



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Ivanilson de Lima Santos

**Macroalga como aditivo alimentar para camarão-branco-do-pacífico cultivado em
sistema de bioflocos na fase de berçário**

Florianópolis

2023

Ivanilson de Lima Santos

Macroalga como aditivo alimentar para camarão-branco-do-pacífico cultivado em sistema de bioflocos na fase de berçário

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Felipe do Nascimento Vieira

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Santos, Ivanilson de Lima

Macroalga como aditivo alimentar para camarão-branco-do-pacífico cultivado em sistema de bioflocos na fase de berçário / Ivanilson de Lima Santos ; orientador, Felipe do Nascimento Vieira, 2023.

41 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. *Penaeus vannamei*. 3. *Ulva ohnoi*. 4. Alimentos alternativos. 5. Suplementação dietética. I. Vieira, Felipe do Nascimento. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

Ivanilson de Lima Santos

**Macroalga como aditivo alimentar para camarão-branco-do-pacífico cultivado em
sistema de bioflocos na fase de berçário**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora
composta pelos seguintes membros:

Prof. Felipe do Nascimento Vieira, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Adolfo Jatobá Medeiros Bezerra, Dr.
Instituto Federal Catarinense

Prof. Ugo Lima Silva, Dr.
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de mestre em Aquicultura.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Felipe do Nascimento Vieira, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2023.

Dedico este estudo ao meu pai – Sebastião Santos (*in memóriam*) – o Sr. está no meu coração, mesmo não estando presente diante de nós para compartilhar esse momento ímpar. À minha mãe, Sebastiana Santos, pelo apoio incondicional em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por te me guiado e acompanhado ao longo da realização do mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Felipe Vieira, pela confiança em me aceitar como seu orientado e membro do Laboratório de Camarões Marinhos (LCM/UFSC), por todo suporte, orientação, ensinamentos e críticas para crescer como profissional durante o mestrado.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Ugo Silva, Dr. Adolfo Jatobá, Dr. Delano Schleder e Dr. Frank Belettini, pela disponibilidade de participar da avaliação desse estudo e por suas valiosas contribuições à esta dissertação.

À minha mãe Sebastiana, pela criação e ensinamento dos princípios básicos da vida e amor incondicional, ao meu pai Sebastião (*in memoriam*), por sempre ser uma fonte inesgotável de inspiração, aos meus irmãos Roberto, Gilberto e Ivanildo pelo apoio e incentivo; ao meu tio Cícero e ao meu primo Arnaldo, porque eles foram uma das bases mais importantes dessa caminhada. À Évellyn Sá, pelo companheirismo, amor, carinho e cuidado.

Ao LCM e amigos que conquistei ao longo do curso, em especial à Ana, pela paciência, ensinamentos e inspiração; à Camila pela experiência compartilhada e ajuda durante o trabalho, à Priscilla pela ajuda com a formulação das dietas; à Ramires pela amizade e sugestões para melhorar a escrita da dissertação; à Patriula, ao Ramon e ao Alfredo pela amizade e ajuda no trabalho; à Isabela e Claudinha pela ajuda com a qualidade da água do experimento; à Norha e Flávia pela ajuda com a microbiologia do estudo; à Jaqueline pelos ensinamentos e inspiração. A todos um muito obrigado, pelos cafés, conversas, risadas, dicas, puxões de orelha e críticas edificantes.

Aos funcionários e amigos do LCM, em especial Andréia, Ilson, Carlos, Dimas, Diego e João, por toda ajuda, amizade e diversão na hora do trabalho duro e momentos de almoço.

Ao Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI/UFSC), pelo auxílio na formulação e fabricação das rações experimentais, em especial ao Guto e à Prof^a. Dr^a Débora Machado Fracalossi.

O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil, Código Financeiro 001) e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC, projeto 2020TR728).

Muito obrigado!

Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridade, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir. (Augusto Cury)

RESUMO

As macroalgas vêm ganhando visibilidade como aditivo alimentar devido às suas propriedades nutricionais, imunoestimulantes, antivirais, antibacterianas e promotoras de crescimento. Deste modo, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso de biomassa seca de *Ulva ohnoi* como aditivo alimentar para o *Penaeus vannamei* criado em sistema de bioflocos na fase de berçário e seus efeitos sobre os parâmetros zootécnicos e microbiológicos e o desafio frente ao estresse térmico agudo. O estudo consistiu em um experimento com três tratamentos e quatro repetições cada: 0,5 e 2 % de *U. ohnoi* e uma dieta controle, sem a adição da macroalga. A macroalga foi incluída na dieta em substituição ao caulim. As pós-larvas ($0,068 \pm 0,01$ g) foram criadas por 46 dias em tanques de 60 L com densidade de 2.000 pós-larvas m⁻³ e alimentadas seis vezes ao dia. Ao final do experimento, os camarões alimentados com a dieta com 0,5 % apresentaram peso médio final, ganho de peso e taxa de crescimento específico significativamente maiores do que o tratamento controle e estatisticamente similares ao tratamento com 2 % de *U. ohnoi*. O fator de conversão alimentar e a sobrevivência não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. A dieta com 2 % aumentou significativamente a contagem de bactérias heterotróficas totais em relação ao controle e similar ao tratamento com 0,5 % de *U. ohnoi*. As diferentes inclusões da macroalga na dieta não diferiram estatisticamente na contagem de *Vibrio* spp., quando comparadas com o controle. Para o choque térmico, os camarões alimentados com as dietas contendo a macroalga apresentaram mortalidade significativamente similar ao controle. Considerando que o desempenho dos camarões alimentados com as dietas contendo *Ulva ohnoi* foi similar, recomenda-se a inclusão de 0,5 %, uma vez que o crescimento dos camarões foi maior nesta inclusão.

Palavras-chave: Aquicultura. *Penaeus vannamei*. *Ulva ohnoi*. Alimentos alternativos. Suplementação dietética.

ABSTRACT

The use of seaweed as a feed additive has been increasingly recognized due to its nutritional, immunostimulant, antiviral, antibacterial, and growth-promoting properties. Thus, the present study aimed to evaluate the use of *Ulva ohnoi* as a feed additive for *Penaeus vannamei* cultured in a biofloc system in the nursery phase on the growth and microbiological parameters and the resistance to thermal shock. The study consisted of an experiment with three treatments and four replicates each: 0.5 and 2 % of dry biomass of *U. ohnoi* and a control diet without the addition of seaweed. Seaweed dry biomass was included in the diets in place of kaolin. Postlarvae (0.068 ± 0.01 g) were cultured for 46 days in 60 L tanks at a density of 2,000 shrimp m^{-3} and fed six times a day. At the end of the experiment, *U. ohnoi* at 0.5 % benefited the shrimp with higher final mean weight, weight gain, and specific growth rate than the control and similar with the treatment with 0.5 %. The apparent feed conversion ratio and survival did not show statistical differences among the treatments. *U. ohnoi* at 2 % significantly increased the quantification of total heterotrophic bacteria compared to the control and similar with the treatment with 1 %. No significant differences were observed for the quantification of *Vibrio* spp. when compared to the control. For the resistance to thermal shock, shrimp fed with the seaweed at different inclusions showed mortality significantly similar with the control. Considering that shrimp performance fed with the different inclusions of *Ulva ohnoi* in the diets was similar, it is recommended to use the inclusion of 0.5 % since shrimp growth was higher at this inclusion.

Keywords: Aquaculture. *Penaeus vannamei*. *Ulva ohnoi*. Alternative feeds. Dietary supplementation.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Formulação das dietas experimentais contendo a macroalga *Ulva ohnoi* nas concentrações 0,5 e 2%, e uma dieta controle (sem a adição da macroalga) para berçário de *Penaeus vannamei*.....24
- Tabela 2. Média e desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos da água durante 46 dias de estudo com 2.000 pós-larvas de *Penaeus vannamei* m³ criadas em sistema de bioflocos e alimentadas com dietas contendo a macroalga *Ulva ohnoi* nas concentrações 0,5 e 2%, e uma dieta controle (sem a adição da macroalga).....27
- Tabela 3. Média e desvio padrão do desempenho zootécnico durante 46 dias de estudo com 2.000 pós-larvas de *Penaeus vannamei* m³ criadas em sistema de bioflocos e alimentadas com dietas contendo a macroalga *Ulva ohnoi* nas concentrações 0,5 e 2 %, e uma dieta controle (sem a adição da macroalga).27

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Média e desvio padrão da contagem de bactérias (Log_{10}) após 46 dias de estudo com 2.000 pós-larvas de *Penaeus vannamei* m^3 criadas em sistema de bioflocos e alimentadas com dietas contendo a macroalga *Ulva ohnoi* nas concentrações 0,5 e 2 %, e uma dieta controle (sem a adição da macroalga). Barras indicam o desvio padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos de acordo com o teste de Newman-Keuls ao nível de significância de 0,05.....28
- Figura 2. Mortalidade cumulativa das pós-larvas de *Penaeus vannamei* criadas em sistema de bioflocos e alimentadas com dietas contendo a macroalga *Ulva ohnoi* nas concentrações 0,5 e 2 % e uma dieta controle (sem a adição da macroalga) 48 horas após choque térmico.29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BFT – Tecnologia de bioflocos

C/N – Relação entre carbono e nitrogênio

APHA – Associação Americana de Saúde Pública

AOAC – Associação de Químicos Analíticos Oficiais

AWWA – Associação Americana de Águas

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

NRC – Conselho Nacional de Pesquisa

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

WEF – Federação do Meio Ambiente da Água

TAN – Nitrogênio amoniacal total

NO₂ – Nitrito

NO₃ – Nitrato

CaCO₃ – Carbonato de cálcio

SST – Sólidos suspensos totais

SSE – Solução salina estéril

TCBS – Agar tiosulfato citrato bile sacarose

UFC – Unidades formadoras de colônias

LT₅₀ – Temperatura letal 50

TCE – Taxa de crescimento específico

FCA – Fator de conversão alimentar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	13
1.1	CAMARÃO-BRANCO-DO-PACÍFICO	13
1.2	SISTEMA DE CULTIVO EM BIOFLOCOS	14
1.3	MACROALGAS	16
1.4	OBJETIVOS	17
1.4.1	Objetivo Geral	17
1.4.2	Objetivos Específicos	17
1.5	FORMATAÇÃO DO TRABALHO	18
2	ARTIGO CIENTÍFICO	19
2.1	INTRODUÇÃO	19
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	22
2.2.1	Local	22
2.2.2	Material biológico	22
2.2.3	Delineamento experimental, unidades experimentais e alimentação	22
2.2.4	Macroalga e dietas experimentais	22
2.2.5	Análises da qualidade da água	25
2.2.6	Controle de amônia, alcalinidade, sólidos suspensos totais e salinidade	25
2.2.7	Parâmetros zootécnicos	25
2.2.8	Análise microbiológica das pós-larvas	25
2.2.9	Choque térmico	26
2.2.10	Análises estatísticas	26
2.3	RESULTADOS	26
2.3.1	Parâmetros de qualidade da água	26
2.3.2	Parâmetros zootécnicos	27
2.3.3	Análise microbiológica das pós-larvas	28
2.3.4	Mortalidade após choque térmico	28
2.4	DISCUSSÃO	29
2.5	CONCLUSÃO	31
2.6	AGRADECIMENTOS	32
	REFERÊNCIAS	32
	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	37

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 CAMARÃO-BRANCO-DO-PACÍFICO

Dentre as principais espécies de crustáceos cultivadas, o *Penaeus vannamei* (BOONE, 1931), nativo da costa Norte do Peru ao Noroeste do México (ROY et al., 2010) e popularmente conhecido como camarão-branco-do-pacífico ou camarão cinza, é o mais cultivado. A sua produção global foi de 5,8 milhões de toneladas em 2020, o que equivale a 51,7 % da produção global de crustáceos (FAO, 2022). O Brasil produziu cerca de 54,3 mil toneladas de camarão-branco-do-pacífico em 2019 (FAO-FIGIS, 2023). O crescimento é reflexo da importância desta espécie como fonte de alimento de alta qualidade (PINHO; EMERENCIANO, 2021), além do setor proporcionar emprego e desenvolvimento econômico. A expectativa é que a demanda continue a aumentar nos próximos anos, levando a indústria aquícola a intensificar a carcinicultura (EMERENCIANO et al., 2022). No entanto, o cultivo de camarões sofre com algumas problemáticas, sejam elas causadas por fatores bióticos ou abióticos.

Um dos problemas que deve ser levado em conta, são as oscilações da temperatura na produção de camarões em regiões subtropicais, causadas pelas frentes frias que ocorrem ao longo do ano. Estas oscilações no clima podem causar desequilíbrio nos cultivos através do estresse térmico pelo frio, pois o *P. vannamei* é uma espécie de camarão que apresenta uma faixa de tolerância de temperatura entre 16 e 38 °C (REN et al., 2021) e com melhor crescimento na faixa de temperatura entre 28 e 32 °C (VAN WYK; SCARPA, 1999). Conforme a recente revisão de REN et al. (2021), o estresse térmico pelo frio deve ser levado em conta nos cultivos de camarões por influenciar negativamente no crescimento e desenvolvimento dos animais. Assim, este fator de estresse pode levar a perdas elevadas de produtividade nos cultivos devido ao comprometimento do crescimento, supressão da resposta imunológica e maior suscetibilidade às doenças (KLONKLAEW et al., 2020; REZENDE et al., 2021; WANG et al., 2020).

As quedas de temperatura contribuem para o surto de doenças no camarão através de alterações na distribuição e predominância de patógenos no sistema de cultivo e consequente alteração da microbiota intestinal dos animais, facilitando o risco de progressão e infecção por patógenos (HOLT et al., 2021; WANG et al., 2020). Portanto, quedas bruscas de temperatura podem levar a consequências graves para as pós-larvas em qualquer tipo de sistema. Abaixo de 13 °C, o *P. vannamei* apresenta reduções significativas na alimentação, no crescimento e na

natação, chegando até a morte (FAN; WANG; WU, 2013; HUANG et al., 2017; XU et al., 2018).

Dentre as fases de cultivo, destaca-se o berçário, realizado entre a larvicultura e a engorda do camarão com duração de 15 a 40 dias (LEGARDA et al., 2018; MISHRA et al., 2008; SAMOCHA; PRANGNELL, 2019). Esta fase de cultivo tem o intuito de passar a fase mais delicada do camarão, o início do cultivo, para promover uniformidade de tamanho, redução de canibalismo, aumentando a sobrevivência no berçário e engorda. O berçário também pode auxiliar na resistência dos animais aos desequilíbrios nos cultivos, como as oscilações da temperatura (SAMOCHA; PRANGNELL, 2019; WASIELESKY et al., 2013). O cultivo em berçário é bastante adotado na América Latina para posterior transferência para fazendas. A sua utilização pode melhorar a eficiência dos sistemas intensivos e superintensivos além de facilitar a programação e a organização dos ciclos produtivos para liberar espaço nas larviculturas para início de novos tanques (SAMOCHA et al., 2003; SAMOCHA; PRANGNELL, 2019).

1.1 SISTEMA DE CULTIVO EM BIOFLOCOS

A tecnologia de bioflocos (BFT, do inglês *Biofloc Technology*) é uma técnica que tem sido desenvolvida e adotada para o uso em cultivo intensivo de organismos aquáticos. As suas principais vantagens são a troca mínima de água e a alta produtividade, proporcionando que esse sistema contribua para a intensificação sustentável da produção de camarão (EL-SAYED, 2021; EMERENCIANO et al., 2021).

O sistema BFT tem como princípio a formação de uma comunidade microbiana composta por diversos micro-organismos, como algas, protozoários, fungos e bactérias que se juntam com detritos orgânicos e inorgânicos (AVNIMELECH, 1999; DE SCHRYVER et al., 2008). As vantagens é que os bioflocos podem servir como fonte de alimento para os animais cultivados, o que tende a reduzir a necessidade por proteína da ração (JATOBÁ et al., 2014; WASIELESKY et al., 2006; XU; MORRIS; SAMOCHA, 2016), como também podem atuar como probiótico para os animais cultivados (EL-SAYED, 2021; SAMOCHA et al., 2017). Sobretudo, a melhoria e manutenção da qualidade da água são tidas como a principal importância desse sistema (KRUMMENAUER et al., 2014).

A manutenção da qualidade da água acontece principalmente através da eliminação dos compostos nitrogenados liberados pelos animais cultivados e os que entram pela dieta, sendo realizada por duas vias principais: a heterotrófica e a quimioautotrófica. Na primeira via,

as bactérias heterotróficas são as primeiras a surgirem no sistema BFT e sintetizam proteína a partir da amônia e carbono orgânico, e para que isso ocorra de forma eficiente é necessário que a relação carbono: nitrogênio seja adequada para sua utilização (DE SCHRYVER et al., 2008; SERRA et al., 2015). Para isso, a adição de uma fonte externa de carbono orgânico (e.g., melão, açúcar, dextrose, farelo de arroz) é primordial nesse sistema para obter uma relação em torno de 15:1 (C/N) (AVNIMELECH, 1999).

A via quimioautotrófica acontece através da metabolização da amônia em um composto nitrogenado menos tóxico. Diferente das bactérias heterotróficas, que tem ciclagem mais acelerada da amônia, essas atuam no processo de nitrificação, mais lento, todavia responsável pela assimilação de grande parte do nitrogênio que entra no sistema de cultivo. Por meio das bactérias amônio-oxidantes, a amônia é metabolizada a nitrito e através das nitrito-oxidantes o nitrito é metabolizado a nitrato que é a forma menos tóxica. Essas bactérias apresentam crescimento mais lento do que as bactérias heterotróficas e utilizam carbono inorgânico presente na alcalinidade para seu desenvolvimento (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006).

Assim, não são necessárias trocas frequentes de água, e a matéria orgânica e nutrientes que seriam descartados no meio ambiente por sistemas convencionais, por meio da renovação da água, agora permanecem no sistema e são reciclados por micro-organismos (KRUMMENAUER et al., 2014). Contudo, o cultivo de camarão em sistema de bioflocos necessita de elevada demanda de manejo e monitoramento, pois consiste em alta densidade de estocagem e consequente acúmulo de matéria orgânica.

Portanto, cuidados são necessários no monitoramento da comunidade bacteriana e do acúmulo de compostos nitrogenados no sistema, que podem ser fatores limitantes para o reuso da água, pois qualquer desequilíbrio dentro do sistema pode facilitar a multiplicação de micro-organismos indesejados, incluindo os patogênicos, que contribuem para o surto de doenças e perdas de produção (FURTADO et al., 2015; WANG et al., 2020; XU; MORRIS; SAMOCHA, 2016). Já foi relatado que bactérias do gênero *Vibrio* causaram mortalidades em sistema de bioflocos sob condições estressantes (KRUMMENAUER et al., 2014).

No entanto, vários estudos destacam os benefícios do biofloco na carcinicultura tanto na fase de berçário como na engorda (e.g., EL-SAYED, 2021; EMERENCIANO et al., 2013, 2021; FERREIRA et al., 2020; HOSTINS et al., 2019; KHANJANI et al., 2023; LEGARDA et al., 2018; WASIELESKY et al., 2006, 2013).

1.2 MACROALGAS

As macroalgas são uma importante fonte biológica particularmente rica em metabólitos funcionais, como proteínas, vitaminas, sais minerais, aminoácidos, ácidos graxos poli-insaturados e especialmente polissacarídeos como a ulvana que é presente em algas verdes (MANTRI et al., 2020; MOREIRA et al., 2021). Neste sentido, as macroalgas têm sido usadas há anos para substituir ingredientes de origem animal e vegetal em rações para animais terrestres a fim de aumentar e melhorar as atividades funcionais da dieta, conforme a revisão de FARGHALI et al. (2023). Nos últimos anos, o uso de macroalgas como aditivos alimentares para aumentar o crescimento e melhorar a saúde dos animais nos cultivos tem despertado crescente interesse na aquicultura nos últimos anos (WAN et al., 2019), pois podem representar uma alternativa sustentável ao uso de antibióticos nos cultivos de camarões (VIDHYA HINDU et al., 2019).

A inclusão de macroalgas em dietas tem apresentado eficácia em estimular o crescimento em camarões (NIU et al., 2019; SUDARYONO et al., 2018; YANG et al., 2018), no entanto, é possível encontrar resultados conflitantes sobre o efeito da utilização de *Ulva* sp. na dieta para o camarão-branco-do-pacífico. Por exemplo, estudos observaram que *Ulva* sp. como aditivo alimentar apresentou eficácia em estimular o crescimento do camarão-branco-do-pacífico (ELIZONDO-GONZÁLEZ et al., 2018; MANGOTT et al., 2020). Já outros estudos observaram nenhum ou efeitos negativos no desempenho de crescimento dos camarões (CARDENAS et al., 2015; QIU et al., 2018; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ et al., 2014; YANG et al., 2018). Porém, os últimos estudos adicionaram *Ulva* sp. em níveis acima de 5 % e ressaltam que quanto maior o nível de inclusão, maior o teor de fibras na dieta, que provavelmente torna a dieta não nutritiva e prejudica o crescimento do camarão.

Os compostos específicos da *Ulva* sp. parecem afetar positivamente a saúde e o crescimento dos camarões. Por exemplo, *Ulva* sp. é rica em polissacarídeos (ulvana) e antioxidantes, que atua com função prebiótica, contribuindo para o crescimento de bactérias benéficas e, ao mesmo tempo, inibem bactérias patogênicas presentes no trato intestinal dos animais (MANGOTT et al., 2020; VIDHYA HINDU et al., 2019) que podem causar infecções bacterianas (AKBARY; AMINIKHOEI, 2018; MANTRI et al., 2020). Neste sentido, no nível de inclusão adequado, a ulvana melhora a saúde e proporciona maior crescimento ao camarão (AKBARY & AMINIKHOEI, 2018; GE et al., 2019; KLONKLAEW et al., 2021).

A espécie de macroalga utilizada, a extração de compostos específicos e os diferentes métodos de secagem também podem influenciar nos efeitos da macroalga como aditivo alimentar sobre os animais cultivados (CRUZ-SUÁREZ et al., 2008; KLONKLAEW et al.,

2021; URIBE et al., 2019). Por exemplo, estudos recentes (REZENDE et al., 2021, 2022; SCHLEDER et al., 2017a, 2017b) relataram que o uso da biomassa seca de algas marrons como aditivo alimentar, de forma isolada e em combinação, pode auxiliar os animais a resistir às oscilações de temperatura nos cultivos. Além disso, a época de coleta, o local e o método de cultivo podem influenciar nos efeitos das macroalgas sobre os animais cultivados (ELIZONDO-GONZÁLEZ et al., 2018; LEGARDA et al., 2021b; YANG et al., 2018).

Dada a capacidade de absorção de nutrientes, é interessante notar que as macroalgas têm sido frequentemente utilizadas em cultivos integrados (DE MORAIS et al., 2023; ELIZONDO-GONZÁLEZ et al., 2018; LEGARDA et al., 2021a). Neste sentido, as macroalgas, incluindo *Ulva* sp., produzidas em sistema integrado tem sido incluída com sucesso em dietas aquícolas devido ao seu alto valor nutricional. Por exemplo, ELIZONDO-GONZÁLEZ et al. (2018) avaliaram com sucesso o uso de *Ulva lactuca* como aditivo alimentar para camarões e LEGARDA et al. (2021b) avaliaram a suplementação de *Ulva fasciata* na dieta para *Seriola dorsalis*.

A *Ulva ohnoi* (HIRAOKA & SHIMADA, 2004) apresenta alta capacidade de reter os nutrientes da água, como demonstrado por DE MORAIS et al. (2023) e MARTINS et al. (2020). Assim a *U. ohnoi* é uma forte candidata para ser utilizada como aditivo alimentar para camarões. No entanto, com base nos resultados presentes na literatura, percebe-se que ainda são escassas informações sobre a inclusão de *U. ohnoi* em dietas para *P. vannamei* em sistemas de bioflocos na fase de berçário, seus os efeitos sobre a saúde, o crescimento e a resistência térmica dos camarões.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar o uso de *Ulva ohnoi* como aditivo alimentar para o camarão-branco-do-pacífico cultivado em bioflocos na fase de berçário.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar o efeito das dietas suplementadas com três níveis de inclusões (0 %; 0,5 % e 2 %) de biomassa seca da macroalga sobre:
 - ✓ Desempenho zootécnico das pós-larvas;
 - ✓ Parâmetros microbiológicos (bactérias heterotróficas totais e *Vibrio* spp.);
 - ✓ Resistência ao estresse térmico agudo (choque térmico).

1.4 FORMATAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação é composta por um artigo científico, que será submetido ao periódico “Aquaculture”. Com percentil de 92 % em Ciências Agrárias e Biológicas, correspondendo a um qualis A1.

2 ARTIGO CIENTÍFICO

Uso da macroalga *Ulva ohnoi* como aditivo alimentar para pós-larvas de camarão-branco-do-pacífico cultivadas em sistema de bioflocos

Ivanilson de Lima Santos ^a; Ana Paula Mariane de Moraes ^a; Ramon Felipe Siqueira Carneiro ^a; Camila Souza Miranda ^a; Priscila Costa Rezende ^a; Isabela Claudiana Pinheiro ^a; Norha Constanza Bolívar-Ramírez ^a; Felipe do Nascimento Vieira ^a.

^a Laboratório de Camarões Marinhos, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Rua dos Coroas 503, CEP 88061-600, Barra da Lagoa, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

* Autor correspondente. E-mail: ivanilsonhp@gmail.com

Resumo

As macroalgas vêm ganhando visibilidade como aditivo alimentar devido às suas propriedades nutricionais, imunoestimulantes, antivirais, antibacterianas e promotoras de crescimento. Deste modo, este estudo avaliou o uso da biomassa seca da macroalga *Ulva ohnoi* em dietas para pós-larvas de *Penaeus vannamei* cultivadas em sistema de bioflocos sobre os parâmetros zootécnicos e microbiológicos e a resistência ao choque térmico. O estudo consistiu em um experimento com três tratamentos e quatro repetições cada: 1) Controle (sem a adição da macroalga); 2) 0,5 % de *U. ohnoi*; e 3) 2,0 % de *U. ohnoi*. A macroalga foi incluída na dieta em substituição ao caulim. As pós-larvas ($0,068 \pm 0,01$ g) foram cultivadas por 46 dias em tanques de 60 L com densidade de 2.000 pós-larvas m⁻³ e alimentadas seis vezes ao dia. Os camarões alimentados com a dieta com 0,5 % de *U. ohnoi* apresentaram peso médio final, ganho de peso e taxa de crescimento específico significativamente maiores do que os alimentados com a dieta sem a macroalga. A dieta com 2 % aumentou significativamente a contagem de bactérias heterotróficas totais em relação ao controle. Considerando o desempenho similar dos camarões alimentados com as diferentes inclusões de *U. ohnoi* na dieta, a inclusão de 0,5 % é recomendada, uma vez que o crescimento dos camarões foi maior nesta inclusão.

Palavras-chave: *Penaeus vannamei*. Algas verdes. Alimentos alternativos. Vibrio. Desempenho de crescimento.

2.1 INTRODUÇÃO

O cultivo do camarão-branco-do-pacífico *Penaeus vannamei* (BOONE, 1931) tem crescido constantemente nos últimos anos, atingindo uma produção de 5,8 milhões de toneladas em 2020, que equivalem a 51,7 % da produção de crustáceos no mundo (FAO, 2022). Este aumento foi possível devido aos avanços alcançados em tecnológicas, genética, manejo, nutrição, prevenção e combate a doenças e biossegurança nos cultivos de camarões nos últimos anos (EL-SAYED, 2021; EMERENCIANO et al., 2021).

Dentre as inovações, destaca-se a tecnologia de bioflocos (BFT, do inglês *Biofloc Technology*), que é uma técnica desenvolvida para a intensificação sustentável do cultivo de organismos aquáticos (EL-SAYED, 2021; EMERENCIANO et al., 2021). O BFT, ao reciclar os nutrientes, controla a concentração de amônia, seja pela incorporação por bactérias heterotróficas via adição de uma fonte externa de carbono orgânico na água (DE SCHRYVER et al., 2008; SERRA et al., 2015), ou por oxidação pelas bactérias nitrificantes, através da adição de uma fonte de carbono inorgânico, em formas menos tóxicas como nitrato (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006) e, conseqüentemente, possibilita a melhoria da qualidade da água e redução das trocas hídricas e geração de resíduos (KRUMMENAUER et al., 2014).

O BFT tem sido utilizado com sucesso no berçário do camarão-branco-do-pacífico (EL-SAYED, 2021; EMERENCIANO et al., 2021). O berçário é uma fase intermediária entre a larvicultura e a engorda do camarão com duração de 15 a 40 dias (LEGARDA et al., 2018; MISHRA et al., 2008; SAMOCHA; PRANGNELL, 2019). Essa fase de cultivo objetiva passar a fase inicial de vida do camarão, onde é mais suscetível a variações ambientais e enfermidades, para promover uniformidade de tamanho, redução de canibalismo, aumentando a sobrevivência (SAMOCHA; PRANGNELL, 2019). A sua utilização pode melhorar a eficiência dos sistemas intensivos e superintensivos além de facilitar a programação dos ciclos produtivos (SAMOCHA; PRANGNELL, 2019).

Apesar de todas essas vantagens, o cultivo do *P. vannamei* em BFT na fase de berçário necessita de cuidados no monitoramento da comunidade microbiana e dos compostos nitrogenados. Estes fatores podem ser limitantes para o reuso da água, pois qualquer desequilíbrio pode causar a multiplicação de micro-organismos indesejados e o aumento dos parâmetros de qualidade da água, contribuindo para o surto de doenças e perdas de produção (FURTADO et al., 2015).

As oscilações de temperatura também podem causar desequilíbrio nos cultivos, pois o *P. vannamei* é uma espécie de camarão que apresenta faixa de tolerância de temperatura entre 16 e 38 °C (REN et al., 2021) e maior crescimento entre 28 e 32 °C (VAN WYK; SCARPA, 1999). O estresse térmico pelo frio é um dos fatores de estresse mais preocupante para os cultivos de camarões por influenciar negativamente no crescimento e desenvolvimento dos animais (REN et al., 2021), podendo levar a perdas elevadas de produtividade devido ao comprometimento do crescimento, supressão da resposta imunológica e maior suscetibilidade às doenças (KLONKLAEW et al., 2021; REZENDE et al., 2021; WANG et al., 2020).

As quedas de temperatura contribuem para o surto de doenças no camarão através de alterações na distribuição e predominância de patógenos no sistema de cultivo e conseqüente

alteração da microbiota intestinal dos animais, facilitando o risco de progressão e infecção por patógenos (HOLT et al., 2021; WANG et al., 2020).

O uso de macroalgas como aditivos alimentares para aumentar o crescimento e melhorar a saúde dos animais nos cultivos tem despertado crescente interesse nos últimos anos (WAN et al., 2019), pois podem representar uma alternativa sustentável ao uso de antibióticos nos cultivos de camarões (VIDHYA HINDU et al., 2019). As macroalgas são fonte rica em metabólitos funcionais, como proteínas, peptídeos, lipídios, aminoácidos, polifenóis, vitaminas, minerais e especialmente polissacarídeos como a ulvana que é presente em algas verdes (MANTRI et al., 2020; MOREIRA et al., 2022).

Assim, a inclusão de macroalgas em dietas tem apresentado eficácia em estimular o crescimento de camarões (NIU et al., 2019; SUDARYONO et al., 2018; YANG et al., 2018). No entanto, é possível encontrar resultados conflitantes sobre o efeito de *Ulva* sp. em dietas para camarão-branco-do-pacífico. Quando usada como aditivo alimentar estimulou o crescimento dos camarões (ELIZONDO-GONZÁLEZ et al., 2018; MANGOTT et al., 2020). Quando utilizada em níveis acima de 5 %, os estudos observaram nenhum ou efeitos negativos no desempenho de crescimento dos camarões (CÁRDENAS et al., 2015; QIU et al., 2018; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ et al., 2014; YANG et al., 2018). Isso pode ocorrer pelo alto teor de fibras adicionado na dieta, diminuindo seu valor nutritivo e prejudicando o crescimento dos animais. *Ulva* sp. é rica em polissacarídeos (ulvana) e antioxidantes, que atuam como prebiótico, contribuindo para o crescimento de bactérias benéficas e inibindo bactérias patogênicas, que podem causar infecções, presentes no trato intestinal dos camarões (AKBARY; AMINIKHOEI, 2018; MANGOTT et al., 2020; MANTRI et al., 2020). Portanto, os compostos da *Ulva* sp. podem afetar positivamente a saúde e o crescimento destes animais. Neste sentido, no nível de inclusão adequado, a ulvana melhora a saúde e proporciona maior crescimento ao camarão (AKBARY; AMINIKHOEI, 2018; GE et al., 2019; KLONKLAEW et al., 2021). A *Ulva ohnoi* (HIRAOKA & SHIMADA, 2004) apresenta alta capacidade de reter os nutrientes da água, como demonstrado por DE MORAIS et al. (2023) e MARTINS et al. (2020), sendo uma forte candidata para ser utilizada como aditivo alimentar para o camarão-branco-do-pacífico. Deste modo, o presente estudo avaliou o uso de *U. ohnoi* em dietas para pós-larvas de *P. vannamei* cultivadas em sistema de bioflocos sobre o desempenho zootécnico, a microbiota intestinal e a resistência ao choque térmico.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Local

O estudo foi realizado durante 46 dias no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) e as dietas foram produzidas no Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI), pertencentes à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

2.2.2 Material biológico

As pós-larvas de *P. vannamei* foram obtidas da empresa Itapoá Aquicultura LTDA (Itapoá, Santa Catarina, Brasil). Os camarões foram aclimatados e cultivados (2000 PLs m⁻³) em um tanque de 50.000 L com bioflocos. Após 15 dias, pós-larvas de 25 dias de idade (PL 25) com peso médio inicial de $0,068 \pm 0,01$ g foram transferidas para as unidades experimentais.

2.2.3 Delineamento experimental, unidades experimentais e alimentação

Foram avaliados três tratamentos com quatro repetições cada, totalizando 12 unidades experimentais: 1) Controle (sem a adição da macroalga); 2) 0,5 % de *U. ohnoi*; e 3) 2,0 % de *U. ohnoi*.

As unidades experimentais consistiram de tanques retangulares de 60 L (volume útil de 48 L) e estocados com 2000 pós-larvas m⁻³. Os tanques foram preenchidos com bioflocos proveniente do tanque de aclimação e foram mantidos sob aeração constante e aquecedores acoplados a termostatos para manter a temperatura a 28,0 °C. Os parâmetros iniciais foram os seguintes: oxigênio dissolvido 6,5 mg L⁻¹, temperatura 28 °C, pH 8,35, salinidade 31 g L⁻¹, sólidos suspensos totais 270,7 mg L⁻¹, nitrogênio amoniacal total 0,19 mg L⁻¹, nitrito 0,28 mg L⁻¹, nitrato 12,79 mg L⁻¹ e alcalinidade 178,5 mg L⁻¹. Os animais foram alimentados seis vezes ao dia, seguindo a tabela de VAN WYK (1999).

2.2.4 Macroalga e dietas experimentais

A macroalga *U. ohnoi* foi obtida em cultivo integrado com bioflocos (DE MORAIS et al., 2023) e seca em estufa por 24 h a 30 °C, e então a 60 °C até estabilizar o peso. A biomassa seca foi moída, peneirada (600 µm) e armazenada em sacos plásticos em sala refrigerada com desumidificador.

As dietas experimentais foram formuladas utilizando o programa Optimal Fórmula 2000® versão 19102009, baseadas nas recomendações e exigências nutricionais para o camarão-branco-do-pacífico (GONG et al., 2000; NRC, 2011; ZHOU et al., 2012). Os ingredientes secos foram previamente moídos e peneirados (600 µm). Em seguida, os

microingredientes foram homogeneizados por 10 min e adicionados aos macroingredientes, homogeneizados por mais 10 min. Posteriormente, foram adicionados os óleos e lecitina de soja. Para finalizar, a mistura foi colocada em uma betoneira (CSM 400 L), adicionando água (200 mL kg^{-1} da dieta) para homogeneizar e atingir a umidade necessária para a extrusão. A mistura resultante foi peletizada, sob temperatura máxima de $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ em uma microextrusora (Inbramaq MX-40). Após peletização, a ração foi seca, moída e peneirada para granulometria da fase de berçário (850 a $1800 \text{ }\mu\text{m}$). Nas dietas experimentais, a biomassa seca da alga foi adicionada nos níveis de 0,5 e 2% para substituição do caulim, enquanto a dieta controle apresentou os mesmos ingredientes, porém sem adição da macroalga. A composição centesimal foi analisada de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (1999) (Tabela 1).

Tabela 1. Formulação das dietas experimentais contendo a macroalga *Ulva ohnoi* nas concentrações 0,5 e 2%, e uma dieta controle (sem a adição da macroalga) para berçário de *Penaeus vannamei*.

Ingredientes (g kg ⁻¹)	Dietas		
	Controle	0,5 %	2 %
Farelo de soja	350,0	350,0	350,0
Farinha de resíduo de peixe	200,0	200,0	200,0
Farinha de trigo	100,0	100,0	100,0
Farinha de vísceras de frango	80,0	80,0	80,0
Caulim	80,0	75,0	60,0
Farinha de resíduo de salmão	51,3	51,3	51,3
Óleo de peixe	25,0	25,0	25,0
Fosfato monocálcico	25,0	25,0	25,0
Lecitina de soja	20,0	20,0	20,0
Premix mineral ¹	17,0	17,0	17,0
Sulfato de magnésio	15,0	15,0	15,0
Cloreto de sódio	10,0	10,0	10,0
Cloreto de potássio	10,0	10,0	10,0
Óleo de soja	5,0	5,0	5,0
Carboximetilcelulose	5,0	5,0	5,0
Premix vitamínico ²	4,0	4,0	4,0
Metionina	2,0	2,0	2,0
Vitamina C ³	0,7	0,7	0,7
<i>Ulva ohnoi</i>	0,0	5,0	20,0
Composição centesimal			
Matéria seca (%)	96,08	91,26	97,15
Proteína bruta (%)	40,23	40,44	41,78
Extrato etéreo (%)	7,39	7,82	7,61
Matéria mineral (%)	23,83	22,02	22,69
Energia (cal g ⁻¹)	4173,06	4002,78	4121,72

¹ Cobre - 2.330 mg kg⁻¹; zinco - 10.000 mg kg⁻¹; manganês - 6.500 mg kg⁻¹; selênio - 125 mg kg⁻¹; iodo - 1.000 mg kg⁻¹; cobalto - 50 mg kg⁻¹; magnésio - 20 g kg⁻¹; potássio - 6,1 g kg⁻¹.

² Vit. A - 900 mg kg⁻¹; vit. D3 - 25 mg kg⁻¹; vit. E - 46.900 mg kg⁻¹; vit. K3 - 1.400 mg kg⁻¹; cobalamina (B12) - 50 mg kg⁻¹; piridoxina (B6) - 33.000 mg kg⁻¹; riboflavina - 20.000 mg kg⁻¹; ácido nicotínico - 70.000 mg kg⁻¹; ácido pantotênico - 40.000 mg kg⁻¹; biotina - 750 mg kg⁻¹; ácido fólico - 3.000 mg kg⁻¹; cobre - 2.330 mg kg⁻¹; zinco - 10.000 mg kg⁻¹; manganês - 6.500 mg kg⁻¹; selênio - 125 mg kg⁻¹; iodo - 1.000 mg kg⁻¹; cobalto - 50 mg kg⁻¹; magnésio - 20 g kg⁻¹; potássio - 6,1 g kg⁻¹.

³ L-ácido ascórbico-2-monofosfato 35 % (DSM Produtos Nutricionais Brasil, São Paulo, SP, Brasil).

2.2.5 Análises da qualidade da água

Ao longo do experimento, foram monitoradas as variáveis de qualidade da água. Temperatura e oxigênio dissolvido duas vezes ao dia (YSI Pro 2030). O pH (pH-meter Tecnal[®]), salinidade (YSI EcoSense EC300A), alcalinidade (CaCO_3) e sólidos suspensos totais (APHA; AWWA; WEF, 2012), nitrogênio amoniacal total (TAN) (UNESCO, 1983) e nitrito (N-NO_2) (STRICKLAND; PARSONS, 1972) foram analisados duas vezes por semana, respectivamente. O nitrato (N-NO_3) (Hach NitraVer[®] 5) (APHA; AWWA; WEF, 2012) foi analisado no início e final do experimento.

2.2.6 Controle de amônia, alcalinidade, sólidos suspensos totais e salinidade

Quando os valores de alcalinidade foram inferiores a 150 mg L^{-1} , foram corrigidos com a adição de cal hidratada (FURTADO; POERSCH; WASIELESKY, 2011). Quando a concentração de amônia ultrapassava 1 mg L^{-1} , foi adicionado ao sistema carbono orgânico (açúcar) a uma razão de 20 g carbono orgânico: 1 g de nitrogênio amoniacal total (AVNIMELECH, 1999). Os sólidos totais foram mantidos entre 400 e 600 mg L^{-1} (SCHVEITZER et al., 2013) e, quando esta concentração era ultrapassada, foi necessário retirar o excedente através de filtragem com Needlona[®] (Fibra 100% poliéster, gramatura 250 gm^{-2} , espessura de 1,4 mm, densidade $0,18 \text{ g cm}^{-3}$). A salinidade foi mantida em 31 g L^{-1} , e quando esse valor era ultrapassado, foi adicionado água doce para compensar as perdas por evaporação.

2.2.7 Parâmetros zootécnicos

O desempenho das pós-larvas foi avaliado semanalmente pesando-se uma amostra de 20 pós-larvas de cada unidade experimental em balança digital com precisão de 0,01 g. Ao final do experimento, o peso médio final (g), ganho de peso (g), taxa de crescimento específica ($\% \text{ dia}^{-1}$), biomassa final (g), fator de conversão alimentar (FCA) e sobrevivência (%) foram avaliados.

2.2.8 Análise microbiológica das pós-larvas

Ao final do cultivo, 10 pós-larvas de cada tanque foram separadas para análises microbiológicas. As pós-larvas foram limpas superficialmente com álcool 70 %, maceradas em um gral, homogeneizados, diluídos serialmente (1:10) em solução salina estéril 3 % (SSE) e semeados em meio de cultura Agar Marine e Agar tiosulfato citrato bile sacarose (TCBS) para contagem de bactérias heterotróficas totais e vibrionáceas, respectivamente. Por último, foram

efetuadas contagens totais de unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de larva, após 24 horas de incubação a 30 °C.

2.2.9 Choque térmico

Antes de finalizar o cultivo, foi realizado um ensaio para saber a temperatura letal 50 (LT₅₀), ou seja, que causa mortalidade em 50 % do tratamento controle. Foram testadas as seguintes temperaturas: 13 e 13,5 e 14 °C (PONTINHA; VIEIRA; HAYASHI, 2018). Para o ensaio, 15 animais foram coletados de cada repetição do controle e transferidos simultaneamente para tanques de 60 L contendo água salgada a temperatura estabelecida sob aeração constante, e mantidos nestas condições por 1 h. Após este período, eles foram transferidos para tanques com água salgada a 28 °C, e a sobrevivência foi monitorada a cada hora por 48 horas (PONTINHA; VIEIRA; HAYASHI, 2018). Os animais não foram alimentados durante o período do teste. Determinada a temperatura letal 50 (13,5 °C), foi realizado o choque térmico para todos os tratamentos utilizando a mesma metodologia com 15 animais por unidade experimental.

2.2.10 Análises estatísticas

Os dados de contagem de bactérias das pós-larvas foram transformados para $\log_{10}(x + 1)$ e os valores percentuais para arcoseno, antes de serem submetidos à análise estatística. A homocedasticidade e a normalidade dos dados foram verificadas pelos testes de Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente. Posteriormente, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) unifatorial, seguida do teste de Newman-Keuls para determinar diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, utilizando um nível de significância de 0,05 em todos os casos (ZAR, 2013). Todos os testes foram realizados no programa Statistica 13.5.0.17 (TIBCO Software Inc.).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Parâmetros de qualidade da água

Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para os dados de qualidade da água (Tabela 2).

Tabela 2. Média e desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos da água durante 46 dias de estudo com 2.000 pós-larvas de *Penaeus vannamei* m³ criadas em sistema de bioflocos e alimentadas com dietas contendo a macroalga *Ulva ohnoi* nas concentrações 0,5 e 2%, e uma dieta controle (sem a adição da macroalga).

Parâmetros	Tratamentos		
	Controle	0,5 %	2,0 %
Temperatura (°C)	28,13 ± 0,20	28,35 ± 0,08	28,04 ± 0,42
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	6,38 ± 0,03	6,25 ± 0,07	6,34 ± 0,09
Nitrogênio amoniacal total (mg L ⁻¹)	0,46 ± 0,07	0,61 ± 0,13	0,40 ± 0,09
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,13 ± 0,01	0,15 ± 0,03	0,13 ± 0,01
Nitrato (mg L ⁻¹)	16,82 ± 5,70	17,50 ± 6,65	18,65 ± 8,28
Sólidos suspensos totais (mg L ⁻¹)	543,67 ± 8,50	527,71 ± 26,50	553,58 ± 39,22
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	159,46 ± 1,67	163,56 ± 2,20	161,21 ± 2,98
pH	8,19 ± 0,03	8,15 ± 0,02	8,15 ± 0,02
Salinidade (g L ⁻¹)	31,69 ± 0,04	31,75 ± 0,20	31,86 ± 0,10

2.3.2 Parâmetros zootécnicos

Os parâmetros zootécnicos mostraram que a inclusão de 0,5 % de *U. ohnoi* na dieta resultou em peso médio final, ganho de peso e taxa de crescimento específico significativamente maior do que o tratamento controle e similar ao tratamento com 2 % de *U. ohnoi*. Estes resultados mostraram que os camarões alimentados com a dieta com 0,5 % tiveram crescimento 18,68 % superior ao tratamento controle. O fator de conversão alimentar e sobrevivência não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Média e desvio padrão do desempenho zootécnico durante 46 dias de estudo com 2.000 pós-larvas de *Penaeus vannamei* m³ criadas em sistema de bioflocos e alimentadas com dietas contendo a macroalga *Ulva ohnoi* nas concentrações 0,5 e 2 %, e uma dieta controle (sem a adição da macroalga).

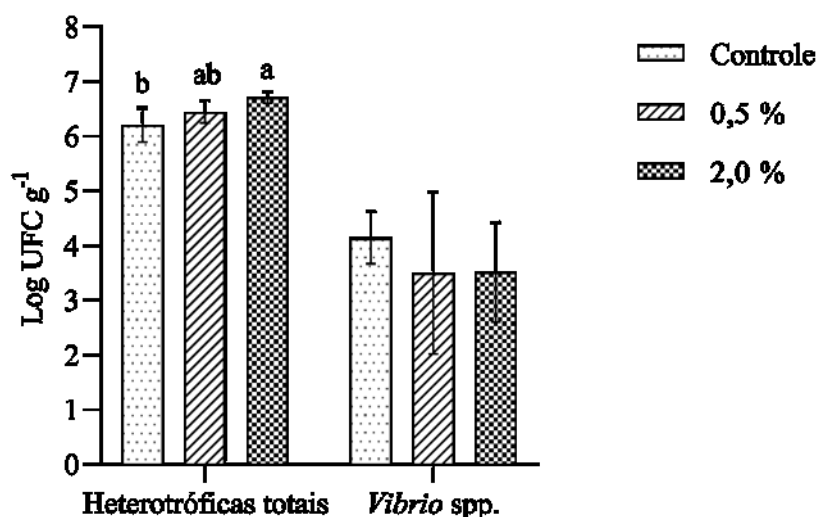
Parâmetros	Tratamentos		
	Controle	0,5 %	2,0 %
Peso médio inicial (g)	0,068 ± 0,001	0,068 ± 0,001	0,068 ± 0,001
Peso médio final (g)	1,824 ± 0,105 ^b	2,152 ± 0,225 ^a	1,889 ± 0,141 ^{ab}
Ganho de peso (g)	1,756 ± 0,105 ^b	2,084 ± 0,225 ^a	1,821 ± 0,141 ^{ab}
TCE (% dia ⁻¹)	7,15 ± 0,12 ^b	7,50 ± 0,23 ^a	7,22 ± 0,16 ^{ab}
Biomassa final (g)	146,72 ^b ± 7,35	173,70 ± 7,43 ^a	161,52 ± 8,41 ^a
FCA	1,27 ± 0,10	1,19 ± 0,07	1,23 ± 0,04
Sobrevivência (%)	84,11 ± 7,77	84,64 ± 8,13	89,32 ± 6,44

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos de acordo com o teste de Newman-Keuls ao nível de significância de 0,05. TCE = Taxa de crescimento específico; FCA = Fator de conversão alimentar aparente.

2.3.3 Análise microbiológica das pós-larvas

Em relação aos valores de contagem bacteriana por grama das pós-larvas após 46 dias de cultivo, a inclusão de 2 % de *U. ohnoi* na dieta resultou em contagem total de bactérias heterotróficas significativamente maior do que o tratamento controle e estatisticamente similar ao tratamento com 0,5 % de *U. ohnoi*. Embora o tratamento sem suplementação com *U. ohnoi* tenha apresentado maior contagem de *Vibrio* spp. nas pós-larvas, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos (Figura 1).

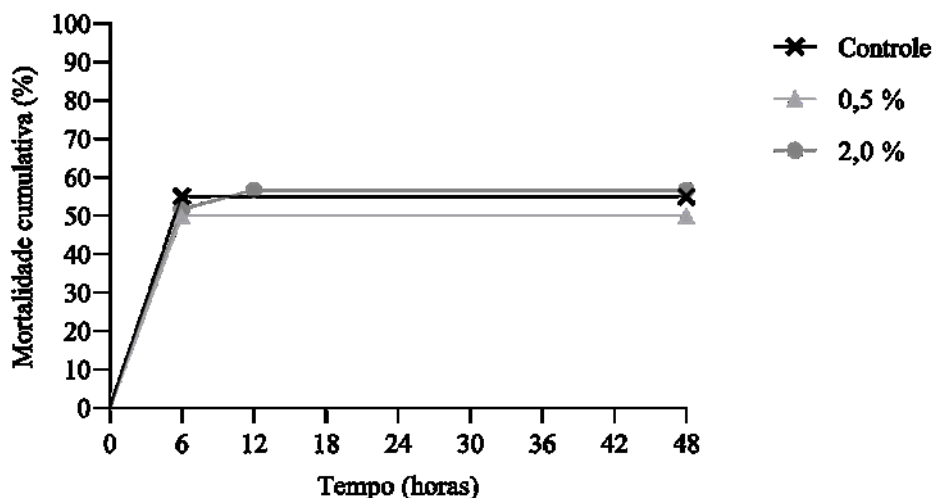
Figura 1. Média e desvio padrão da contagem de bactérias (Log_{10}) após 46 dias de estudo com 2.000 pós-larvas de *Penaeus vannamei* m^3 criadas em sistema de bioflocos e alimentadas com dietas contendo a macroalga *Ulva ohnoi* nas concentrações 0,5 e 2 %, e uma dieta controle (sem a adição da macroalga). Barras indicam o desvio padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos de acordo com o teste de Newman-Keuls ao nível de significância de 0,05.



2.3.4 Mortalidade após choque térmico

Ao final do monitoramento, as pós-larvas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de *U. ohnoi* apresentaram taxas de mortalidade semelhantes às do grupo controle em resposta ao choque térmico (Figura 2).

Figura 2. Mortalidade cumulativa das pós-larvas de *Penaeus vannamei* criadas em sistema de bioflocos e alimentadas com dietas contendo a macroalga *Ulva ohnoi* nas concentrações 0,5 e 2 % e uma dieta controle (sem a adição da macroalga) 48 horas após choque térmico.



2.4 DISCUSSÃO

Os parâmetros de qualidade da água foram mantidos dentro dos intervalos ideais para a criação de pós-larvas de *P. vannamei* (SCHVEITZER et al., 2013; VAN WYK; SCARPA, 1999) em sistema de bioflocos.

Os resultados de desempenho zootécnico sugerem que a inclusão de 0,5 % de *U. ohnoi* na dieta pode ser uma estratégia eficaz para aumentar o peso médio final, ganho de peso, taxa de crescimento específico e biomassa final das pós-larvas de *P. vannamei*, sem afetar a sobrevivência e o fator de conversão alimentar dos animais. Este efeito pode ser atribuído à presença de compostos nutricionais na macroalga, como vitaminas, minerais, ácidos graxos poliinsaturados, perfil de aminoácidos e, em particular, o polissacarídeo ulvana (CRUZ-SUÁREZ et al., 2008). Estes compostos são capazes de aumentar a eficiência na absorção e assimilação de nutrientes da dieta. Porém, a composição da macroalga é um fator determinante e que pode variar de acordo com a espécie, as condições ambientais e o local de cultivo.

Conforme os estudos de DE MORAIS et al. (2023), LEGARDA et al. (2021) e MARTINS et al. (2020), *Ulva sp.* apresenta alta capacidade em reter os nutrientes da água com bioflocos, melhorando sua composição nutricional. Com base nisto, observa-se que os nutrientes presentes na dieta com 0,5 % de *U. ohnoi*, proveniente de cultivo integrado em bioflocos, foram suficientes e efetivos para melhorar a saúde e aumentar o peso médio final, ganho de peso, taxa de crescimento específico e biomassa final dos camarões durante 46 dias de cultivo.

Outra possível razão para o aumento do crescimento pode estar relacionada com o limite de inclusão de *Ulva sp.* na dieta para camarões. Além disso, os polissacarídeos, no nível

de inclusão adequado, estimulam o crescimento de camarões como visto por AKBARY e AMINIKHOEI (2018) e KLONKLAEW et al. (2021). Efeitos positivos no peso médio final, ganho de peso e taxa de crescimento específico também foram vistos por ELIZONDO-GONZÁLEZ et al. (2018), quando incluíram 3 % de *Ulva lactuca* de cultivo integrado em sistema de recirculação na dieta para pós-larvas de camarão-branco-do-pacífico. No entanto, no presente estudo, o crescimento (18,68 %) promovido pela dieta com 0,5 % de *U. ohnoi* foi superior ao crescimento observado pelos autores (9,45 %), quando comparado com o grupo controle. Esta diferença pode estar relacionada com o perfil nutricional da macroalga obtida de cultivo integrado em bioflocos e a espécie utilizada. Outro estudo realizado por MANGOTT et al. (2020) também observaram aumento significativo na taxa de crescimento específico, quando incluíram 4 % de *U. lactuca* na dieta para camarão-branco-do-pacífico criado em sistema de recirculação.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, os níveis crescentes de *U. ohnoi* na dieta resultou no crescimento de bactérias heterotróficas totais nas pós-larvas de *P. vannamei*, sendo que o tratamento com 2 % de *U. ohnoi* contribuiu significativamente para o aumento da contagem destas bactérias, quando comparado com o controle. Este efeito pode estar relacionado com os compostos bioativos presentes na *Ulva* sp., como a ulvana, que é um polissacarídeo que pode contribuir para o crescimento de bactérias benéficas atuando como prebiótico e, ao mesmo tempo, inibe bactérias patogênicas presentes no camarão-branco-do-pacífico (MANGOTT et al., 2020; VIDHYA HINDU et al., 2019). Outra razão para o aumento significativo na contagem de bactérias heterotróficas totais pode ser atribuída ao aumento do nível de ulvana na dieta com a maior inclusão de *U. ohnoi* (VIDHYA HINDU et al., 2019). Os resultados deste estudo são similares aos valores observados por REZENDE et al. (2021), que também cultivaram pós-larvas de camarão-branco-do-pacífico em bioflocos, no entanto, as diferentes combinações de algas pardas na dieta não aumentaram significativamente a contagem de bactérias heterotróficas totais.

Em termos de contagem de *Vibrio* spp., os diferentes níveis de inclusão de *U. ohnoi* testados proporcionaram redução na contagem de *Vibrio* spp., no entanto, não afetaram significativamente quando comparado com a dieta sem a adição da macroalga. Apesar disto, parece que esta redução foi suficiente para melhorar a saúde dos camarões e estimular o crescimento, especialmente o tratamento com 0,5 % de *U. ohnoi*. Neste sentido, é necessário a realização de estudos futuros com pós-larvas de *P. vannamei*, para testar se menores e/ou maiores níveis de inclusão de *U. ohnoi* podem influenciar positivamente na redução de *Vibrio* spp. Os resultados do presente estudo corroboram com os vistos por COELHO et al. (2023),

que incluíram *U. ohnoi* a 2 % na dieta para camarões na fase de engorda em água clara. Por outro lado, REZENDE et al. (2021) observaram redução significativa de *Vibrio* spp. nas pós-larvas cultivadas em bioflocos e alimentadas com *S. filipendula* (S) em combinação com *U. pinnatifida* (U), na proporção de 1 % S: 4 % U. REZENDE et al. (2022) relataram que *S. filipendula* (S) em combinação com *U. pinnatifida* (U) nas proporções de 1 % S: 2 % U e 1 % S: 4 % U também reduziram significativamente a contagem de *Vibrio* spp. dos camarões na fase de engorda em bioflocos. Assim, sugere-se a realização de estudos futuros para testar se uso combinado da *U. ohnoi* com outra macroalga pode influenciar na redução de *Vibrio* spp.

As macroalgas são conhecidas por sua possível relação com a resistência dos camarões ao choque térmico, no entanto, neste estudo, foi possível observar que as dietas contendo *U. ohnoi* não apresentaram nenhum efeito sobre a resistência térmica das pós-larvas cultivadas em bioflocos. Deste modo, os resultados sugerem que os compostos bioativos presentes na *U. ohnoi* nas diferentes inclusões testadas não contribuíram ou não foram suficientes para melhorar a resistência térmica dos animais na fase de cultivo estudada. Assim, é necessário a realização de estudos futuros para testar se menores e/ou maiores níveis de inclusão de *U. ohnoi* podem auxiliar na resistência térmica das pós-larvas de *P. vannamei*. Além disso, é importante considerar um período mais longo de cultivo para entender melhor os efeitos da macroalga na resistência térmica dos camarões. Resultados contraditórios foram vistos por (COELHO et al., 2023), que realizaram um estudo com *U. ohnoi* como aditivo alimentar para camarões na fase de engorda em água clara. Os autores observaram que o uso de 2 % da macroalga na dieta melhorou a resistência dos animais em resposta ao choque térmico.

Com base nos resultados neste estudo, sugere-se a realização de pesquisas futuras para determinar a concentração ideal que reduza o *Vibrio* spp. das pós-larvas e a mortalidade após o estresse térmico, sem prejudicar o desempenho de crescimento.

2.5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a inclusão de 0,5 % de biomassa seca da macroalga *Ulva ohnoi* aumenta o peso médio final, ganho de peso, taxa de crescimento específico e biomassa final, sem comprometer a sobrevivência e o fator de conversão alimentar das pós-larvas de *P. vannamei*. Além disso, 2 % de *Ulva ohnoi* na dieta aumenta a contagem de bactérias heterotróficas totais nas pós-larvas. Considerando que o desempenho dos camarões alimentados com as dietas contendo *Ulva ohnoi* foi similar, recomenda-se a inclusão de 0,5 %, uma vez que o crescimento dos camarões foi maior nesta inclusão.

2.6 AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil, Código Financeiro 001), pela Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC, projeto 2020TR728). Felipe do Nascimento Vieira recebeu bolsa de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil). Os autores também agradecem ao Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI/UFSC) pela fabricação das dietas experimentais.

REFERÊNCIAS

- AKBARY, P.; AMINIKHOEI, Z. Effect of polysaccharides extracts of algae *Ulva rigida* on growth, antioxidant, immune response and resistance of shrimp, *Litopenaeus vannamei* against *Photobacterium damsela*. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 7, p. 2503–2510, jul. 2018.
- ALFIANSAH, Y. R. et al. Bacterial abundance and community composition in pond water from shrimp aquaculture systems with different stocking densities. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 2457, 18 out. 2018.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 18th. ed. Gaithersburg: AOAC International, 1999.
- APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd. ed. Standard Methods, 2012.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, n. 3–4, p. 227–235, jun. 1999.
- CÁRDENAS, J. V. et al. Assessment of different levels of green and brown seaweed meal in experimental diets for whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone) in recirculating aquaculture system. **Aquaculture International**, v. 23, n. 6, p. 1491–1504, 13 dez. 2015.
- COELHO, J. DA R. et al. Increased resistance to thermal shock in pacific white shrimp fed on green algae and its effect in conjunction with probiotics. **International Aquatic Research**, 13 abr. 2023.
- CRUZ-SUÁREZ, L. E. et al. A review of the effects of macroalgae in shrimp feeds and in co-culture. Em: CRUZ-SUÁREZ, L. E. et al. (Eds.). **Avances en Nutrición Acuicola IX**. Monterrey: X Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, 2008. p. 304–333.
- DE MORAIS, A. P. M. et al. Integrated multitrophic aquaculture system applied to shrimp, tilapia, and seaweed (*Ulva ohnoi*) using biofloc technology. **Aquaculture**, v. 572, p. 739492, 15 jul. 2023.

DE SCHRYVER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, n. 3–4, p. 125–137, 3 jun. 2008.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, n. 1–4, p. 346–358, 30 jun. 2006.

ELIZONDO-GONZÁLEZ, R. et al. Use of seaweed *Ulva lactuca* for water bioremediation and as feed additive for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **PeerJ**, v. 6, n. 3, p. e4459, 5 mar. 2018.

EL-SAYED, A. M. Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 1, p. 676–705, 9 jan. 2021.

EMERENCIANO, M. G. C. et al. Biofloc technology (BFT) in shrimp farming: past and present shaping the future. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, p. 1–5, 20 dez. 2021.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Rome: FAO, 2022.

FURTADO, P. S. et al. Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). **Aquaculture International**, v. 23, n. 1, p. 315–327, 8 fev. 2015.

FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. **Aquaculture**, v. 321, n. 1–2, p. 130–135, nov. 2011.

GE, H. et al. Effects of short period feeding polysaccharides from marine macroalga, *Ulva prolifera* on growth and resistance of *Litopenaeus vannamei* against *Vibrio Parahaemolyticus* infection. **Journal of Applied Phycology**, v. 31, n. 3, p. 2085–2092, 27 jun. 2019.

GONG, H. et al. Lipid nutrition of juvenile *Litopenaeus vannamei* I. Dietary cholesterol and de-oiled soy lecithin requirements and their interaction. **Aquaculture**, v. 190, p. 305–324, 2000.

HOLT, C. C. et al. Understanding the role of the shrimp gut microbiome in health and disease. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 186, p. 107387, 1 nov. 2021.

KLONGKLAEW, N. et al. Chemical composition of a hot water crude extract (HWCE) from *Ulva intestinalis* and its potential effects on growth performance, immune responses, and resistance to white spot syndrome virus and yellowhead virus in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 112, p. 8–22, 1 maio 2021.

KRUMMENAUER, D. et al. The reuse of water on the culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT system. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. 1, p. 3–14, fev. 2014.

LEGARDA, E. C. et al. Effects of stocking density and artificial substrates on yield and water quality in a biofloc shrimp nursery culture. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 4 out. 2018.

LEGARDA, E. C. et al. Sea lettuce integrated with Pacific white shrimp and mullet cultivation in biofloc impact system performance and the sea lettuce nutritional composition. **Aquaculture**, v. 534, p. 736265, 15 mar. 2021.

MANGOTT, A. et al. *Ulva lactuca* as a functional ingredient and water bioremediator positively influences the hepatopancreas and water microbiota in the rearing of *Litopenaeus vannamei*. **Algal Research**, v. 51, p. 102040, 1 out. 2020.

MANTRI, V. A. et al. Concise review of green algal genus *Ulva* Linnaeus. **Journal of Applied Phycology**, v. 32, n. 5, p. 2725–2741, 26 out. 2020.

MARTINS, M. A. et al. Cultivation of the seaweed *Ulva* spp. with effluent from a shrimp biofloc rearing system: different species and stocking density. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 46, n. 3, p. 1–6, 15 dez. 2020.

MISHRA, J. K. et al. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. **Aquacultural Engineering**, v. 38, n. 1, p. 2–15, jan. 2008.

MOREIRA, A. et al. The underexplored potential of green macroalgae in aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 14, n. 1, p. 5–26, 20 jan. 2022.

NIU, J. et al. Comparison and evaluation of four species of macro-algae as dietary ingredients in *Litopenaeus vannamei* under normal rearing and WSSV challenge conditions: effect on growth, immune response, and intestinal microbiota. **Frontiers in Physiology**, v. 9, 9 jan. 2019.

NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: National Academy Press, 2011.

PINHO, S. M.; EMERENCIANO, M. G. C. Sensorial attributes and growth performance of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured in biofloc technology with varying water salinity and dietary protein content. **Aquaculture**, v. 540, p. 736727, 15 jul. 2021.

PONTINHA, V. DE A.; VIEIRA, F. DO N.; HAYASHI, L. Mortalidade do camarão branco do Pacífico submetido ao estresse hipotérmico e hipossalino. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 44, n. 2, p. 1419–1427, 21 dez. 2018.

QIU, X. et al. Evaluation of green seaweed *Ulva* sp. as a replacement of fish meal in plant-based practical diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Applied Phycology**, v. 30, p. 1305–1316, 2018.

REN, X. et al. Effects of low temperature on shrimp and crab physiology, behavior, and growth: a review. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, p. 746177, 21 out. 2021.

REZENDE, P. C. et al. Brown seaweeds added in the diet improved the response to thermal shock and reduced *Vibrio* spp. in pacific white shrimp post-larvae reared in a biofloc system. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 6, p. 2852–2861, 1 jun. 2021.

REZENDE, P. C. et al. Brown seaweeds as a feed additive for *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system improved resistance to thermal stress and white spot disease. **Journal of Applied Phycology**, v. 34, n. 5, p. 2603–2614, 17 out. 2022.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, H. et al. Partial inclusion of *Ulva lactuca* and *Gracilaria parvispora* meal in balanced diets for white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Journal of Applied Phycology**, v. 26, n. 6, p. 2453–2459, 27 dez. 2014.

SAMOCHA, T. M.; PRANGNELL, D. I. Nursery phase. Em: SAMOCHA, T. M. (Ed.). **Sustainable biofloc systems for marine shrimp**. 1st. ed. Texas: Academic Press, 2019. p. 153–179.

SCHVEITZER, R. et al. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v. 56, p. 59–70, set. 2013.

SERRA, F. P. et al. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v. 23, n. 6, p. 1325–1339, 11 dez. 2015.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis**. 2nd. ed. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1972. v. 167.

SUDARYONO, A. et al. Potential of using tropical brown macroalgae *Sargassum cristaefolium* meal in the diets for juvenile white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 144, n. 1, p. 012049, 8 abr. 2018.

UNESCO. **Chemical methods for use in marine environmental monitoring**. Manual and Guides 12, 1983.

VAN WYK, P. Nutrition and feeding of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture systems. Em: VAN WYK, P. et al. (Eds.). **Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems**. Tallahassee: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, 1999. p. 125–139.

VAN WYK, P.; SCARPA, J. Water quality requirements and management. Em: VAN WYK, P. et al. (Eds.). **Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems**. Tallahassee: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, 1999. p. 141–162.

VIDHYA HINDU, S. et al. A review on the impact of seaweed polysaccharide on the growth of probiotic bacteria and its application in aquaculture. **Aquaculture International**, v. 27, n. 1, p. 227–238, 10 fev. 2019.

WAN, A. H. L. et al. Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient. **Reviews in Aquaculture**, v. 11, n. 3, p. 458–492, 10 ago. 2019.

WANG, Z. et al. The immune defense response of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) to temperature fluctuation. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 103, p. 103–110, 1 ago. 2020.

YANG, F. et al. Effect of dietary macro-algae in diet of juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Applied Phycology**, v. 30, n. 2, p. 1335–1344, 18 abr. 2018.

ZAR, J. **Biostatistical Analysis: Pearson New International Edition**. 5th. ed. Pearson Education Limited, 2013.

ZHOU, Q. C. et al. Dietary arginine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 364–365, p. 252–258, 5 out. 2012.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- AKBARY, P.; AMINIKHOEI, Z. Effect of polysaccharides extracts of algae *Ulva rigida* on growth, antioxidant, immune response and resistance of shrimp, *Litopenaeus vannamei* against *Photobacterium damsela*. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 7, p. 2503–2510, jul. 2018.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, n. 3–4, p. 227–235, jun. 1999.
- CÁRDENAS, J. V. et al. Assessment of different levels of green and brown seaweed meal in experimental diets for whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone) in recirculating aquaculture system. **Aquaculture International**, v. 23, n. 6, p. 1491–1504, 13 dez. 2015.
- CRUZ-SUÁREZ, L. E. et al. A review of the effects of macroalgae in shrimp feeds and in co-culture. Em: CRUZ-SUÁREZ, L. E. et al. (Eds.). **Avances en Nutrición Acuicola IX**. Monterrey: X Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, 2008. p. 304–333.
- DE MORAIS, A. P. M. et al. Integrated multitrophic aquaculture system applied to shrimp, tilapia, and seaweed (*Ulva ohnoi*) using biofloc technology. **Aquaculture**, v. 572, p. 739492, 15 jul. 2023.
- DE SCHRYVER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, n. 3–4, p. 125–137, 3 jun. 2008.
- EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, n. 1–4, p. 346–358, 30 jun. 2006.
- ELIZONDO-GONZÁLEZ, R. et al. Use of seaweed *Ulva lactuca* for water bioremediation and as feed additive for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **PeerJ**, v. 6, n. 3, p. e4459, 5 mar. 2018.
- EL-SAYED, A. M. Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 1, p. 676–705, 9 jan. 2021.
- EMERENCIANO, M. et al. Effect of short-term fresh food supplementation on reproductive performance, biochemical composition, and fatty acid profile of *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared under biofloc conditions. **Aquaculture International**, v. 21, n. 5, p. 987–1007, 21 out. 2013.
- EMERENCIANO, M. G. C. et al. Biofloc technology (BFT) in shrimp farming: past and present shaping the future. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, p. 1–5, 20 dez. 2021.
- EMERENCIANO, M. G. C. et al. Intensification of penaeid shrimp culture: an applied review of advances in production systems, nutrition and breeding. **Animals**, v. 12, n. 3, p. 236, 19 jan. 2022.

FAN, L.; WANG, A.; WU, Y. Comparative proteomic identification of the hemocyte response to cold stress in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of proteomics**, v. 80, p. 196–206, 27 mar. 2013.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Rome: FAO, 2022.

FAO/FIGIS (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FISHERIES STATISTICS). **Global production statistics 1950-2019**.

Disponível em:

<https://www.fao.org/figis/servlet/TabLandArea?tb_ds=Production&tb_mode=TABLE&tb_act=SELECT&tb_grp=COUNTRY>. Acesso em: 12 maio. 2023.

FARGHALI, M. et al. Seaweed for climate mitigation, wastewater treatment, bioenergy, bioplastic, biochar, food, pharmaceuticals, and cosmetics: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 21, n. 1, p. 97–152, 8 fev. 2023.

FERREIRA, G. S. et al. Strategies for ammonium and nitrite control in *Litopenaeus vannamei* nursery systems with bioflocs. **Aquacultural Engineering**, v. 88, p. 102040, fev. 2020.

FURTADO, P. S. et al. Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). **Aquaculture International**, v. 23, n. 1, p. 315–327, 8 fev. 2015.

GE, H. et al. Effects of short period feeding polysaccharides from marine macroalga, *Ulva prolifera* on growth and resistance of *Litopenaeus vannamei* against *Vibrio Parahaemolyticus* infection. **Journal of Applied Phycology**, v. 31, n. 3, p. 2085–2092, 27 jun. 2019.

HOLT, C. C. et al. Understanding the role of the shrimp gut microbiome in health and disease. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 186, p. 107387, 1 nov. 2021.

HOSTINS, B. et al. Managing input C/N ratio to reduce the risk of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) outbreaks in biofloc systems – A laboratory study. **Aquaculture**, v. 508, p. 60–65, jun. 2019.

HUANG, W. et al. Transcriptomic analyses on muscle tissues of *Litopenaeus vannamei* provide the first profile insight into the response to low temperature stress. **PLOS ONE**, v. 12, n. 6, p. e0178604, 2 jun. 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**, v. 46, n. 9, p. 705–713, set. 2017.

KHANJANI, M. H. et al. Synbiotics and aquamimicry as alternative microbial-based approaches in intensive shrimp farming and biofloc: Novel disruptive techniques or complementary management tools? A scientific-based overview. **Aquaculture**, v. 567, p. 739273, mar. 2023.

KLONGKLAEW, N. et al. Chemical composition of a hot water crude extract (HWCE) from *Ulva intestinalis* and its potential effects on growth performance, immune responses, and resistance to white spot syndrome virus and yellowhead virus in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 112, p. 8–22, 1 maio 2021.

- KRUMMENAUER, D. et al. The reuse of water on the culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT system. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. 1, p. 3–14, fev. 2014.
- LEGARDA, E. C. et al. Effects of stocking density and artificial substrates on yield and water quality in a biofloc shrimp nursery culture. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 4 out. 2018.
- LEGARDA, E. C. et al. Sea lettuce integrated with Pacific white shrimp and mullet cultivation in biofloc impact system performance and the sea lettuce nutritional composition. **Aquaculture**, v. 534, p. 736265, 15 mar. 2021a.
- LEGARDA, E. C. et al. Effects on fatty acids profile of *Seriola dorsalis* muscle tissue fed diets supplemented with different levels of *Ulva fasciata* from an Integration Multi-Trophic Aquaculture system. **Aquaculture**, v. 535, p. 736414, 30 mar. 2021b.
- MANGOTT, A. et al. *Ulva lactuca* as a functional ingredient and water bioremediator positively influences the hepatopancreas and water microbiota in the rearing of *Litopenaeus vannamei*. **Algal Research**, v. 51, p. 102040, 1 out. 2020.
- MANTRI, V. A. et al. Concise review of green algal genus *Ulva* Linnaeus. **Journal of Applied Phycology**, v. 32, n. 5, p. 2725–2741, 26 out. 2020.
- MARTINS, M. A. et al. Cultivation of the seaweed *Ulva* spp. with effluent from a shrimp biofloc rearing system: different species and stocking density. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 46, n. 3, p. 1–6, 15 dez. 2020.
- MISHRA, J. K. et al. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. **Aquacultural Engineering**, v. 38, n. 1, p. 2–15, jan. 2008.
- MOREIRA, A. et al. The underexplored potential of green macroalgae in aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 14, n. 1, p. 5–26, 20 jan. 2022.
- NIU, J. et al. Comparison and evaluation of four species of macro-algae as dietary ingredients in *Litopenaeus vannamei* under normal rearing and WSSV challenge conditions: effect on growth, immune response, and intestinal microbiota. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. JAN, 9 jan. 2019.
- PINHO, S. M.; EMERENCIANO, M. G. C. Sensorial attributes and growth performance of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured in biofloc technology with varying water salinity and dietary protein content. **Aquaculture**, v. 540, p. 736727, 15 jul. 2021.
- QIU, X. et al. Evaluation of green seaweed *Ulva* sp. as a replacement of fish meal in plant-based practical diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Applied Phycology**, v. 30, p. 1305–1316, 2018.
- REN, X. et al. Effects of low temperature on shrimp and crab physiology, behavior, and growth: a review. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, p. 746177, 21 out. 2021.

- REZENDE, P. C. et al. Brown seaweeds added in the diet improved the response to thermal shock and reduced *Vibrio* spp. in pacific white shrimp post-larvae reared in a biofloc system. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 6, p. 2852–2861, 1 jun. 2021.
- REZENDE, P. C. et al. Brown seaweeds as a feed additive for *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system improved resistance to thermal stress and white spot disease. **Journal of Applied Phycology**, v. 34, n. 5, p. 2603–2614, 17 out. 2022.
- RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, H. et al. Partial inclusion of *Ulva lactuca* and *Gracilaria parvispora* meal in balanced diets for white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Journal of Applied Phycology**, v. 26, n. 6, p. 2453–2459, 27 dez. 2014.
- ROY, L. A. et al. Shrimp culture in inland low salinity waters. **Reviews in Aquaculture**, v. 2, n. 4, p. 191–208, dez. 2010.
- SAMOCHA, T. M. The role of shrimp nursery systems to improve production efficiency of shrimp farms. Em: JORY, D. E. (Ed.). **Responsible aquaculture for a secure future: proceedings of a special session on shrimp farming**. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2003. p. 179–195.
- SAMOCHA, T. M. et al. **Design and operation of super intensive, biofloc-dominated systems for indoor production of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* – The Texas A&M Agrilife Research experience**. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2017.
- SAMOCHA, T. M.; PRANGNELL, D. I. Nursery phase. Em: SAMOCHA, T. M. (Ed.). **Sustainable biofloc systems for marine shrimp**. 1st. ed. Texas: Academic Press, 2019. p. 153–179.
- SCHLEDER, D. D. et al. Brown seaweeds as feed additive for white-leg shrimp: effects on thermal stress resistance, midgut microbiology, and immunology. **Journal of Applied Phycology**, v. 29, n. 5, p. 2471–2477, 27 out. 2017a.
- SCHLEDER, D. D. et al. Thermal resistance of Pacific white shrimp fed *Sargassum filipendula*: A MALDI-TOF mass spectrometry approach. **Aquaculture**, v. 481, p. 103–111, 1 dez. 2017b.
- SERRA, F. P. et al. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v. 23, n. 6, p. 1325–1339, 11 dez. 2015.
- SUDARYONO, A. et al. Potential of using tropical brown macroalgae *Sargassum cristaefolium* meal in the diets for juvenile white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 144, n. 1, p. 012049, 8 abr. 2018.
- URIBE, E. et al. Effect of different drying methods on phytochemical content and amino acid and fatty acid profiles of the green seaweed, *Ulva* spp. **Journal of Applied Phycology**, v. 31, n. 3, p. 1967–1979, 13 jun. 2019.
- VAN WYK, P.; SCARPA, J. Water quality requirements and management. Em: VAN WYK, P. et al. (Eds.). **Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems**. Tallahassee: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, 1999. p. 141–162.

VIDHYA HINDU, S. et al. A review on the impact of seaweed polysaccharide on the growth of probiotic bacteria and its application in aquaculture. **Aquaculture International**, v. 27, n. 1, p. 227–238, 10 fev. 2019.

WAN, A. H. L. et al. Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient. **Reviews in Aquaculture**, v. 11, n. 3, p. 458–492, 10 ago. 2019.

WANG, Z. et al. The immune defense response of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) to temperature fluctuation. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 103, p. 103–110, 1 ago. 2020.

WASIELESKY, W. et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 258, n. 1–4, p. 396–403, ago. 2006.

WASIELESKY, W. et al. Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system: the effect of stocking densities and compensatory growth. **Journal of Shellfish Research**, v. 32, n. 3, p. 799–806, dez. 2013.

XU, W.-J.; MORRIS, T. C.; SAMOCHA, T. M. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. **Aquaculture**, v. 453, p. 169–175, fev. 2016.

XU, Z. et al. The oxidative stress and antioxidant responses of *Litopenaeus vannamei* to low temperature and air exposure. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 72, p. 564–571, 1 jan. 2018.

YANG, F. et al. Effect of dietary macro-algae in diet of juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Applied Phycology**, v. 30, n. 2, p. 1335–1344, 18 abr. 2018.