

ELIZABETH PEREIRA DOS SANTOS

**CULTIVO INTEGRADO DA MACROALGA
(*Gracilaria domingensis*) COM O CAMARÃO MARINHO
(*Litopenaeus vannamei*) ALIMENTADOS COM DOIS NÍVEIS PROTEICOS EM
SISTEMA DE BIOFLOCOS**

RECIFE

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

CULTIVO INTEGRADO DA MACROALGA
(*Gracilaria domingensis*) COM O CAMARÃO MARINHO
(*Litopenaeus vannamei*) ALIMENTADOS COM DOIS NÍVEIS PROTEICOS EM
SISTEMA DE BIOFLOCOS

Elizabeth Pereira dos Santos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como exigência para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez

Orientador

Prof. Dr. Luis Otavio Brito da Silva

Coorientador

Recife, Fevereiro / 2019.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S237c Santos, Elizabeth Pereira dos.

Cultivo integrado da Macroalga (*Gracilaria domingensis*) com o camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) alimentados com dois níveis proteicos em sistema de bioflocos / Elizabeth Pereira dos Santos. - Recife, 2019.

40 f.: il.

Orientador(a): Alfredo Olivera Gálvez.

Coorientado(a): Luis Otavio Brito da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife, BR-PE, 2019.

Inclui referências.

1. Baixa Proteína 2. Alta proteína 3. Berçário primário 4. Berçário secundário
I. Olivera Gálvez, Alfredo, orient. II. Silva, Luis Otavio Brito da, coorient. III. Título.

CDD 639.3

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

CULTIVO INTEGRADO DA MACROALGA
(*Gracilaria domingensis*) COM O CAMARÃO MARINHO
(*Litopenaeus vannamei*) ALIMENTADOS COM DOIS NÍVEIS PROTEICOS EM
SISTEMA DE BIOFLOCOS

Elizabeth Pereira dos Santos

Dissertação julgada adequada para
obtenção do título de mestre em
Recursos Pesqueiros e Aquicultura.
Defendida e aprovada em 27/02/2019
pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez

Orientador

Departamento de Pesca e Aquicultura – UFRPE

Profa. Dra. Juliana Ferreira dos Santos

Membro externo

Departamento de Pesca e Aquicultura – UFRPE - UAST

Profa. Dra. Suzianny Maria Bezerra Cabral da Silva

Membro interno

Departamento de Pesca e Aquicultura – UFRPE

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família, em especial ao meu filho, Túlio Alves, minha mãe Maria do Carmo, minha tia Maria de Fátima, a minha irmã Alexandra e ao meu tio Severino Morais, os quais me apoiaram e incentivaram incondicionalmente ao longo dessa jornada.

Agradecimentos

Agradeço inicialmente à Deus pela dádiva da vida e por me conceder uma família tão maravilhosa, que mesmo não conhecendo os percalços da rotina acadêmica, me apoiaram a cada novo desafio, por toda paciência, compreensão e incentivo ao longo desse percurso. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de auxílio à pesquisa durante todo o período de realização deste mestrado.

Ao meu orientador Alfredo Olivera Gálvez, obrigada pelo apoio, ensinamento, orientação e confiança ao longo de todos esses anos.

A minha gratidão para com meu coorientador, Luis Otavio Brito da Silva, obrigada por toda a paciência, amizade, orientação, todo o ensinamento e acolhimento em sua equipe.

Sou grata a todos os professores do Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq), sem o alicerce construído através de vós, este trabalho não poderia ser realizado, em especial às professoras Raquel Coimbra e Suzianny Cabral, obrigada por permitir a utilização de vossos laboratórios e por todo apoio e ensinamento.

Aos meus colegas e amigos, obrigada pela convivência, pelos esclarecimentos, por estarem sempre dispostos a ajudar, pelas pausas para esfriar a cabeça e tomar um café, não esquecendo dos momentos nos quais eu já não acreditava em mim, obrigada por escutar minhas lamentações e me apoiar, em especial agradeço à Arturene Rocha, Bárbara de Cássia, Bruno Nascimento, Carolina Gouveia, Cecília Craveiro, Clarissa Vilela, Daniel Beckman, Danielle Matias, Débora Luise, Eduarda Almeida, Fábio André, Genison Silva, Gisely Costa, Ítala Sobral, Ítalo Mascena, Jessika Abreu, Katariny Lima, Laenne Bárbara, Marcelle Trajano, Nathalia Calazans, Rebeca Lemos, Renata Farias, Rildo José, Suzane Varela e Wilka Granjeiro pelo companheirismo, incentivo, apoio e toda torcida.

Segundo Murilo Cintra de Oliveira, “O segredo de um grande sucesso está no trabalho de uma grande equipe”, por isso agradeço a todos os integrantes dos Laboratórios de Alimento Vivo (LAPAVI), Laboratório de Carcinicultura (LACAR) e Laboratório de Maricultura Sustentável (LAMARSU) que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e para meu engrandecimento pessoal e intelectual, aprendendo sempre uma nova lição com cada um de vocês. O apoio e a participação de todos vocês foram fundamentais para a concretização desta dissertação, serei eternamente grata, obrigada.

Resumo

Diante da necessidade da remoção de compostos nitrogenados que se acumulam ao logo do cultivo em sistema de bioflocos, decorrentes da mínima troca de água e da contínua oferta de alimento durante o cultivo, se faz necessário a utilização de um organismo capaz de aproveitar esses nutrientes e assim, contribuir através da melhora na qualidade de água dos sistemas. As macroalgas são organismos fotossintéticos que apresentam altas taxas de remoção de amônia e nitrato, além disso, são consideradas uma fonte de alimento natural dos camarões, apresentando elevado valor nutricional para o *Litopenaeus vannamei*. Visando analisar o efeito da interação entre utilização de dois níveis proteicos (32 e 40%) na ração e diferentes densidades de estocagem da macroalga *Gracilaria domingensis* (Biomassa úmida de 0; 2,5; 5,0 e 7, 5kg.m⁻³) foram realizados dois cultivos experimentais. Na fase de berçário primário foram estocadas pós-larvas (0,001g) a uma densidade de 3000 cam.m⁻³, mantidas durante 30 dias, já o berçário secundário teve duração de 42 dias, onde foram estocados juvenis de 0,5g a uma densidade de 500 camarõesm⁻³. As macroalgas foram coletadas em um banco natural localizado na praia de Pau Amarelo, Paulista-PE (07°54'54.74" S, 034°49'12.07" W). Para análise da qualidade de água foram mensurados a temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, sólidos sedimentáveis, nitrogênio da amônia total, nitrogênio do nitrito, nitrogênio do nitrato, alcalinidade e fosfato, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos ao final dos cultivos, permanecendo dentro dos padrões recomendados para fase de berçário primário e secundário em sistema de bioflocos. Não foi observado a influência de nenhum dos fatores nos dados referentes a sobrevivência e a taxa de eficiência proteica em ambas as fases. No cultivo na fase de berçário primário não foi observado a influência isolada da densidade da *G. domingensis*, apenas observando-se o efeito da proteína no peso médio final, taxa de crescimento específico, crescimento semanal, fator de conversão alimentar e na produtividade, apesar disso, ao analisar a interação entre os fatores foi possível verificar que os mesmos não apresentam diferença significativa entre si. Já na fase de berçário secundário foi possível verificar assim como na fase anterior o efeito de forma isolada da proteína na produtividade, no fator de conversão alimentar, no crescimento semanal na taxa de crescimento específico e no peso médio final, entretanto a densidade da macroalga, apresentou efeito sob o peso médio final, resultando em valores superiores nos tratamentos formados pela densidade de 5,0 kg.m⁻³ da *G. domingensis*, além disso, apesar dos tratamentos formados pela ração de 40% apresentarem valores de crescimento específico superiores, a presença da macroalga possibilitou a obtenção de crescimentos similares a estes utilizando ração de menor índice proteico. Diante disso, a presença da *G. domingensis*, possibilita a utilização de rações com menor aporte proteico nas fases de berçário primário e secundário.

Palavras-chave: baixa proteína, alta proteína, berçário primário, berçário secundário

Abstract

. The quality of the data of the organic fruits of the organic aquatic oil in the water of the organic fruits of the organic fruits of the organic fruits and aquarium Assim, na melhoria da qualidade da água dos sistemas. Macroalgae are photosensitive organisms that are high rates of ammonia and nitrate removal, and are also adjusted to a natural food source of shrimp, presenting high nutritional value for *Litopenaeus vannamei*. The objective of this study was to evaluate the effect of the interaction between the two protein levels (32 and 40%) in the feed and the different storage densities of the macroalgae *Gracilaria domingensis* (Wet biomass of 0, 2,5, 5,0 and 7,5 kg.m⁻³) two experimental cultures were reached. In the primary nursery stage, post-larvae (0.001g) were stored at a density of 3,000 m⁻³, maintained for 30 days, while the secondary nursery lasted for 42 days, where juveniles were stored from 0.5g to 1 The macroalgae were collected in a natural bank located on the beach of Pau Amarelo, Paulista-PE (07°54'54.74 "S, 034°49'12.07" W). For the analysis of the water quality were measured the temperature, dissolved oxygen, pH, salinity, sedimentable solids, total ammonia nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, alkalinity and phosphate, no significant difference between treatments at the end of the crops, remaining within the recommended standards for primary and secondary nursery phase in biofloc system. No influence of any of the factors on survival and protein efficiency in both phases was observed. In the primary nursery phase, the influence of the density of *G. domingensis* alone was not observed, only observing the effect of the protein on the final mean weight, specific growth rate, weekly growth, feed conversion factor and productivity, despite In addition, when analyzing the interaction between factors, it was possible to verify that they did not present significant differences between them. In the secondary nursery phase, it was possible to verify, as in the previous phase, the effect of an isolated form of the protein on the productivity, on the feed conversion factor, on the weekly growth in the specific growth rate and on the final average weight, however the macroalga density, showed effect under the final mean weight, resulting in higher values in the treatments formed by the density of 5.0 kg.m⁻³ of *G. domingensis*. In addition, although the treatments formed by the ration of 40% had higher specific growth values, the presence of macroalgae allowed to obtain growth similar to these using a diet with a lower protein content. In view of this, the presence of *G. domingensis* makes it possible to use rations with lower protein intake in the primary and secondary nursery phases.

Key words: Low protein, high protein, primary nursery, secondary nursery

Lista de tabelas

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água no cultivo integrado de *Litopenaeus vannamei* e *Gracilaria domingensis* em berçário primário e berçário secundário utilizando sistema de bioflocos.....33

Tabela 2. Índices de desenvolvimento zootécnico do *L. vannamei* cultivado na presença da macroalga *G. domingensis* em berçário primário e secundário utilizando sistema de bioflocos.34

Sumário

Dedicatória.....	5
Agradecimentos	6
Resumo	7
Abstract.....	8
Lista de tabelas	9
1- Introdução.....	11
2- Artigo Científico - Cultivo integrado da macroalga (<i>Gracilaria domingensis</i>) com o camarão marinho (<i>Litopenaeus vannamei</i>) alimentados com dois níveis proteicos em sistema de bioflocos.	15
3- Considerações finais.....	35
4- Referências	36

1- Introdução

1.1- Contextualização da pesquisa

A contribuição da aquicultura para o suprimento mundial de pescados continua crescente, atingindo em 2016, 80 milhões de toneladas, o equivalente à 46,8% da produção global (FAO, 2018). Dentre os crustáceos o camarão marinho, *Litopenaeus vannamei* apresenta grande destaque, sendo responsável por mais de 50% da produção desse grupo, motivo pelo qual é considerado uma importante fonte de renda em países em desenvolvimento da Ásia e América latina (FAO, 2018).

Os empreendimentos carcinícolas brasileiros estão concentrados na região nordeste, sendo esta região responsável por 98,8% do camarão produzido no país (IBGE, 2018). A carcinicultura nacional em 2017 movimentou mais de 887,7 milhões de reais, resultantes de uma produção de 41 mil toneladas, ao comparar esses dados produtivos aos do ano anterior, observa-se uma redução de 21,4%, apesar dessa diminuição, a produção do *L. vannamei* correspondeu a 20,2% do valor total gerado pela aquicultura nacional em 2017 (IBGE, 2018). Essa redução se deve à surtos da síndrome da mancha branca nos principais estados produtores (IBGE, 2018), acarretando em diminutas taxas de sobrevivência e grandes perdas econômicas aos produtores de camarão (IBGE, 2017).

O sistema tradicional de cultivo, utiliza a troca parcial de água como um dos principais manejos para manutenção da qualidade de água nas unidades de cultivo, podendo chegar a trocas de até 50% (KUNGVANKIJ e CHUA, 1986). Porém, essa prática maximiza a possibilidade de entrada de patógenos no sistema (COHEN et al., 2005), já que a utilização de água não tratada é uma das principais vias de introdução da doença nos sistemas de cultivo (KHAIRNAR et al., 2009). Nesse sentido é necessário a busca de uma estratégia que possibilite minimizar os prejuízos resultantes do impacto na produtividade decorrente das altas taxas de mortalidade, sendo indicado a utilização de sistemas que proporcionem uma maior biossegurança.

O sistema de tecnologia de bioflocos (BFT - Biofloc Technology) possibilita a obtenção de altos níveis de produtividade, através da utilização de pequenas áreas de cultivo e elevadas densidades de estocagem (SAMOCHA et al., 2017), além de preconizar a mínima ou zero troca de água, os manejos realizados nesse sistema obedecem padrões de biossegurança visando a redução do risco de entrada de patógenos nas unidades produtivas (AVNIMELECH, 2012; KRUMMENAUER et al., 2014). Esse sistema fundamenta-se na manipulação da relação carbono: nitrogênio (C:N) através da realização de fertilizações a

base de carbono orgânico para estimular o desenvolvimento de bactérias heterotróficas e nitrificantes. Estas comunidades tem como objetivo a realização da ciclagem dos compostos nitrogenados dissolvidos na água, além de contribuírem para a formação de flocos bacterianos (bioflocos) que podem ser utilizados como fonte suplementar de alimentação para os camarões (SAMOCHA et al., 2017).

Apesar das vantagens provenientes da utilização do sistema BFT, a reduzida troca de água e o contínuo fornecimento de ração acarretam no acúmulo de nutrientes dissolvidos (BURFORD et al., 2003; SAMOCHA et al., 2017), esses nutrientes são resultantes da dissociação de alimentos não consumidos e de subprodutos metabólicos (VIADERO et al., 2005). Segundo Silva et al., (2013), mais de 60% dos compostos nitrogenados e fosfatados utilizados para alimentação não são assimilados pelos camarões, ficando disponíveis na água sob a forma de amônia, nitrito, nitrato e fosfato. Elevadas concentrações de compostos nitrogenados são tóxicas para animais aquáticos (RAY et al., 2011), influenciando negativamente no crescimento e na sobrevivência do *L. vannamei* (CHEN e LIN, 1991; EBELING et al., 2006).

A biorremediação ou bioextração de nutrientes surge como uma alternativa que possibilita um melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis nas unidades de cultivo, visando melhorar a qualidade da água, reduzindo as concentrações desses nutrientes através da utilização de organismos capazes de assimilar esses compostos dissolvidos (ROSE et al., 2015). Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos para avaliar os benefícios inerentes à integração de organismos diversos no cultivo do camarão marinho, como por exemplo: redução de nutrientes através da utilização de macroalgas (BRITO et al., 2014a), diminuição na concentração de sólidos suspensos totais devido a ação filtradora de moluscos (PETERSEN et al., 2016; BRITO et al., 2018a) ou até mesmo a atenuação de cyanobactérias na comunidade planctônica após a utilização de peixes em consórcio com o *L. vannamei* (SHPIGEL et al., 2016). Porém a escolha do organismo a ser associado, deve ter como base a função que será desempenhada por cada um destes no sistema (BARRINGTON et al., 2010), visando o favorecimento da espécie alvo.

A utilização de plantas para redução dos nutrientes ou contaminantes presentes no solo ou na água é chamada de fitorremediação (RAHARDJO et al., 2017). A utilização dessa tecnologia por meio da co-cultura de macroalgas no cultivo de camarão marinho pode ser bastante promissora. Já que além de apresentar alta capacidade de remoção de

compostos inorgânicos dissolvidos na água, as macroalgas são consideradas uma fonte de alimento primária (NEORI et al., 2004; NEORI et al., 2008; FLEURENCE et al., 2012).

As macroalgas do gênero *Gracilaria* sp. são capazes de favorecer não apenas a taxa de crescimento dos camarões marinhos, mas também parâmetros relacionados à qualidade de água no cultivo. Segundo Rahardjo et al., (2017) a *Gracilaria* sp. pode apresentar taxas de remoção de amônia e nitrito de 60 a 130% maior que macroalgas do gênero *Caulerpa* sp. e *Eucheuma* sp., além disso, é possível observar a redução da densidade de cianobactérias (BRITO et al., 2014b), devido a competição por nutrientes entre estas.

A *Gracilaria domingensis* (Kützinger, 1874), é uma macroalga vermelha pertencente à família Gracilariaceae, da qual fazem parte as principais algas produtoras de ágar-ágar (BELLORIN et al., 2002). O gênero *Gracilaria* apresenta ampla distribuição geográfica, sendo encontradas em regiões tropicais e temperadas, devido a sua ampla faixa de tolerância a variações ambientais como salinidade e temperatura (AKATSUKA, 1994). No Brasil sua ocorrência estende-se desde o litoral Maranhense ao Catarinense (NUNES, 2005), sendo encontrada de forma abundante no litoral de Pernambuco (MARINHO-SORIANO et al., 2007).

Além disso, a capacidade de produção de uma ampla gama de metabólitos primários e secundários resultantes da fotossíntese, torna as macroalgas do gênero *Gracilaria* sp e os compostos derivados desta, uma forte candidata para utilização nas áreas mais diversas. Sendo utilizadas no tratamento de efluentes (RAHARDJO et al., 2017), na substituição de ingredientes de rações para animais aquáticos (CÁRDENAS et al., 2015), na produção de bioativos (GUARATINI et al., 2012) e até mesmo na alimentação humana (SANTOPRETE; BERNI, 2011).

1.2- Objetivos do trabalho

Geral

Determinar o efeito da combinação entre diferentes densidades de biomassa úmida da macroalga (*Gracilaria domingensis*) e da utilização de ração com dois níveis proteicos, 32% e 40%, no cultivo integrado com o camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em sistema de bioflocos em berçário primário e secundário.

Específicos

- Avaliar o desempenho zootécnico das pós-larvas de *L. vannamei* alimentadas com diferentes aportes proteicos quando cultivadas em sistema integrado com a macroalga *G. domingensis* utilizando tecnologia de bioflocos em berçário primário;
- Avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de *L. vannamei* quando cultivado integrado à macroalga *G. domingensis* alimentados com duas rações utilizando sistema de bioflocos em berçário secundário;
- Avaliar quantitativamente e qualitativamente a comunidade planctônica desenvolvida ao longo do cultivo integrado dessas duas espécies.

1.3- Hipótese

A presença da *Gracilaria domingensis* no cultivo de camarões marinhos *Litopenaeus vannamei* alimentados com ração de 32% de proteína, proporcionará índices de desempenho zootécnico similares aos resultantes do da utilização de ração de 40% de proteína bruta.

2- Artigo Científico - Cultivo integrado da macroalga (*Gracilaria domingensis*) com o camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) alimentados com dois níveis proteicos em sistema de bioflocos.

Cultivo integrado da macroalga (*Gracilaria domingensis*) com o camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) alimentados com dois níveis proteicos em sistema de bioflocos.

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a interação entre diferentes densidades da *Gracilaria domingensis* (0; 2,5; 5,0 e 7, 5kg.m⁻³) e a utilização de ração de diferentes concentrações de proteína bruta (32 e 40%) no cultivo do *Litopenaeus vannamei* em bioflocos na fase de berçário primário (30 dias) e secundário (42 dias). Através da análise dos índices de desenvolvimento zootécnico e dos parâmetros de qualidade de água. Os dados de qualidade de água não sofreram a influência dos fatores, não diferindo significativamente ($p \geq 0,05$). Em ambas fases de berçário a sobrevivência ($96,3 \pm 2,9\%$ e $86,2 \pm 10,1\%$) e a taxa de eficiência proteica ($2,12 \pm 0,2$ e $1,8 \pm 0,3$), respectivamente para o berçário primário e secundário, não diferiram entre os tratamentos. O fator de conversão alimentar, taxa de crescimento semanal e produtividade foram influenciados isoladamente pelo percentual de proteína da ração, apresentando valores superiores quando alimentados com ração com 40%PB. apesar disso, na fase berçário o peso médio final dos camarões integrados com a macroalgas com oferta de 32 % de proteína bruta foi similar ao tratamento de monocultura com 40% de proteína bruta.

Palavras-chave: Proteína, qualidade de água, desempenho zootécnico e IMTA

Abstract

The objective of this study was to evaluate the interaction between different densities of *Gracilaria domingensis* (0, 2.5, 5.0 and 7, 5kg.m⁻³) and the use of rations of different concentrations of crude protein (32 and 40%) in the cultivation of *Litopenaeus vannamei* in bioflocs at the primary (30 days) and secondary (42 days) nursery stage. Through the analysis of the zootechnical development indexes and water quality parameters. The water quality data were not influenced by the factors, and did not differ significantly ($p \geq 0.05$). In both nursery phases survival ($96.3 \pm 2.9\%$ and $86.2 \pm 10.1\%$) and protein efficiency rate (2.12 ± 0.2 and 1.8 ± 0.3), respectively for the primary and secondary nursery, did not differ between treatments. The feed conversion factor, weekly growth rate and yield were influenced by protein percentage of the ration, presenting higher values when fed with ration with 40% CP. However, in the nursery phase the final mean weight of the shrimp integrated with the macroalgae with 32% crude protein supply was similar to the monoculture treatment with 40% crude protein.

Key words: Protein, water quality, zootechnical performance and IMTA.

Introdução

O sistema de bioflocos transforma parte dos nutrientes da água em biomassa microbiana, a partir do controle das relações carbono: nitrogênio e da mínima ou zero troca de água (EMERENCIANO et al., 2017; SAMOCHA et al., 2017). Entretanto, uma parcela significativa de nutrientes como, nitrogênio e fósforo é acumulada na água (SILVA et al., 2013), principalmente devido a reutilização sucessiva da água entre os ciclos visando acelerar o processo de maturação para os cultivos seguintes (KRUMMENAUER et al., 2014; EMERENCIANO et al., 2017).

A principal fonte de entrada destes compostos (nitrogênio e fósforo) nos sistemas de cultivo é através do fornecimento contínuo de rações (CASILLAS-HERNÁNDEZ et al., 2006; SAMOCHA et al., 2017; FOUROOGHIFARD et al., 2018). Estudos demonstram que para cada tonelada de camarão produzida são gerados de 29 a 73kg de nitrogênio e 12 kg de fósforo nos sistemas semi-intensivos (TEICHERT-CODDINGTON et al., 2000; CASILLAS-HERNÁNDEZ et al., 2006). Já em sistema de bioflocos são gerados 20 kg de nitrogênio e 4,1 kg de fosforo, valores inferiores aos resultantes de outros sistemas de cultivo, devido a conversão dos compostos dissolvidos na água em flocos bacterianos, possibilitando assim um maior aproveitamento do nutriente(SILVA et al., 2013).

A proteína bruta das rações é a principal fonte de nitrogênio para os ambientes de cultivo, dessa forma o nitrogênio residual sofrerá variações de acordo com a concentração de proteína do alimento utilizado, bem como as taxas de assimilação de nutrientes pelo animal. Para a manipulação das relações C:N em sistemas de bioflocos, são consideradas taxas de excreção de compostos nitrogenados que variam de 50% (AVNIMELECH, 1999) à 80% (EMERENCIANO et al., 2017), dessa forma a utilização de um quilo de ração contendo 35% de proteína bruta poderá acarretar um incremento de 28 até 50,4g de resíduos nitrogenados no sistema de cultivo.

Dentre as variáveis mais importantes para o monitoramento da qualidade de água na carcinicultura estão as concentrações de nitrito e amônia. Tanto em sistema de água clara, quanto em bioflocos, a exposição prolongada do *L.vannamei* a elevadas concentrações desses compostos, pode resultar na redução nas taxas de crescimento do animal (MELO et al., 2016), além de ocasionar modificações na histologia das brânquias e do hepatopâncreas, resultando em um aumento do fator de conversão alimentar, redução na sobrevivência, redução na taxa de crescimento semanal e do peso médio final (FURTADO et al., 2014, 2016), além de influenciar no comprometimento da membrana

intestinal e na supressão da função imune (DUAN et al., 2018). Além disso, as fontes proteicas fazem parte dos ingredientes mais onerosas para a formulação das rações dos camarões (JACKSON et al., 2003). Apesar do contínuo acúmulo de fósforo decorrente do fornecimento de ração, não há relatos de níveis considerados tóxicos para camarões (SAMOCHA et al., 2017)

As macroalgas apresentam alto potencial para utilização em sistemas integrados na aquicultura devido a sua ação fitorremediadora. Além disso, segundo (ATTASAT et al., 2013) é possível um incremento na biomassa de camarões de 15% ao utilizar um sistema integrado entre estes e macroalgas. Entretanto podemos destacar o gênero *Gracilaria* sp. que além de possibilitar este incremento apresenta alta eficiência na remoção de compostos nitrogenados e fosfatados do meio na qual são inseridas. Sendo relatadas diminuições nas concentrações de amônia de 35 a 100% (CASTELAR et al., 2015; RAHARDJO et al., 2017), nitrito de 26 a 84% (RAHARDJO et al., 2017; BRITO et al., 2018a), nitrato 17 até 99% (CASTELAR et al., 2015; RAHARDJO et al., 2017), além da remoção de 25 até 63,1% de compostos fosfatados (MACCHIAVELLO; BULBOA, 2014; BRITO et al., 2018a), além do mais a melhoria na qualidade de água advinda da utilização do gênero *Gracilaria* sp. pode ser notada não apenas na remoção de nutrientes, mas também através da influência gerada sobre a comunidade microbiológica e fitoplanctônica dos sistemas de cultivo, devido ao favorecimento do crescimento de microalgas benéficas ao cultivo de camarões nos sistemas em que essa macroalga foi utilizada (ELLE et al., 2017).

As macroalgas podem ser utilizadas como fonte de alimento no cultivo de animais aquáticos (FLEURENCE et al., 2012), podendo contribuir como substrato para formação de biofilme, ao serem estocadas nas unidades de cultivo ou fonte suplementar de alimento já que apresentam em sua composição centesimal teores de proteína, lipídios, aminoácidos essenciais dentre outros nutrientes (TABARSA et al., 2012). As macroalgas do gênero *Gracilaria* sp. podem apresentar de 6,4 a 37,6 % de proteína e entre 0,2 a 12,9% de lipídio (HASLUN e CORREIA, 2012; ØVERLAND et al., 2018), atuando não apenas como uma fonte de alto valor nutricional, mas também como ingrediente funcional devido a sua ação probiótica, ou antioxidante (NIU et al., 2019).

Diante disso o presente estudo visa analisar o efeito da utilização de diferentes concentrações da macroalga *Gracilaria domingensis* no cultivo integrado com o camarão

marinho *L. vannamei* em sistema de bioflocos, quando alimentados com diferentes aportes proteicos.

Material e Métodos

Os cultivos experimentais foram realizados no Laboratório de Maricultura Sustentável na Universidade Federal Rural de Pernambuco, nas fases de berçário primário e secundário. Utilizou-se o mesmo protocolo de manejo e desenho experimental em ambos experimentos, diferindo apenas na duração, peso médio inicial dos animais e densidade de estocagem utilizada. Nos tanques de berçário primário foram estocadas pós-larvas (PL₁₀) a uma densidade de 3000 camarões.m⁻³ com peso médio inicial de 1 ± 0,01 mg, mantidas ao longo de 30 dias. Já o cultivo na fase berçário secundário teve duração de 42 dias, iniciando com animais de peso médio 0,5 ± 0,05 g estocados a uma densidade de 500 camarões.m⁻³.

Desenho experimental

Os tratamentos foram determinados a partir da combinação de dois fatores, sendo o fator 1 a densidade de estocagem da biomassa úmida da macroalga *Gracilaria domingensis* (0 kg.m⁻³; 2,5 kg.m⁻³; 5,0 kg.m⁻³ e 7,5 kg.m⁻³) e o fator 2 o percentual de proteína bruta da ração comercial utilizada (32% PB e 40% PB), gerando assim 8 combinações: 0G32 (Sem adição da macroalga e utilização de ração com 32%PB), 0G40 (Sem adição da macroalga e utilização de ração com 40%PB), 25G32 (Adição de *G. domingensis* com biomassa úmida de 2,5 kg.m⁻³ e utilização de ração com 32%PB), 25G40 (Adição de *G. domingensis* com biomassa úmida de 2,5 kg.m⁻³ e utilização de ração com 40%PB), 50G32 (Adição de *G. domingensis* com biomassa úmida de 5,0 kg.m⁻³ e utilização de ração com 32%PB), 50G40 (Adição de *G. domingensis* com biomassa úmida de 5,0 kg.m⁻³ e utilização de ração com 40%PB), 75G32 (Adição de *G. domingensis* com biomassa úmida de 7,5 kg.m⁻³ e utilização de ração com 32%PB) e 75G40 (Adição de *G. domingensis* com biomassa úmida de 7,5 kg.m⁻³ e utilização de ração com 40%PB) realizados em triplicata perfazendo um total de 24 unidades experimentais.

Material Biológico

As macroalgas utilizadas nos experimentos foram coletas em um banco natural localizado na praia de Pau Amarelo, Paulista-PE (07°54'54.74" S, 034°49'12.07" W). Sendo realizado o transporte úmido dos exemplares para o laboratório onde foram removidos os

sedimentos e os incrustantes com o auxílio de uma escova e água doce corrente. Os exemplares foram aclimatados em um tanque de 300 litros, ao longo de 5 dias, através da realização de inoculação diária de 15L de bioflocos, proveniente de um tanque matriz previamente maturado. Após a aclimação as macroalgas foram pesadas, acondicionadas em sacos de tela de nylon e estocadas nos tanques de cultivo.

As pós-larvas de camarão marinho *L. vannamei* utilizadas nos cultivos foram provenientes de uma larvicultura comercial (Aguasul, RN, Brasil), acondicionadas em caixas de 300L contendo 50% de inóculo do tanque matriz durante 3 dias, dando início ao cultivo na fase de berçário primário, mantendo-se então os animais restantes até atingir um peso médio de 0,5g para a estocagem nos tanques de berçários secundários .

Condições experimentais

O biofoco foi maturado durante 40 dias, através da utilização de ração comercial como fonte de nitrogênio e melado da cana de açúcar como fonte de carbono orgânico (30% de Carbono orgânico), mantendo-se a relação carboidrato: nitrogênio em 12:1, baseado em (SAMOCHA et al., 2007; AVNIMELECH, 2009). Ao final do tempo de maturação a água do tanque matriz de bioflocos apresentou as seguintes características: 0,20 mg L⁻¹ (Nitrogênio da amônia total), 0,40 mg L⁻¹ (N-nitrito), 0,98 mg L⁻¹ (Nitrato), 182 mg L⁻¹ (sólidos suspensos totais), 1,19 mg L⁻¹ (Ortofosfato), 30 g L⁻¹ (Salinidade) e 150 mg L⁻¹ de CaCO₃ (Alcalinidade).

Os cultivos foram realizados em tanques retangulares de polietileno de cor preta com capacidade de 0,06 m³, dos quais foram utilizados 0,05m³, abastecidos com 50% de inóculo de biofoco advindo do tanque matriz e 50% de água do mar previamente tratada, através de filtragem mecânica (30µm) e utilização de cloro ativo (30ppm) por aproximadamente 24h. As unidades experimentais foram cobertas com tela de nylon, sendo mantidas sob aeração constante. Foi utilizado fotoperíodo natural, com uma intensidade luminosa de aproximadamente 1000 lux.

A alimentação dos camarões foi realizada através da oferta de ração comercial com composição proteica de acordo com a estabelecida pelo tratamento em questão, sendo utilizadas as rações contendo 32% de proteína bruta, 8 % extrato etéreo, 13% umidade, 4 % fibra bruta e 12 % material mineral, indicada para sistemas de cultivo semi-intensivo e a segunda ração contendo 40% de proteína bruta, 8 % extrato etéreo, 13% umidade, 4 % fibra bruta e 12% material mineral, indicada para sistemas intensivos e superintensivos. Os

animais foram alimentados quatro vezes ao dia (8h, 11h, 14h e 17h) e os ajustes da quantidade de ração foram realizados semanalmente com base nos dados advindos das biometrias, seguindo a metodologia descrita por (VAN WYK et al., 1999), a qual baseia-se na estimativa de consumo, sobras e mortalidade. Diariamente foi utilizado em aplicação única (10h) o melaço de cana de açúcar para manutenção da relação Carboidratos: Nitrogênio (12:1).

As variáveis físico-químicas da água (oxigênio dissolvido, temperatura, pH e salinidade) foram verificadas diariamente pela manhã e à tarde (YSI MODEL 556 MPS, yellow springs, OHIO, EUA). Enquanto que, os sólidos sedimentáveis (mL.L⁻¹) foram analisados duas vezes na semana com auxílio de cone Imhoff após 20 minutos de sedimentação (AVNIMELECH, 2009). Os sólidos suspensos totais (SST) e os compostos nitrogenados: nitrogênio da amônia total (NAT), nitrogênio do nitrito (N-NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻), alcalinidade (mg.L⁻¹ de CaCO₃) e ortofosfato (PO₄³⁻) foram mensurados semanalmente, seguindo os métodos descritos por (GRASSHOFF e ALMGREEN, 1976; GOLTERMAN et al., 1978; GAUDET, 1979; FELFÖLDY, 1987), respectivamente.

Desempenho zootécnico

Ao final dos cultivos foram determinados os seguintes parâmetros zootécnicos: Ganho de biomassa (GB = Biomassa final (g) - Biomassa inicial (g)), Taxa de crescimento específico (TCE = 100 x [ln Peso final (g) - ln Peso inicial (g)] / tempo (dias)), Peso médio final; Crescimento semanal (Cs = Ganho de Biomassa (g) / tempo (semana)), Fator de conversão alimentar (FCA = Alimentação ofertada (g) / Ganho de Biomassa (g)), sobrevivência (S = População final / População inicial) x 100), Taxa de eficiência proteica (TEP = ganho de biomassa / total de proteína ingerida) e Produtividade (P = Biomassa final(kg) / Volume da unidade experimental (m³)).

Análise de dados

Após a determinação da distribuição de homogeneidade e normalidade dos dados através dos testes de Cochran e Lilliefors respectivamente, os dados de desempenho zootécnico e de qualidade de água foram submetidos à análise de variância bi fatorial, seguido do teste de comparação de médias de Tukey (p <0,05). Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software Statistica 12.

Resultados e Discussão

Qualidade de água

Em ambas as fases, de berçário primário e secundário não foram observadas diferenças significativas ($p \geq 0,05$) nos dados relacionados aos parâmetros de qualidade de água, não sofrendo assim a influência isolada ou combinada de nenhum dos fatores avaliados. Os valores médios e desvios padrões da temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, sólidos sedimentáveis, nitrogênio da amônia total, nitrogênio do nitrito, nitrogênio do nitrato, alcalinidade e fosfato, de ambos as fases estão sintetizados na **Tabela 1**.

A temperatura, oxigênio dissolvido, pH e salinidade apresentaram médias de 28,9°C, 4,75 mg.L⁻¹, 8,3 e 36 g.L⁻¹ para a fase de berçário primário e 29,4°C, 4,70 mg.L⁻¹, 8,2 e 35 g.L⁻¹, na fase de berçário secundário, sendo mantidos assim, dentro dos parâmetros recomendados para o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (VAN WYK et al., 1999).

Ao longo dos cultivos as concentrações de sólidos sedimentáveis (SS), nitrogênio amoniacal total (N-AT), nitrogênio do nitrito (N-NO₂), nitrato (NO₃⁻), ortofosfato (PO₄⁻³) e alcalinidade em ambas as fases de cultivo não excederam 22 ml.L⁻¹, 0,8 mg.L⁻¹, 2,37 mg.L⁻¹, 5,1 mg.L⁻¹, 2,74 mg.L⁻¹ e 258 mg CaCO₃ .L⁻¹, respectivamente, permanecendo entre os valores sugeridos para utilização de sistema de bioflocos nas fases de berçário primário e secundário (MENDOZA-LÓPEZ et al., 2017; SAMOCHA et al., 2017).

Condições ambientais como: salinidade, temperatura, pH e disponibilidade de nutrientes podem afetar o desenvolvimento e sobrevivência das macroalgas (SUSILOWATI et al., 2018), além desses, a competição por luz e nutrientes decorrente da utilização de altas densidades de estocagem também poderá influenciar o desenvolvimento dessas macroalgas (JIANG et al., 2019). Brito et al. (2018a) ao avaliarem o potencial biorremediador da *G. birdiae* (2,5 kg. m⁻³ de biomassa úmida) no tratamento de efluentes proveniente do cultivo de juvenis de *L. vannamei* em sistema de bioflocos, utilizando mantidas a uma intensidade luminosa de 587 lux em um fotoperíodo de 12h claro, 12h escuro, não observaram diferenças significativas nas concentrações do nitrogênio da amônia, nitrogênio do nitrato e no ortofosfato. Por outro lado, Samocha et al. (2015), ao utilizar um sistema de recirculação integrado onde foram estocados 2,96 kg. m⁻³ de *Gracilaria* sp. com sedimentadores, observaram reduções significativas nas concentrações de nutrientes dissolvidos. De acordo com Susilowati et al. (2018), a intensidade luminosa ótima para o desenvolvimento de uma

macroalga do gênero estudado é de 3500 lux, intensidade essa superior à utilizada no presente estudo, além disso, o sistema de bioflocos apresenta elevados níveis de turbidez decorrentes do aumento da concentração de sólidos suspensos totais ou flocos característicos de sistemas maturados (AVNIMELECH, 2012), acarretando uma diminuição de luz ainda maior no sistema. As macroalgas, dependem do processo de fotossíntese para a obtenção de energia, a qual será utilizada para realização de todas as reações metabólicas, assim a redução da disponibilidade de luz pode acarretar um decréscimo nas taxas fotossintéticas, resultando em menores coeficientes de remoção de nutrientes do sistema no qual se encontram.

Desempenho zootécnico

Entre os dados referentes aos parâmetros zootécnicos a sobrevivência não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) em ambas as fases de berçário, apresentando valores superiores a 83% no berçário primário e média de 86% entre os tratamentos na fase seguinte.

O desempenho zootécnico dos camarões em ambas as fases de berçário e o efeito dos fatores analisados encontram-se sumarizados na **Tabela 2. Índices de desenvolvimento zootécnico do *L. vannamei* cultivado na presença da macroalga *G. domingensis* em berçário primário e secundário utilizando sistema de bioflocos.**

Peso médio final

Em ambas as fases foram observadas a influência do percentual de proteína bruta da ração no peso médio final dos camarões. Quando analisamos os grupos distintos de 32% e 40% observamos respectivamente médias significativamente diferentes de 0,33g e 0,42g (berçário primário); 2,94 e 3,71g (berçário secundário). Em relação à influência da densidade da *G. domingensis* nos grupos distintos sem macroalgas (0,38g - 3,07g) e com macroalgas (0,37g e 3,41g) na fase de berçário primário e secundário respectivamente, apenas sendo observada a influência na fase de berçário secundário, onde os animais provenientes dos tratamentos contendo densidade de 5,0 Kg.m⁻³ de *G. domingensis* apresentaram peso médio superior aos tratamentos sem a presença da macroalga. Apesar disso, em ambas as fases de cultivo, ao analisar o efeito da combinação dos fatores observa-se que todos os tratamentos são similares entre si.

Resultados semelhantes ao efeito da concentração de proteína foram observados por Correia et al. (2014) em berçário primário utilizando sistema de bioflocos, os quais

alcançaram maior peso final com camarões alimentados com ração de 40% de proteína bruta em relação aos animais alimentados com 30% de proteína bruta, demonstrando que apesar do biofoco ser uma fonte de alimentação suplementar, os animais alimentados com ração rica em proteína apresentam melhores crescimentos.

Entretanto com a integração com macroalgas em berçários secundários Brito et al. (2018b) ao analisar o desenvolvimento zootécnico de juvenis do *L. vannamei* alimentado com ração de alta (40%) e baixa (32%) concentração proteica, não observaram diferenças significativas entre o peso médio final dos animais, assim como, o presente estudo na fase de berçário secundário entre os tratamentos com integração comparados ao tratamento 0G40. Em outro estudo, realizado por Fourooghifard et al. (2017), que ao avaliarem o efeito da combinação de diferentes densidades de estocagem do *L. vannamei* e de uma macroalga do gênero *Gracilaria* sp., associou os valores mais elevados de peso médio final aos tratamentos contendo a macroalga, atribuindo essa diferença a utilização da *Gracilaria* sp. como fonte de alimento suplementar e de substrato para colonização de microrganismos que foram incluídos na alimentação dos camarões.

Ao final das fases de berçário primário e secundário do presente estudo, foi constatada uma redução na densidade de macroalgas presentes em todas as unidades experimentais, indicando a possível utilização da macroalga como fonte de alimentação pelos camarões, principalmente devido a pastagem dos camarões nas estruturas de cultivos das macroalgas, além disso, foi observado a presença de pequenos fragmentos desta macroalga livres na coluna de água, possibilitando a sua agregação ao biofoco e assim aumentando a possibilidade de seu consumo pelos animais, como, relatado por Brito et al. (2014). O cisalhamento das macroalgas pode ser atribuído à elevada turbulência no sistema de cultivo devido ao alto requerimento de oxigênio dissolvido ao utilizar tecnologia de biofocos. Diante disso a integração do cultivo do *L. vannamei* com a *G. domingensis*, mostra-se promissora a possível redução no teor de proteína para cultivos em berçários secundário, entretanto é necessário o ajuste nas unidades de cultivos das macroalgas para favorecer o crescimento das mesmas.

Crescimento semanal e Taxa de crescimento específico

Tanto na fase de berçário primário quanto secundário foram observados a influência de forma isolada apenas do percentual de proteína nos resultados correspondentes ao crescimento semanal, estando os maiores valores relacionados à ração com maior concentração proteica, resultando em médias significativamente diferentes de (9,37 e 8,92)

para os tratamentos de 32% de proteína bruta e (11,65 e 11,03) para os tratamentos formados por 40% de proteína bruta, nas fases de berçário primário e secundário respectivamente. Entretanto não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ao avaliar o efeito da interação entre os dois fatores.

Assim como o crescimento semanal em ambas as fases de berçário foram observadas a influência do percentual de proteína bruta da ração na taxa de crescimento específico (TCE) dos camarões. Quando analisamos os grupos distintos de 32% e 40% observamos respectivamente médias significativamente diferentes de 16,6% e 17,2% (berçário primário); 4,2% e 4,8% (berçário secundário). Em relação à influência da densidade da *G. domingensis* nos grupos distintos sem macroalgas foram obtidos os pesos médios finais de (0,33g - 2,94g) para os animais alimentados com ração de 32% de proteína e de (0,42g e 3,71g) para os animais alimentados com ração de 40% de proteína, na fase de berçário primário e secundário respectivamente, não se observar a influência isolada da densidade da macroalga.

Ao analisar o efeito da interação entre os fatores, foi observado influência significativa nas taxas de crescimento específico no berçário secundário, estando os maiores valores atrelados aos tratamentos com a utilização da ração de 40% de proteína bruta. Entretanto os tratamentos com 32% de proteína bruta foram similares ao tratamento 0G40.

Ao analisar o efeito da utilização de diferentes aportes desse nutriente para alimentação de pós-larvas do *L. vannamei* em sistema de berçário primário em bioflocos Correia et al. (2014) obtiveram taxa de crescimento específico máximas de 11,24%.dia⁻¹, sendo estes valores máximos atribuídos a utilização de alimento com elevado nível proteico. O mesmo pode ser observado em ambas fases de cultivo, ao resultar em TCE superiores ao utilizar ração com 40% de proteína, apesar disso, ao analisar a interação entre os fatores na fase de berçário primário, não são observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Já na fase de berçário secundário é observado o efeito conjunto dos fatores, estando os maiores valores da taxa de crescimento específico ligadas a utilização de ração com alto índice proteico, apesar disso os demais tratamentos, os quais utilizam ração de 32% PB, não diferem da TCE do monocultivos utilizando ração de 40%PB tal diferença pode estar relacionada ao tempo de cultivo e ao peso final, quando comparado ao trabalho citado anteriormente.

As macroalgas podem ser uma fonte de alimento suplementar, através do seu consumo direto, ou devido ao aumento da superfície de contato, acarretando em uma maior área de substrato natural. Ao analisar o efeito da utilização de substratos artificiais em cultivo de juvenis de *L. vannamei* Ferreira et al. (2016) observaram que o aumento da área de substrato resultou nos maiores valores de peso médio final e taxas de crescimento específico superiores ao tratamento controle, sem o uso de substrato. Quando imersos em água marinha, qualquer superfície pode atuar como substrato para formação de biofilme (Callow e Callow 2002) sendo estas superfícies inicialmente colonizadas por bactérias. (Busetti et al. 2017), desta forma a presença da macroalga possibilita a formação de biofilme bacteriano que pode ser utilizado como fonte de alimentação suplementar para o *L. vannamei*.

Taxa de eficiência proteica e Fator de conversão alimentar

Não foi observado o efeito isolado ou interação dos fatores analisados sob a taxa de eficiência proteica. Apresentado médias para os tratamentos contendo 40% de proteína e 32% PB de respectivamente, (2,10 e 2,08) no berçário primário e (1,73 -1,80) no berçário secundário. Já o fator de conversão alimentar sofreu a influência do percentual de proteína da ração, apresentando diferença significativa tanto na fase de berçário primário como secundário, sendo atribuídos os maiores valores de FCA aos tratamentos utilizando 32% de proteína bruta, conforme esperado, já que de acordo com Tantikitti et al. (2016) a qualidade e a quantidade da proteína utilizada na alimentação de juvenis de *L. vannamei* podem afetar o desempenho zootécnico dos animais. Brito et al. (2018b) ao comparar o efeito da utilização de rações de diferentes aportes de proteína, em sistema de água clara e bioflocos, obteve taxas de eficiência proteica semelhantes ao presente estudo, além disso, Correia et al. (2014b) também não observou diferença significativa na taxas de eficiência proteicas ao analisar o efeito da utilização de rações com diferentes aportes proteicos para alimentação de pós-larvas de *L. vannamei* cultivadas em sistema de bioflocos.

Van Wyk et al. (1999) recomendam a utilização de rações com níveis de proteína de 50% a 45% para *L. vannamei* com peso médio entre 2mg e 1g. Segundo Jackson et al. (2003) a proteína é o nutriente mais caro na ração dos camarões e a redução da concentração desta no alimento poderá acarretar danos no desempenho zootécnico do animal, entretanto ao analisar os índices zootécnicos de juvenis de *L. vannamei* cultivados

de forma integrada a uma macroalga do gênero *Gracilaria*, em sistema sem troca de água Fourouoghifard et al.(2018) atribuiu os melhores resultados de fator de conversão alimentar, taxa de crescimento específico, crescimento semanal e sobrevivência ao tratamento formado por menores densidades de 25 camarões. m⁻² e 400g de *G corticata*. m⁻² , o mesmo foi observado por Brito et al. (2018) que afirmam que a presença da *Gracilaria birdiae* no cultivo de juvenis de *L. vannamei* utilizando sistema de bioflocos é uma estratégia que possibilita a utilização de rações com menor aporte proteico favorecendo os parâmetros de crescimento do animal.

De acordo com Fourouoghifard et al.(2017) é possível minimizar os danos ao crescimento do *L. vannamei* resultantes das altas taxas de estocagem através da utilização de uma macroalga do gênero *Gracilaria*, podendo estas servir como substrato natural para os camarões, podendo estar ser utilizadas como fonte de alimentação suplementar ou abrigo para os animais.

A composição da biomassa das macroalgas pode variar de acordo com o ambiente de cultivo ao qual estão expostas (CRUZ-SUÁREZ et al., 2010). Brito et al. (2016) ao avaliar a composição centesimal do *L. vannamei* alimentado com ração de 40% de proteína, cultivado de forma integrada a diferentes densidades da macroalga *G. birdiae* em sistema de bioflocos observou que a concentração de proteína nos animais oriundos do sistema integrado apresentaram maiores taxas proteicas que os animais cultivados em monocultura, além disso, ao comparar a composição da biomassa da *G. birdiae* ao final do cultivo, foi observado um incremento de até 16% na concentração de proteína, quando comparada a composição da biomassa algal inicial, com base em seu peso seco.

Diante disso, é possível que a *G. domingensis* tenha atuado assim como a *G. birdiae* e a *G. corticata* como uma fonte suplementar para a alimentação dos camarões, possibilitando a redução do percentual de proteína da ração, sem acarretar danos ao ganho de biomassa do animal na fase de berçário secundário.

Produtividade

Os dados da produtividade decorrente da fase de berçário primário e secundário foram influenciados pelo percentual de proteína bruta, apresentando médias de 0,9 e 1,2 kg.m⁻³ (berçário primário) e de 1,3 e 1,5 kg.m⁻³ (berçário secundário) para a utilização de 32 e 40%PB respectivamente, apesar disso ao analisar a interação entre os tratamentos, não foi constatado diferença significativa entre estes.

A produtividade é um parâmetro que varia de acordo com a biomassa final. Parâmetros de desenvolvimento zootécnico como: ganho de peso, eficiência alimentar, fator de conversão alimentar, podem ser influenciados por fatores atrelados a alimentação dos animais, como por exemplo a taxa proteica do alimento e a qualidade da proteína utilizada na formulação da ração utilizada no cultivo (KURESHY e DAVIS, 2002).

Ao analisar o efeito da combinação de diferentes densidades do *L. vannamei* e da macroalga *G. corticata* sob a biomassa final do camarão marinho alimentados com ração de 35%PB, Fouroughifard et al. (2017) observaram que o aumento da densidade de estocagem da macroalga acarretava um incremento na biomassa final do *L. vannamei*, decorrente da utilização da macroalga como suplemento alimentar, assim como Brito et al. (2018) que ao analisar o efeito da utilização de rações com diferentes níveis de proteína (32% e 40%) para a alimentação de juvenis de *L. vannamei* em cultivo integrado com a macroalga *G. birdiae* na densidade de 2,5 kg.m⁻³ em sistema de bioflocos, observou efeito positivo da adição das macroalgas para utilização de rações com nível proteico mais baixo. A diferença entre os resultados anteriormente citados e o presente estudo pode estar atrelado ao desenvolvimento da macroalga no sistema ao longo do cultivo, como relatado por Fouroughifard et al. (2017).

Apesar de em ambas as fases não ser observado a influência da macroalga de forma isolada, ao analisar a interação entre os fatores os tratamentos não diferem entre si, desta forma a utilização da ração com 32% de proteína, juntamente com a presença da macroalga, possibilita a obtenção de produtividades semelhantes as resultantes da utilização de ração com 40% de proteína bruta.

Conclusão

Mediante a interação entre a densidade da macroalga *Gracilaria domingensis* e os diferentes níveis proteicos da ração, os índices de desempenho zootécnico: peso médio final, taxa de eficiência proteica, fator de conversão alimentar e produtividade dos animais apresentaram-se similares; tanto em berçário primário quanto em berçário secundário. Portanto o efeito conjunto da *G. domingensis* e da proteína, possibilita a utilização de ração com concentração proteica de 32%, sem afetar os parâmetros de desenvolvimento zootécnico do *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema de bioflocos.

Referência

ATTASAT, S.; WANICHPONGPAN, P.; RUENGLERTPANYAKUL, W. Design of Integrated Aquaculture of the Pacific White Shrimp, Tilapia and Green Seaweed. **Journal of Sustainable Energy & Environment**, 2013.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, 1999.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology : a practical guide book**. Baton Rouge La.: World Aquaculture Society, 2009.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology : a practical guide book**. [s.l: s.n.]

BRITO, L. O. et al. Water quality, phytoplankton composition and growth of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with *Gracilaria birdiae* (Greville) and *Gracilaria domingensis* (Kützinger). **Aquaculture International**, 2014.

BRITO, L. O. et al. Water quality, *Vibrio* density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). **Aquaculture Research**, 2016.

BRITO, L. O. et al. Bioremediation of shrimp biofloc wastewater using clam, seaweed and fish. **Chemistry and Ecology**, 2018a.

BRITO, L. O. et al. Effects of two commercial feeds with high and low crude protein content on the performance of white shrimp *litopenaeus vannamei* raised in an integrated biofloc system with the seaweed *gracilaria birdiae*. **Spanish Journal of Agricultural Research**, 2018b.

BUSETTI, A.; MAGGS, C. A.; GILMORE, B. F. Marine macroalgae and their associated microbiomes as a source of antimicrobial chemical diversity. **European Journal of Phycology**, v. 52, n. 4, p. 452–465

CALLOW, M. E.; CALLOW, J. E. Marine biofouling: a sticky problem. **Biologist (London, England)**, v. 49, n. 1, p. 10–4, fev. 2002.

CASILLAS-HERNÁNDEZ, R. et al. Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeding strategies: Trays and mechanical dispersal. **Aquaculture**, 2006.

CASTELAR, B. et al. Biofiltering efficiency and productive performance of macroalgae with potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) . **Boletim do Instituto de Pesca**, 2015.

CORREIA, E. S. et al. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus*

vannamei using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. **Aquacultural Engineering**, v. 59, p. 48–54, 2014a.

CORREIA, E. S. et al. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. **Aquacultural Engineering**, 2014b.

CRUZ-SUÁREZ, L. E. et al. Shrimp/*Ulva* co-culture: A sustainable alternative to diminish the need for artificial feed and improve shrimp quality. **Aquaculture**, 2010.

DE MELO, F. P. et al. Toxicidade do nitrito para o camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistemas de água clara e bioflocos. **Boletim do Instituto de Pesca**, 2016.

DUAN, Y. et al. Nitrite stress disrupts the structural integrity and induces oxidative stress response in the intestines of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology**, v. 329, n. 1, p. 43–50, 1 jan. 2018.

ELLE, B. J. et al. Potential of *gracilariopsis bailinae* and *oreochromis mossambicus* in improving water quality in intensive *litopenaeus vannamei* tank culture. **AAFL Bioflux**, 2017.

EMERENCIANO, M. G. C. et al. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. In: **Water Quality**. [s.l: s.n.]

FELFÖLDY, L. **A biológiai vízminőség**. 4., bőv. kiad. ed. Budapest: Vízgazdálkodási Intézet, 1987.

FERREIRA, L. M. H. et al. Biofilm versus biofloc: Are artificial substrates for biofilm production necessary in the BFT system? **Aquaculture International**, 2016.

FLEURENCE, J. et al. **What are the prospects for using seaweed in human nutrition and for marine animals raised through aquaculture?** **Trends in Food Science and Technology**, 2012. .

FOUROOGHIFARD, H. et al. Growth parameters of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* and red seaweed *Gracilaria corticata* in integrated culturing method under zero water exchange system. **Aquaculture Research**, 2017.

FOUROOGHIFARD, H. et al. Nitrogen and phosphorous budgets for integrated culture of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* with red seaweed *Gracilaria corticata* in zero water exchange system. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, 2018.

FURTADO, P. S. et al. Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). **Aquaculture International**, 2014.

FURTADO, P. S. et al. Chronic effect of nitrite on the rearing of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* in two salinities. **Marine and Freshwater Behaviour and Physiology**, 2016.

GAUDET, J. *Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists*. F. J. H. Mackereth, J. Heron, J. F. Talling. **The Quarterly Review of Biology**, v. 54, n. 2, p. 203–203, 22 jun. 1979.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters**. [s.l.] Blackwell Scientific, 1978.

GRASSHOFF, K.; ALMGREEN, T. **Methods of seawater analysis**. [s.l.] Verlag Chemie, 1976.

HASLUN, J. A.; CORREIA, E. Characterization of Bioflocs in a No Water Exchange Super-intensive System for the Production of Food Size Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. **International journal of aquaculture**, 2012.

JACKSON, C. et al. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. **Aquaculture**, v. 218, n. 1–4, p. 397–411, 27 mar. 2003.

JIANG, H. et al. Growth and photosynthesis by *Gracilariopsis lemaneiformis* (Gracilariales, Rhodophyta) in response to different stocking densities along Nan’ao Island coastal waters. **Aquaculture**, 2019.

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**, 2014.

KURESHY, N.; DAVIS, D. A. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 204, n. 1–2, p. 125–143, 21 jan. 2002.

MACCHIAVELLO, J.; BULBOA, C. Nutrient uptake efficiency of *Gracilaria chilensis* and *Ulva lactuca* in an IMTA system with the red abalone *Haliotis rufescens*. **Latin American Journal of Aquatic Research**, 2014.

MENDOZA-LÓPEZ, D. G. et al. The effect of biofloc technology (BFT) on water quality in white shrimp *culture: A review*. **Revista Bio Ciencias**, v. 4, n. 4, p. 15, 9 maio 2017.

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**, 2019.

ØVERLAND, M.; MYDLAND, L. T.; SKREDE, A. Marine macroalgae as sources of

protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2018.

RAHARDJO, S. et al. Seaweed utilization for phytoremediation of *Litopenaeus vannamei* shrimp farming waste in recirculation systems (environmentally friendly design of sustainable shrimp culture). In: **Sustainable Future for Human Security: Environment and Resources**. [s.l: s.n.]

SAMOCHA, T. M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, n. 2, p. 184–191, 1 mar. 2007.

SAMOCHA, T. M. et al. Growth and nutrient uptake of the macroalga *Gracilaria tikvahiae* cultured with the shrimp *Litopenaeus vannamei* in an Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) system. **Aquaculture**, v. 446, p. 263–271, 2015.

SAMOCHA, T. M. et al. **Design and Operation of Super-Intensive Biofloc-Dominated Systems for the Production of Pacific White**. [s.l: s.n.]

SILVA, K. R.; WASIELESKY, W.; ABREU, P. C. Nitrogen and Phosphorus Dynamics in the Biofloc Production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, 2013.

SUSILOWATI, T. et al. The effects of season, aeration and light intensity on the performance of pacific whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) polycultured with seaweed (*Gracilaria verrucosa*). In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, **Anais...2018**.

TABARSA, M. et al. Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a potential food source. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2012.

TANTIKITTI, C.; CHOOKIRD, D.; PHONGDARA, A. Effects of fishmeal quality on growth performance, protein digestibility and trypsin gene expression in pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 2016.

TEICHERT-CODDINGTON, D. R.; MARTINEZ, D.; RAMÍREZ, E. Partial nutrient budgets for semi-intensive shrimp farms in Honduras. **Aquaculture**, 2000.

VAN, P. M. et al. **Farming Marine Shrimp in Recirculating Fresh Water Systems Recirculating Aquaculture Systems View project Developing Hatchery Technology for Pacific Black Snook View project**. [s.l: s.n.].

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água no cultivo integrado de *Litopenaeus vannamei* e *Gracilaria domingensis* em berçário primário e berçário secundário utilizando sistema de bioflocos.

Parâmetros	Tratamentos															
	0G32		0G40		2,5G32		2,5 G40		5 G32		5G40		7,5G32		7,5G40	
<i>Fase pré berçário</i>																
Temperatura	30,3	± 0,8	30,3	± 0,8	30,2	± 0,6	29,9	± 0,7	30,3	± 0,7	29,6	± 0,7	30,4	± 0,8	30,1	± 0,7
O ₂	4,73	± 0,19	4,74	± 0,22	4,75	± 0,21	4,70	± 0,20	4,74	± 0,23	4,77	± 0,25	4,85	± 0,22	4,72	± 0,30
pH	8,3	± 0,1	8,3	± 0,1	8,3	± 0,1	8,3	± 0,1	8,3	± 0,1	8,3	± 0,1	8,3	± 0,1	8,3	± 0,1
Salinidade	35,9	± 0,3	35,9	± 0,3	35,9	± 0,2	35,8	± 0,2	36,1	± 0,2	35,8	± 0,4	36,0	± 0,3	35,9	± 0,3
SS	3,17	± 2,53	3,69	± 3,04	3,01	± 2,03	3,23	± 2,25	3,44	± 2,30	4,36	± 2,05	3,39	± 1,71	4,19	± 2,10
N-AT	0,10	± 0,06	0,08	± 0,06	0,12	± 0,07	0,10	± 0,05	0,11	± 0,07	0,17	± 0,07	0,09	± 0,06	0,15	± 0,11
N-NO ₂	0,31	± 0,17	0,32	± 0,17	0,35	± 0,20	0,35	± 0,17	0,29	± 0,17	0,33	± 0,16	0,31	± 0,16	0,35	± 0,13
N-NO ₃	0,96	± 0,21	0,99	± 0,20	0,98	± 0,19	0,96	± 0,18	0,94	± 0,21	0,97	± 0,17	0,79	± 0,32	0,87	± 0,16
Alcalinidade	207,60	± 44,65	205,93	± 45,48	191,14	± 37,32	202,86	± 44,17	203,00	± 34,19	207,17	± 44,26	202,95	± 28,02	216,52	± 42,79
PO ₄ ⁻³	1,22	± 0,38	1,31	± 0,36	1,37	± 0,33	1,40	± 0,32	1,46	± 0,40	1,50	± 0,27	1,29	± 0,36	1,44	± 0,30
<i>Fase berçário</i>																
Temperatura	30,5	± 0,7	30,5	± 0,7	30,6	± 0,7	30,6	± 0,9	30,7	± 0,7	30,9	± 0,6	30,6	± 0,7	30,9	± 0,7
O ₂	4,69	± 0,56	4,59	± 0,47	4,62	± 0,13	4,81	± 0,64	4,76	± 0,72	4,63	± 0,54	4,80	± 0,73	4,70	± 0,57
pH	8,3	± 0,3	8,2	± 0,1	8,2	± 0,1	8,2	± 0,1	8,2	± 0,2	8,2	± 0,1	8,2	± 0,1	8,2	± 0,1
Salinidade	35,1	± 1,0	35,6	± 1,0	35,2	± 1,0	35,2	± 1,0	34,4	± 1,5	35,5	± 1,0	35,2	± 1,0	35,3	± 0,9
SS	14,0	± 5,5	15,2	± 3,4	14,8	± 3,0	13,5	± 4,1	16,2	± 3,7	15,8	± 3,8	17,7	± 4,3	11,9	± 4,5
N-AT	0,32	± 0,11	0,30	± 0,13	0,23	± 0,10	0,44	± 0,36	0,25	± 0,11	0,29	± 0,12	0,26	± 0,11	0,44	± 0,35
N-NO ₂	1,16	± 1,21	1,05	± 0,90	1,03	± 0,99	1,11	± 1,18	1,08	± 0,86	0,80	± 0,75	0,87	± 0,70	1,11	± 1,08
N-NO ₃	3,36	± 1,49	3,07	± 2,03	3,43	± 1,55	3,36	± 1,34	3,78	± 1,23	3,43	± 1,41	2,80	± 1,27	2,77	± 1,52
Alcalinidade	113,28	± 30,95	113,37	± 27,34	119,25	± 32,83	115,92	± 31,73	111,66	± 34,23	116,75	± 32,65	108,25	± 29,92	115,07	± 33,17
PO ₄ ⁻³	1,84	± 0,17	2,06	± 0,34	2,16	± 0,58	2,21	± 0,49	1,98	± 0,24	2,00	± 0,30	2,13	± 0,37	2,11	± 0,33

Médias e desvios padrão dos valores semanais distribuídos por tratamento, com medições nas seguintes unidades: Temperatura (°C), O₂, N-NAT, N-NO₂, N-NO₃, PO₄⁻³ (mg. L⁻¹), Alcalinidade (mg de CaCO₃. L⁻¹) e sólidos sedimentáveis (SS- ml.L⁻¹).

Tabela 2. Índices de desenvolvimento zootécnico do *L. vannamei* cultivado na presença da macroalga *G. domingensis* em berçário primário e secundário utilizando sistema de bioflocos.

Proteína da Ração	32%				40%				M	PB	M x PB
	Densidade <i>G. domingensis</i>	0 kg.m ⁻³	2,5 kg.m ⁻³	5,0 kg.m ⁻³	7,5 kg.m ⁻³	0 kg.m ⁻³	2,5 kg.m ⁻³	5,0 kg.m ⁻³			
<i>Berçário Primário</i>											
Sobrevivência (%)	95,1 ± 3,3	97,8 ± 2,0	91,6 ± 8,2	99,3 ± 0,7	98,2 ± 1,4	97,3 ± 3,1	93,8 ± 1,7	97,1 ± 2,8	ns	ns	ns
Peso médio final (g)	0,32 ± 0,03	0,31 ± 0,02	0,32 ± 0,02	0,36 ± 0,05	0,43 ± 0,07	0,42 ± 0,04	0,41 ± 0,05	0,41 ± 0,02	ns	*	ns
TCE (%. Dia ⁻¹)	16,5 ± 0,4	16,4 ± 0,2	16,5 ± 0,1	16,9 ± 0,3	17,3 ± 0,4	17,2 ± 0,3	17,2 ± 0,4	17,1 ± 0,3	ns	*	ns
TEP	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,0	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,1 ± 0,2	ns	ns	ns
CS (g. semana ⁻¹)	9,1 ± 1,1	9,1 ± 0,8	8,7 ± 0,4	10,6 ± 1,4	12,8 ± 2,1	12,1 ± 0,6	11,6 ± 1,3	10,1 ± 1,5	ns	*	ns
FCA	1,48 ± 0,13	1,51 ± 0,07	1,49 ± 0,13	1,47 ± 0,03	1,19 ± 0,07	1,21 ± 0,04	1,24 ± 0,03	1,18 ± 0,10	ns	*	ns
Produtividade (kg.m ⁻³)	0,92 ± 0,11	0,91 ± 0,08	0,87 ± 0,04	1,06 ± 0,07	1,28 ± 0,21	1,22 ± 0,06	1,16 ± 0,13	1,19 ± 0,15	ns	*	ns
<i>Berçário Secundário</i>											
Sobrevivência (%)	88,0 ± 10,6	94,7 ± 2,3	88,0 ± 10,6	90,7 ± 10,1	86,7 ± 10,1	92,0 ± 6,9	81,3 ± 8,3	78,7 ± 12,9	ns	ns	ns
Peso médio final (g)	2,69 ± 0,23	2,92 ± 0,24	3,20 ± 0,28	2,94 ± 0,13	3,45 ± 0,03	3,78 ± 0,18	3,83 ± 0,45	3,79 ± 0,17	*	*	ns
TCE (%. Dia ⁻¹)	4,3 ± 0,2	4,1 ± 0,1	4,3 ± 0,3	4,1 ± 0,0	4,6 ± 0,1	5,0 ± 0,2	4,9 ± 0,2	4,9 ± 0,2	ns	*	*
TEP	1,6 ± 0,3	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,2	2,1 ± 0,1	1,8 ± 0,3	1,7 ± 0,4	ns	ns	ns
CS (g. semana ⁻¹)	8,0 ± 1,2	9,3 ± 1,0	9,5 ± 1,0	8,9 ± 0,9	10,3 ± 1,3	12,5 ± 0,4	10,9 ± 1,9	10,4 ± 2,1	ns	*	ns
FCA	1,9 ± 0,3	1,7 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,5 ± 0,2	1,2 ± 0,0	1,4 ± 0,2	1,5 ± 0,4	ns	*	ns
Produtividade (kg.m ⁻³)	1,18 ± 0,12	1,38 ± 0,13	1,40 ± 0,11	1,33 ± 0,09	1,49 ± 0,17	1,73 ± 0,07	1,56 ± 0,23	1,49 ± 0,24	ns	*	ns

Médias e desvios padrão dos valores distribuídos por tratamento, com medições nas seguintes abreviações e unidades: Sobrevivência (%), peso médio final (g), taxa de crescimento específico (TCE-%.dia⁻¹), taxa de eficiência proteica (TEP), crescimento semanal (%.semana⁻¹), fator de conversão alimentar (FCA) e produtividade (kg.m⁻³.ciclo⁻¹). Resultado da análise de variância fatorial (ANOVA-Fatorial) sendo representado o fator 1, densidade de macroalga *G. domingensis* em Kg. M⁻³ por M, o fator 2, percentual de proteína bruta da ração por PB e a interação entre os fatores por M x PB.

3- Considerações finais

No presente estudo foi constatado que a presença da macroalga *Gracilaria domingensis* contribui em índices de desempenho zootécnico do *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos, possibilitando assim a redução do percentual de proteína da ração utilizada, para determinação da real contribuição da macroalga no desenvolvimento do camarão marinho, seria necessário a realização de um estudo analisando através de isótopos estáveis a participação da macroalga, do biofoco e da ração no tecido do animal.

Não sendo constatado o potencial biorremediador da macroalga, devido a fatores como a baixa luminosidade do sistema e a alta turbulência da água de cultivo, acarretando uma provável redução na taxa fotossintética da *G. domingensis* e a sua fragmentação, respectivamente. Sendo necessário a otimização do sistema de cultivo, seja através da utilização de estruturas anexas ao cultivo, ou a presença de iluminação artificial,

4- Referências

- AKATSUKA, I. **Biology of economic algae**. The Hague: SPB Academic Pub. bv, 1994.
- ATTASAT, S.; WANICHPONGPAN, P.; RUENGLERTPANYAKUL, W. Design of Integrated Aquaculture of the Pacific White Shrimp , Tilapia and Green Seaweed. **Journal of Sustainable Energy & Environment**, 2013.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, 1999.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology : a practical guide book**. Baton Rouge La.: World Aquaculture Society, 2009.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology : a practical guide book**. [s.l: s.n.]
- BARRINGTON, K. et al. Social aspects of the sustainability of integrated multi-trophic aquaculture. **Aquaculture International**, v. 18, n. 2, p. 201–211, 13 abr. 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10499-008-9236-0>>. Acesso em: 6 fev. 2019.
- BELLORIN, A. M.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, E. C. PHYLOGENY AND SYSTEMATICS OF THE MARINE ALGAL FAMILY GRACILARIACEAE (GRACILARIALES, RHODOPHYTA) BASED ON SMALL SUBUNIT rDNA AND ITS SEQUENCES OF ATLANTIC AND PACIFIC SPECIES1. **Journal of Phycology**, v. 38, n. 3, p. 551–563, 1 jun. 2002. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1046/j.1529-8817.2002.01152.x>>. Acesso em: 6 fev. 2019.
- BRITO, L. O. et al. Water quality and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in co-culture with green seaweed *Ulva lactuca* (Linnaeus) in intensive system. **Aquaculture International**, 2014a.
- BRITO, L. O. et al. Water quality, phytoplankton composition and growth of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with *Gracilaria birdiae* (Greville) and *Gracilaria domingensis* (Kützinger). **Aquaculture International**, 2014b.
- BRITO, L. O. et al. Water quality, *Vibrio* density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). **Aquaculture Research**, 2016.
- BRITO, L. O. et al. Bioremediation of shrimp biofloc wastewater using clam, seaweed and fish. **Chemistry and Ecology**, 2018a.
- BRITO, L. O. et al. Effects of two commercial feeds with high and low crude protein content on the performance of white shrimp *litopenaeus vannamei* raised in an integrated

biofloc system with the seaweed gracilaria birdiae. **Spanish Journal of Agricultural Research**, 2018b.

BURFORD, M. A. et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, 2003.

BUSETTI, A.; MAGGS, C. A.; GILMORE, B. F. Marine macroalgae and their associated microbiomes as a source of antimicrobial chemical diversity. **European Journal of Phycology**, v. 52, n. 4, p. 452–465, 2 out. 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09670262.2017.1376709>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

CALLOW, M. E.; CALLOW, J. E. Marine biofouling: a sticky problem. **Biologist (London, England)**, v. 49, n. 1, p. 10–4, fev. 2002. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11852279>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

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**, 2015.

CASILLAS-HERNÁNDEZ, R. et al. Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeding strategies: Trays and mechanical dispersal. **Aquaculture**, 2006.

CASTELAR, B. et al. Biofiltering efficiency and productive performance of macroalgae with potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) . **Boletim do Instituto de Pesca**, 2015.

CHEN, J.-C.; LIN, C.-Y. Lethal effects of ammonia and nitrite on *Penaeus penicillatus* juveniles at two salinity levels. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology**, v. 100, n. 3, p. 477–482, 1 jan. 1991. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/074284139190026P>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

COHEN, J. M. et al. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, v. 32, n. 3–4, p. 425–442, 1 abr. 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860904000810>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

CORREIA, E. S. et al. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp

Litopenaeus vannamei using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. **Aquacultural Engineering**, v. 59, p. 48–54, 2014a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.02.002>>.

CORREIA, E. S. et al. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. **Aquacultural Engineering**, 2014b.

CRUZ-SUÁREZ, L. E. et al. Shrimp/Ulva co-culture: A sustainable alternative to diminish the need for artificial feed and improve shrimp quality. **Aquaculture**, 2010.

DE MELO, F. P. et al. Toxicidade do nitrito para o camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistemas de água clara e bioflocos. **Boletim do Instituto de Pesca**, 2016.

DUAN, Y. et al. Nitrite stress disrupts the structural integrity and induces oxidative stress response in the intestines of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology**, v. 329, n. 1, p. 43–50, 1 jan. 2018. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/jez.2162>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

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. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004484860600216X>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

ELLE, B. J. et al. Potential of *gracilariopsis bailinae* and *oreochromis mossambicus* in improving water quality in intensive *litopenaeus vannamei* tank culture. **AAFL Bioflux**, 2017.

EMERENCIANO, M. G. C. et al. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. In: **Water Quality**. [s.l.: s.n.]

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals** THE STATE OF THE WORLD series of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. [s.l.: s.n.].

FELFÖLDY, L. **A biológiai vízminőség. 4., bőv. kiad. ed.** Budapest: Vízgazdálkodási Intézet, 1987.

FERREIRA, L. M. H. et al. Biofilm versus biofloc: Are artificial substrates for biofilm production necessary in the BFT system? **Aquaculture International**, 2016.

FLEURENCE, J. et al. **What are the prospects for using seaweed in human nutrition and for marine animals raised through aquaculture?** *Trends in Food Science and Technology*, 2012. .

FOUROOGHIFARD, H. et al. Growth parameters of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* and red seaweed *Gracilaria corticata* in integrated culturing method under zero water exchange system. **Aquaculture Research**, 2017.

FOUROOGHIFARD, H. et al. Nitrogen and phosphorous budgets for integrated culture of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* with red seaweed *Gracilaria corticata* in zero water exchange system. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, 2018.

FURTADO, P. S. et al. Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). **Aquaculture International**, 2014.

FURTADO, P. S. et al. Chronic effect of nitrite on the rearing of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* in two salinities. **Marine and Freshwater Behaviour and Physiology**, 2016.

GAUDET, J. *Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists* . F. J. H. Mackereth , J. Heron , J. F. Talling. **The Quarterly Review of Biology**, v. 54, n. 2, p. 203–203, 22 jun. 1979. Disponível em: <<https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/411247>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters**. [s.l.] Blackwell Scientific, 1978.

GRASSHOFF, K.; ALMGREEN, T. **Methods of seawater analysis**. [s.l.] Verlag Chemie, 1976.

GUARATINI, T. et al. Antioxidant activity and chemical composition of the non polar fraction of *Gracilaria domingensis* (Kützing) Sonder ex Dickie and *Gracilaria birdiae* (Plastino & Oliveira). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n. 4, p. 724–729, ago. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2012000400003&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 6 fev. 2019.

HASLUN, J. A.; CORREIA, E. Characterization of Bioflocs in a No Water Exchange Super-intensive System for the Production of Food Size Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. **International journal of aquaculture**, 2012.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal de 2016**. [s.l: s.n.].

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal de 2017**. [s.l: s.n.].

JACKSON, C. et al. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. **Aquaculture**, v. 218, n. 1–4, p. 397–411, 27 mar. 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848603000140>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

JIANG, H. et al. Growth and photosynthesis by *Gracilariopsis lemaneiformis* (*Gracilariales*, *Rhodophyta*) in response to different stocking densities along Nan'ao Island coastal waters. **Aquaculture**, 2019.

KHAIRNAR, S. O. et al. **Biosecurity: Its Application In Shrimp Farming**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://aquafind.com/articles/Shrimp-Biosecurity.php>>.

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**, 2014.

KUNGVANKIJ, P.; CHUA, T. E. **Shrimp culture : pond design , operation and management**. [s.l: s.n.]

KURESHY, N.; DAVIS, D. A. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 204, n. 1–2, p. 125–143, 21 jan. 2002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848601006494>>. Acesso em: 17 fev. 2019.

MACCHIAVELLO, J.; BULBOA, C. Nutrient uptake efficiency of *Gracilaria chilensis* and *Ulva lactuca* in an IMTA system with the red abalone *Haliotis rufescens*. **Latin American Journal of Aquatic Research**, 2014.

MARINHO-SORIANO, E. et al. Preliminary evaluation of the seaweed *Gracilaria cervicornis* (*Rhodophyta*) as a partial substitute for the industrial feeds used in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming. **Aquaculture Research**, v. 0, n. 0, p. 070116074017006, 16 jan. 2007. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2109.2006.01646.x>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

MENDOZA-LÓPEZ, D. G. et al. The effect of biofloc technology (BFT) on water quality in white shrimp *culture: A review*. **Revista Bio Ciencias**, v. 4, n. 4, p. 15, 9 maio 2017. Disponível em: <<http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/ID040401>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

NEORI, A. et al. **Integrated aquaculture: Rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture** *Aquaculture*, 2004. .

NEORI, A. **Essential role of seaweed cultivation in integrated multi-trophic aquaculture farms for global expansion of mariculture: An analysis** *Journal of Applied Phycology*, 2008. .

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**, 2019.

NUNES, José Marcos de Castro. **(PDF) Rodofíceas marinhas bentônicas do estado da Bahia, Brasil**. 2005. São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/266617780_Rodoficeas_marinhas_bentonicas_do_estado_da_Bahia_Brasil>. Acesso em: 6 fev. 2019.

ØVERLAND, M.; MYDLAND, L. T.; SKREDE, A. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2018.

PETERSEN, J. M. et al. Chemosynthetic symbionts of marine invertebrate animals are capable of nitrogen fixation. **Nature Microbiology**, v. 2, n. 1, p. 16195, 2016..

RAHARDJO, S. et al. Seaweed utilization for phytoremediation of *Litopenaeus vannamei* shrimp farming waste in recirculation systems (environmentally friendly design of sustainable shrimp culture). In: **Sustainable Future for Human Security: Environment and Resources**. [s.l: s.n.]

RAY, A. J.; DILLON, K. S.; LOTZ, J. M. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. **Aquacultural Engineering**, v. 45, n. 3, p. 127–136, 1 nov. 2011.

ROSE, J. M. et al. Nutrient Bioextraction. In: **Encyclopedia of Sustainability Science and Technology**. New York, NY: Springer New York, 2015. p. 1–33.

SAMOCHA, T. M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, n. 2, p. 184–191, 1 mar. 2007.

SAMOCHA, T. M. et al. Growth and nutrient uptake of the macroalga *Gracilaria tikvahiae* cultured with the shrimp *Litopenaeus vannamei* in an Integrated Multi-Trophic

Aquaculture (IMTA) system. **Aquaculture**, v. 446, p. 263–271, 2015.

SAMOCHA, T. M. et al. **Design and Operation of Super-Intensive Biofloc-Dominated Systems for the Production of Pacific White**. [s.l: s.n.]

SANTOPRETE, G.; BERNI, P. Algae: an opportunity to obtain products with high value, to contribute to the reduction of environmental pollution and to achieve environmental sustainability. 2011.

SHPIGEL, M. et al. Nutrient recovery and sludge management in seabream and grey mullet co-culture in Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA). **Aquaculture**, v. 464, n. July, p. 316–322, 2016.

SILVA, K. R.; WASIELESKY, W.; ABREU, P. C. Nitrogen and Phosphorus Dynamics in the Biofloc Production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, 2013.

SUSILOWATI, T. et al. The effects of season, aeration and light intensity on the performance of pacific whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) polycultured with seaweed (*Gracilaria verrucosa*). In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, **Anais...**2018.

TABARSA, M. et al. Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a potential food source. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2012.

TANTIKITTI, C.; CHOOKIRD, D.; PHONGDARA, A. Effects of fishmeal quality on growth performance, protein digestibility and trypsin gene expression in pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 2016.

TEICHERT-CODDINGTON, D. R.; MARTINEZ, D.; RAMÍREZ, E. Partial nutrient budgets for semi-intensive shrimp farms in Honduras. **Aquaculture**, 2000.

VAN, P. M. et al. **Farming Marine Shrimp in Recirculating Fresh Water Systems Recirculating Aquaculture Systems View project Developing Hatchery Technology for Pacific Black Snook View project**. [s.l: s.n.].

VIADERO, R. C. et al. Effluent and production impacts of flow-through aquaculture operations in West Virginia. **Aquacultural Engineering**, 2005.