi mais expressiva na Região Sul, com 34,1%, seguida da Nordeste que se tornou a segunda mais importante Região produtora, sendo responsável por 18,2% da produção. Em terceiro lugar ficou a Região Norte com uma produção de 17,7% e, pouco atrás desta, com uma discreta diferença na produção, veio a Sudeste com 17,5% (IBGE, 2020).

Como pode ser visualizado na Tabela 3, os estados que apresentaram maiores produções foram o Paraná, sendo o município de Nova Aurora o que apresentou a produção mais expressiva neste estado, 14,4%; em seguida, o Estado de São Paulo e Rondônia. Na quarta posição em termos de importância produtiva, teve o estado de Minas Gerais e teve Morada Nova de Minas como seu município com maior produção, cerca de 41,1% da produção do referido estado. Em se tratando da produção nacional, os 5 principais Municípios produtores foram: Nova Aurora (PR), Morada Nova de Minas Gerais (MG), Toledo (PR), Palatina (PR) e Ariquemes (RO) (IBGE, 2020).

Tabela 3 – Estados produtores de peixe em ordem decrescente de produção e sua participação (%) na produção nacional de piscicultura para o ano de 2020

Estado	Participação na produção (%)	Produção (mil toneladas)
Paraná	25,4	140,2
São Paulo	10,0	55,2
Rondônia	8,7	48,0
Minas Gerais	6,6	36,4

Mato Grosso	6,4	35,3
Total	57,1	315,1

Fonte: IBGE (2020).

A tilápia continuou sendo a espécie mais produzida (Tabela 4), sendo responsável por 62% do total de peixes produzidos. Utilizando-se como fonte o anuário da Associação Brasileira de Piscicultura, Peixe BR, a produção desta espécie ultrapassou as 480 mil toneladas. Em se tratando da produção nacional desta espécie, mais de 44% é oriunda da Região Sul. Os estados que mais produziram a espécie no ano de 2020 foram o Paraná, com 39% da produção brasileira, seguido por São Paulo com 14,6% e Minas Gerais com uma contribuição de 10% (PEIXE BR, 2021).

O tambaqui continuou ocupando a segunda posição no ranking de espécies mais produzidas. Ele foi responsável por 18,2% da produção nacional, com mais de 100 mil toneladas, sendo estas oriundas principalmente da Região Norte cerca de 73%, especificamente Rondônia, Roraima, Pará e Amazonas. A região Nordeste foi a segunda em produção nacional desta espécie, com 21,6% e principal polo produtor Maranhão, com 11,5% da produção brasileira. Na Tabela 4 pode ser observada de forma decrescente a produção das diferentes categorias de peixes da piscicultura nacional. Além desses, a produção de alevinos de peixes merece ser mencionada, com um volume de cerca de 1,369 mil toneladas (IBGE, 2020).

Tabela 4 – Participação dos grupos de peixes na piscicultura nacional (%) e sua produção (mil toneladas) para o ano de 2020

Espécie	Participação na produção (%)	Produção (mil toneladas)
Tilápia	62,3	343,8
Tambaqui	18,2	100,4
Tambacu e Tambatinga	7,9	43,6
Carpa	3,1	17,1
Pintado, Cachara, Cachapira, Pintachara, Surubim	2,1	11,6
Pacu e Patinga	2,0	11,0
Outros	4,4	24,3
Total	100	551,8

Fonte: IBGE (2020).

Em se tratando de termos monetários, a segunda espécie de maior relevância no país é o *P. vannamei* representante da carcinicultura, que no ano de 2019 contribuiu com cerca de 36% da produção da Região Nordeste. O interessante desta espécie é, que, mesmo apresentando uma pequena queda na sua produção, o seu valor de produção aumentou pouco mais de 7%, decorrente do valor de mercado. Enquanto o produtor de tilápia recebeu, em média, US\$ 1,41/kg, o de camarão recebeu um pouco mais que o dobro, US\$ 2,89/kg. Mais de 90% da produção brasileira deste camarão foi oriunda da Região Nordeste e ela apresentou-se como o produto com segundo maior valor da produção brasileira, R\$ 1,18 bilhão, aproximadamente 23,0% do total, demonstrando o elevado valor agregado que ela tem, bem como, sua grande relevância econômica (XIMENES, 2021).

Já para o ano de 2020, a produção de camarões oriundas do cultivo em viveiros foi de 63,2 mil toneladas, volume este, 14,1% superior ao ano de 2019. Tal fato demonstra que após os efeitos do vírus da mancha branca nos cultivos, o setor apresentou continuidade na sua recuperação. Para o ano de 2020, o valor da produção do camarão branco foi de R\$1,3 milhão, representando uma alta de 9,3% comparada ao ano anterior (IBGE, 2020).

Vale destacar que, esses valores produtivos apresentam diferenças quando buscados em outras instituições. De acordo com Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC), no ano de 2020, a produção de camarões ultrapassou as 100 mil toneladas, sendo bem superior aquele que foi estimado pelo IBGE. Além disso, a associação ainda projeta valores superiores próximos de 150 mil toneladas para este ano de 2022 e um pico na produção, chegando as 180 mil toneladas para 2023 (ABCC, 2022).

Embora existam diferenças nos valores produtivos na carcinicultura brasileira entre as diferentes instituições, elas apontam para uma mesma tendência, em que a Região Nordeste segue como principal polo produtor, quase 99% da produção deste crustáceo. Entretanto, dos nove estados que a compõem, apenas dois foram e são os responsáveis por esta relevante produção, Rio Grande do Norte e Ceará, que respondem por, respectivamente, 34,8% e 33,2% do volume total nacional como pode ser visualizado na Tabela 5 (ABCC, 2021; IBGE, 2020).

O estado do Rio Grande do Norte apresentou uma produção de 22 mil toneladas de camarão no ano de 2020, tal produção foi 5,8% superior a exibida no ano 2019. Já o Ceará, registrou 21 mil toneladas na produção do *P. vannamei*, quantidade 18,3% maior que observada no ano anterior. O município de Pendências, localizado no Rio Grande do Norte, foi por dois anos consecutivos (2018 e 2019) o maior produtor, porém, recuou para segunda posição no ano de 2020, produzindo 3,7 mil toneladas. E como principal município produtor,

superando Pendências, Aracati, no litoral cearense, apresentou uma produção de 3,9 mil toneladas, mais de 31% superior ao ano de 2019 (IBGE, 2020).

Embora os dois estados supracitados sejam os mais importantes na produção, tanto regional como nacional, do camarão, alguns estados apresentaram produções que merecem ser citadas. Todos os mais relevantes estados e suas respectivas produções em ordem decrescente deste crustáceo de grande importância comercial e social podem ser visualizados na Tabela 5, em que mais uma vez se confirma a incontestável relevância da Região Nordeste na produção nacional.

Tabela 5 – Estados produtores de camarão em ordem decrescente de produção e sua participação (%) na produção nacional da carcinicultura para o ano de 2020

Estado	Participação na produção (%)	Produção (mil toneladas)
Rio Grande do Norte	34,8	21,98
Ceará	33,2	20,99
Paraíba	8,4	5,29
Sergipe	7,3	4,56
Bahia	5,1	3,19
Pernambuco	4,3	2,71
Piauí	4,1	2,56
Alagoas	1,9	1,24
Maranhão	0,6	0,39
Total	99,7	62,91

Fonte: IBGE (2020).

É importante citar que, mesmo com o cenário de pandemia da Covid-19 que impactou todo o mundo, a produção brasileira de camarões apresentou um incremento de mais de 30% (ABCC, 2021).

Embora a aquicultura no Brasil tenha mostrado um crescimento nos últimos anos, ainda deixa muito a desejar. O país, apesar do enorme potencial que apresenta, tem uma baixa contribuição para a produção mundial de pescado. A produção oriunda da pesca está praticamente estagnada, sendo, em sua maior porção artesanal, de baixo rendimento, voltada para o sustento das famílias. Aqui é encontrada uma gama de recursos naturais favoráveis ao cultivo de organismos aquáticos, além de contar com um mercado interno relevante,

entretanto, a produção aquícola nacional não tem sido necessária para suprir a demanda de produtos pesqueiros, com isso, mais de 300 mil toneladas de pescado são importadas todos os anos. Dessa maneira, acredita-se que o mercado interno de pescados pode absorver pelo menos um aumento de cerca de 50% na produção (FAO, 2020; VALENTI *et al.*, 2021).

Estima-se que a produção total de animais aquáticos cresça em torno de 14% até 2030. As perspectivas da FAO para pesca e aquicultura até 2030 apontam para um aumento na produção, consumo e comércio, embora com taxas de crescimento mais lentas. A produção total de animais aquáticos deverá atingir 202 milhões de toneladas, principalmente devido ao crescimento da aquicultura, que deverá atingir 100 milhões de toneladas pela primeira vez em 2027 e 106 milhões de toneladas em 2030. Isto representará um aumento na aquicultura de 22% em comparação ao ano de 2020. Este crescimento ocorrerá em todos os continentes, sendo previsto para acontecer de forma mais acentuada na América, a Ásia ainda será o principal produtor, e a China o país líder. Nesta projeção, o Brasil apresentará um crescimento de 19,3% saindo das 630 mil toneladas, apresentadas em 2020, para uma produção total estimada de mais de 750 mil toneladas (FAO, 2022).

3.2 *Penaeus vannamei*

A criação de camarões representa um dos segmentos mais rentáveis do setor de aquicultura, com a produção de camarões sendo a segunda mais valiosa, perdendo apenas para as carpas. O *P. vannamei*, conhecido como camarão branco do Pacífico, é a espécie de camarão mais cultivada no mundo (FAO, 2020; LIGHTNER, 2011; TACON, 2017).

No Brasil, o cultivo de camarões é constituído por mais de 3 mil produtores, e a maior parte da produção é oriunda das pequenas propriedades. A criação é baseada na monocultura do *P. vannamei* e, oriunda, em sua quase totalidade, como já mencionado, da Região Nordeste. São, rotineiramente, utilizados sistemas semi-intensivos em fazendas localizadas em regiões estuarinas, ou em outros casos, em fazendas localizadas no interior e que apresentam águas de baixa salinidade (inferior a 1), onde são alcançadas sobrevivências que oscilam de 60 a 80% (VALENTI *et al.*, 2021).

A espécie foi introduzida no Brasil na década de 1970, demonstrando alta adaptabilidade às condições ambientais, rapidez no crescimento e ampla faixa de tolerância de salinidade. Posteriormente, os laboratórios brasileiros passaram a dominar os processos de reprodução e produção de pós-larvas, e, juntamente com os avanços nos cultivos e na parte de

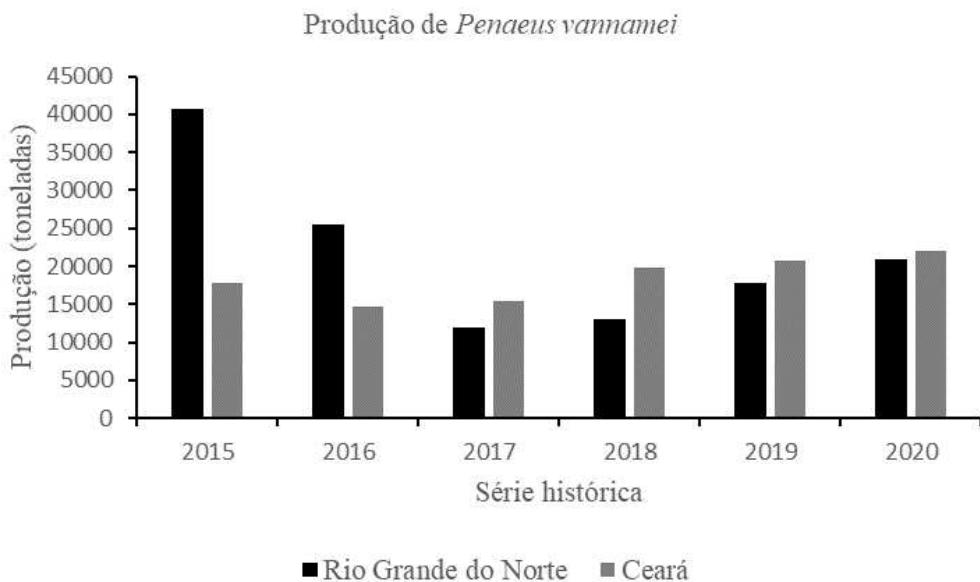
beneficiamento, entre os anos de 1998 e 2003, a carcinicultura brasileira teve um crescimento superior a 60% ao ano (NATORI *et al.*, 2011).

Após o ano de 2003, a produção do *P. vannamei* teve uma queda significativa, em parte devido a infecções causadas pelo vírus da Mionecrose infecciosa (IMNV) que se espalhou principalmente pela região Nordeste, maior polo produtor do país. Além disso, teve a ação *antidumping* movida pela Southern Shrimp Alliance e a contínua desvalorização do dólar americano frente à moeda brasileira (SARDOU *et al.*, 2022).

No cultivo do *P. vannamei*, os produtores estocam as pós-larvas (PL), oriundas geralmente de laboratórios de reprodução, em viveiros ou tanques berçários, e, posteriormente, nos viveiros de engorda, ou, diretamente nos de engorda, tal protocolo difere de fazenda para fazenda. O mercado das PL exibe relevância, para se ter noção, no ano de 2019, a produção nacional delas foi superior a 12 bilhões, sendo vendidas a valores de US\$ 1,5-2 o milheiro, o que resultou em valores próximos a US\$ 18.000.000,00. Nos cultivos, a alimentação dos camarões é constituída por dietas extrusadas com elevada qualidade, com rações apresentando teores de proteína bruta variando de 30% a 40%, além disso, alguns probióticos podem ser adicionados com a finalidade de melhorar o estado imunológico dos animais e também a qualidade da água (NUNES; LEITE; ALENCAR, 2021; VALENTI *et al.*, 2021).

O Brasil produziu no ano de 2015 cerca de 70 mil toneladas da espécie, e, no ano seguinte, houve uma redução de mais de 26% dessa produção. Essa diminuição ocorreu devido ao vírus da mancha branca, que atingiu as fazendas de cultivo da Região Nordeste, principalmente no Ceará e Rio Grande Norte, que são os grandes produtores, gerando altas mortalidades, redução nas produções (Figura 1), e, prejuízos aos aquicultores. Mesmo com essa drástica redução, a respectiva região continuou sendo a principal responsável pela produção nacional do camarão, sendo mais de 92% resultante dela (IBGE, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2014; SARDOU *et al.*, 2022).

Figura 1 – Produção do camarão *Penaeus vannamei* (toneladas) oriunda do Rio Grande do Norte e Ceará dos anos de 2015 a 2020



Fonte: IBGE (2020).

A carcinicultura no Brasil apresenta importância econômica, para se ter noção, no ano de 2017 sua produção (41 mil toneladas), que representou 19,8% da produção aquícola nacional, movimentou um montante de mais de R\$ 800 milhões. A partir de 2018, essa movimentação foi superior a R\$ 1 bilhão, com produções de 46, 55 e 63 mil toneladas (2018, 2019 e 2020, respectivamente) e que representaram participação nacional na casa dos 20%. Vale destacar que, a partir de 2010, a maior parte desta produção ficou no próprio país, pois o mercado interno passou a ser a principal fonte de comércio para a produção do *P. vannamei* (IBGE, 2020; XIMENES, 2021).

Até o ano de 2016 o principal polo produtor era o estado do Rio Grande do Norte, porém, no ano de 2017, Ceará superou, como pode ser visualizado na Figura 1. Especula-se que o motivo para isto, foi que os carcinicultores deste Estado tenham conseguido um controle um tanto mais efetivo da mancha branca (SARDOU *et al.*, 2022).

Na alimentação dos cultivos do *P. vannamei*, a proteína é o principal e mais caro nutriente requisitado na composição das rações. Essas, geralmente, apresentam um conteúdo protéico entre 30 a 40%, e, para alcançar esse teor são, costumeiramente, utilizadas fontes diferentes de proteína, dentre elas a farinha e óleo de peixe. Os custos da farinha de peixe, óleo de peixe e outros alimentos, que apesar de estarem em ligeiro declínio, permanecem elevados é e continuará a ser um fator decisivo nos preços das rações (NUNES; LEITE; ALENCAR, 2021; KARI *et al.*, 2022).

Como consequência disto, as rações representam de 70% a 80% dos gastos de um cultivo, além de ter influência na integridade estrutural, comportamento, saúde, funções fisiológicas e crescimento dos animais (LI *et al.*, 2017; FAO, 2020). A farinha de peixe, como citada acima, é um ingrediente fundamental devido suas propriedades nutricionais, porém, ultimamente, tem-se buscado outras fontes de proteínas, como exemplo as vegetais, que, de certa forma, mostram-se como substitutos parciais eficientes (PACHECO-VEGA *et al.*, 2018).

A substituição de proteínas de origem marinhas por proteínas vegetais ou proteínas de subprodutos de animais terrestres em dietas de aquicultura vem ganhando força. Roy *et al.* (2009) examinaram a viabilidade de substituição de farinha de peixe em dietas de camarão por combinações de proteínas vegetais, como farinha de aveia e farinha de ervilha. Os autores verificaram que não existiram diferenças significativas no crescimento de camarões, ganho de peso, sobrevivência ou conversão alimentar entre os tratamentos dietéticos, sugerindo que tais alimentos podem servir como fontes proteicas alternativas para a farinha de peixe.

Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente para seis produtos do trigo, utilizados em diferentes proporções na alimentação de juvenis do *P. vannamei*. Os seis produtos apresentaram digestibilidades semelhantes e, em geral, superior a dieta de referência baseada em farinha de peixe (NIETO-LÓPEZ *et al.*, 2011).

Cruz-Suárez *et al.* (2009) analisaram os coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca, energia, proteína e aminoácidos em juvenis de *P. vannamei* para quatro produtos de soja: farelo de soja integral, farelo de soja extraído, concentrado protéico de soja e isolado protéico de soja. As dietas teste eram formadas por 30% do ingrediente teste e 70% da dieta comercial. Em geral, os valores de digestibilidade dos nutrientes foram muito maiores nos produtos de soja do que na dieta de referência baseada em farinha de peixe.

Xie *et al.* (2016) trabalharam com concentrado proteico de soja substituindo a farinha de peixe, em diferentes proporções, em juvenis do camarão branco do Pacífico. Os autores verificaram que não houveram diferenças significativas no desempenho zootecnico entre as dietas ofertas. Ou seja, foi possível o mesmo resultado utilizando uma menor quantidade da farinha de peixe, ou seja, maior oferta da soja, barateando, dessa forma, os custos produtivos.

Alem disso, a incorporação de extrato de Natto, produto de soja fermentada, na alimentação de camarões peneídeos reduziu a mortalidade dos animais frente ao desafio com o *Vibrio harveyi*. Esse efeito protetor se deve a capacidade do composto presente na soja de

inibir a formação de biofilmes bacterianos, sendo ela, um ingrediente de interesse para a possivel incorporação e/ou substituição das dietas comerciais (YATIP *et al.*, 2018).

3.3 Aquamimicry

O Aquamimicry, também conhecido aqui no Brasil por aquamimetismo, pode ser considerada a tecnologia mais avançada para os cultivos de camarão. É um protocolo e se baseia na combinação da biologia aquática e tecnologia, copiando o ambiente para criar organismos vivos, dando bem-estar aos animais. Ela junta o cultivo sustentável com sistema intensivo, onde trata e recria a biodiversidade do ambiente natural em tanques artificiais. O aquamimetismo depende da produção do alimento vivo dentro do sistema para que, assim, os camarões se desenvolvam, e, adicionalmente, não ocorre a poluição, pois os resíduos são convertidos em alimento vivo (BONJA, 2016).

As primeiras ideias para este protocolo surgiram na Tailândia, nos anos 90, em meio a surtos de doenças. Animais cresciam bem em tanques bem próximos a outros que tinham muitos animais doentes, e os produtores, por escassez de recursos não se utilizavam de produtos como antibióticos, e sim, apenas de farelo de arroz. Com o tempo, foram feitos testes e aos poucos um protocolo foi desenvolvido. Sua introdução ocorreu na Tailândia, os criadores o usaram naqueles tanques que estavam com pior desempenho, era como uma última tentativa de continuar no ramo ou abandonar a indústria aquícola. Porém de maneira incrível, ocorreu o sucesso de tais cultivos, com redução dos custos produtivos e a tecnologia se expandiu (ROMANO, 2017).

O Aquamimicry, como citado anteriormente, simula as condições naturais, gera um bloom de zooplâncton que serve de alimento natural suplementar para os camarões cultivados, além do aparecimento de bactérias benéficas que irão manter a qualidade da água. Ele se baseia no uso de farelo de arroz fermentado para estimular o zooplâncton natural com o fornecimento de soja fermentada como alimento para os camarões. Assim, essa combinação substitui completamente a necessidade de oferta de rações (ROMANO; KUMAR, 2017).

Neste método, é fermentado uma fonte de carbono, como farelo de trigo ou arroz, com enzimas ou probióticos, como *Bacillus* sp. liberando os nutrientes necessários. Nos últimos anos, vários países adaptaram essa experiência na carcinicultura, incluindo Tailândia, Austrália, Bangladesh, Brasil, Brunei, China, Equador, Egito, Índia, Coréia, Malásia, México, Peru, Cingapura, Sri Lanka, Estados Unidos da América (EUA) e Vietnã. Vale ressaltar que, embora o cultivo seja de forma experimental, alguns desses países supracitados já estão

utilizando de forma comercial (Vietnã, Equador, Índia, Tailândia) (KHANJANI; MOZANZADE; FÓES, 2022).

As vantagens da metodologia que a levam ao sucesso, incluem a diminuição da taxa de conversão alimentar, a melhoria na qualidade de água, resultante da presença de possíveis bactérias benéficas juntamente com a reduzida troca de água. Vale ressaltar que, a entrada de patógenos que ocasionalmente vem junto com as massas de água, são evitadas devido a menor troca desta, e, assim, ocorre a diminuição de doenças. Acredita-se que a sanidade do animal seja melhorada devido a um melhor estado de nutrição do animal, combinada com a redução do estresse associado à flutuação da qualidade de água (KHANJANI; MOZANZADE; FÓES, 2022; NISAR *et al.*, 2022).

A junção desses fatores consequentemente minimiza as condições favoráveis aos patógenos. Além disso, alguns produtores relatam que os camarões após cozimento apresentam uma coloração vermelha mais intensa. Este avivamento da cor pode ser resultante da incorporação de pigmentos adicionais presentes no alimento vivo. Pois é sabido que, dentre os zooplâncton que florescem, tem-se os copepódos, que são conhecidos por apresentarem em sua composição pigmentos como astaxantina, sem contar que exibem ácidos graxos de interesse, como ômega-3, benéficos à saúde humana (ROMANO, 2017).

O Biomimicry, como também é conhecido o Aquamimicry, porém é o nome mais recente de que se tem relato na literatura, é caracterizado pelo copeflocos em vez de bioflocos. Isso é justamente o impulso na produção de copépodos no sistema, e este, por sua vez, serve como excelente alimento natural, e também age como imunoestimulante afastando as doenças. Esta tecnologia se destaca por não apresentar necessidade de alimento artificial, sendo utilizada apenas a produção de alimentos naturais com a ajuda de arroz fermentado e produtos de soja, como citado anteriormente (CHAKRAVARTY; KUMAR; PRAKASH, 2018).

Existem relatos na literatura de que as proteínas vegetais, embora sejam a principal escolha devido ao preço e ampla produção, apresentam fatores anti-nutricionais como inibidores de protease, ácido fítico, polissacarídeos não amiláceos, que podem reduzir a digestão e absorção de nutrientes, e, neutralizar a função das vitaminas (FRANCIS; MAKKAR; BECKER, 2001; HAJRA *et al.*, 2013).

Trabalhos citam que o pré-tratamento da soja pode melhorar seu valor nutricional e palatabilidade. O processo de fermentação, por exemplo com a utilização de algumas espécies de *Bacillus*, podem incrementar a qualidade do farelo de soja, com a produção de aminoácidos, lipídios ou pigmentos da degradação de proteínas vegetais, e, principalmente,

com a redução de alguns fatores antinutricionais (JANNATHULLA *et al.*, 2017; JANNATHULLA *et al.*, 2018; NISAR *et al.*, 2022; YUAN *et al.*, 2017).

Além disso, existem produtos comercialmente prontos disponíveis destinados à criação de camarões que são baseados em várias enzimas produzidas a partir de probióticos para degradar nutrientes menos digestíveis e/ou fatores antinutricionais. Como exemplo deste tipo produto, pode ser citado o produto BM-PRO, que é um aditivo probiótico, fabricado pela empresa Biotrends Soluções Biotecnológicas. Ele é utilizado em cultivos de camarão e de peixe e é composto por micro-organismos eficientes que atuam otimizando a nutrição, inibindo patógenos, melhorando a saúde do animal e sua resistência a enfermidades (PÉREZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2013; BURUIANA; PROFIR; VIZIREANU, 2014).

Assim, devido aos muitos relatos da produção de um camarão de melhor qualidade a custos mais baixos e de forma mais sustentável, o Aquamimicry está se espalhando e sendo utilizado pelo mundo. Neste protocolo são observadas alterações realizadas pelos diferentes produtores que a utilizam. Este conceito certamente se tornará um novo padrão na carnicultura e trará benefícios para as futuras gerações deste setor (ROMANO, 2017).

Este protocolo embora apresente suas vantagens, é pouco explorado comercialmente e assim, acaba por se tornar subutilizado. Pesquisas que visem as diferentes formas de aplicação e utilização dele no mundo são escassas. Desta maneira, são necessários estudos que busquem otimizar sua utilização, possibilitando a diminuição dos gastos com alimentação, principalmente, e, consequentemente, gerando reduções no custo dos cultivos. Tal fato acarretará no que se mais almeja em um empreendimento, o aumento dos lucros.

3.4 Probióticos

O aumento da população mundial acabou por resultar numa maior demanda por pescados, e, assim, a aquicultura tornou-se uma indústria de crescimento rápido com intuito principal de atender essa elevada demanda. Com isso, os cultivos se intensificaram, ocorrendo, então, o surgimento de surtos de doenças, as quais são uma grande preocupação e geram grandes perdas no setor aquícola. Os animais cultivados têm uma relação próxima com o ambiente externo e, juntamente com a alta densidade de estocagem e a baixa qualidade da água de cultivo, aumenta a susceptibilidade às doenças. Assim, os surtos de doenças são uma grande dificuldade que acaba por diminuir o lucro dos produtores (SARDOU *et al.*, 2022).

Como tentativa de solucionar, ou, pelo menos amenizar esses surtos, pesquisadores da área buscaram o uso de diversos produtos químicos e medicamentos, como antibióticos, para combater a ameaça das doenças. A inclusão desses antibióticos nas dietas também tinham o intuito da promoção do crescimento dos animais cultivados. Porém, tal atitude foi intensamente criticada devido aos possíveis efeitos danosos aos animais aquáticos, meio ambiente e aos seres humanos, sem contar que o uso desses antibióticos nos cultivos, ou seja, em sistemas com grande volume de água é relativamente caro (MITRA, 2020).

Adicionalmente, o uso dos antibióticos na aquicultura como medida preventiva é associado à evolução e disseminação de vários patógenos humanos resistentes como *Aeromonas* sp., *Escherichia coli*, *Vibrio vulnificus*, *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae*. Essa resistência é possivelmente adquirida através de plasmídeos de resistência que têm a capacidade de serem transferidos de forma muito rápida, resultando em uma elevada quantidade de bactérias patogênicas resistentes. Tal fato é um problema não só no ambiente de cultivo, mas também de saúde pública, uma vez que ocorre o descarte da água de cultivo, e, também pelos próprios animais cultivados poderem apresentar tais bactérias. Dessa forma, o uso de certos antibióticos humanos, sejam como medida preventiva a surtos de doenças ou como promotores de crescimento nos animais cultivados, já é proibido desde de 2006 pela União Europeia, e, também, é restrito nas indústrias de aquicultura de alguns países como os EUA e o Canadá (CRUZ *et al.*, 2012; HASAN; BANERJEE, 2020).

Consequentemente, outras medidas posteriores aos antibióticos foram utilizadas, incluindo o uso de vacinas, probióticos, prebióticos e até plantas medicinais. Entre todas as alternativas, os probióticos ganharam muito atenção devido sua capacidade de criar uma atmosfera hostil para patógenos, bem como a produção de compostos com propriedades inibitórias e imunoestimulação entre outros benefícios (KUEBUTORNYE *et al.*, 2020).

Os probióticos são considerados novos agentes funcionais que apresentam potencial capacidade de influenciar na microbiota intestinal de qualquer organismo aquático. Pesquisadores já relataram que eles desempenham variadas funções como diminuindo o estresse e doenças, aumentando a imunidade, modulando a microbiota intestinal, ajudando na nutrição e melhorando a qualidade da água. Além disso, os probióticos exibem efeito benéfico no crescimento animal, aumentando-o, e, também nas taxas de desova e eclosão em alguns sistemas aquáticos. A utilização deles juntamente com a suplementação dietética é uma estratégia eficiente para combater agentes patogênicos através de uma diversidade de mecanismos, funcionando como excelente alternativa aos tratamentos anteriormente realizados utilizando os antibióticos (HASAN; BANERJEE, 2020).

O termo “probiótico” foi originado das palavras gregas “pro” e “bios” que significam “para a vida”. Essa denominação foi utilizada pela primeira vez em 1965, por Lilly e Stillwell, com a finalidade de descrever substâncias secretadas por um microrganismo que estimulam o crescimento de outro. Os probióticos podem ser definidos como microrganismos vivos que quando são administrados em quantidades adequadas conferem um benefício à saúde do hospedeiro (PÉREZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2013). Esses microrganismos, quando administrados no organismo hospedeiro, conseguem colonizar o intestino deste e, posteriormente, demonstrar vários efeitos benéficos ao modular vários sistemas biológicos nele (MOHAPATRA *et al.*, 2013).

Vale ressaltar que, em se tratando de aquicultura, o conceito de probióticos é um pouco diferente do conceito utilizado para os organismos terrestres, e tal conceito depende da influência crítica dos diferentes pesquisadores, existindo, assim, várias definições. Eles podem ser descritos como suplemento alimentar que melhora o equilíbrio da microbiota intestinal do hospedeiro, ou, como componentes biologicamente ativos, culturas de microrganismos únicas ou mistas capazes de melhorar a saúde do hospedeiro. Tais definições englobam o uso de microrganismo ou dos seus produtos em cultivos aquícolas como controle biológico ou por sua capacidade de mudar a composição da comunidade bacteriana do intestino dos animais, da água e do solo, ou, ainda, na utilização juntamente com a ração no intuito de suplementação alimentar (AGUIRRE-GUZMÁN *et al.*, 2012).

O que é bem determinado em tal campo é que, os probióticos desempenham um papel fundamental na manutenção da saúde intestinal do organismo através da modulação da estrutura da comunidade microbiana. A primeira tentativa experimental da aplicação dos probióticos na aquicultura ocorreu na década de 80, por Kozasa, após constatar os efeitos benéficos dos probióticos nos humanos e nas aves. De lá pra cá, aconteceu a rápida e bem estabelecida evolução dos probióticos no setor aquícola, e, isso, se deve, em grande parte, como consequência dos efeitos indesejáveis e maléficos que os antibióticos amplamente usados e produtos químicos de grande espectro causam, eliminando as bactérias não só patogênicas, mas também bactérias benéficas e de importância para as espécies aquáticas (HASAN; BANERJEE, 2020).

Um dos objetivos da utilização dos probióticos é sua capacidade de auxiliar no equilíbrio entre microrganismos patogênicos e não patogênicos presentes no meio ambiente ou microbiota de organismos aquáticos. Eles além de exibir esse benefício, também não devem causar dano ao hospedeiro, assim, as cepas desses probióticos devem ser não

patogênicas e não tóxicas com a finalidade de evitar efeitos colaterais indesejáveis quando administradas aos animais cultivados (AGUIRRE-GUZMÁN *et al.*, 2012).

Os probióticos podem atuar de diferentes formas nos sistemas aquícolas e, de acordo com a maneira com que eles agem podem ser divididos em duas categorias, aqueles que são administrados de forma oral juntamente com o alimento e, assim melhoram a flora microbiana intestinal, esses são os probióticos intestinais, e, aqueles chamados probióticos da água, os quais se proliferam na água do meio e, assim, excluem as bactérias patogênicas do meio, pois consomem todos os nutrientes disponíveis, resultando na eliminação por inanição. Quanto à maneira de utilização eles podem ser adicionados à dieta artificial e água de cultivo ou através de banho e adição via alimento vivo (HASAN; BANERJEE, 2020).

Em se tratando dos cultivos de camarão, a aplicação dos probióticos tem sido na água dos tanques de criação das larvas, na água dos viveiros ou ainda adicionado à ração, porém a suplementação alimentar tem se mostrado mais eficiente quando comparada à adição direta à água (PÉREZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2013; SUMON *et al.*, 2022).

Os probióticos apresentam uma diversidade de mecanismos de atuação, como na produção de compostos inibidores, bacteriocinas e ácidos orgânicos, que proporcionam um efeito antimicrobiano; em competições com os patógenos por locais de adesão no intestino, na modulação de respostas imunes do hospedeiro, competição por produtos químicos, energia disponível e nutrientes, ambos vitais à sobrevivência do patógeno. Dessa maneira, quando os probióticos são fornecidos em certa concentração e viabilidade, eles afetam de forma benéfica a saúde do hospedeiro. Eles são conhecidos popularmente como bactérias amigáveis (CRUZ *et al.*, 2012; MOHAPATRA *et al.*, 2013).

Dentre os benefícios resultantes da utilização dos probióticos nos cultivos existem os efeitos diretos e os indiretos. Na primeira categoria destacam-se o aumento da imunidade, controle de doenças e melhor conversão alimentar no organismo cultivado através da colonização microbiana do trato digestivo. Os probióticos incorporados na ração transitam pelo estômago e fixam-se no intestino e produzem uma grande quantidade de enzimas digestivas (amilase, protease e lipase) que resultam no aumento da digestibilidade e maior crescimento do animal cultivado. Em se tratando dos benefícios indiretos tem-se a melhoria na qualidade de água, e consequentemente menor troca, tal fato se deve à capacidade de ciclagem dos nutrientes orgânicos (AGUIRRE-GUZMÁN *et al.*, 2012; SUMON *et al.*, 2022).

Além disso, os probióticos exibem uma grande vantagem quando comparados as vacinas, que são ocasionalmente utilizadas em grandes pisciculturas, que é justamente a característica de poderem ser implementados nos estágios larvais e iniciais dos cultivos. A

utilização de ração contendo probióticos balanceados tem se tornado uma prática comum na aquicultura comercial (HASAN; BANERJEE, 2020).

3.5 Pandemia e seu impacto nos principais custos produtivos

O surgimento da Covid-19 no mundo, e sua chegada ao Brasil, gerou não só colapso sanitário generalizado, mas acabou afetando também de forma direta e indireta a economia mundial. Com a pandemia, diversos países adotaram medidas restritivas de isolamento social com intuito de conter o avanço do vírus, que em um curto-prazo, levou consequentemente a redução das atividades econômicas. Essa redução nas atividades econômicas gerou altos níveis de falências empresariais e, esse cenário de incertezas causado pela pandemia, elevou o risco de preço em praticamente todos mercados nacionais (AZRA *et al.*, 2021; AHMED; AZRA, 2022).

Em se tratando do agronegócio, por sua vez, este setor teve um momento único, principalmente os produtores de grãos que tiveram a oportunidade de vender seus produtos a preços recordes no mercado internacional. Tal fato, aliado ao câmbio, fez com que o preço destes itens mais que multiplicassem no mercado interno. Devido a esse conjunto de situações, ocorreu a irregularidade no fornecimento e alta no preço destes produtos, que são importantes insumos utilizados no preparo das rações. Como consequência, boa parte destes custos têm sido repassados ao preço final das rações. Assim, os carcinicultores brasileiros tem se esforçado bastante para conviver com esta situação (ABCC, 2021).

É sabido que a ração representa o elemento de maior custo nos cultivos de camarões. No caso das fábricas de rações, os ingredientes e aditivos resultam em mais de 80% do valor final de uma ração balanceada. Em uma ração de engorda de *P. vannamei*, por exemplo, uma possível composição seria, cerca de 36% farelo de soja, 12% farinha de peixe, 5% farinha de aves, 3% farinha de lula, 1,4% farinha de glúten de milho, e seriam adicionados 27% de farinha de trigo e 6% de arroz quebrado (NUNES; LEITE; ALENCAR, 2021).

Continuando com a situação acima, é possível observar que maior parte da composição, cerca de 57%, é feita por ingredientes proteicos e, destes, 2/3 respondem pelo custo total da fórmula, sendo esses ingredientes justamente aquelas matérias-primas que sofreram maiores oscilações nos preços, atingindo valores exorbitantes, em decorrência da pandemia do Covid-19. Para se ter noção, o farelo de soja é um importante constituinte das rações de peneídeos exibia valores estáveis, porém em meados do ano de 2020 apresentou tendência de ascensão, quase que dobrando seu valor. Isto, juntamente com a desvalorização

do real frente a outras moedas, impactou o valor das rações, uma vez que, a maioria destas matérias-primas tem o seu preço baseado na cotação do dólar americano (NUNES; LEITE; ALENCAR, 2021).

Foi realizada uma pesquisa de valores junto a algumas empresas fornecedoras de insumos, objetivando-se os valores dos principais insumos utilizados durante o experimento desta tese, e que são também aqueles de grande relevância nos cultivos dos camarões, impactando diretamente no preço de custo, de venda, e lucros desta atividade. Uma tabela foi elaborada exibindo um breve histórico desses valores, onde pode ser observado o aumento destes, em decorrência, dentre outros, da pandemia, que como já mencionado afetou não só a área da saúde, mas também a economia. Esses números juntamente com o valor de venda do camarão (peso médio de 10g) podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores de alguns dos principais constituintes utilizados no cultivo do *P. vannamei* durante o experimento de tese realizado na fazenda Nordeste Aquicultura e Piscicultura S/A

Variável	2019 (R\$/kg)	2020 (R\$/kg)	2021 (R\$/kg)	2022 (R\$/kg)
Farelo de arroz	0,60	0,83	1,17	1,67
Farelo de soja	1,90	2,40	3,00	3,60
Farelo de trigo	0,80	1,00	1,20	1,50
Ração comercial 35% PB	3,17	3,83	4,50	5,00
Camarão 10 g	18,00	12,00	18,00	16,00

Fonte: elaborada pela autora.

Desta forma, é possível observar que os valores destes itens de suma importância na carcinicultura, exibiram uma alta desde o início da pandemia. Porém, vale destacar que, embora esses custos tenham aumentado consideravelmente, o valor de venda do crustáceo não seguiu essa tendência. Assim, a busca por alternativas que tornem o cultivo do *P. vannamei* menos custoso, são de grande relevância na categoria.

É notório que os valores dos insumos oscilam e, nem sempre o preço de venda acompanha essa tendência. Assim, o produtor pode ter sucesso ou insucesso, e, isso depende da capacidade que ele tem de reduzir desperdícios, ou seja, no quesito administrativo. Dessa maneira, ele necessita realizar a redução de todos os custos envolvidos na compra, produção e venda do produto ou serviço que compõem o negócio além do constante controle de todas as despesas internas. Portanto, quanto menores os custos, certamente, o produtor conseguirá ter melhores resultados (SILVA, 2017).

O custo total de um empreendimento pode ser definido, de maneira simples, como sendo a soma dos custos fixos e variáveis. Os custos fixos são aqueles que independem da quantidade produzida/vendida, ou seja, eles não sofrem alterações. Dentre estes, podem ser citados: os gastos com manutenção de instalação; depreciação, que seria um valor destinado a reposição de bens de longa durabilidade, como máquinas e equipamentos; impostos e taxas; mão-de-obra fixa; remuneração do capital fixo, que corresponde ao retorno financeiro do capital investido na implantação do cultivo; remuneração da terra. Já os custos variáveis, como o próprio nome diz, sofrem variação na mesma proporção do volume de produção/vendas, assim, quando não existe produção o custo variável é zero. Como exemplos de custos variáveis, em uma fazenda de cultivo de camarão temos: insumos, como pós-larvas, fertilizantes, rações; mão-de-obra; despesas de comercialização; outras despesas, como energia elétrica, combustível, produtos de limpeza, entre outros (SOUZA FILHO *et al.*, 2003).

A lucratividade é a porcentagem que mostra a margem de lucro sobre as vendas, ela é o resultado positivo, após deduzir do faturamento os custos. O retorno de capital, tempo de retorno ou o conhecido payback, é o tempo gasto para que o investimento inicial seja compensado a partir do lucro obtido durante um determinado período de tempo. Outros indicadores importantes para uma análise de desempenho econômicos são: a taxa interna de retorno (TIR), que é uma média relativa do retorno do empreendimento, expressa em percentual, que revela o quanto rende um projeto de investimento, considerando a mesma periodicidade dos fluxos de caixa; e o valor presente líquido (VPL), que é a soma do fluxo de caixa de receita líquida, atualizada para o ano zero, utilizando uma taxa de desconto. Essa taxa de desconto, é também conhecida como taxa mínima de atratividade (TMA), expressa em percentual, e em que muitos casos, se utiliza a taxa básica da economia brasileira, conhecida como taxa Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic) (SILVA, 2017).

A aquicultura apresenta diversos fatores de produção que afetam o desempenho econômico, por isso, eles devem ser combinados com o intuito de se conseguir o mínimo de custos possíveis, gerando uma lucratividade satisfatória. Dentre os custos na carcinicultura, aquele que tem maior influência é o da alimentação, como consequência os produtores têm cada vez mais buscado alternativas onde consigam minimizar esses gastos (ARIKAN; ARAL, 2019).

Uma alternativa pouca conhecida e explorada no Brasil é a utilização do protocolo aquamimicry. Com isso, a pesquisa utilizando esta técnica, suas diferentes aplicações, desempenho zootécnico dos animais cultivados, juntamente da análise econômica é de suma

importância para o setor aquícola, uma vez que o mesmo poderá ser uma possível alternativa de redução de custos, principalmente no que diz respeito a alimentação, e, consequentemente, aumento de lucros.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O experimento foi realizado na fazenda Nordeste Aquicultura e Piscicultura do Ceará S/A, que fica localizada na Estrada do Bonfim, 210, zona rural de Limoeiro do Norte, distante cerca de 5 km do centro da cidade. O município pertence ao estado do Ceará localizado a uma distância aproximada de 200 km da capital e é próximo dos municípios de Quixeré e Tabuleiro do Norte. A fazenda situa-se nas coordenadas geográficas média de Latitude 5° 07'15,12" S e Longitude 38°03'31,72" W.

A fazenda apresenta uma área total de cerca de 40 ha. Destes, 26,5 ha são destinados ao cultivo de camarões e estão distribuídos em 21 viveiros de produção com lâmina d'água entre 0,7 e 1,4 ha. Ela também possui uma área com 6 tanques de 60 m³ denominados de tanques berçários e destinados ao cultivo das formas larvais do *P. vannamei*. O empreendimento apresenta canais de abastecimento e de drenagem, bacia para recirculação de água, galpões de apoio, dormitórios e escritório administrativo. O abastecimento de água é realizado por meio de 14 poços tubulares com profundidades médias de 30 metros, estando todos os poços distribuídos uniformemente no canal de abastecimento da fazenda.

4.2 Delineamento experimental

Foram utilizados 12 viveiros de 1 ha, em um delineamento inteiramente casualizado, sendo três tratamentos (T-01, T-02, T-03) e um controle (C) com 3 repetições cada. No tratamento T-01 a alimentação dos camarões foi composta de 50% ração comercial (35% PB) e 50% dieta fermentada (farelo de soja: farelo de trigo – 70:30). No tratamento T-02, os animais foram alimentados exclusivamente por dieta fermentada, sendo utilizada a mesma proporção de farelo de soja e de farelo de trigo. Já no T-03 foi preparada uma ração formulada. O controle constituiu-se unicamente de ração comercial, empregada costumeiramente em cultivos tradicionais. Para melhor compreensão do delineamento experimental, foi elaborada uma tabela que exibe os ingredientes, composição e custos de cada um dos tratamentos e controle, além dos respectivos custos de cada um. Essas informações estão na Tabela 7.

Tabela 7 – Ingredientes, formulação (%) e respectivos custos de cada um dos três tratamentos alimentares e controle, utilizados neste trabalho

Tratamento	Ingrediente	Formulação (%)	Custo (R\$/kg)
T-01	Ração	50,0	2,10
	Farelo de soja	35,5	0,92
	Farelo de trigo	14,5	0,18
	Probiótico	0,5	0,45
Total		100,0	3,65
Tratamento	Ingrediente	Formulação (%)	Custo (R\$/kg)
T-02	Farelo de soja	70	1,82
	Farelo de trigo	29,5	0,33
	Probiótico	0,5	0,45
Total		100,0	2,60
Tratamento	Ingrediente	Formulação (%)	Custo (R\$/kg)
T-03	Farinha de peixe	15	0,45
	Farelo de soja	30	0,78
	Farelo de trigo	15	0,17
	Ração formulada	15	0,13
Total		100,0	2,13
Controle	Ingrediente	Formulação (%)	Custo (R\$/kg)
C	Ração 35%PB	100,00	4,20
Total		100,0	4,20

Fonte: elaborada pela autora.

As pós larvas de *P. vannamei* (PL 10) utilizadas no experimento foram adquiridas no laboratório da empresa Aquacrusta Ltda, localizada no município de Acaraú e estocadas na quantidade de 160.000 a 290.000 PL's por viveiro.

Os viveiros foram submetidos à aeração noturna, utilizando aeradores de pás, com intuito de manter bons níveis de oxigênio dissolvido (acima de 5 mg/L). O tempo de cultivo ocorreu por um período de 140 a 170 dias. As biometrias foram realizadas semanalmente, com o intuito de mensurar os parâmetros zootécnicos.

4.3 Preparação dos viveiros

Antes do cultivo, os viveiros utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram fertilizados, e ao longo do experimento ocorreu a fertilização de manutenção. Em ambos os casos, foi utilizado o farelo de arroz e o probiótico BM-PRO, de uso comercial, pertencente a fabricante Biotrends, cuja composição microbiana está exibida na Tabela 8.

Tabela 8 – Composição microbiana do probiótico comercial BM-PRO utilizado no processo de fermentação do farelo de arroz, farelo de soja/farelo de trigo e ração formulada

Micro-organismo	UFC/kg
<i>Bacillus subtilis</i>	4,0 x 10 ¹¹
<i>Bacillus licheniformis</i>	4,0 x 10 ¹¹
<i>Bacillus pumilus</i>	4,0 x 10 ¹¹
<i>Lactobacillus plantarum</i>	2,0 x 10 ¹¹
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	1,0 x 10 ¹¹
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4,0 x 10 ¹¹

Fonte: Biotrends.

UFC/kg: Unidade Formadora de Colônias por quilograma.

Para a fertilização tanto a inicial como a de manutenção, foi realizada a fermentação do farelo de arroz utilizando o probiótico BM-PRO. Primeiramente foi feita a ativação deste probiótico, através da adição de 10 g dele em 5 L de água, passado duas horas, essa cultura ativada foi adicionada à 1 kg de farelo de soja. Essa mistura permaneceu 24 h sob aeração, ocorrendo o processo fermentativo.

Para a fertilização inicial foi utilizada uma quantidade de 300 kg de farelo de arroz por hectare. Seguindo a proporção acima, esses 300 kg de farelo de arroz foram misturados a 1.500 L do probiótico ativado (3 kg do probiótico em 1.500 L de água por 2 h). Metade dessa mistura (750 L), de aspecto quase que líquido, foi aplicada nos viveiros e deixada agir por 2 dias, favorecendo o crescimento do alimento natural. No terceiro dia, o restante foi aplicado nos viveiros, e após dois dias foi feito o povoamento dos viveiros com as PLs.

A fertilização de manutenção teve a finalidade de manter a constância na produção do alimento natural. Nela foi utilizada o mesmo protocolo de ativação e fermentação do farelo de arroz, igualmente ao da fertilização inicial supracitada. Porém, foi

utilizada uma menor quantidade de farelo de arroz por hectare. No caso, 30 kg de farelo de arroz foram adicionados a 150L do ativado (10 g do probiótico em 5 L de água). Essa composição de 150 L de BM-PRO/ farelo de arroz foi aplicada uma vez na semana.

4.4 Preparação da dieta fermentada utilizada na alimentação

Para a preparação da dieta fermentada farelo de soja/farelo de trigo (70/30) que foi ofertada aos animais, nos tratamentos T-01 e T-02, foi utilizado um protocolo diferente daquele feito para a fertilização dos viveiros, utilizando-se uma proporção diferente, dando maior consistência a composição.

Foi utilizada a proporção 5 g do probiótico por kg de farelo de soja/farelo de trigo. Para este procedimento foi usado 500 g do probiótico BM-PRO colocados em 500 L de água doce por 6 h, sem aeração. Em seguida, esses 500 L de BM-PRO ativado foram misturados a 500 kg de farelo de soja/farelo de trigo (70/30). Esta composição foi deixada em repouso, em local fechado e protegido da luz solar por um período de 48 h para que ocorresse a fermentação.

Esse processo de fermentação foi realizado de igual forma na ração formulada, cuja composição foi descrita anteriormente na Tabela 8, que compôs o tratamento T-03 deste experimento.

As quantidades alimentares dos diferentes tratamentos e controle, foram calculadas com base na taxa de arraçoamento utilizada nos cultivos tradicionais que utilizam ração comercial. Esses valores foram ajustados com base nas biometrias realizadas ao longo do cultivo. O alimento foi ofertado duas vezes ao dia, às 08:00hs e às 15:00hs, de segunda à sábado. Esse manejo alimentar foi semelhante para os três diferentes tratamentos, assim como para o controle, e perdurou por todo o período de cultivo.

4.5 Análise do desempenho zootécnico

A biometria dos camarões foi realizada semanalmente, ocasião em que uma amostra dos camarões foi pesada em balança digital. Ao final do experimento, de acordo com as equações descritas, as seguintes variáveis de desempenho zootécnico foram calculadas: Biomassa Líquida (BL), Ganho de Peso Médio Diário (GPD) e Ganho de Peso Semanal (GPS), Fator de conversão Alimentar (FCA) e Taxa de Sobrevida (S%).

$$B_L = B_f - B_i \quad (1)$$

Onde,

B_L é biomassa líquida

B_f e B_i são biomassa final e inicial (kg), respectivamente.

$$GPD = PM_f - PM_i / T \quad (2)$$

Onde,

GPD é o ganho de peso médio diário (g dia⁻¹),

PM_f e PM_i são peso médio final e inicial (g),

T é tempo de cultivo (dias).

$$GPS = PM_f - PM_i / T \quad (3)$$

Onde,

GPS é ganho de peso médio semanal (g semana⁻¹),

PM_f e PM_i são peso médio final e inicial (g),

T é tempo de cultivo (semanas).

$$FCA = QR / B_L \quad (4)$$

Onde,

CAA é conversão alimentar aparente (kg de ração kg de camarão⁻¹);

QR é quantidade de ração consumida (kg).

$$S\% = N_f . 100 / N_i \quad (5)$$

Onde,

S é taxa de sobrevivência (%);

N_f e N_i são número final e inicial de camarões, respectivamente.

4.6 Análise da composição centesimal das dietas utilizadas

Amostras da ração comercial e da ração fermentada, composta pelo farelo de soja: farelo de trigo (70:30) foram analisadas quanto a umidade, cinzas, proteína total, lipídeos e carboidratos. As análises foram realizadas no Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (Nutec), localizado no *Campus* do Pici. Elas foram determinadas de acordo com as

Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005), Métodos físico-químicos para alimentos, 4^a edição.

4.6.1 Determinação da umidade

A Umidade foi obtida através do método gravimétrico. Utilizando uma balança analítica, uma porção de cerca de 5 g do material foi pesado em um cadinho de porcelana, previamente tarada. Esse material foi aquecido a 105°C por 3h, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente, e, em seguida pesado. Esse procedimento foi repetido até a obtenção do peso constante. Para o cálculo da umidade utilizou-se a seguinte fórmula:

$$100 \times N / P = \text{umidade a } 105^\circ\text{C}$$

Onde,

N é n° de gramas de umidade (perda de massa em g),

P é n° de gramas da amostra.

4.6.2 Determinação de proteínas

A determinação das proteínas foi realizada através do método de Kjeldahl clássico. Uma porção de 1 g da amostra foi pesada em papel de seda, sendo ambos transferidos para balão de kjeldahl e adicionados 25 mL de ácido sulfúrico e 6 g de uma mistura catalítica (dióxido de titânio anidro, sulfato de cobre anidro e sulfato de potássio anidro, 0,3; 0,3, 6). Em seguida, levados para capela e aquecidos em chapa elétrica até a solução se tornar azul-esverdeada e livre de material não digerido (pontos pretos). Aqueceu-se por mais uma hora e foi colocado para esfriar. Uma parte deste material do balão foi transferida para frasco de destilação, adicionados 10 gotas do indicador fenolftaleína e 1 g de zinco em pó e ligado ao conjunto de destilação. A extremidade do refrigerante foi mergulhada em 25 mL de ácido sulfúrico 0,05 M contido em frasco Erlenmeyer de 500 mL com indicador vermelho de metila. Ao frasco que continha a amostra digerida foi adicionado, com auxílio de um funil com torneira, uma solução de hidróxido de sódio a 30% até a obtenção de um ligeiro excesso de base. Foi aquecido à ebulação e destilado até alcançar cerca de 250 mL do destilado. O excesso de ácido sulfúrico 0,05 M foi titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1 M, usando o vermelho de metila. Para o cálculo utilizou-se a respectiva fórmula:

$$V \times 0,14 \times f / P = \text{protídios por cento m/m}$$

Onde,

V é diferença entre o n° de mL de ácido sulfúrico 0,05 M e o n° de mL de hidróxido de sódio 0,1 M gastos na titulação,

P é n° de gramas da amostra,

f é fator de conversão.

4.6.3 Determinação de lipídios

Antes do uso, os balões de Soxhlet ou tubos reboilers foram desengordurados, lavados, secos em estufa a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ por aproximadamente 1 hora, colocados em dessecador para esfriarem, tarados e identificados, e, assim, ficaram prontos para utilização.

Uma porção de 5g da amostra foi pesada em papel de filtro, seca em estufa a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ por 2 horas e transferida com auxílio de pinça metálica para um cartucho de extração (ou um pacote feito com papel de filtro totalmente fechado. Esses cartuchos foram colocados nos balões ou tubos “reboilers” previamente tarados, pesados e levados ao extrator. Foi adicionado 100 mL de solvente em cada tubo de forma que os cartuchos ficasse imersos no solvente. Em seguida, os tubos (balões) foram conectados aos condensadores, foram aquecidos até fervura e permaneceu por 4 horas. Após esse tempo, os cartuchos foram retirados e o solvente utilizado foi recuperado por destilação. Os balões (tubos) foram secos em estufa a $102 \pm 2^\circ\text{C}$, esfriados em dessecador e pesados. Este processo foi repetido até que o peso não apresentasse diferença maior que 0,1% da massa da amostra. O ensaio foi realizado em duplicita.

O resultado foi expresso em g/100g (%) de gordura total (GT), com duas casas decimais, calculado conforme a fórmula abaixo:

$$GT = (MC - MB) * 100 / MA$$

Onde,

MA é massa da amostra (g);

MB é massa do tubo ou balão (g);

MC é massa do tubo ou balão + gordura total (g).

4.6.4 Determinação de cinzas

As cinzas foram obtidas através da técnica de resíduo mineral fixo. Foram pesadas 5 g da amostra em cadinho de porcelana e levada para incineração em mufla previamente aquecida em temperatura de 550°C, até completa eliminação do carvão. Posteriormente, foram retiradas, colocadas em dessecador e resfriada até temperatura ambiente e pesadas. Esse procedimento de aquecimento e resfriamento foi repetido até a obtenção do peso constante da amostra. Para o cálculo da obtenção do percentual de cinzas da amostra utilizou-se a fórmula abaixo:

$$100 \times N / P = \text{cinzas por cento m/m}$$

Onde,

N é n° de gramas de cinzas,

P é n° de gramas da amostra.

4.6.5 Determinação de carboidratos

A determinação dos carboidratos foi realizada através da determinação de glicídios totais em glicose. Uma porção de cerca de 5 g da amostra foi pesada e transferida, com auxílio de água, para um frasco de Erlenmeyer de 500 mL com tampa esmerilhada. Foram adicionados 5 mL de ácido clorídrico e colocado em chapa de aquecimento e adaptado o refrigerador de refluxo ao frasco. O material permaneceu em ebulição por 3 h, contando a partir do início da ebulição. Posteriormente, a solução foi deixada para esfriar e neutralizada com hidróxido de sódio a 40%, fazendo uso de papel indicador. Em seguida, transferida para balão volumétrico de 250 mL e o volume completado com água. A solução foi agitada e filtrada em papel de filtro, e, então transferida para uma bureta de 25 mL. Em um balão de fundo chato com capacidade de 250 mL, foram colocadas 10 mL das soluções de Fehling A e B e adicionados 40 mL de água e aquecidos até a ebulição. Sobre essa solução do balão, em ebulição, foram adicionadas gotas da solução da bureta, sempre agitando, até que a cor passou de azul a incolor. No cálculo, foi utilizada a fórmula que segue:

$$100 \times A \times a / P \times V = \text{glicídios total em glicose, por cento m/m}$$

Onde,

A é n° de mL da solução de P g da amostra,

a é n° de g de glicose correspondente a 10 mL das soluções de Fehling,
 P é massa da amostra em g,
 V é n° de mL da solução da amostra gasto na titulação.

4.7 Variáveis de qualidade de água

A água foi monitorada quanto ao oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade com o auxílio de um medidor multiparâmetros da marca Akso. A transparência também foi medida utilizando disco de Secchi.

4.8 Análise de sensibilidade econômica

Para a análise do desempenho econômico foram utilizados os parâmetros econômicos: capital e infraestrutura, como aquisição da propriedade, elaboração de projeto, licenciamento, construção de casa sede, galpão, viveiros, aquisição de veículos e equipamentos; custos variáveis e fixos; receitas e lucros.

Os custos variáveis incluíram pós-larvas (PL), corretivo químico, fertilizante químico e orgânico, probiótico, ração inicial e ração de terminação, farelo de soja, de arroz e de trigo, mão-de-obra, encargos trabalhistas, energia elétrica, combustível, produtos de limpeza e de escritório, suprimentos alimentícios, despesas de comercialização. Os custos fixos foram depreciação, manutenção, impostos e taxas, remuneração do capital fixo, remuneração da terra, mão-de-obra. As taxas de depreciação e manutenção foram determinadas de acordo com o padrão da indústria aquícola. A depreciação anual foi calculada pelo método linear, considerando-se a vida útil e o valor residual dos equipamentos (JOLLY; CLONTS, 1993).

Os investimentos foram classificados como de capital e custos operacionais. Juros sobre os custos de investimento e operacional foi calculado multiplicando o investimento total e os custos totais operacionais, a taxa de juros anual de 8%.

O fluxo de caixa do projeto foi calculado para um período de 5 anos. A taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e tempo de retorno de capital da empresa foram calculados considerando uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 8%.

O VPL e a TIR foram calculados pelas equações abaixo, de acordo com Bordeaux-Rêgo (2015):

$$VPL = -I + \sum_{i=0}^n \frac{Fi}{(1+r)^i}$$

Onde:

VPL é valor presente líquido;

I é investimento inicial;

Fi é fluxo líquido do projeto;

n é tempo total do projeto, período total de avaliação do investimento;

r é taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade (TMA);

i é período de tempo (em anos ou meses)

A TIR é a taxa de desconto de um projeto quando o VPL = 0. Assim:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+i)^t}$$

Onde:

TIR é taxa interna de retorno.

Já o cálculo do tempo de retorno de capital (payback), foi feito através da fórmula abaixo, descrita por Silva (2017):

P é investimento inicial/lucro anual

Onde:

P é payback.

De posse da produção obtida em cada tratamento, esses dados foram organizados em tabelas e os cálculos necessários para saber a viabilidade econômica, como as receitas, lucros, payback, para cada um dos tratamentos foram realizados utilizando softwares *Microsoft Office Excel 2016 e Word 2016*, findando saber a melhor opção, ou opção mais vantajosa.

4.9 Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA) para experimentos inteiramente casualizados. Quando existiu diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, as suas médias foram comparadas duas a duas, utilizando teste de Tukey. Foi utilizado o programa Biostat 5.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise do desempenho zootécnico

A Tabela 9 apresenta os valores correspondentes ao fim do cultivo do *P. vannamei* em ambos os três tratamentos e controle. O tempo de cultivo variou de 140 a 172 dias entre os tratamentos, vale destacar que embora numericamente diferentes, esse período não diferiu estatisticamente entre os tratamentos ($p<0,05$). Pode-se notar a presença de diferença estatisticamente significativa entre controle e, pelo menos, um dos tratamentos, para todas as variáveis do desempenho zootécnico analisadas.

Tabela 9 – Desempenho zootécnico do *P. vannamei*, submetido aos três tratamentos alimentares e ao controle, realizados neste experimento

Variáveis	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
Tempo de cultivo (dias)	$140,0 \pm 40,3$	$172,1 \pm 35,2$	$163,5 \pm 40,1$	$159,3 \pm 55,4$
Densidade (cam/m²)	$16,0 \pm 2,7$	$28,0 \pm 7,4$	$29,3 \pm 11,3$	$19,9 \pm 6,0$
Peso médio final (g)	$23,2 \pm 3,6^a$	$25,4 \pm 9,3^a$	$14,3 \pm 3,0^b$	$16,3 \pm 1,4^b$
Crescimento (g/semana)	$1,2 \pm 0,2^a$	$1,0 \pm 0,2^c$	$0,6 \pm 0,1^b$	$0,8 \pm 0,2^b$
Produtividade (kg/ha)	$3.065,7 \pm 539,9^a$	$2.624,4 \pm 791,6^a$	$1.453,2 \pm 386,9^b$	$1.394,9 \pm 427,0^b$
Sobrevivência (%)	$76,0 \pm 21,5^a$	$42,7 \pm 19,3^b$	$36,5 \pm 8,5^b$	$42,9 \pm 1,8^b$
FCA	$1,2 \pm 0,3^b$	$2,1 \pm 1,1^a$	$2,0 \pm 0,3^a$	$2,0 \pm 0,5^a$

Fonte: elaborada pela autora.

Os valores representam as médias \pm desvio padrão. Letras diferentes nas linhas representam diferença estatística ($p<0,05$). Ausência de letras representa que não houve diferença estatística ($p<0,05$).

Tratamento 1: alimentação constituída por 50% ração e 50% de farelo de soja/trigo (70/30).

Tratamento 2: alimentação constituída por 100% de farelo de soja/trigo (70/30).

Tratamento 3: alimentação constituída pela ração formulada.

Controle: alimentação constituída por 100% ração.

O controle mostrou melhores resultados nos parâmetros zootécnicos de crescimento semanal, produção, sobrevivência e fator de conversão alimentar comparado aos tratamentos T-01, T-02 e T03. Para a produtividade e peso médio final não foram encontradas diferenças significativas entre o controle e o T-01, que exibiram resultados melhores que T-02 e T-03. Em se tratando desta última variável, em especial, ela é de suma relevância, uma vez que é determinante no valor de venda do camarão, influenciando a receita, bem como lucro.

O melhor peso médio final foi observado no controle e T-01, que não diferiram estatisticamente. Valores menores do peso foram achados no T-02 e T-03, que não

apresentaram diferenças significativas entre si. O crescimento semanal mais relevante foi notado no controle com 1,2g/semana, seguido do T-01 com 1,0 g/semana, e, com menor crescimento o T-02 e T-03, sem diferenças significativas. Vale destacar que, embora o controle tenha tido este melhor desempenho nesta variável, ao compará-lo com o T-01, pode-se verificar que pode ser utilizada uma maior densidade neste, característica de relevante nos cultivos comerciais.

Os valores de produtividade apresentaram semelhanças estatísticas entre o controle e T-01 e entre T-02 e T-03, com valores variando entre 1.394 kg/ha no T-03 e 3.065,7 kg/ha. Valores não tão diferentes a cultivos comerciais de *P. vannamei*, que podem apresentar de 2 a 6 ton/ha/ano (VALENTI *et al.*, 2021).

O aquamimetismo, ou Aquamimicry, adotado neste experimento, tem como uma de suas vantagens o aumento do rendimento da produção de camarão. A produção de sólidos em suspensão e resíduos em sistema de aquamimética reduz a dependência de rações comerciais, além da ampla utilização do alimento natural disponibilizado nos cultivos através do processo de fertilização dos viveiros, resultando em uma maior produção. Trabalhos relatam altas produções de até 5,5 toneladas por ciclo, utilizando este protocolo (KHANJANI; MOZANZADE; FÓES, 2022).

A taxa de sobrevivência representa um índice que expressa, de certa forma, a situação de cultivo dos animais, alimentação e sanidade. Ela apresentou valor superior a 78% no controle e teve diferenças significativas dos tratamentos, que exibiram valores em torno de 40%. Esta diferença pode ter ocorrido pelo experimento alimentar. Com isso, esse menor tempo de cultivo, pode ter submetido os animais um menor estresse e resultado em menores perdas por mortalidade, e, consequentemente, uma maior sobrevivência, como visto neste trabalho.

O FCA com melhor resultado foi apresentado pelo controle, sendo de 1,1. Os tratamentos T-01, T-02 e T-03 não apresentaram diferenças significativas entre si, com valores próximos a 2,0, porém diferiram do controle. Assim, verificou-se que ao substituir parcial ou totalmente a ração comercial pelas dietas fermentadas, ocorreu um incremento na quantidade de alimento consumida, elevando o FCA. Em cultivos tradicionais de *P. vannamei*, o FCA geralmente fica em torno de 1,0 a 1,8, utilizando rações com 35% de proteína bruta. Desta maneira, embora o FCA dos tratamentos tenha sido superior ao controle, ainda pode ser considerado aceitável.

Era esperada uma melhor eficiência alimentar nas dietas fermentadas testadas neste trabalho, resultando em um menor valor de FCA do que o encontrado. Pois, o protocolo

Aquamimicry utilizado apresenta como uma das suas vantagens a melhora da nutrição geral do camarão cultivado e da conversão alimentar, devido a presença de alimento vivo, em especial, a abundância de zooplâncton. Dentre estes, os copépodos, geralmente ricos em ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, minerais, pigmentos e aminoácidos livres (por exemplo, taurina), e, que podem melhorar não só a eficiência alimentar, como também a imunocompetência dos camarões (NISAR *et al.*, 2022).

Schleider *et al.* (2018) cultivaram camarões em bioflocos realizando substituição gradativa da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja em diferentes taxas (0 a 100%) e realizaram teste de vibriose. Os resultados mostraram que nas menores substituições ocorreram menores taxas de mortalidade. Não houve diferença significativa nos parâmetros hematológicos e imunológicos entre os tratamentos, entretanto o crescimento dos camarões foi menor nas maiores taxas de substituição, semelhante ao presente trabalho, em que os animais do T-01(50% de substituição da ração comercial pela dieta fermentada de farelo de soja/farelo de trigo – 70/30) tiveram maior crescimento que os do T-02 (100% de substituição).

Castro *et al.* (2022) avaliaram o efeito nos parâmetros de crescimento em robalo europeu, *Dicentrarchus labrax*, com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe (FM) e óleo de peixe (FO) por matérias-primas vegetais. Os autores verificaram que o teor de FM da dieta afetou os parâmetros de crescimento e a eficiência alimentar, onde os melhores valores foram encontrados nos peixes alimentados com dietas contendo 20% FM comparado aqueles com dietas contendo 5% FM. Esta redução da FM gerou uma diminuição de cerca de 20% no crescimento dos animais. Fato semelhante ao encontrado neste trabalho, em que a substituição parcial/total da ração pela dieta fermentada também afetou o desempenho zootécnico dos camarões. Os autores também verificaram que o conteúdo lipídico total do músculo não foi afetado pelos níveis experimentais de FM ou FO.

Dietas fermentadas de farelo de soja (SBM) e óleo de girassol (SFC) foram utilizadas em um ensaio de alimentação interna em *P. vannamei* como substitutos da farinha de peixe, com percentuais de 20 a 40% para SBM e de 0 a 10% para SFC. Diferentemente deste trabalho, os resultados mostraram que não houveram diferenças significativas no crescimento entre os animais alimentados com as dietas contendo substituições de até 35% para SBM e 5% para SFC comparados aos animais alimentados com a dieta controle. Talvez isso se deva pelo percentual de substituição, em que no trabalho citado, a substituição foi de até 35%, e neste, a substituição foi acima de 50%. Os autores também verificaram que os

ingredientes testados alteraram a composição centesimal dos animais, com um aumento nos níveis de extrato etéreo (JANNATHULLA *et al.*, 2018).

Os efeitos da substituição de farinha de peixe por farelo de soja fermentado e macroalgas por farelo de arroz foram testados em dieta comercial de juvenis de abalone. Foi utilizada uma dieta padrão e três dietas com variações no percentual de substituição da farinha de peixe por farelo de soja fermentada e substituição de macroalgas por farelo de arroz. A sobrevivência não diferiu entre o controle e os tratamentos. Já o peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico tiveram diferenças entre todos os tratamentos entre si e também entre eles e o controle. Sendo o controle aquele com melhores resultados de desempenho zootécnico, semelhante ao encontrado neste trabalho. Os autores concluíram que um melhor ganho de peso poderia ter sido alcançado, caso a substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja fosse feito com suplementação da metionina fosse feita (LEE *et al.*, 2017).

Estudos demonstraram que a crescente substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja fermentado não influenciou a taxa de sobrevivência dos camarões cultivados, em torno de 80%, que foi superior às taxas observadas no presente experimento. Entretanto, essa substituição ocasionou menores taxas de crescimento, diminuição da eficiência proteica, e aumento da conversão alimentar. O farelo fermentado de soja apresentou um alto coeficiente de digestibilidade aparente para proteína bruta e lipídeos, porém a relação entre crescimento e níveis de inclusão da soja fermentada precisa ser mais investigada, com intuito de evitar malefícios nos parâmetros (NGUYEN *et al.*, 2018).

Moreno-Arias *et al.* (2018) avaliaram o efeito da substituição da farinha de peixe no perfil de aminoácidos e ácidos graxos da composição do bioflocos e camarões cultivados, além do crescimento dos animais. Eles utilizaram a dieta comercial e quatro dietas experimentais com variadas combinações de farinhas, peixe; milho; sorgo; trigo; soja, com a farinha de peixe entre 0 a 30% da composição. Os autores verificaram que a composição dos aminoácidos e ácidos graxos do bioflocos assim como a do camarão independe da farinha de peixe incluída na ração. Os camarões alimentados com a dieta comercial apresentaram os mesmos padrões de crescimento daqueles alimentados com as dietas testes, não apresentaram diferenças significativas quanto ao peso final, GPS, sobrevivência e conversão alimentar. Ao contrário do encontrado neste trabalho, em que os animais da dieta comercial apresentaram melhores resultados zootécnicos quando comparados aqueles que foram alimentados com substituições da ração comercial por dietas fermentadas.

Carvalho *et al.* (2016) testaram seis ingredientes proteicos na alimentação de juvenis de *P. vannamei*, farinha de peixe chilena, proteína de soja concentrada, farinha de

subprodutos de aves, farinha de glúten de milho, farinha de carne e ossos, e farinha de penas hidrolisadas, com inclusões de 10 a 30% em uma dieta referência contendo 20% de farinha de peixe. De maneira semelhante ao achado neste trabalho, a taxa de crescimento, o FCA e a sobrevivência foram melhores na dieta referência. Mesmo apresentando melhores resultados comparada as demais dietas testadas e, ainda se tratando de um concentrado proteico de soja, o FCA, do trabalho supracitado, para as dietas com a inclusão deste ingrediente variaram de 1,77 a 2,29. Sendo estes valores de FCA menores do que ao do presente, em que o FCA foi cerca de 2,0 para os tratamentos.

Tesser *et al.* (2019) pesquisaram diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por concentrado proteico de soja (0, 25, 50, 75 e 100% de substituição) em juvenis de *P. vannamei*, utilizando sistema bioflocos. Os autores não encontraram diferença significativa entre os tratamentos no que se refere aos parâmetros de peso médio final, ganho de peso, taxa de conversão alimentar e sobrevivência. Em todos os tratamentos, inclusive o que ocorreu 100% de substituição, os autores obtiveram sobrevivência superior a 91%, diferente do presente trabalho, onde nem mesmo no controle a sobrevivência alcançou 80%. Tal situação pode ser explicada pelo tempo de cultivo, em que no trabalho supracitado foi bem inferior, apenas 49 dias, comparado aos mais de 140 dias deste, o que expõe os camarões por menos tempo as condições de cultivo.

Nos últimos tempos, a crescente demanda pela farinha de peixe utilizada nas rações dos cultivos aquícolas tem impulsionado a busca por substituições. Com este intuito, Cummins Jr. *et al.* (2017) realizaram testes em camarões utilizando a farinha de larvas de mosca com diferentes níveis como substitutos à farinha de peixe, 7 a 36%. A sobrevivência não diferiu entre os diferentes níveis de substituição. Já o peso final e ganho de peso diminuíram com a maior substituição da farinha de peixe. Este resultado é semelhante ao presente trabalho, em que os animais alimentados com a dieta de substituição total da ração pela dieta fermentada de farelo de soja/farelo de trigo (70/30), T-02, exibiram menor peso final e ganho de peso comparado aqueles animais do T-01, onde ocorreu a substituição parcial da ração.

Uma pesquisa semelhante foi feita com a substituição da farinha de peixe por farinha de larva de cascudinho, em variações de 0 a 100%. Porém, ao contrário do observado no presente trabalho e também no trabalho citado acima, os parâmetros zootécnicos: ganho de peso, taxa de crescimento específico, fator de conversão alimentar, sobrevivência, não foram afetados por nenhuma das diferentes substituições. O teor de proteína e umidade no músculo dos camarões também não apresentaram diferenças significativas, entretanto o conteúdo

lipídico sim, que aumentou mais de 60% na dieta com 100% da substituição da farinha de peixe. Os autores verificaram que a metionina foi o primeiro aminoácido limitante na farinha de larva de cascudinho. Dessa forma, sugerem que esta farinha pode ser utilizada como fonte alternativa na alimentação de juvenis de *P. vannamei*, desde que seja realizada a suplementação de metionina (PANINI *et al.*, 2017).

A aplicação de dietas experimentais, em sistema bioflocos, substituindo a farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja em níveis de 0, 33%, 66% e 100%, resultou em diferenças significativas nas taxas de crescimento do *P. vannamei* em comparação com dietas convencionais. De maneira semelhante ao encontrado neste trabalho com a substituição de ração por fermentado de farelo de soja/farelo de trigo (70/30), os autores observaram que camarões alimentados com dietas com 0 e 33% de substituição apresentaram maior crescimento semanal e pesos finais em comparação aqueles alimentados com 66 e 100% de reposição (JATOBÁ *et al.*, 2017).

Em um ensaio alimentar para determinar como os níveis de minerais de dietas formuladas com substituição de farinha de peixe por farinha de soja afetavam o desempenho de crescimento de *Litopenaeus vannamei*, foram utilizadas seis dietas. Duas dietas ricas em farinha de peixe, uma suplementada com minerais e outra não, e quatro ricas em farelo de soja, uma não suplementada e as demais com diferentes níveis de suplementação. A sobrevivência não foi afetada pelas diferentes dietas testadas. Os animais alimentados com as dietas de farinha de peixe não apresentaram diferenças significativas entre si no desempenho zootécnico, independente da suplementação mineral. Entretanto, para os animais alimentados com as dietas de farelo de soja, a suplementação resultou em maior ganho de peso e peso médio final. Os autores sugerem que, dietas ricas em farelo de soja sejam suplementadas com minerais (HUANG *et al.*, 2017).

Emerenciano, Arnold e Perrin (2022) observaram uma maior produção e produtividade em cultivos de *L. vannamei*, ao realizarem suplementação com metassilicato de sódio (SM) na água de cultivo. Na carcinicultura superintensiva, os suplementos hídricos são frequentemente utilizados para ajustar e estabilizar parâmetros de qualidade da água, condições microbiológicas e ambientais, bem como suprimir microrganismos indesejáveis. Também podem adicionalmente melhorar o desempenho do crescimento dos camarões e apresentam efeito inibitório contra o vibrio patogênico.

García-Bernal *et al.* (2018) determinaram o efeito probiótico da bactéria *Streptomyces* spp. no crescimento, sobrevivência e estrutura histológica do hepatopâncreas de *L. vannamei*. As pós-larvas de camarão foram alimentadas com dietas suplementadas com

Streptomyces spp. por 30 dias, seguido de desafio com *Vibrio parahaemolyticus*. Os animais que tiveram a alimentação suplementada apresentaram significativamente melhor ganho de peso e taxas de sobrevivência após o desafio, além de uma melhor integridade histológica do hepatopâncreas. As vibrioses são doenças que podem prejudicar o desenvolvimento dos animais, gerando impactos negativos nos cultivos (HUYNH *et al.*, 2019).

Ainda que o presente estudo não tenha realizado testes para comprovar a imunidade dos camarões, pode ser deduzido a partir de relatos de outros trabalhos, que a utilização dos probióticos trouxe vantagens para o cultivo. O uso deles é responsável por muitos benefícios para os cultivos. Em uma revisão realizada em fazendas aquícolas em Bangladesh, foi constatado uma relevante melhora nos parâmetros zootécnicos como ganho de peso e produtividade dos peixes e camarões cultivados em que foram usados probióticos. Além disso, as fazendas que faziam o uso destes itens também mostraram uma diminuição incidência de doenças, evidenciando uma melhora do sistema imunológico dos animais cultivados (BISWAS *et al.*, 2019).

Vidal *et al.* (2018) avaliaram os efeitos de uma dieta suplementada com *Bacillus* em pós-larvas de *L. vannamei* e em testes com patógenos, *V. parahaemolyticus* a *V. alginolyticus*. Maiores taxas de sobrevivência foi observada nos animais com suplementação probiótica, e também um maior ganho de peso além de contagens menores desses patógenos.

Em um ensaio de dieta alimentar com a substituição de 30% da dieta referência por quatro fontes proteicas vegetais (farelo de soja, amendoim, colza e óleo de girassol), o farelo de soja fermentado exibiu melhor índices de digestibilidade. Em *P. indicus* e *P. monodon*, o coeficiente de digestibilidade aparente de matéria seca foi superior em farelo de soja, e os menores índices observados em óleo de girassol. A digestibilidade aparente da proteína para o farelo de soja foi superior a 90% e a digestibilidade de todos os aminoácidos essenciais foi também mais alta neste farelo, acima de 93%. Assim, o farelo de soja é uma fonte alternativa viável para cultivos de camarões peneídeos (JANNATHULLA *et al.*, 2019).

Shao *et al.* (2019) testaram cinco níveis de substituição (0 a 40%) de farinha de peixe por farelo de soja fermentado. De maneira surpreendente, e diferentemente ao encontrado neste trabalho e também em muitos da literatura, os camarões alimentados com uma dieta com 20% de substituição tiveram um desempenho de crescimento significativamente melhor, além de apresentarem melhor taxa de sobrevivência, comparados a dieta controle. Os autores também verificaram que a riqueza e diversidade da microbiota intestinal dos animais não foram alteradas pelos diferentes níveis dietéticos de farelo de soja.

Substituições de 0 a 60% da farinha de peixe por farelo de soja fermentado foram feitas em *Scophthalmus maximus* (espécie de peixe). Não foram encontradas diferenças significativas na taxa de sobrevivência entre os diferentes grupos. No entanto, dietas com 45% e 60% de substituição reduziram significativamente o crescimento dos animais e a utilização da ração, além de exibirem um coeficiente de digestibilidade aparente da proteína significativamente menor nos peixes alimentados que no grupo controle. Os autores sugerem que o farelo de soja poderia substituir até 30% a farinha de peixe. O resultado tem uma leve semelhança com o presente trabalho, em que o crescimento dos camarões foi afetado pela substituição por farelo de soja/farelo de trigo, T-01 e T-02, ou na dieta formulada T-03 (WANG *et al.*, 2016).

Nesses vários relatos de trabalhos mostrados observou-se resultados que se assemelharam aos obtidos neste experimento. Porém, vale destacar que, na maioria deles a substituição ocorre na formulação da ração, diferentemente da substituição realizada, onde a ração foi retirada parcial ou total da alimentação em troca dos farelos fermentados. Estes dados comprovam o potencial uso dos farelos vegetais, preferencialmente fermentados com auxílio de probióticos, para alimentação de *P. vannamei*.

5.2 Análise da composição centesimal das dietas utilizadas

A composição centesimal das dietas fermentadas foi realizada pelo Nutec. Para saber esta composição sem o processo de fermentação, utilizou-se uma planilha do Excel, a Diet Formulation, que realiza uma estimativa da formulação. Esta planilha utilizada foi retirada do site *Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific* (NACA). Os componentes nutricionais das dietas *in-natura* e após o processo de fermentação podem ser visualizados nas Tabelas 10, 11 e 12.

No controle foi utilizada a alimentação constituída 100% por uma ração comercial, geralmente empregada em cultivos de *P. vannamei*. Ela foi usada da maneira que é comercializada e sua composição centesimal pode ser visualizada na Tabela 13.

Tabela 10 – Composição centesimal do tratamento T-01 antes e depois do processo de fermentação

Tratamento 1 – 50% Ração + 50% Farelo de soja/farelo de trigo (70/30)		
Componentes (%)	Não fermentado	Fermentado
Umidade	10,5	10,0
Cinza	8,2	9,5
Proteína	34,3	36,1
Gorduras	6,1	7,9
Carboidratos totais	40,9	36,5
Total	100,0	100,0

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 11 – Composição centesimal do tratamento T-02 antes e depois do processo de fermentação

Tratamento 2 – Farelo de soja/farelo de trigo (70/30)		
Componentes (%)	Não fermentado	Fermentado
Umidade	11,0	10,0
Cinza	4,4	7,1
Proteína	33,6	37,2
Gorduras	3,2	6,8
Carboidratos totais	43,0	38,9
Total	100,0	100,0

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 12 – Composição centesimal do tratamento T-03 antes e depois do processo de fermentação

Tratamento 3 – Ração formulada		
Componentes (%)	Não fermentado	Fermentado
Umidade	9,6	10,0
Cinza	11,7	8,5
Proteína	33,0	41,2
Gorduras	6,0	5,2
Carboidratos totais	30,5	35,1
Total	100,0	100

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 13 – Composição centesimal do controle

Componentes (%)	Controle – 100% Ração comercial (35% PB)
Umidade	10,0
Cinza	12,0
Proteína	35,0
Gorduras	9,0
Carboidratos totais	34,0
Total	100,0

Fonte: elaborada pela autora.

Pelos dados exibidos nas tabelas, pode ser verificado que em ambos os tratamentos, após o processo de fermentação houve um incremento no percentual das proteínas. No T-01, composto por 50% ração+50% fermentado de farelo de soja/farelo de trigo (70/30), o aumento no teor proteico foi de cerca de 10%. No T-02, em que a constituição foi apenas o fermentado de farelo de soja/farelo de trigo (70/30) um incremento semelhante foi alcançado, 11%. Já no T-03, cuja constituição inclui farinha de peixe e de camarão, farelo de soja, de trigo, de arroz e de algodão, o processo fermentativo resultou em alavanque na quantidade de proteínas, que aumentaram cerca de 25%.

Este incremento no teor proteico é relatado na literatura como possivelmente decorrente do rápido desenvolvimento microbiológico durante o processo de fermentação, que gera o aumento dos aminoácidos. Os micro-organismos no decorrer da fermentação utilizam os carboidratos como fonte de energia, e, a bioconversão desses carboidratos em proteína microbiológica pode ser a responsável pelo alavanque no conteúdo proteico dos produtos fermentados (QIU; DAVIS, 2018).

Para os carboidratos, ocorreu o inverso do observado no percentual proteico, em que o T-01 e o T-02 apresentaram reduções de 11% e 10%, respectivamente. Esta característica pode ser entendida temo como base o descrito no parágrafo anterior, em que ocorre o consumo dos carboidratos pelos micro-organismo durante a fermentação. Entretanto, o T-03 não seguiu esta tendência., talvez como consequência da própria composição desta dieta.

Os microrganismos, como as bactérias e os fungos, são conhecidos por produzirem uma infinidade de enzimas hidrolíticas que podem reduzir os teores de fibra dos carboidratos complexos e, assim melhorar a sua solubilidade em água (ROMANO *et al.*, 2018; KARAKI *et al.*, 2016).

As bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* sp. e bactérias ácido láticas (BAL) produzem uma diversidade de enzimas microbianas comerciais importantes para uso na aquicultura (KUEBUTORNYE *et al.*, 2020), como protease, lipase, amilase, fitase e outras. A espécie *Bacillus amyloliquefaciens*, ao ser utilizada para a fermentação de farelo de arroz diminuiu o teor de fibra bruta e aumentou teor de proteína (SUPRIYATI *et al.*, 2015).

Resultados semelhantes foram encontrados por Romano *et al.* (2018), ao empregar as espécies *B. megaterium* e *B. licheniformis* no processo fermentativo de farelo de arroz. Eles verificaram uma maior solubilidade em água e aumento total de açúcares solúveis, provavelmente devido à degradação da fibra bruta. O emprego de *B. licheniformis* em condições fermentativas aeróbias estimularam maior produção de proteases (QAZI *et al.*, 2009), o que disponibilizou maior teor proteico do material vegetal quando submetido ao processo fermentativo com esse microrganismo.

A composição centesimal do farelo de soja foi analisada antes e após o processo de fermentação. De forma semelhante ao encontrado neste trabalho, os autores também verificaram um incremento nos teores de proteína bruta e redução nos carboidratos no farelo de soja submetido ao tratamento. Em se tratando dos aminoácidos, foi observado um aumento de quase o dobro nos limitantes, metionina e lisina. Os fatores anti-nutricionais, geralmente presentes em fontes proteicas vegetais, também foram muito menores no farelo de soja fermentado (JANNATHULLA *et al.*, 2018).

Lactobacillus plantarum foi usado para fermentar o farelo de soja, resultando em uma redução significativa nos oligossacarídeos indigestíveis (sacarose, rafinose e estaquiose) e fatores antinutricionais (tanino, inibidores de tripsina, glicinina e β -conglicinina). Muitos desses fatores foram significativamente reduzidos pela fermentação de *L. plantarum*, como, tanino (-40%), inibidores de tripsina (-87%), glicinina (-78%), entre outros. No entanto, ácido fítico, proteína bruta e lipídio bruto não mostraram diferenças significativas entre os grupos fermentados e não fermentados, diferente ao observado neste trabalho, em que, como já mencionado houveram variações após o processo (WANG *et al.*, 2016).

A fermentação do farelo de soja pode aumentar seu valor nutricional e sua digestibilidade, fornecendo peptídeos de baixo peso molecular, elevando a biodisponibilidade de minerais e reduzindo fatores anti-nutricionais. Também aumentam o teor de proteína (cerca de 10%) e uma alteração insignificante de seu perfil de aminoácidos essenciais. Além disso, o farelo de soja fermentado fornece características probióticas e pode aumentar a eficiência das rações aquáticas, elevando as atividades de tripsina (KHANJANI; MOZANZADE; FÓES, 2022).

Em um ensaio alimentar com *L. vannamei*, o processo de fermentação do farelo de soja por *B. subtilis*, utilizado em diferentes níveis de substituições à farinha de peixe, resultou em um incremento de 19% no teor proteico, juntamente com o aumento de 18,75% no conteúdo total de aminoácidos hidrolisados. Semelhante ao verificado no presente trabalho, em que o processo fermentativo também proporcionou uma elevação na quantidade de proteínas. Os autores observaram ainda que, a substituição da farinha de peixe por farelo de soja fermentado pode acontecer em até 61,6%, enquanto para o farelo de soja sem o processamento essa substituição é de até 37,4% (SHIU *et al.*, 2013).

A substituição da farinha de peixe por farelos vegetais, geralmente, acontece de forma parcial, isso ocorre devido a presença de fatores antinutricionais e aproveitamento reduzido de nutrientes, deficiências aminoacídicas, como também baixa palatabilidade. Por isso, cada vez mais tem-se utilizado a fermentação, uma vez que além de ser uma forma de conservação, também mostrou aumentar a palatabilidade e atratividade dos ingredientes vegetais (GARCÍA-ULLOA *et al.*, 2017; SANJUKTA; RAI, 2016).

A utilização de itens vegetais como farelo de soja, arroz e trigo, em excesso, nas rações de camarões podem resultar em prejuízo no crescimento dos animais em decorrência da baixa digestibilidade e a presença de compostos anti-nutricionais. Com isso, a fermentação é apontada como uma técnica possível de uso, com a finalidade de reduzir o teor desses componentes indesejáveis, melhorando o aspecto nutricional. Adicionado a isso, tem-se o uso de probióticos, que, por sua vez, melhoram a digestibilidade desses ingredientes vegetais que quando ofertados *in natura* não apresentam bons coeficientes (JANNATHULLA *et al.*, 2017; QIU; DAVIS, 2018).

Um experimento foi realizado com intuito de avaliar a substituição da farinha de peixe por uma mistura fermentada de farelo de soja e farinha de minhoca, por *Bacillus subtilis* E20, em *P. vannamei*. Os autores verificaram aumento da palatabilidade e teor proteico, além de uma melhor utilização do alimento após o processo de fermentação. Adicionalmente, não foram observadas diferenças significativas na sobrevivência dos camarões após serem desafiadas por *Vibrio alginolyticus*, independente da dieta utilizada. Fato este que também foi observado na composição centesimal do músculo dos animais, que não diferiram (CHIU *et al.*, 2015).

A farinha de sementes de *Jatropha curcas* foi fermentada com *Bacillus licheniformis* e *B. pumilus*. Após a fermentação os teores de proteína bruta aumentaram independente de qual microrganismo foi utilizado no processo. Já os teores de fibra, ácido fítico, inibidor de tripsina e saponinas diminuíram. Essa dieta fermentada foi utilizada na

alimentação em *O. niloticus* e o maior ganho de peso e melhor conversão alimentar foram encontrados nos peixes alimentados com dieta controle, semelhante aos resultados achados no presente trabalho. Não foram encontradas diferenças significativas no hemató crito, hemoglobina e triglicérides entre os grupos de tratamento da dieta controle (HASSAAN; GODA; KUMAR, 2016).

Hassaan *et al.* (2018) avaliaram o processo de fermentação com *Saccharomyces cerevisiae* e *Bacillus subtilis* no valor nutricional de farelo de girassol utilizado na alimentação da tilápia. Semelhante ao comportamento observado no presente trabalho, os teores de proteína bruta, lipídios, aminoácidos essenciais foram aumentados e os teores de fibra, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido fítico e saponinas foram diminuídos, independente de qual bactéria foi utilizada como probiótico. Após o processo, as dietas fermentadas foram utilizadas em um ensaio alimentar com as tilápias e os autores concluíram que a farinha de peixe pode ser substituída em até 25% pelo farelo de girassol fermentado sem afetar o desempenho de crescimento e a eficiência alimentar dos animais.

Em um estudo comparativo da substituição de farinha de peixe por farelo de soja e farelo de soja fermentado por *Lactobacillus* spp sobre o estado oxidativo e respostas imunes inespecíficas em *L. vannamei* foi verificado que a utilização do farelo de soja na alimentação dos camarões reduziu significativamente as respostas imunes não específicas e induziu ao estresse oxidativo. Porém a utilização do farelo de soja fermentado apresentou bem menos efeitos comparados ao farelo de soja in natura (LIN; MUI, 2017).

Zhang *et al.* (2017) pesquisaram os efeitos da substituição parcial da farinha de peixe por hidrolisado de farelo de cogumelo fermentado (FMBH) no crescimento, atividade de enzimas digestivas e capacidade antioxidante de carpas crucianas. O FMBH foi preparado após a fermentação de farelo de cogumelo *Ganoderma lucidum* com *Saccharomyces cerevisiae*. Os autores concluíram que a substituição de 64% a 80% da farinha de peixe por FMBH pode melhorar o crescimento, a atividade das enzimas digestivas e a capacidade antioxidante da carpa.

O farelo de soja foi fermentado com *S. cerevisiae* e utilizado em dietas utilizando selênio como suplemento para juvenis de barramundi. Nos peixes alimentados com dietas suplementadas com selênio, o peso final, a taxa de crescimento específico e o ganho de peso foram maiores nos peixes alimentados com o farelo fermentado do que naqueles alimentados com o não fermentado. O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína foi maior nos peixes alimentados com o farelo de soja fermentado, independente de suplementação.

Adicionalmente, a dieta fermentada foi ainda capaz de melhorar o FCA, ficando bem próximo ao da dieta controle (ILHAM; FOTEDAR, 2016).

Jannathulla *et al.* (2019) ao avaliarem fontes viáveis de alimentação alternativas à farinha de peixe para *P. indicus* e *P. monodon*, verificaram que as proteínas vegetais fermentadas por fungos são altamente adequados para a formulação de dietas e podem ser considerados como ótimas fontes de proteína para ambas as espécies. Aumentar o uso dessas proteínas vegetais fermentadas por fungos não é apenas para reduzir o custo da alimentação, mas também ajuda a reduzir a dependência da farinha de peixe como fonte primária de proteína no setor de aquicultura.

A fermentação é um processo que possibilita muitas vantagens, as bactérias benéficas, leveduras e fungos são normalmente usados para fermentar as fontes de proteína vegetal e animal. Como benefícios os probióticos melhoram o desempenho de crescimento, o valor alimentar, apresentam contribuição enzimática para a digestão, inibem a adesão e colonização de microrganismos patogênicos no intestino, aumentam os parâmetros hematológicos e a resposta imune. Além disso, podem melhorar o apetite do animal cultivado e a digestão da ração quebrando componentes indigeríveis, aumentam a produção de enzimas digestivas, vitaminas e compostos indesejáveis, que por ventura estejam presentes na dieta (DAWOOD; KOSHIO, 2019).

5.3 Variáveis de qualidade de água

Os parâmetros de qualidade de água no período do experimento foram monitorados às 05h e às 17h, e as médias foram feitas. Não ouve diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) para os valores entre controle e tratamento. Os valores do controle e os tratamentos podem ser visualizados na Tabela 14.

Os valores de oxigênio oscilaram entre 2,7 a 3,4 mg/L entre controle e tratamentos para o início da manhã, valores que estão dentro da faixa considerada estressante para os cultivos de animais aquáticos. Já para o fim da tarde, os valores medidos, 8,4 a 8,6 mg/L, ficaram dentro do nível desejado em cultivos que é de 4,0 a 15,0 mg/L, propiciando um bom crescimento e integridade imunológica dos camarões. Essa variação ao longo do dia é geralmente verificada em viveiros, isso porque, durante a fase luminosa do dia ocorre a fotossíntese resultando no aumento de oxigênio disponível, entretanto no período noturno, a respiração dos animais irá consumir o oxigênio, diminuindo esse valor, uma vez que não ocorre a fotossíntese (SÁ, 2012).

A temperatura da água apresentou valores menores no início da manhã, e ao fim da tarde alcançou quase 32°C. Esse parâmetro esteve dentro dos valores geralmente encontrados nas águas de cultivo nos viveiros na Região Nordeste.

A faixa de pH da água ideal para os organismos e vegetais se desenvolverem vai de 6,5 a 9,0, e como pode ser observado na Tabela 14, em todos os tratamentos e controle, independente do horário de monitoramento, os valores estiveram dentro desta faixa. Uma das vantagens do sistema Aquamimicry, utilizado neste experimento, comparado ao conhecido sistema bioflocos (BFT), é justamente a menor variação do pH. O popular BFT necessita de um monitoramento de perto, para verificar a necessidade de adicionar carbono suficiente e, a queda no pH e alcalinidade devido à nitrificação. Sem contar que o BFT apresenta a necessidade de aeração contínua para suspender os resíduos gerados no sistema, para que, ocorra ação das bactérias, enquanto o Aquamimicry tem como precisão, a aeração noturna, que já é geralmente utilizada em cultivos (NISAR *et al.*, 2022).

Tabela 14 – Valores médios dos parâmetros de qualidade de água dos tratamentos e controle

Parâmetros (05h)	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Controle
Oxigênio (mg/L)	3,2 ± 0,9	2,8 ± 1,1	2,7 ± 1,3	3,4 ± 0,7
Temperatura (°C)	26,3 ± 1,8	27,1 ± 2,1	26,8 ± 2,6	26,9 ± 1,6
pH	8,2 ± 0,3	8,1 ± 0,1	8,2 ± 0,2	8,2 ± 0,2
Condutividade (µS/cm)	3,0 ± 0,3	3,0 ± 0,2	3,4 ± 0,1	3,3 ± 0,2
Parâmetros (17h)	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Controle
Oxigênio (mg/L)	5,7 ± 2,2	6,1 ± 1,8	6,2 ± 1,7	5,9 ± 1,6
Temperatura (°C)	30,7 ± 1,8	31,2 ± 1,9	31,3 ± 1,4	31,7 ± 2,1
pH	8,5 ± 0,1	8,5 ± 0,2	8,6 ± 0,1	8,4 ± 0,1
Condutividade (µS/cm)	3,3 ± 0,2	3,2 ± 0,2	3,5 ± 0,2	3,4 ± 0,1
Transparência (cm) 11h	35,0 ± 4,0	37,0 ± 6,0	33,0 ± 4,0	34,0 ± 3,0

Fonte: elaborada pela autora.

Os valores representam as médias ± desvio padrão. Ausência de letras representa que não houve diferença estatística ($p < 0,05$).

Tratamento 1: alimentação constituída por 50% ração e 50% de farelo de soja/trigo (70/30).

Tratamento 2: alimentação constituída por 100% de farelo de soja/trigo (70/30).

Tratamento 3: alimentação constituída pela ração formulada.

Controle: alimentação constituída por 100% ração.

Jatobá *et al.* (2017) ao realizarem ensaio alimentar de substituição de farinha de peixe por concentrado proteico de soja, semelhante ao observado no presente trabalho, não verificaram diferenças entre os parâmetros de qualidade de água para os tratamentos testados.

Entretanto, os valores de pH apresentados por eles foram inferiores, em torno de 7,0, ao deste trabalho, talvez isso tenha ocorrido pelo fato do ensaio ter utilizado o sistema BFT, e, como já mencionado, nesse sistema acontecem quedas no pH.

Em uma pesquisa alimentar de substituição da farinha de peixe em *L. vannamei*, em sistema BFT, os parâmetros de qualidade da água, foram estatisticamente semelhantes entre os tratamentos, da mesma maneira que os resultados do presente trabalho. Os valores de oxigênio também foram bem parecidos, porém, isto não foi verificado no pH, em que os valores foram inferiores, cerca de 7,0 (MORENO-ARIAS *et al.*, 2018).

Na carcinicultura intensiva, alguns suplementos hídricos são frequentemente utilizados para ajustar e estabilizar parâmetros de qualidade da água, condições microbiológicas e ambientais, bem como suprimir microrganismos indesejáveis. Além disso, alguns desses suplementos, como por exemplo o SM, aumentam a população de diatomáceas na água e, essas, são conhecidas por melhorar o desempenho de crescimento de camarões e apresentam efeito inibitório contra patógenos como o vibrio (EMERENCIANO; ARNOLD; PERRIN, 2022).

A utilização de probióticos em fazendas de aquicultura resultaram em muitos benefícios. Dentre estes, a redução significativa na incidência de doenças nos animais cultivados, comprovando uma melhoria do sistema imunológico deles. Além disso, esses probióticos melhoraram significativamente os parâmetros de qualidade de água, pH, oxigênio dissolvido, amônia e transparência, o que influenciou positivamente no desempenho zootécnico dos animais, como aumento de ganho de peso e produtividade (BISWAS *et al.*, 2019).

O sistema Aquamimicry é uma abordagem equilibrada e econômica baseada na simulação de condições naturais e que usa bactérias benéficas com intuito de melhorar a qualidade da água. A adição de fontes de carbono fermentadas e dos probióticos promovem a qualidade da água e facilitam a reciclagem de metabólitos nitrogenados no sistema. Com isso, podem reduzir o consumo de ração e as taxas de troca de água, aliviando a condição de estresse dos camarões cultivados e aumentando a biossegurança em decorrência da diminuição da taxa de troca de água (KHANJANI; MOZANZADE; FÓES, 2022).

5.4 Análise de sensibilidade econômica

Para a realização do estudo da viabilidade econômica utilizou-se uma fazenda hipotética considerando uma propriedade 25 ha, com um preço médio de R\$ 20.000,00 por hectare, valores similares aos encontrados para a região produtora de camarão do médio e alto Jaguaribe, com a construção de 12 viveiros de 1,0 hectare cada. Os parâmetros econômicos foram os custos de implantação (capital e infraestrutura), assim como os custos operacionais (custos fixos, variáveis, receitas e lucros).

Neste estudo de viabilidade foram feitas premissas de custos de implantação da uma fazenda aquícola. Estes custos incluem desde a compra da propriedade com 25 ha, como também os mais variados gastos, como: despesas preliminares, onde são feitos estudos de topografia, solo, água, elaboração de projeto e licenças ambientais; despesas com infraestrutura, no caso construções de viveiros, casa sede e galpão para armazenamento de insumos. Além destes, a aquisição de aerador, veículos e todo o equipamento necessário para o funcionamento do empreendimento aquícola. Todas estas despesas necessárias para a implantação da fazenda totalizaram um valor de R\$ 2.227.850,00 e podem ser visualizadas detalhadamente na Tabela 15.

Tabela 15 – Custo de implantação de uma fazenda destinada ao cultivo de camarões *P. vannamei* de uma fazenda aquícola

Nº	Componentes	Unidade	Valor (R\$)		
			Qtd	Unitário	Total
1	Valor da terra (propriedade)	Hectare	25	20.000,00	500.000,00
2	Despesas preliminares				93.000,00
2.1	Estudo básico (topografia, solo, água)	Verba	1	7.000,00	7.000,00
2.2	Elaboração de projeto técnico-ambiental	Verba	1	20.000,00	20.000,00
2.3	Licenciamento ambiental (Semace, Cogerh)	Taxa	1	6.000,00	6.000,00
2.4	Recuperação de cercas	M	2.500	24	60.000,00
3	Infraestrutura				891.725,00
3.1	Casa sede	m ²	174	650,00	113.100,00
3.2	Galpão de insumos	m ²	60	500,00	30.000,00
3.3	Rede elétrica trifásica	Km	0,875	60.000,00	52.500,00
3.4	Serviço de desmatamento	m ²	187.500	0,15	28.125,00

3.5 Sistema de captação de água	poço	4	30.000,00	120.000,00
3.6 Sistema de abastecimento de viveiros	m ²	13.000	10,00	130.000,00
3.7 Sistema de drenagem de viveiros	comporta	6	15.000,00	90.000,00
3.8 Serviço de movimentação de terra dos viveiros	m ²	120.000	2,00	240.000,00
3.9 Sistema de recirculação de água	m ²	22.000	4,00	88.000,00
4 Veículos, máquinas e implementos				369.000,00
4.1 Veículo para transportes diversos	veículo	1	70.000,00	70.000,00
4.2 Microtrator para aração	veículo	1	5.000,00	5.000,00
4.3 Sistema de aeração	Aerador	48	5.500,00	264.000,00
4.4 Manejo alimentar (bandejas, caiaques)	B/ C	12	2.0000,00	24.000,00
4.5 Amostragens e análise (oxímetros, tarrafas, pHmetro)	diversos	1	6.000,00	6.000,00
5 Despesa				5.500,00
5.1 Rede de despesca	rede	1	800,00	800,00
5.2 Balança digital até 250 kg	balança	1	1.200,00	1.200,00
5.3 Balança digital até 5 kg	balança	2	50,00	100,00
5.4 Tanque de 1.000 L	tanque	5	600,00	3.000,00
5.5 Tanque de 500 L	tanque	1	400,00	400,00
6 Outros				15.500,00
6.1 Quadros de filtragem de água	quadro	24	250,00	6.000,00
6.2 Tábua de nível de água	tábua	300	30,00	9.000,00
6.3 Telas de 0,5 e 1,0 mm	tela	50	10,00	500,00
Total (R\$)				1.874.725,00
Total (R\$/hectare)				156.227,08

Fonte: elaborada pela autora.

Pode ser visualizado que na implantação desta fazenda aquícola o investimento seria de R\$1.874.725,00 e o custo por lâmina d'água para o cultivo foi calculado de R\$ 156.227,08. As despesas com infraestrutura são as maiores e representam cerca de 48% do investimento, e, nesta categoria, aquela que mais causa impacto é o serviço de movimentação de terras. A aquisição da propriedade é a segunda despesa de maior relevância na implantação aquícola, representando em torno de 26% dos gastos iniciais, e cerca de 20% é relacionado a compra de veículos, máquinas e implementos. Os itens que resultam em menores impactos

são aqueles relacionados a estudos preliminares, como elaboração de projetos e licenciamento ambientais, os itens utilizados nas despescas, como balanças e tanques, e outros itens, como quadros de filtragens, que somados representam apenas 6% do investimento inicial de um empreendimento aquícola.

Essa característica de maior despesa no investimento da implantação da fazenda com a infraestrutura é uma realidade que não se aplica na aquicultura mundial. Wijaya *et al.* (2021) realizaram um estudo de análise econômica de aquicultura do camarão *P. vannamei* em um distrito da Indonésia, principal produtor de camarão deste país. Para o Distrito estudado, a maior despesa no custo de implantação de um empreendimento aquícola foi aquela relacionada a compra da terra, que atingiu um percentual de 87% do valor de investimento. A infraestrutura foi responsável por cerca de 10% e os demais itens os 3% restantes do valor investido. Este alto valor da terra é o resultado do impacto do tsunami ocorrido em 2019, que diminuiu as terras disponíveis para a construção dos viveiros, aumentando a demanda das terras favoráveis para a atividade e, consequentemente, elevando o valor de venda destas.

Vale destacar que, embora as despesas preliminares com licenciamento ambiental não representem nem 0,3% do valor do investimento, muitos produtores não conseguem a regularização dos seus empreendimentos devido a lentidão, burocratização e complexidade relacionados a obtenção desse licenciamento. Com isso, muitos micro e pequenos produtores desistem do empreendimento, ou, operam à margem da lei. Cerca de 70% dos produtores de camarão do Brasil não possuem essas licenças ambientais, trabalhando na informalidade. Fato não interessante, uma vez que, a não formalização impede financiamentos, certificação de produtos, e crescimento da atividade. Sendo este um dos grandes entraves no setor da carcinicultura (CIASULLI, 2022).

Além deste, surgiu recentemente uma nova preocupação para o setor, a outorga e, obviamente, cobrança para utilização de águas salgadas, salobras e oligohalinas que como não servem para consumo humano, tampouco dessedentação de animais, e que sempre foram classificadas como de uso insignificante. Porém, por não existir regulamentação por parte da União, alguns estados já estão cobrando e outros pretendem cobrar taxas para utilização deste produto (ROCHA, 2022).

Para a realização do custo de produção mensal da fazenda foram utilizados os custos fixos e os custos variáveis, os quais foram discriminados separadamente em tabelas distintas para melhor entendimento. Uma vez que o custo fixo foi o mesmo nos três diferentes tratamentos e também controle, porém, os custos variáveis, óbvio, diferiram entre eles.

Os custos fixos foram aqueles gastos relacionados à manutenção da infraestrutura (casa sede, galpão) bem como dos veículos e equipamentos, à depreciação, à impostos e taxas (como outorga de água). A remuneração do capital fixo e da propriedade (terra) também é um custo fixo, onde se utilizou um índice de correção de 8%, e o salário do contador, que independe da produção da fazenda, ou seja, o pagamento é efetuado mensalmente produzindo ou não. O detalhamento dos custos fixos pode ser visualizado na Tabela 16.

Tabela 16 – Custos fixos de produção mensal do *P. vannamei* de uma fazenda aquícola

Nº	Componentes	Unidade	Qtd	Valor (R\$)	
				Unitário	Total
1	Manutenção				3.766,81
1.1	Infraestrutura	manutenção	3%	891.725,00	2.229,31
1.2	Veículos, máquinas e implementos agrícolas	manutenção	5%	369.000,00	1.537,50
2	Depreciação				8.539,08
2.1	Infraestrutura	vida útil	25	891.725,00	2.972,42
2.2	Veículo para transporte diversos	vida útil	10	70.000,00	583,33
2.3	Microtrator para aração	vida útil	5	5.000,00	83,33
2.4	Sistema de aeração	vida útil	5	264.000,00	4.400,00
2.5	Bandejas e caiaques	vida útil	5	24.000,00	400,00
2.6	Outros equipamentos diversos	vida útil	5	6.000,00	100,00
3	Impostos e taxas				718,33
3.1	Imposto território rural (0,5%)	ITR	0,5%	500.000,00	208,33
3.2	Taxa outorga de água	m ³	40.000	0,009	360,00
3.3	Taxa licenciamento ambiental	taxa	1	4.000,00	83,33
3.4	Taxa de alvará municipal	taxa	1	800,00	66,67
4	Remuneração capital fixo				9.024,83
4.1	Despesas preliminares	correção	8%	93.000,00	620,00
4.2	Infraestrutura	correção	8%	891.725,00	5.944,83
4.3	Veículos, máquinas e equipamentos agrícolas	correção	8%	369.000,00	2.460,00
5	Remuneração da terra (propriedade)				3.333,33
				500.000,00	

6	Mão-de-obra (contabilidade)	salário	1	1.212,00	1.212,00
	Total custos fixos				26.594,40

Fonte: elaborada pela autora.

Tomando como base os dados do desempenho zootécnico (Tabela 9), realizou-se cálculos e os resultados foram utilizados para análise da sensibilidade econômica, mais especificamente nos custos variáveis. Esses custos são aqueles que dependem da produção do empreendimento e incluem as despesas de insumos, como as pós-larvas, fertilizações inicial e periódica dos viveiros, despesas com alimentação, que neste caso apresenta diferenças quanto as quatro modalidades de dieta utilizadas, T-01, T-02, T-03 e C. Além destas, tem as despesas com as mais variadas mão-de-obra e seus respectivos encargos trabalhistas, energia elétrica, alimentação, entre outros, e, as despesas relacionadas à comercialização e Simples Nacional

Para o controle, utilizando o tempo de cultivo de 140 dias, adicionados a 15 dias de preparação dos viveiros, totalizou 155 dias, resultando em 2,35 ciclos/ano, ou seja, 28 viveiros despescados por ano, 2,35 viveiros despescados mensalmente. A densidade de 16 camarões/m² foi utilizada e então, 160.000 PLs/hectare, multiplicado pelo número de viveiros despescados, resultou em uma quantidade de compra de PLs de 376 milheiros. O camarão foi despescado com um peso médio de 23,2 g, e, assim, um preço de venda de 28,20. Para esse valor de venda utilizou-se a proporção de valores: camarão 10 g (R\$15,00), o de 11 g (R\$16,00), e calculou-se os valores de venda com base no peso médio final de cada tratamento. Esses mesmos cálculos foram realizados para os tratamentos T-01, T-02 e T-03 e, os resultados estão mostrados na Tabela 17.

O valor de venda do camarão foi realizado de acordo com os valores praticados na época da pandemia. Esse preço antes da pandemia era em torno de R\$18,00 o kg para camarões despescados com peso médio de 10g, durante a pandemia houve uma redução deste valor para o produtor, que passou a receber entre R\$9,00 e 15,00/kg para esta categoria de camarão. A inflação e o aumento no custo dos insumos decorrentes da pandemia resultaram na elevação nos custos produtivos, e embora os preços nos supermercados fossem bem mais altos, a nível de produtor esse valor não aumentou. Acredita-se que para o mês recorrente de agosto, o preço médio de venda alcance novamente R\$18,00/kg para o camarão 10g e se mantenha estável.

Diante deste fato, foi adicionada na Tabela 17 uma informação relevante com relação ao preço de venda, que no caso é utilização deste valor de R\$18,00, denominado de preço do camarão + 20%, que é justamente o aumento de 20% do preço original. Com isso, a

partir do preço de venda do camarão de 10g, que é R\$18,00, calculou-se o valor para o camarão, que no caso do controle com peso médio final de 23,2g, foi de R\$41,76, para o do T-01 com peso médio final de 25,4g foi de R\$ 45,72, e assim, sucessivamente. Este dado foi utilizado para a estimativa dos preços de venda dos camarões do controle, T-01, T-02 e T-03 e utilizado nas projeções financeiras mais adiante.

Tabela 17 – Dados utilizados na análise da sensibilidade econômica

Variáveis	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
Tempo de cultivo integralizado (dias)	155	187	178	174
Viveiro despescado por mês	2,35	1,95	2,05	2,10
Pós-larvas por mês (milheiro)	376	546	600	418
Peso médio final (g)	23,2	25,4	14,3	16,3
Preço do camarão (R\$/kg)	28,20	30,40	19,30	21,30
Preço do camarão +20% (R\$/kg)	41,76	45,72	25,74	29,34
Produção mensal (kg)	7.204,4	5.117,5	2.979,1	2.929,3
Consumo mensal de ração inicial (kg)	376,0	546	600	418
Consumo mensal de ração final (kg)	8.645,3	10.746,9	5.958,2	5.858,6

Fonte: elaborada pela autora.

A partir destes dados, os custos variáveis foram feitos e para o controle e podem ser visualizados na Tabela 18. Utilizou-se 376 milheiros de PLs a R\$ 12,50 o milheiro, totalizou em um custo de R\$ 4.700,00. Na produção mensal de 7.204,4 kg de camarões com o FCA de 1,2, apresentado no controle, foram utilizados 376 kg da ração inicial e 8.645,30 kg de ração. Tomando como base os valores de R\$5,26/kg para a ração inicial e R\$4,20/kg para a ração de terminação, resultou em um gasto com alimentação de, respectivamente, R\$1.977,76 e R\$ 36.310,15, para o controle.

O cálculo do parágrafo acima foi efetuado para os tratamentos T-01, T-02 e T-03, utilizando as informações da tabela 18. Para os valores de alimentação com as dietas fermentadas, utilizou-se os valores de cada dieta, mostrados na metodologia deste trabalho. A dieta do T-01 composta por 50% ração + 50% fermentado de farelo de soja/farelo de trigo (70/30) o valor foi de R\$ 3,65 por kg. O T-02 que foi composto exclusivamente por fermentado de farelo de soja/farelo de trigo (70/30) teve um custo de R\$ 2,60 por kg. Já o T-03 composto por fermentado de farinha de peixe e de camarão e por farelo de soja, trigo, arroz e algodão, o valor do kg foi de 2,13.

Tabela 18 – Custos variáveis de produção mensal do *P. vannamei* de uma fazenda aquícola, utilizando ração como fonte única de alimentação (controle)

Nº	Componentes	Unidade	Qtd	Valor (R\$)	
				Unitário	Total
1 Insumos					46.093,21
1.1	Pós-larva	milheiro	376	12,50	4.700,00
1.2	Corretivo químico (cloro, etc.)	kg	6	28,00	168,00
1.3	Corretivo químico (calcário agrícola, óxido de cálcio, etc.)	tonelada	3	900,00	2.700,00
1.4	Fertilizante orgânico (farelo de arroz)	kg	90	2,00	180,00
	Fertilizante orgânico (melaço)	kg	6	2,80	16,80
	Probiótico	kg	0,45,	90,00	40,50
1.5	Ração inicial (40%PB)	kg	376	5,26	1.977,76
1.6	Ração de terminação (30-35%PB)	kg	8.645,27	4,20	36.310,15
2 Mão-de-obra					23.212,50
2.1	Gerente administrativo/técnico	salário	1	6.060,00	6.060,00
2.2	Encarregado de pessoal	salário	1	1.818,00	1.818,00
2.3	Serviços gerais (manejos diversos – ração, água)	salário	3	1.212,00	3.636,00
2.4	Vigilância	salário	2	1.818,00	3.636,00
2.5	Serviços de despesca	diária	24	70,00	1.680,00
2.6	Serviços de manutenção (aração, elétrica, etc.)	diária	18	60,00	1.080,00
2.7	Cozinha	salário	1	1.212,00	1.212,00
2.8	Encargos trabalhistas	encargos	25%	16.632,00	4.090,00
3 Outras despesas					6.480,00
3.1	Energia elétrica	mensal	1	4.000,00	4.000,00
3.2	Combustível (gasolina, diesel)	mensal	100	7,80	780,00
3.3	Alimentação (arroz, feijão, etc.)	mensal	1	1.200,00	1.200,00
3.4	Limpeza (detergente, desinfetante, etc.)	mensal	1	300,00	300,00
3.5	Despesas financeiras (juros, multas, taxas)	mensal	1	200,00	200,00
4 Despesas de comercialização					9.720,00
4.1	Simples Nacional (4%)	imposto	4%	243.000,00	9.720,00
Total custos variáveis					85.505,71

Fonte: elaborada pela autora.

Como pode ser visualizado, apenas o item de insumos da Tabela 18 de custos variáveis foi diferente entre controle e tratamentos, justamente devido aos gastos com PLs e alimentação. Assim, foi realizada a compilação dessas informações dos custos variáveis do controle e tratamentos em uma única tabela, para evitar repetição. As informações com gastos com insumos detalhada, e gastos com mão-de-obra, outras despesas, despesas de comercialização, de maneira simplificada, podem ser visualizadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Compilação dos custos variáveis do controle e tratamentos

Nº	Componentes	C	T-01	T-02	T-03
1	Insumos	46.093,21	51.149,45	27.656,41	21.699,42
1.1	Pós-larva	4.700,00	6.825,00	7.500,00	5.225,00
1.2	Corretivo químico (cloro, etc.)	168,00	168,00	168,00	168,00
1.3	Corretivo químico (calcário agrícola, óxido de cálcio, etc.)	2.700,00	2.700,00	2.700,00	2.700,00
1.4	Fertilizante orgânico (farelo de arroz)	180,00	180,00	180,00	180,00
	Fertilizante orgânico (melaço)	16,80	16,80	16,80	16,80
	Probiótico	40,50	40,50	40,50	40,50
1.5	Ração inicial (40%PB)	1.977,76	1992,90	1.560,00	890,34
1.6	Ração de terminação (30-35%PB)	36.310,15	39.226,25	15.491,11	12.478,78
2	Mão-de-obra	23.212,50	23.212,50	23.212,50	23.212,50
3	Outras despesas	6.480,00	6.480,00	6.480,00	6.480,00
4	Despesas de comercialização	9.720,00	9.720,00	9.720,00	9.720,00
Total custos variáveis		85.505,71	90.561,95	67.068,91	61.111,92

Fonte: elaborada pela autora.

Pode ser observado que houve uma grande diferença nos custos variáveis entre os tratamentos. Para o controle os principais responsáveis na determinação dos custos variáveis foram gastos com: alimentação, 48%; mão-de-obra, 27%; PLs 5,5%. O T-01 seguiu essa mesma tendência: alimentação, 46%; mão-de-obra, 26%; PLs, 7,5%. Já o T-02 e T-03 seguiram uma outra tendência, em que o maior percentual de gastos variáveis foi com mão-de-obra, 35% e 38%, para T-02 e T-03, respectivamente. Em seguida a alimentação 25% para T-02 e 22% para T-03 e a compra de PLs, representando 11% e 8,5% dos custos variáveis de, respectivamente, T-02 e T-03.

Um estudo foi realizado em Tamilnadu, um estado da Índia, fazendo a análise técnico-econômica dos carcinicultores e os maiores custos verificados foram com a alimentação, cerca de 43%, seguida da energia elétrica, 10% e PLs 8%. A despesa com mão-de-obra não foi significativa, uma vez que o cultivo nesta localidade é realizado como subsistência e praticado pelos chefes de família. Estes resultados são, de certa forma, semelhantes aos do presente trabalho no controle e T-01, onde os maiores custos variáveis foram com alimentação e compra de PLs (DURAI; ALAGAPPAN; VENKATESAN, 2020).

Este trabalho tinha a intenção de se obter uma redução dos custos variáveis com a utilização da alimentação alternativa testada nos tratamentos, uma vez que estas dietas apresentam menores custos. Entretanto, infelizmente, devido as baixas produções obtidas nos tratamentos, mesmo com valores inferiores, as dietas fermentadas não apresentaram os custos variáveis reduzidos. Esta diferença impactou a estimativa de todos os índices econômicos calculados. Tal fato se deu, pois, os custos variáveis representaram percentuais superiores a 69% do custo de produção total mensal da fazenda, como pode ser visualizado na Tabela 20.

Tabela 20 – Custos fixos, variáveis e totais mensais da produção de *P. vannamei* deste trabalho para controle e tratamentos

Dieta alimentar	Custo fixo		Custo variável		Custo total
	R\$	%	R\$	%	
C	26.594,4	23,72	85.501,71	76,28	112.096,11
T-01	26.594,4	22,70	90.561,95	77,30	117.156,35
T-02	26.594,4	28,39	67.068,91	71,61	93.663,31
T-03	26.594,4	30,32	61.111,92	69,68	87.706,32

Fonte: elaborada pela autora.

Em uma análise econômica de produção de *P. vananmei*, realizada na Índia, Narkis *et al.* (2021) também encontraram custos variáveis representando mais de 80% dos custos totais de produção. Destes os mais representativos foram os gastos com alimentação, 37%, seguido da eletricidade, 11% e a compra de PLs com 7% destes custos variáveis.

A partir do preço médio de venda e das projeções de produções mensais, foi constatado que apenas no controle e T-01 os custos foram cobertos e a receita gerada foi suficiente para geração de lucro. O T-02 apresentou um valor de custo superior ao valor de venda, resultando em prejuízo de R\$12,14/kg, fato também verificado no T-03, porém com um prejuízo um pouco inferior, sendo de R\$8,64/kg, como pode ser observado na Tabela 21.

Tabela 21 – Variáveis econômicas do controle, T-01, T-02 e T-03

Variáveis	C	T-01	T-02	T-03
Custo total (kg)	15,56	22,89	31,44	29,94
Preço de venda (kg)	28,20	30,40	19,30	21,30
Lucro (kg)	12,64	7,51	-12,14	-8,64
Produção mensal(kg)	7204,4	5117,6	2979,1	2929,3
Lucro (mensal)	91.063,62	38.433,18	-36.166,27	-25.309,15

Fonte: elaborada pela autora.

Desta maneira, é notório que a substituição da ração pelas dietas fermentadas do T-02 e T-03 não é aconselhável, uma vez que houveram prejuízos. Já para o T-01 esta característica não foi verificada. Tal resultado difere do observado por García-Ulloa *et al.* (2017) que ao realizarem a substituição da farinha de peixe por mistura de farelos vegetais não obtiveram diferenças significativas no desempenho zootécnico, porém, em termos de economia, a substituição de 100% da farinha de peixe resultou em menores custos produtivos e, consequentemente, um incremento na lucratividade.

Um aspecto importante a ser mencionado, e que de certa maneira é um empecilho, é o fato do aumento dos valores dos farelos de arroz, soja e trigo, nos últimos anos devido ao aumento na demanda e o impacto da pandemia do Covid-19 na oferta e elevação dos preços destes grãos, como já mencionado neste trabalho. Adicionado a esse entrave, tem um outro problema na utilização destes ingredientes, que é a oscilação no fornecimento. Com isso, a utilização destes farelos na carcinicultura pode ser, de certa forma, prejudicada.

Como apenas o controle e T-01 foram capazes de produção com lucro, considerando custos e receitas anuais, a partir do lucro obtido foi calculado o tempo necessário para o retorno do investimento, o qual é composto, dentre outros, pelo custo de implantação do empreendimento aquícola (Tabela 15).

Já mencionado anteriormente, o preço de venda utilizado nesta pesquisa é correspondente a época do cultivo, em que os carcinicultores foram afetados pela pandemia, que além do aumento nos custos de produção, principalmente insumos, também sofreram com a diminuição dos preços de venda do camarão. Assim, para uma melhor explanação dos resultados econômicos, foi realizada uma estimativa com valores de venda de *P. vannamei* referentes aos valores do comércio atual, mais especificamente mês de agosto do presente ano. Para isso, foi projetado um aumento de 20% do valor de venda, como descrito anteriormente na Tabela 17.

Projeções de custos, receitas e lucros mensais e anuais e payback para dois cenários distintos foram realizadas. O controle com valor de venda do camarão de R\$ 23,20 e o controle (20%) com valor de venda de R\$41,76, e o T-01 com o preço de venda do kg dos camarões de R\$30,40 e T-01 (20%) com preço de R\$45,72. Essas informações podem observadas na Tabela 22.

Tabela 22 – Projeções de custos, receitas e lucros mensais e anuais e payback

	CTM	RTM	LM	CTA	RTA	LA	Payback (Anos)
C	112.100,11	203.163,9	91.063,83	1.345.201,32	2.437.967,28	1.092.765,96	3,8
T01	117.156,35	155.574,4	38.418,08	1.405.876,20	1.866.893,16	461.016,96	7,2
C (20%)	112.100,11	300.855,5	188.755,4	1.345.201,32	3.610.266,48	2.265.065,20	2,5
T-01 (20%)	117.156,35	233.975,8	116.819,4	1.405.876,20	2.807.709,12	1.401.832,90	3,3

Fonte: elaborada pela autora.

CTM: Custo total mensal

RTM: Receita total mensal

LM: Lucro mensal

CTA: Custo total anual.

RTA: Receita total anual.

LA: Lucro anual.

Payback: Tempo de retorno do investimento.

Como resultado dessas projeções, o controle apresentou quase 4 anos de tempo para retorno do investimento, comparado aos 7,2 anos do T-01, onde ocorreu a substituição parcial da ração pela dieta fermentada de farelo de soja/farelo de trigo (70/30). Resultado este menos satisfatório que o controle, porém já esperado pelo maior custo resultado, obtido em decorrência de uma menor produção.

Pode ser verificado que, ao se estimar essas projeções com os atuais valores de mercado, ocorreu um elevado aumento nas receitas, e, consequentemente, nos lucros, fazendo com que o tempo de retorno sofresse uma relevante diminuição, de 3,8 anos para 2,5 no controle, um percentual de 34% de redução no payback. Já para o T-01, esta diminuição foi mais drástica, onde de 7,2 anos o tempo de retorno baixou para 3,3, ou seja, 54% de redução no payback.

Em uma análise econômica de cultivo de *P. vannamei* realiza na Indonésia com alimentação exclusiva por ração comercial, foram encontrados valores de tempo de retorno de 5,4 anos para viveiros com até 1 ha e 10,7 anos para viveiros com uma maior área. Valores

superiores aos do presente trabalho. Os autores relataram que, para os tamanhos dos cultivos não estavam correlacionados com a valorização do negócio, pois cultivos maiores não apresentaram maiores lucratividades. Tal fato aplica-se comprovadamente apenas aos empreendimentos aquícolas da província estudada (WIJAYA *et al.*, 2021).

A carcinicultura já apresenta uma importância econômica reconhecida, mas vale destacar que, assim como qualquer outro empreendimento, o sucesso desta atividade depende do modelo de produção utilizado, seus custos, receitas, e, obviamente lucro. Ela apresenta uma enorme variedade de modelos produtivos, desde cultivos com característica de extensivos, praticados geralmente para subsistência, até cultivos super-intensivos com utilização de tecnologias bastante desenvolvidas (VALENTI *et al.*, 2021).

6 CONCLUSÃO

O crescimento dos camarões foi afetado pela substituição da ração pelas dietas fermentadas. Em que a maior substituição realizada em T-02 (100% fermentado de farelo de soja/farelo de trigo – 70/3) e T-03 (cuja constituição inclui fermentados de farinha de peixe e de camarão, farelo de soja, de trigo, de arroz e de algodão) resultaram em menor GPS, e o controle apresentou um maior ganho de peso.

O fator de conversão alimentar, a taxa de sobrevivência e a produtividade foram melhores nos camarões alimentados exclusivamente por ração comercial, controle. Estes índices não foram afetados pelas diferentes substituições realizadas em T-01, T-02 e T-03.

O processo de fermentação resultou em um incremento no percentual das proteínas de 10% para o T-01 (50% ração + 50% fermentado de farelo de soja/farelo de trigo – 70/30) e para o T-02. Já no T-03, o processo fermentativo aumentou o conteúdo proteico em 25%.

Os parâmetros de qualidade de água no período do experimento não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) para os valores entre controle e tratamentos.

As dietas fermentadas apresentaram valores inferiores a ração comercial, entretanto devido as baixas produtividades, T-02 e T-03 causaram prejuízos, com custo produtivo maiores aos valores de venda. T-01 apresentou lucro, entretanto inferior ao controle.

A projeções de tempo de retorno de investimento realizadas com dois cenários distintos apresentaram um maior tempo para T-01, entretanto, com o cenário 2, onde se utilizou os valores atuais de venda do camarão, verificou-se a diferença no payback entre controle e T-01 diminuiu bastante.

Embora o presente trabalho não tenha obtido resultados tão promissores quanto os esperados com a substituição da ração comercial pelas dietas fermentadas, utilizando o protocolo aquamimicry, os custos com a alimentação são os de maior relevância nos cultivos e, com isso, é necessária a busca por fontes alternativas que diminuam esses custos.

REFERÊNCIAS

- ABCC. A despeito da queda dos preços: 100% de Crescimento da Produção entre 2016-2021. **Associação Brasileira de Criadores de Camarão**, Natal, jul. 2022.
- ABCC. Desafios para carcinicultura brasileira voltar a ser competitiva: utilizar pós-larvas (SPF/SPR) de alta performance e retornar ao mercado internacional. **Associação Brasileira de Criadores de Camarão**, Natal, jun. 2021.
- AGUIRRE-GUZMÁN, G. *et al.* The use of probiotics in aquatic organisms: a review. **African Journal of Microbiology Research**, [s.l.], v. 6, n. 23, p. 4845-4857, jun. 2012.
- AHMED, N.; AZRA, M. N. Aquaculture Production and Value Chains in the COVID-19 Pandemic. **Current Environmental Health Reports**, [s.l.], v. 9, p. 423-435, jun. 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40572-022-00364-6>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- ARIKAN, M. S.; ARAL, Y. Economic analysis of aquaculture enterprises and determination of factors affecting sustainability of the sector in Turkey. **Ankara Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi**, [s.l.], v. 66, n. 1, p. 59-66, 2019. Disponível em: <https://vetjournal.ankara.edu.tr/en/download/article-file/836197>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- AZRA, M. N. *et al.* Impact of COVID-19 on aquaculture sector in Malaysia: findings from the first national survey. **Aquaculture Reports**, [s.l.], v. 19, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235251342030661X>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- BISWAS, P. C. *et al.* Role of probiotics in aquaculture practice of Satkhira region of Bangladesh. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, [s.l.], v. 7, n. 5, p. 174-181, 2019. Disponível em: <https://www.fisheriesjournal.com/archives/2019/vol7issue5/PartC/7-4-62-112.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- BONJA, M. L. **Aquamimetismo**: um novo modelo na carcinicultura sustentável? [S.l.]: [s.n.], 2016. Disponível em: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=6397>. Acesso em: 8 jun. 2018.
- BORDEAUX-RÉGO, R. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. 4. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2015.
- BRABO, M. F. *et al.* Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, São Cristovão, v. 4, n. 2, p. 50-58, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/ActaFish/article/view/5457>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- BRASIL. **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura**: 2014. Brasília, DF: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2024. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/43266781/1-anuario-de-pesca-e-aquicultura-do-brasil-2014-pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

BURUIANA, C. T.; PROFIR, A. G.; VIZIREANU, C. Effects of probiotic *Bacillus* species in aquaculture – an overview. **The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati**, Galati, v. 38, n. 2, p. 9-17, 2014. Disponível em: <https://www.gup.ugal.ro/ugaljournals/index.php/food/article/view/1741/1470>. Acesso em: 20 ago. 2022.

CARVALHO, R. A. P. L.F. *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**, [s.l.], v. 465, p. 223-234, 2016.

CASTRO, P. L. *et al.* Effect of combined fishmeal and fish oil replacement on growth performance, flesh quality and shelf life of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, [s.l.], v. 560, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848622005683>. Acesso em: 20 ago. 2022.

CHAKRAVARTY, S.; KUMAR, S.; PRAKASH, S. Back to the Basics: Biomimicry in Shrimp Farming. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, [s.l.], v. 7, n. 5, p. 2172-3184, 2018.

CHIU, S. *et al.* Using a fermented mixture of soybean meal and earthworm meal to replace fish meal in the diet of white shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone). **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 47, n. 11, p. 3489-3500, 2015.

CIASULLI, D. Desafios da carcinicultura brasileira: para avançar precisa desburocratizar. **Revista ABCC**, Natal, n. 1, 20 out. 2022.

CRUZ, P. M. *et al.* Use of probiotics in aquaculture. **International Scholarly Research Network**, [s.l.], v. 2012, p. 1-13, out. 2012.

CRUZ-SUÁREZ, L. E. *et al.* Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. **Aquaculture**, [s.l.], v. 292, n. 1-2, p. 87-94, jul. 2009.

CUMMINS JR., V. C. *et al.* Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvaemeal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, [s.l.], v. 473, p. 337-344, abr. 2017.

DAWOOD, M. A.O.; KOSHIO, S. Application of fermentation strategy in aquafeed for sustainable aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, [s.l.], p. 1-16, 2019.

DURAI, V.; ALAGAPPAN, M.; VENKATESAN, M.; Techno-economic analysis of Shrimp farming in Coastal districts of Tamilnadu. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, [s.l.], v. 8, n. 4, p. 2193-2196, 2020. Disponível em: <https://www.entomoljournal.com/archives/2020/vol8issue4/PartAH/8-4-390-577.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2022.

EMERENCIANO, M. G. C.; ARNOLD, S.; PERRIN, T. Sodium metasilicate supplementation in culture water on growth performance, water quality and economics of

indoor commercial-scale biofloc-based *Litopenaeus vannamei* culture. **Aquaculture**, [s.l.], v. 560, 2022.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018**: sustainability in action. Roma: Food and Agricultural Organization, 2018.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**: sustainability in action. Roma: Food and Agricultural Organization, 2020.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**: sustainability in action. Roma: Food and Agricultural Organization, 2022.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, [s.l.], v. 199, n. 3-4, p. 197-227, ago. 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848601005269>. Acesso em: 20 ago. 2022.

GARCÍA-BERNAL, M. *et al.* Probiotic effect of *Streptomyces* spp. on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae challenged with *Vibrio parahaemolyticus*. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 24, p. 865-871, 2018.

GARCÍA-ULLOA, M. *et al.* Substituting fishmeal with mixtures of wheat, corn and soya bean meals in diets for the white leg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone): effect on production parameters and preliminary economic assessment. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 48, n. 9, p. 4864-4873, 2017.

HAJRA, A. *et al.* Antinutritional factors in plant origin fish feed ingredients: the problems and probable remedies. **Advances in Fish Research**, Delhi, v. 5, p. 193-202, 2013.

HASAN, K. N.; BANERJEE, G. Recent studies on probiotics as beneficial mediator in aquaculture: a review. **The Journal of Basic and Applied Zoology**, [s.l.], v. 81, n. 1, p. 1-16, ago. 2020. Disponível em: <https://basicandappliedzoology.springeropen.com/articles/10.1186/s41936-020-00190-y>. Acesso em: 20 ago. 2022.

HASSAAN, M. S. *et al.* Growth and physiological responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed dietary fermented sunflower meal inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis*. **Aquaculture**, [s.l.], 2017.

HASSAAN, M.S.; GODA, A. M. A. S., KUMAR, V. Evaluation of nutritive value of fermented de-oiled physic nut, *Jatropha curcas*, seed meal for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 3, p. 571-584, abr. 2016.

HUANG, F. *et al.* Replacement of fishmeal with soybeanmeal and mineral supplements in diets of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity water. **Aquaculture**, [s.l.], v. 473, p. 172-180, 2017.

HUYNH, T. G. *et al.* Bacterial population in intestines of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* fed a probiotic containing *Lactobacillus plantarum* and galactooligosaccharide. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 50, n. 3, p. 807-817, mar. 2019.

IBGE. **Produção pecuária municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IBGE. **Produção pecuária municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

ILHAM, I.; FOTEDAR, R. Growth, enzymatic glutathione peroxidase activity and biochemical status of juvenile barramundi (*Lates calcarifer*) fed dietary fermented soybean meal and organic selenium. **Fish Physiol Biochem**, [s.l.], 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. Disponível em: https://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analiseddealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 21 ago. 2022.

JANNATHULLA, R. *et al.* Effect of *Aspergillus niger* fermented soybean meal and sunflower oil cake on growth, carcass composition and haemolymph indices in *Penaeus vannamei* Boone, 1931. **Aquaculture**, [s.l.], v. 486, p. 1-8, 2018.

JANNATHULLA, R. *et al.* Apparent digestibility coefficients of fungal fermented plant proteins in two different penaeid shrimps—A comparative study. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 50, n. 5, p. 1491-1500, 2019.

JANNATHULLA, R. *et al.* Effect of fermentation methods on amino acids, fiber fractions and anti-nutritional factors in different plant protein sources and essential amino acid index for *Penaeus vannamei* Boone, 1931. **Indian Journal Fish**, [s.l.], v. 64, n. 2, p. 40-47, 2017.

JATOBÁ, A. *et al.* Replacement of fishmeal for soy protein concentrate in diets for juvenile *Litopenaeus vannamei* in biofloc-based rearing system. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 46, n. 9, p. 705-713, set. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/XMVHX87HV6Bc85rSNbcF7nr/?lang=en>. Acesso em: 20 ago. 2022.

JOLLY, C. M.; CLONTS, H. A. 1993. **Economics of Aquaculture**. Binghamton: The Haworth Press, 1993.

KARAKI, N. *et al.* Enzymatic modification of polysaccharides: Mechanisms, properties, and potential applications: a review. **Enzyme and Microbial Technology**, [s.l.], v. 90, p. 1-18, ago. 2016.

KARI, Z. A. *et al.* Palm date meal as a non-traditional ingredient for feeding aquatic animals: a review. **Aquaculture Reports**, [s.l.], v. 25, ago. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513422002290>. Acesso em: 20 ago. 2022.

KHANJANI, M. H.; MOZANZADE, M. T.; FÓES, G. K. Aquamimicry system: a suitable strategy for shrimp aquaculture – a review. **Annals of Animal Science**, [s.l.], v. 22, n. 4, out.

2022. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.2478/aoas-2022-0044>. Acesso em: 20 ago. 2022.

KUEBUTORNYE, F. K. A. *et al.* A review on the application of Bacillus as probiotics in aquaculture. **Fish Physioly Biochem**, [s.l.], v. 87, p. 820-828, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.02.010>. Acesso em: 20 ago. 2022.

LEE, K. W. *et al.* Effects of Substitution of Fish Meal (FM) and Macroalgae (MA) with Soybean Meal and Rice Bran in a Commercial Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*) Diet on Growth Performance. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Trabzon, v. 17, p. 519-526, 2017. Disponível em: https://www.trjfas.org/uploads/pdf_1022.pdf. Acesso em: 20 ago. 2022.

LI, E. *et al.* Physiological change and nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. **Reviews in Aquaculture**, New Jersey, v. 9, n. 1, p. 57-75, mar. 2017.

LIM, Y.; MUI, J. Comparison of dietary inclusion of commercial and fermented soybean meal on oxidative status and non-specific immune responses in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Fish & Shellfish Immunology**, [s.l.], v. 63, p. 208-212, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050464817300748?via%3Dihub>. Acesso em: 20 ago. 2022.

LIGHTNER, D. V. Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review. **Journal of Invertebrate Pathology**, [s.l.], v. 106, n. 1, p. 110-130, jan. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21215359/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MITRA, A. Thought of Alternate Aquafeed: Conundrum in Aquaculture Sustainability? **Proceedings of the Zoological Society**, [s.l.], v. 74, p. 1-18, nov. 2020.

MOHAPATRA, S. *et al.* Aquaculture and stress management: a review of probiotic intervention. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [s.l.], v. 97, n. 3, p. 405-430, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0396.2012.01301.x>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MORENO-ARIAS, A. *et al.* Effect of fishmeal replacement with a vegetable protein mixture on the amino acid and fatty acid profiles of diets, biofloc and shrimp cultured in BFT system. **Aquaculture**, [s.l.], v. 483, p. 53-62, 2018.

NACA. Diet Formulation. **Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific**, [s.l.], c2022. Disponível em: <https://enaca.org>. Acesso em: 20 ago. 2022.

NARKIS, C. J. *et al.* An Economic Analysis of Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Nagapattinam District of Tamil Nadu. **Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology**, [s.l.], v. 39, n. 10, p. 449-454, 2021. Disponível em: <https://journalajaees.com/index.php/AJAEES/article/view/1222/2443>. Acesso em: 20 ago. 2022.

- NATORI, M. M. *et al.* Desenvolvimento da carcinicultura marinha no Brasil e no mundo: avanços tecnológicos e desafios. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 61-73, fev. 2011.
- NGUYEN, N. V. *et al.* Utilization of fermented soybean meal for fishmeal substitution in diets of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 24, n. 3, p. 1092-1100, 2018.
- NIETO-LÓPEZ, M. *et al.* Digestibility of different wheat products in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. **Aquaculture**, [s.l.], v. 319, n. 3-4, p. 369-376, out. 2011.
- NISAR, U. *et al.* A Solution for Sustainable Utilization of Aquaculture Waste: a comprehensive review of biofloc technology and aquamimicry. **Frontiers in Nutrition**, [s.l.], v. 8, jan. 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2021.791738/full>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- NOAA FISHERIES. Aquaculture. **NOAA Fisheries**, [s.l.], c2018. Disponível em: <https://www.fisheries.noaa.gov/topic/aquaculture>. Acesso em: 5 maio 2018.
- NUNES, A. J. P.; LEITES, J. S.; ALENCAR, R. Alternativas para enfrentar o aumento no preço da ração como resultado da pandemia do novo coronavírus. **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão**, Natal, ano 23, n. 3, jun. 2021. Disponível em: <https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2021/07/Artigo-Alternativas-Para-Enfrentar-o-Aumento-no-Preco-da-Racao-como-Resultado-da-Pandemia-do-novo-Coronavirus.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- PACHECO-VEGA, J. M. *et al.* Nutritional contribution of fish meal and microalgal biomass produced from two endemic microalgae to the growth of shrimp *Penaeus vannamei*. **Latin American Journal of Aquatic Research**, Valparaíso, v. 46, n. 1, p. 53-62, 2018. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2018000100053. Acesso em: 20 ago. 2022.
- PANINI, R. L. *et al.* Potential use of mealworms as an alternative protein source for Pacific white shrimp: Digestibility and performance. **Aquaculture**, [s.l.], v. 473, p. 115–120, 2017.
- PEIXE BR. **Anuário 2021**: Peixe BR da Piscicultura. São Paulo: Peixe BR, 2021. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021>. Acesso em: 18 jul. 2022.
- PÉREZ-SÁNCHEZ, T. *et al.* Probiotics in aquaculture: a current assessment. **Reviews in Aquaculture**, [s.l.], v. 5, p. 1-14, 2013.
- QAZI, J. I. *et al.* Effect of aeration and agitation rates on alkaline protease production by UV mutant strain *Bacillus licheniformis* UV-9. **Turkish Journal of Biochemistry**, [s.l.], v. 34, n. 2, p. 89-96, 2009.
- QIU, X.; DAVIS, D. A. Evaluation of dried fermented biomass as a feed ingredient in plant-based practical diets for juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 24, n. 1, p. 383-391, fev. 2018.

RIBEIRO, L. F. *et al.* Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 14, n. 3, p. 365-383, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3883/388340108002.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

ROCHA, I. Entraves, desafios e oportunidades para a carcinicultura brasileira. **Revista ABCC**, Natal, n. 1, 2022.

ROMANO, N. **Aquamimicry**: a revolutionary concept for shrimp farming. Serdang: Global Seafood Alliance, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/314338986_Aquamimicry_a_revolutionary_concept_for_shrimp_farming. Acesso em: 20 ago. 2022.

ROMANO, N. *et al.* Fermenting rice bran as a carbon source for biofloc technology improved the water quality, growth, feeding efficiencies, and biochemical composition of African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. **Aquaculture Research**, [s.l.], p. 1-11, 2018. Disponível em: <https://itp1.itopfile.com/ContentImage/d470d8876d08f5d2/Romanetal-2018-AquacultureResearchz-z1396770514734.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

ROMANO, N.; KUMAR, V. Vegetarian shrimp: Pellet-free shrimp farming. **World Aquaculture Society**, [s.l.], dez. 2017. Disponível em: <https://www.globalseafood.org/advocate/aquamimicry-a-revolutionary-concept-for-shrimp-farming/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

ROY, L. A. *et al.* Demonstration of alternative feeds for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters of west Alabama. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 40, n. 4, p. 496-503, fev. 2009.

SÁ, M. V. C. **Limnocultura**: limnologia para aquicultura. Fortaleza: Edições UFC, 2012.

SANJUKTA, S.; RAI, A. K. Production of bioactive peptides during soybean fermentation and their potential health benefits. **Trends in Food Science and Technology**, [s.l.], v. 50, n. 1, p. 1-10, 2016.

SARDOU, S. S. T. *et al.* Ocorrência das principais doenças virais na carcinicultura brasileira – revisão de literatura. **Revista de Medicina Veterinária do Unifeso**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 43-49, 2022.

SARTORI, A. G. O.; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança alimentar e nutricional**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 83-93, 2012. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8634613>. Acesso em: 20 ago. 2022.

SCHLEDER, D. D. *et al.* Soybean protein concentrate in pacific white shrimp reared in bioflocs: effect on health and vibrio challenge. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, Maringá, v. 40, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asas/a/j6sS6dBBRn7QdxkG86yjqNp/abstract/?lang=en>. Acesso em: 20 ago. 2022.

SHAO, J. *et al.* Replacement of fishmeal by fermented soybean meal could enhance the

growth performance but not significantly influence the intestinal microbiota of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 504, p. 354-360, 2019.

SHIU, Y. *et al.* Increase in the plant protein ratio in the diet of White shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), using *Bacillus subtilis* E20-fermented soybean meal as a replacement. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 46, n. 2, p. 382-394, 2013.

SILVA, J. C. **Carcinicultura**: a viabilidade da criação de camarão em Rondônia. 2017. 30 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Contábeis) — Departamento de Ciências Contábeis, Universidade Federal de Rondônia, Cacoal, 2017. Disponível em: <https://ri.unir.br/jspui/handle/123456789/1758>. Acesso em: 20 ago. 2022.

SOUZA FILHO, J. *et al.* **Custo de produção do camarão marinho**. Florianópolis: Instituto Cepa/SC/Epagri, 2003.

SUMON, T. A. *et al.* Functionality and prophylactic role of probiotics in shellfish aquaculture. **Aquaculture Reports**, [s.l.], v. 25, ago. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513422002162>. Acesso em: 20 ago. 2022.

SUPRIYATI, H. T. *et al.* Nutritional value of rice bran fermented by *Bacillus amyloliquefaciens* and humic substances and its utilization as a feed ingredient for broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 28, n. 2, p. 231-238, fev. 2015. Disponível em: <https://koreascience.kr/article/JAKO201501657870536.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2022.

TACON, A. G. J. Biosecure Shrimp Feeds and Feeding Practices: Guidelines for Future Development. **Journal of the World Aquaculture Society**, [s.l.], v. 48, n. 3, p. 381-392, jun. 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jwas.12406>. Acesso em: 20 ago. 2022.

TAHIM, E. F.; DAMACENO, M. N.; ARAÚJO, I. F. Trajetória tecnológica e sustentabilidade ambiental na cadeia de produção da carcinicultura no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 57, n. 1, p. 94-107, jan./mar. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/qyzrfBZ7JGy7CCLZ57BVr3P/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 20 ago. 2022.

TESSER, M. B. *et al.* Substituição da farinha e do óleo de peixe por farinha e óleo de origem vegetal em rações utilizadas na fase de engorda do camarão-branco-do-pacífico *Litopenaeus vannamei*, em sistemas de bioflocos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], v. 71, n. 2, p. 703-710, mar./abr. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/gjj77yg9dfBFXWZ4tvtVLCF/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 20 ago. 2022.

VALENTI, W. C. *et al.* Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, [s.l.], v. 19, p. 1-18, 2021. Disponível em: https://www.caunesp.unesp.br/Home/publicacoes/rp_valenti_aquaculture-in-brazil-past-present-and-future.pdf. Acesso em: 20 ago. 2025.

VIDAL, J. M. A. Robiotic potential of *Bacillus cereus* against *Vibrio spp.* in post-larvae

shrimps. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 495-503, abr./jun., 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/6401/pdf>. Acesso em: 20 ago. 2025.

WANG, L. *et al.* Effects of soybean meal fermentation by *Lactobacillus plantarum* P8 on growth, immune responses, and intestinal morphology in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquaculture**, [s.l.], v. 464, p. 87-94, 1 nov. 2016.

WIJAYA, R. A. *et al.* Economic analysis of vannamei shrimp aquaculture in Aceh Besar Regency based on different land areas. **Earth and Environmental Science**, [s.l.], v. 674, 2021. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/674/1/012039/pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

XIE, S. W. *et al.* Partial replacement of fish-meal by soy protein concentrate and soybean meal based protein blend for juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 464, p. 296-302, nov. 2016.

XIMENES, L. F. Produção de Pescado no Brasil e no Nordeste Brasileiro. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v. 5, n. 150, p. 1-16, jan. 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/649/1/2021_CDS_150.pdf. Acesso em: 20 ago. 2025.

YATIP, P. *et al.* Extract from the fermented soybean product Natto inhibits *Vibrio* biofilm formation and reduces shrimp mortality from *Vibrio harveyi* infection. **Fish & Shellfish immunology**, London, v. 72, p. 348-355, jan. 2018.

YUAN, L. *et al.* Fermented soybean meal improves the growth performance, nutrient digestibility, and microbial flora in piglets. **Animal Nutrition**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 19-24, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405654516301196>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ZHANG, D. *et al.* Effect of Replacing Fish Meal with Fermented Mushroom Bran Hydrolysate on the Growth, Digestive Enzyme Activity, and Antioxidant Capacity of Allogynogenetic Crucian Carp (*Carassius auratus gibelio*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s.l.], v. 17, p. 1039-1048, 2017. Disponível em: https://www.trjfas.org/uploads/pdf_1137.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

ZHANG, Y. *et al.* Precision nutritional regulation and aquaculture. **Aquaculture Reports**, [s.l.], v. 18, nov. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235251342030586X?via%3Dihub>. Acesso em: 20 ago. 2021.