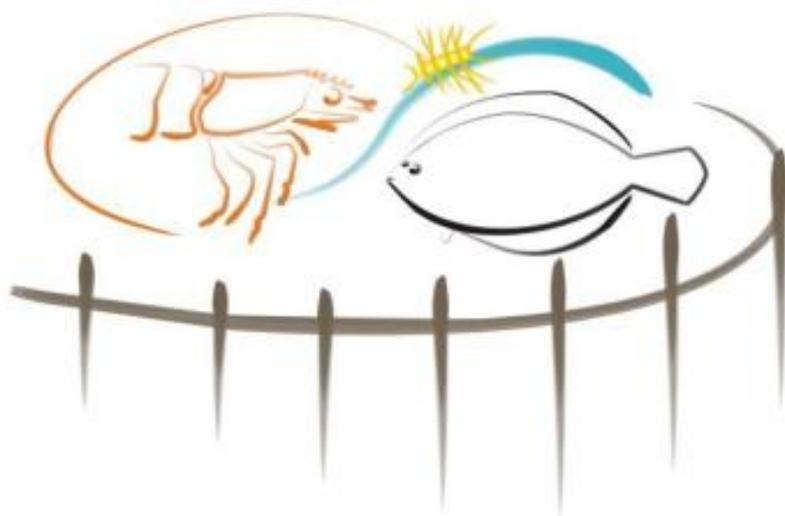




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**USO POTENCIAL DA MACROALGA *Ulva* spp. INTEGRADA AO CULTIVO
DE CAMARÕES MANTIDOS EM SISTEMA DE BIOFLOCOS.**

ANDREZZA CARVALHO CHAGAS

Rio Grande, RS
Fevereiro de 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

**USO POTENCIAL DA MACROALGA *Ulva* spp. INTEGRADA AO CULTIVO
DE CAMARÕES MANTIDOS EM SISTEMA DE BIOFLOCOS.**

ANDREZZA CARVALHO CHAGAS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Aquicultura no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande-FURG.

Orientadora: Gamze Turan

Co-orientador: Luís Henrique da Silva Poersch

RIO GRANDE-RS

Fevereiro de 2021

Ficha Catalográfica

C433u Chagas, Andrezza Carvalho.
Uso potencial da macroalga *Ulva* spp. integrada ao cultivo de camarões mantidos em sistemas de bioflocos / Andrezza Carvalho Chagas. – 2021.
57 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Rio Grande/RS, 2021.

Orientadora: Dra. Gamze Turan.

Coorientador: Dr. Luís Henrique da Silva Poersch.

1. IMTA 2. Macroalgas 3. Biorremediação 4. Proteína 5. Bioflocos
I. Turan, Gamze II. Poersch, Luís Henrique da Silva III. Título.

CDU 639.512

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344



DE DEFESA DA 196ª DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AQUICULTURA

No dia dezoito de fevereiro de dois mil e vinte e um, às quatorze horas e trinta minutos, reuniu-se a Banca Examinadora de Dissertação de Mestrado em Aquicultura, da **ANDREZZA CARVALHO CHAGAS**, orientada pela Prof.^a Dr.^a Gamze Turan composta pelos seguintes membros: Prof.^a Dr.^a Gamze Turan (orientadora – IO/FURG), Prof. Dr. Luis Henrique Poersch (Co orientador - IO/FURG), Prof. Dr. Cesar Serra Bonifácio Costa (IO/FURG), Dr.^a Mariana Holanda Paes Barboza e o Prof.^a Dr.^a Leila Hayashi (UFSC). Título da dissertação: “**USO POTENCIAL DA MACROALGA *Ulva* spp. INTEGRADA AO CULTIVO DE CAMARÕES MANTIDOS EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**”. Dando início à defesa, o Coordenador do PPGAq Prof. Dr. Ricardo Vieira Rodrigues, passou a presidência da sessão ao Prof.^a Dr.^a Gamze Turan, que na qualidade de orientador, passou a palavra para a candidata apresentar a Dissertação. Após ampla discussão entre os membros da Banca e a candidata, a Banca se reuniu sob a presidência do Coordenador em Exercício. Durante esse encontro ficou estabelecido que as sugestões dos membros da Banca Examinadora devem ser incorporadas na versão final da dissertação, ficando a cargo do Orientador o cumprimento desta decisão. A candidata **ANDREZZA CARVALHO CHAGAS** foi considerada **APROVADA**, devendo a versão definitiva da Dissertação ser entregue a Secretaria do PPGAq, no prazo estabelecido nas Normas Complementares do Programa. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, será assinada pela Banca Examinadora, pelo candidato e pelo Coordenador do PPGAq.

PROF.^a DR.^a GAMZE TURAN (ORIENTADORA – IO/FURG)

PROF. DR. LUIS HENRIQUE POERSCH (CO ORIENTADOR - IO/FURG)

PROF. DR. CESAR SERRA BONIFÁCIO COSTA (IO/FURG)

PROF.^a DR.^a MARIANA HOLANDA PAES BARBOZA (IO/FURG)

PROF.^a DR.^a LEILA HAYASHI (UFSC)

ANDREZZA CARVALHO CHAGAS

PROF. DR. RICARDO VIEIRA RODRIGUES (Coordenador do PPGAq)

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO GERAL	1
ABSTRACT	3
1. Introdução	5
2. Objetivo	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3. Material e métodos	11
3.1 Experimentos em laboratório	11
3.1.1 Experimento 01 – Efeito dos sólidos suspensos totais e meios de cultivo na macroalga <i>Ulva fasciata</i>	11
3.1.2 Experimento 02 – Efeito das diferentes concentrações de sólidos suspensos totais no crescimento e absorção de nutrientes da macroalga <i>Ulva flexuosa</i>	13
3.2 Experimentos em estufa agrícola	14
3.2.1 Experimento 03 - Cultivo misto e isolado de duas espécies do gênero <i>Ulva</i> integrado ao cultivo de camarão.	14
3.2.2 Experimento 04 - Determinação da densidade de macroalgas para otimizar o processo de absorção de nutrientes.	14
3.3 Delineamento experimental	15
3.3.1 Qualidade de água	16
3.4 Localização do estudo e procedências das macroalgas	17
3.5 Desempenho das macroalgas	19
3.6 Desempenho zootécnico do camarão	19
3.7 Análises da composição proteica	19
3.8 Análise estatística	20
4. Resultados	20
4.1 Experimentos em laboratório	20
4.1.1 Experimento 01 – Efeito dos sólidos suspensos totais e meios de cultivo na macroalga <i>Ulva fasciata</i>	20
4.1.1.1 Qualidade de água	20

4.1.1.2	Macroalga.....	24
4.1.2	Experimento 02 - Efeito das diferentes concentrações de sólidos suspensos totais no crescimento e absorção de nutrientes da macroalga <i>Ulva flexuosa</i>	26
4.1.2.1	Qualidade de água	26
4.1.2.2	Macroalgas	28
4.2	Experimentos em estufa agrícola.....	29
4.2.1	Experimento 03 – Cultivo misto e isolado de duas espécies do gênero <i>Ulva</i> integrado ao cultivo de camarão.	29
4.2.1.1	Qualidade de água	29
4.2.1.2	Macroalgas	32
4.2.1.3	Camarão	33
4.2.2	Experimento 04 - Determinação da densidade de macroalgas para otimizar o processo de absorção de nutrientes.	34
4.2.2.1	Qualidade de água	34
4.2.2.2	Macroalga.....	37
4.2.2.3	Camarão	38
5.	Discussão	39
5.1	Experimentos em laboratório	39
5.1.1	Experimento 01 - Efeito dos sólidos suspensos totais e meios de cultivo na macroalga <i>Ulva fasciata</i>	39
5.1.2	Experimento 02 - Efeito das diferentes concentrações de sólidos suspensos totais no crescimento e absorção de nutrientes da macroalga <i>Ulva flexuosa</i>	42
5.2	Experimentos em estufa agrícola.....	44
5.2.1	Experimento 03 - Cultivo misto e isolado de duas espécies do gênero <i>Ulva</i> integrado ao cultivo de camarão.	44
5.2.2	Experimento 04 - Determinação da densidade de macroalgas para otimizar o processo de absorção de nutrientes.	47
6.	Conclusão	50
7.	Referências	51

*Dedico esta dissertação à minha família,
em especial a Isabella, meu pilar.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura pela oportunidade de cursar o mestrado e à CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

I thank my advisor Gamze Turan for the knowledge passed on, and for being a teacher and friend.

Agradeço ao meu coorientador Dr. Luis Poersch pelos ensinamentos, apoio e a confiança durante esses dois anos. Obrigada por todas as oportunidades fornecidas e me motivar a melhorar.

Agradeço a Dr. Mariana Holanda, que me orientou em cada etapa, puxou minha orelha, e me elogiou quando eu merecia. Que me ensinou a procurar um diferencial para minha pesquisa e a ter sempre novas ideias. Obrigada pelo apoio e amizade, você é incrível.

Agradeço a equipe do Multitrófico, pelo apoio e ajuda na parte prática e teórica, pela integração dos conhecimentos, e ainda mais pelas risadas e companheirismo. Formamos uma excelente equipe!

Agradeço ao Projeto Camarão e aos professores pela oportunidade de aprender e construir ideias.

Agradeço ao Dr. Ricardo Rodrigues e Dr. Marcelo Tesser por sempre estarem disponíveis pra ajudar nas dúvidas sobre os experimentos.

Agradeço aos funcionários da EMA, em especial ao Sandro que realizava as análises e conversava comigo os resultados de nutrientes e ao Anderson que ia coletar algas, vocês foram essenciais.

Aos meus amigos da EMA, obrigada pelo apoio e risadas, por cada momento que passamos juntos, pela ajuda nos experimentos, pelos encontros aleatórios. Vocês foram essenciais nessa jornada.

Ao Tomaz, eu agradeço pela amizade construída desde o dia da matrícula e todo o apoio. A Cynthia, pelas risadas, ter me acolhido em vários momentos, as conversas antes de dormir e as piadas internas. A Léa, minha dupla e parceria em qualquer situação, obrigada pela ajuda acadêmica e pessoal. E ao Ítalo Braga, obrigada por estar ao meu lado, pelo apoio e ajuda nos experimentos e na escrita, por rir comigo em vários momentos, mas também me apoiar nas horas difíceis. Vocês são minha família, vocês estiveram comigo nos melhores e piores momentos, amo vocês!!!

Agradeço aos meus amigos de Camocim, e a turma Oceano 2015.1, a distância foi apenas um detalhe na frente de tantos anos de amizade e lembranças.

Por último agradeço minha família que sempre me apoiou nos meus sonhos, me ajudou quando eu precisei. Obrigada pelas ligações quase todos os dias, aos cuidados e conversas e por entenderem meus sonhos. Obrigada a minha sobrinha Isabella, meu

grande amor, minha outra metade, um dia eu sei que você vai entender sobre distância e saudade.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros iniciais de qualidade de água (média \pm desvio padrão) dos tratamentos Controle (Efluente in natura sem algas), e dos tratamentos com a macroalga <i>U. fasciata</i> , BFT (Efluente do biofloco <i>in natura</i>), DEC (efluente decantado do biofloco) e VS (Solução von-Stosch), durante os 35 dias de cultivo.....	12
Tabela 2 - Composição do meio de enriquecimento von Stosch(Anderson et al, 2005).	12
Tabela 3 - Composição da solução estoque de vitaminas (Anderson et al, 2005).....	13
Tabela 4 - Parâmetros iniciais de qualidade de água (média \pm desvio padrão) dos tratamentos MONO C, IMTA 1(camarão e alga na densidade de 1g/L), IMTA 2 (camarão e alga na densidade de 2g/L) e IMTA 3 (camarão e alga na densidade de 3g/L).	15
Tabela 5 - Parâmetros de qualidade de água (média \pm desvio padrão) nos tratamentos: Controle (Efluente in natura sem algas), e dos tratamentos com a macroalga <i>U. fasciata</i> , BFT (Efluente do biofloco <i>in natura</i>), DEC (efluente decantado do biofloco) e VS (Solução Von-Stosch), durante os 35 dias de cultivo.....	21
Tabela 6 - Desempenho da macroalga nos tratamentos: BFT, DEC e VS, durante os 35 dias de cultivo.	24
Tabela 7- Teor de proteína encontrado nos tratamentos DEC (Efluente decantado), BFT (Biofloco <i>in natura</i>) e VS (solução von Stosch) ao final do cultivo.....	25
Tabela 8 - Parâmetros de qualidade de água (média \pm desvio padrão) nos tratamentos: BFT (Efluente do biofloco <i>in natura</i>), DEC (Efluente decantado do biofloco) e CON (Efluente in natura sem algas), durante os 17 dias de cultivo.....	26
Tabela 9 - Desempenho da macroalga nos tratamentos: BFT e DEC, durante os 17 dias de cultivo.	28
Tabela 10 - Desempenho da macroalga nos tratamentos: SW, SW+ e BFT, durante os 20 dias de cultivo.	29
Tabela 11 - Parâmetros de qualidade de água (média \pm desvio padrão) dos tratamentos: Monocultivo de camarão (MONO C), Cultivo integrado do camarão com a <i>U. flexuosa</i> (IMTA FI), Cultivo integrado do camarão com a <i>U. fasciata</i> (IMTA Fa), Cultivo integrado do camarão com <i>U. flexuosa</i> e <i>U. fasciata</i> (IMTA FF), durante os 35 dias de experimento.....	30
Tabela 12 - Desempenho das macroalgas (média \pm desvio padrão) nos tratamentos IMTA FI, IMTA Fa, IMTA FF, durante os 35 dias de cultivo.	32
Tabela 13 – Concentração de proteína inicial e final das algas <i>U. flexuosa</i> e <i>U. fasciata</i> nos tratamentos IMTA FI, IMTA Fa, IMTA FF.	33
Tabela 14 - Desempenho zootécnico do camarão <i>L. vannamei</i> (média \pm desvio padrão) nos tratamentos MONO C, IMTA FI, IMTA Fa, IMTA FF, durante os 35 dias de cultivo.....	33

Tabela 15 - Parâmetros de qualidade de água (média ± desvio padrão) dos tratamentos: MONO C (Monocultivo de camarão), IMTA 1 (cultivo integrado na densidade de 1g/L de macroalga), IMTA 2 (cultivo integrado na densidade de 2g/L de macroalga), e IMTA 3 (cultivo integrado na densidade de 3g/L de macroalga), durante os 35 dias de experimento.....	35
Tabela 16 - Desempenho da macroalga <i>U. fasciata</i> (média ± desvio padrão) nos tratamentos IMTA 1, IMTA 2, IMTA 3, durante os 35 dias de cultivo.....	37
Tabela 17 - Concentração de proteína inicial e final dos tratamentos IMTA 1, IMTA 2 e IMTA 3.....	38
Tabela 18 - Desempenho zootécnico do camarão <i>L. vannamei</i> (média ± desvio padrão) nos tratamentos MONO C, IMTA 1, IMTA 2, IMTA 3, durante os 35 dias de cultivo.	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Disposição das algas e estruturas utilizadas no experimento 01 e 02.	16
Figura 2 - Disposição das macroalgas na superfície do tanque de camarão, com o auxílio de flutuadores.....	16
Figura 3 - Ponto de coleta, Navio Altair, na Praia do Cassino, RS.....	18
Figura 4 – <i>Ulva fasciata</i> coletada no navio Altair, Praia do Cassino, Rio Grande.	18
Figura 5 - Concentrações de nitrato nos tratamentos DEC, BFT, CONT e VS, durante os 35 dias de cultivo. Letras maiúsculas diferentes no mesmo dia representam diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos após ANOVA de uma via após Teste de Tukey.....	22
Figura 6 - Concentrações de fosfato durante as semanas nos tratamentos DEC, BFT, CONT e VS, nos 35 dias de cultivo. Letras maiúsculas diferentes no mesmo dia representam diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos após ANOVA de uma via após Teste de Tukey.	22
Figura 7 - Valores de turbidez no decorrer das semanas nos tratamentos DEC, BFT, CONT e VS, durante os 35 dias de cultivo. Letras maiúsculas diferentes no mesmo dia representam diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos após ANOVA de uma via após Teste de Tukey.	23
Figura 8 - Concentrações de Sólidos suspensos totais (SST) inicial e final nos tratamentos DEC, BFT e CONT. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos no mesmo dia, após ANOVA de uma via após Teste de Tukey.	23
Figura 9 - Partículas de sólidos decantadas na macroalga <i>U. fasciata</i>	24
Figura 10 - Peso (g) semanal das macroalgas nos tratamentos DEC, BFT e VS, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p<0,05$) entre as semanas do mesmo tratamento após a realização de uma ANOVA de uma via seguida de Teste de Tukey.	25
Figura 11 – Diferenças de pigmentação das macroalgas cultivadas em solução von Stosch (superior) e sistema BFT (inferior).	25
Figura 12 - Concentrações de fosfato durante as semanas nos tratamentos DEC, BFT e CONT, em 17 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos no mesmo dia após ANOVA de uma via seguida do Teste de Tukey.....	27
Figura 13 - Concentrações de nitrato durante as semanas nos tratamentos DEC, BFT e CONT, nos 17 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes no mesmo dia representam diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos no mesmo dia após ANOVA de uma via seguida do Teste de Tukey.	27

Figura 14 - Peso (g) semanal da macroalga nos tratamentos DEC e BFT, durante os 17 dias de cultivo.	28
Figura 15 - Relação biomassa (g) da macroalga e concentração de fosfato (mg/L) entre as semanas do tratamento BFT. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as semanas do mesmo tratamento após a realização de uma ANOVA de uma via seguida de Teste t.	29
Figura 16 - Concentrações de nitrato no decorrer das semanas nos tratamentos MONO C, IMTA FI, IMTA Fa e IMTA FF, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes no mesmo dia representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após ANOVA de uma via após Teste de Tukey.	31
Figura 17 - Valores de turbidez durante as semanas nos tratamentos DEC, BFT, CONT e VS, em 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes no mesmo dia representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após ANOVA de uma via após Teste de Tukey.	31
Figura 18 - Peso(g) semanal das macroalgas nos tratamentos IMTA Fa, IMTA FI e IMTA FF, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as semanas do mesmo tratamento, após a realização de uma ANOVA de uma via seguida de Teste de Tukey.	32
Figura 19 - Presença de fragmentação dos talos e “tecidos fantasmas” na macroalga <i>U. fasciata</i> durante os dias de cultivo.	33
Figura 20 - Crescimento semanal do camarão <i>L. vannamei</i> nos tratamentos IMTA FI, IMTA Fa, IMTA FF e MONO C.	34
Figura 21 – Variação das concentrações de nitrato nos tratamentos IMTA 1, IMTA 2, IMTA 3 e MONO C, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as semanas do mesmo tratamento, após a realização de uma ANOVA de uma via seguida de Teste de Tukey.	36
Figura 22 - Concentrações de SST nos tratamentos IMTA 1, IMTA 2, IMTA 3 e MONO C, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes no mesmo dia representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após ANOVA seguida do teste de Tukey.	36
Figura 23 – a) Sólidos decantados sobre as macroalgas durante o decorrer do cultivo. b) estrutura de cultivo após a limpeza das algas.	37
Figura 24 - Peso(g) semanal das macroalgas nos tratamentos IMTA 1, IMTA 2e IMTA 3, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes na mesma semana representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após a realização de uma ANOVA de uma via seguida de Teste de Tukey.	38
Figura 25 - Crescimento do camarão <i>L. vannamei</i> nos tratamentos IMTA 1, IMTA 2, IMTA 3 e MONO C, durante os 35 dias de cultivo.	39

1 RESUMO GERAL

2 A utilização de sistemas de produção sem renovação de água, como o sistema de
3 Bioflocos (BFT), tem como consequência o acúmulo de produtos nitrogenados e
4 fosfatados ao longo do cultivo. Para evitar problemas com a qualidade de água, uma
5 alternativa é a adoção da Aquacultura Multitrófica Integrada (IMTA), que propicia o
6 uso destes resíduos por organismos de diferentes níveis tróficos. As macroalgas, como
7 excelentes biofiltros e de importância econômica, são importantes constituintes desses
8 sistemas. Portanto, este trabalho tem como objetivo determinar a viabilidade do cultivo
9 multitrófico integrado entre camarões (*Litopenaeus vannamei*), e macroalgas (*Ulva*
10 *flexuosa* e *Ulva fasciata*) em sistema de bioflocos, avaliando os efeitos dos sólidos
11 suspensos totais (SST) nas macroalgas, a sua absorção de nutrientes e melhor
12 densidade. Para isso os dois primeiros experimentos avaliaram o crescimento e o teor
13 proteico das macroalgas *U. fasciata* e *U. flexuosa* cultivadas em água de recirculação de
14 um cultivo de camarão em sistema BFT em diferentes concentrações de SST e em
15 solução química von Stosch e PES (Provasoli's Enrichment Solution) e suas
16 concentrações de proteína. No terceiro experimento foi testado o desempenho na
17 absorção de nutrientes e crescimento das macroalgas em cultivo integrado com *L.*
18 *vannamei*. E por fim, no quarto experimento foram testadas diferentes densidade de *U.*
19 *fasciata* no cultivo integrado com *L. vannamei*, buscando a otimização do processo de
20 absorção de nutrientes. Os experimentos 01 e 02 ocorreram em laboratório com 35 e 17
21 dias de cultivo, respectivamente, em recipientes plásticos. Os experimentos 03 e 04
22 ocorreram em uma estufa agrícola, operando com 35 dias de cultivo em caixas com
23 volume útil de 150L e aeração constante. Foram analisados os parâmetros físicos e
24 químicos de qualidade da água, e os nutrientes: nitrogênio amoniacal total, nitrito,
25 nitrato e fosfato. As biometrias dos camarões e a pesagem das macroalgas ocorreram
26 semanalmente. Os camarões foram alimentados duas vezes ao dia (Guabi 38% PB,
27 1,6mm). Vimos que as macroalgas cultivadas em efluentes de bioflocos obtiveram
28 maiores concentrações de proteína em seus tecidos e mesmo crescimento daquelas
29 cultivadas em solução von Stosch e PES, mostrando que as concentrações de sólidos
30 suspensos totais entre 400 e 650 mg/L não afetam seu desempenho. Quando integradas
31 ao cultivo do camarão, a macroalga *U. fasciata* mostrou melhor absorção de nitrato no
32 cultivo e biomassa final de $202,67 \pm 53,67$ g, superior a *U. flexuosa*. Por fim a densidade

33 inicial de 1g/L da *U. fasciata* obteve melhor resultado na remoção de nitrato. O cultivo
34 multitrófico integrado do *L. vannamei* com a macroalga *U. fasciata* se mostrou viável e
35 promissor na absorção de nutrientes, na melhoria dos parâmetros de qualidade de água e
36 na produção de biomassa vegetal com valor agregado, abrindo oportunidades para a
37 realização de uma aquicultura mais sustentável.

38

39 Palavras-chaves: IMTA, macroalgas, biorremediação, proteína, bioflocos.

40 **ABSTRACT**

41 The use of production systems without water renewal, such as the Bioflocs (BFT)
42 system, has the consequence of the accumulation of nitrogen and phosphate products
43 throughout the cultivation. To avoid problems with water quality, an alternative is the
44 adoption of Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA), which allows the use of
45 these residues by organisms of different trophic levels. Macroalgae, as excellent
46 biofilters and of economic importance, are important constituents of these systems.
47 Therefore, this work aims to determine the viability of integrated multitrophic
48 cultivation between shrimp (*Litopenaeus vannamei*), and macroalgae (*Ulva flexuosa*
49 and *Ulva fasciata*) in a biofloc system, evaluating the effects of total suspended solids
50 (TSS) on macroalgae, their nutrient absorption and better density. For this, the first two
51 experiments evaluated the growth and protein content of the *U. fasciata* and *U. flexuosa*
52 macroalgae cultivated in recirculating water from a shrimp culture in BFT system in
53 different TSS concentrations and in von Stosch chemical solution and PES (Provasoli's
54 Enrichment Solution), and their concentrations of protein. In the third experiment, the
55 performance in nutrient absorption and growth of macroalgae in an integrated culture
56 with *L. vannamei* was tested. Finally, in the fourth experiment, different density of *U.*
57 *fasciata* was tested in the culture integrated with *L. vannamei*, seeking to optimize the
58 nutrient absorption process. Experiments 01 and 02 took place in the laboratory with 35
59 and 17 days of cultivation, respectively, in plastic containers. Experiments 03 and 04
60 took place in an agricultural greenhouse, operating with 35 days of cultivation in boxes
61 with a useful volume of 150L and constant aeration. The physical and chemical
62 parameters of water quality and nutrients were analyzed: total ammoniacal nitrogen,
63 nitrite, nitrate and phosphate. The biometrics of the prawns and the weighing of the
64 macroalgae occurred weekly. The prawns were fed twice a day (Guabi 38% PB,
65 1.6mm). We saw that macroalgae grown in biofloc wastewater obtained higher
66 concentrations of protein in their tissues and even increased those grown in von Stosch
67 solution, showing that the concentrations of total suspended solids between 400 and 650
68 mg / L do not affect their performance. When integrated with the shrimp culture, the *U.*
69 *fasciata* macroalgae showed better nitrate absorption in the culture and a final biomass
70 of $202.67 \pm 53.67g$ higher than *U. flexuosa*. Finally, the initial density of 1g / L of the
71 *U. fasciata* obtained a better result in the removal of nitrate. The integrated multitrophic

72 cultivation of *L. vannamei* with the macroalga *U. fasciata* proved to be viable and
73 promising in the absorption of nutrients, in the improvement of water quality parameters
74 and in the production of vegetable biomass with added value, opening up opportunities
75 for aquaculture more sustainable.

76

77 Keywords: IMTA, macroalgae, bioremediation, protein, bioflocs.

78 1. Introdução

79 Segundo a FAO (2020) a contribuição da aquicultura chegou a 46% da produção
80 total e 52% do pescado para consumo humano, atingindo um recorde histórico de 114,5
81 milhões de toneladas em 2018. A produção foi dominada em sua maioria por peixes,
82 seguidas da produção de moluscos, crustáceos, invertebrados marinhos, entre outros. No
83 entanto comparado à média de crescimento de 5,3% ao ano em 2001-2016, os anos de
84 2017 e 2018 possuíram um decréscimo, explicado pela desaceleração de produção na
85 China, responsável pelas maiores contribuições na produção aquícola. A produção de
86 algas marinhas apresentou um decréscimo em 2018, devido ao lento crescimento das
87 espécies tropicais, apresentando uma produção de 32,4 milhões de toneladas.

88 A produção de crustáceos pertence majoritariamente aos camarões marinhos
89 provenientes da aquicultura, no entanto vem enfrentando problemas com doenças e
90 variações de preço no mercado (FAO, 2020). No Brasil, a partir dos anos 90,
91 predominou o cultivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, por
92 consequência da melhor adaptação na área, o conhecimento estabelecido sobre seu ciclo
93 reprodutivo e a facilidade nas práticas de manejo (Natori, 2011).

94 O crescimento da aquicultura, com maior intensificação dos sistemas e um maior
95 aporte de insumos nos cultivos, proporciona a geração de efluentes com maior carga de
96 matéria orgânica e nutrientes dissolvidos, que geralmente são lançados no corpo de água
97 receptor sem nenhum tratamento prévio (Ferreira et al, 2017). O descarte inadequado
98 dos rejeitos, contendo altas concentrações de matéria orgânica, fósforo e nitrogênio
99 podem ocasionar diversos problemas ambientais (Barboza, 2019). Entre eles, o processo
100 de eutrofização, alteração da macrofauna bentônica próximas ao despejo dos efluentes e
101 disseminação de doenças. Este último impacto é um dos principais problemas da
102 carcinicultura atual, com a propagação de doenças virais como Síndrome de Taura,
103 Doença da Cabeça Amarela e o vírus da Síndrome da Mancha Branca (WSSV), que
104 causam grandes perdas de produção (De negreiros & Santos, 2015).

105 Com a finalidade de buscar sistemas com maior biossegurança, o *Biofloc*
106 *Technology system* (ou Sistema BFT) consiste no aproveitamento dos nutrientes por
107 meio de microrganismos, que por sua vez pode ter sua biomassa utilizada como fonte

108 nutricional para o animal cultivado, assim o sistema consegue operar com nenhuma ou
109 mínima troca de água (Krummenauer et al, 2011).

110 O sistema consiste na manipulação da relação carbono/nitrogênio por meio da
111 incorporação de carboidratos para a alimentação e favorecimento do crescimento de
112 bactérias no meio, que realizam sua síntese de proteínas através da absorção de
113 nitrogênio da água, diminuindo as concentrações de amônia, um composto de alta
114 toxicidade para o camarão (Avnimelech, 1999).

115 Após a adição das fontes de carbono, ocorre o crescimento de bactérias
116 heterotróficas no meio que juntamente com a matéria orgânica e materiais em suspensão
117 começam a se agregar formando flocos microbianos. As bactérias quimioautotróficas
118 também estão presentes e operam na transformação de nitrogenados do cultivo,
119 ocorrendo o acúmulo de nitrato ao final (Ebeling et al, 2006).

120 Como no sistema BFT de cultivo de camarão marinho ocorre pouca ou nenhuma
121 renovação de água, com o tempo ocorre um aumento na biomassa dos microrganismos,
122 como microalgas, protozoários e nematoides, e com isso ocorre uma necessidade de
123 acompanhamento dos parâmetros de qualidade de água, mantendo uma faixa ideal de
124 alcalinidade de níveis maiores de 150mg de CaCO_3/L , pH maior que 7, e o
125 monitoramento dos compostos nitrogenados (Wasielesky et al, 2013).

126 Contudo, a formação da biomassa microbiana no sistema BFT irá compor os
127 sólidos suspensos totais (SST) do sistema, que em níveis ideais devem ser mantidos de
128 100 a 300 mg/L (Gaona et al, 2017). Porém em um ciclo de cultivo ocorre a formação
129 constante da biomassa microbiana, além do acúmulo de fezes, restos de rações e
130 carapaças, favorecendo o aumento desses sólidos que quando excedem os 800 mg/ L,
131 podem ocasionar oclusão das brânquias e afetar negativamente o desempenho
132 zootécnico do animal (Ebeling et al, 2006). Da mesma forma, essa produção de SST
133 pode afetar negativamente o desenvolvimento das macroalgas, devido a deposição das
134 partículas em suas lâminas fotossintetizantes, dificultando na absorção de luz (Costa,
135 2006).

136 Com isso, menores níveis de renovação de água proporcionam o acúmulo do
137 nitrato, fosfato e sólidos suspensos totais no decorrer dos ciclos de cultivo. De acordo
138 com Silva et al, (2013) apenas 25 a 30% do nitrogênio e fósforo fornecido através de

139 ração e fertilizantes são aproveitados para o aumento da biomassa de peixes e camarões.
140 O restante do nitrogênio e fósforo fica retido no sedimento ou eliminado pelo despejo
141 de efluentes. Portanto, o descarte inadequado da água de cultivo podem gerar diversos
142 problemas ambientais.

143 Um aproveitamento dos resíduos do cultivo pode ser realizado com a inserção de
144 espécies de diferentes níveis tróficos na produção, essa integração é chamada de
145 *Integrated Multi Trophic Aquaculture* (IMTA), que consiste no cultivo de organismos
146 de diferentes níveis tróficos, promovendo a reciclagem de nutrientes residuais,
147 apresentando um incremento econômico na produção, e socialmente mais aceitável,
148 além de ser ambientalmente amigável (Chopin et al, 2010). O sistema é composto por
149 uma ou duas espécies que precisam ser alimentadas com ração comercial, sendo o
150 organismo chave do sistema como o camarão ou o peixe, posteriormente é inserido no
151 sistema uma espécie capaz de absorver compostos inorgânicos dissolvidos na água
152 como as macroalgas, e uma espécie consumidora de compostos orgânicos, como a ostra
153 que irá se alimentar de partículas em suspensão no cultivo (Troell et al, 2009). Algumas
154 espécies de peixes como a tainha *Mugil liza* e a tilápia *Oreochromis niloticus* podem
155 atuar como consumidoras de matéria orgânica particulada no sistema, removendo
156 grandes quantidades de sólidos quando cultivados em um sistema com camarões
157 marinhos em meio aos bioflocos (Holanda et al, 2019).

158 Com isso as excretas produzidas e a ração não consumida pelos animais tornam-
159 se recursos para outros consumidores (Raposo, 2013). Os organismos produzidos no
160 sistema IMTA são provenientes de um sistema sustentável, possuindo um espaço
161 diferenciado no mercado e uma valorização do produto, com aumento de até 10% do
162 seu valor, contudo uma pequena parcela da população entende os benefícios ambientais
163 do sistema IMTA, sendo necessárias campanhas que repassem tal conhecimento, além
164 de mais informações nas embalagens sobre a sua sustentabilidade para tornar o sistema
165 IMTA mais socialmente aceitável (Barrington et al, 2010).

166 As macroalgas são integrantes desses sistemas devido ao fato de não ser
167 necessário o uso de fertilizantes ou insumos para seu crescimento, retirando nutrientes
168 dissolvidos disponíveis no meio, além de promover o aumento do oxigênio no meio e
169 participar de forma transitória do sequestro de carbono (Chopin, 2015).

170 Elas São organismos fotossintetizantes que desempenham papéis ambientais na
171 cadeia trófica como alimento e abrigo para a fauna associada (Sousa, 2011). Estão
172 presentes em zonas entremarés, variando seu local de acordo com a sua capacidade de
173 resistência a variações abióticas que ocorrem ao longo do dia e sazonalmente (Sousa,
174 2011). Devido sua estrutura celular simples, comparado às plantas terrestres, as
175 macroalgas tendem a converter mais facilmente a energia solar em biomassa, tendo
176 crescimento mais rápido (Kılınç et al, 2013).

177 Na indústria as macroalgas possuem ampla aplicabilidade, como mostrado por
178 Turan & Tekogul (2014) que realizaram estudos de substituição de ingredientes de
179 aperitivos turcos pela macroalga *U. rígida*, mostrando que essa alga possui maiores
180 teores de proteína do que a alface, o espinafre e a *Salicornia*, sendo uma boa alternativa
181 nutricional e tendo uma boa aceitabilidade.

182 As maiores produções de biomassa algal são provenientes de cultivos em
183 ambientes costeiros. Os cultivos de macroalgas se intensificaram após descobertas sobre
184 a variedade de compostos que podem ser extraídos e direcionados para consumo
185 humano, cosmética, farmacêutica e medicinal (Silva, 2011). O ambiente de cultivo deve
186 possuir temperatura, salinidade e iluminação ideais, além de disponibilidade de
187 nutrientes e um local protegido de ondas e animais (Rodrigues, 2016).

188 O cultivo em ambiente aberto e costeiro podem apresentar diversos desafios,
189 como a dificuldade em encontrar áreas de alto rendimento e acessíveis para o cultivo,
190 que não sejam afetadas por ações antrópicas. A disponibilidade de nutrientes em
191 ambientes abertos pode não ser o suficiente para a produção de macroalgas, limitando
192 seu crescimento (Fernand et al, 2017). O fósforo é essencial para a realização da
193 fotossíntese nas macroalgas, no entanto limitante no meio devido ao seu lento processo
194 de disponibilidade no ambiente, sendo proveniente do intemperismo de rochas, chuva e
195 lixiviação do solo (Marins et al, 2007). Outro fator negativo é o processo de
196 bioincrustação na macroalga, ocasionado pela aderência de organismos que precisam de
197 fixação ou refúgio contra predadores (Veras, 2011), podendo provocar perda de
198 biomassa quando ocorre fragmentação dos talos e baixa produtividade devido a
199 obstrução dos talos fotossintetizantes. Métodos de correções utilizados são colheitas
200 parciais, porém implicam em maiores custos de operação e logística (Fernand et al,
201 2017).

202 Cultivos de macroalgas em áreas continentais também são realizados, porém
203 ainda implicam em elevados custos com extensão de área, que geralmente utilizam-se
204 tanques ou lagoas abertas, uso de oxigenação na água, aporte de nutrientes e agitação,
205 sendo esta última a que representa maior custo devido a manutenção, energia gasta e
206 equipamentos (Seböck et al, 2017).

207 Em laboratório, dentre as soluções nutricionais utilizadas para manutenção ou
208 crescimento de macroalgas, destaca-se a solução von Stosch no entanto tais
209 componentes possuem alto valor econômico e torna inviável o seu uso para produção
210 em grandes escalas (Souza et al, 2014).

211 Como alternativa a essas produções específica, o cultivo de macroalgas em
212 sistema integrado pode ser viável devido já existir uma grande quantidade disponível de
213 compostos nitrogenados e fosfatados acumulados nos ciclos de cultivo de sistemas
214 aquícolas que permitem o desenvolvimento de macroalgas. Alencar et al, (2010)
215 mostraram que o uso de efluentes de um cultivo de camarão proporcionou uma taxa de
216 crescimento relativa (TCR) de 8,76 %/dia da macroalga *U. lactuca* correlacionada com
217 a eficiência de absorção com média de 90% para NH_4^+ e ortofosfato. Da Silva et al,
218 (2009) realizando um estudo com *U. chlatrata* recirculando a água de um cultivo de *L.*
219 *vannamei* mostraram uma TCR máxima de 20%/dia e uma absorção de 90,6% do
220 nitrogênio amoniacal total do sistema, mostrando a viabilidade dessa integração.
221 Contrastantemente Bezerra (2008) que obteve um crescimento 5%/dia com a *Gracilaria*
222 *birdiae* em cultivo na costa do Brasil, possuindo uma TCR menor do que nos estudos
223 onde as algas foram cultivadas em efluentes da carcinicultura.

224 Devido a grande ocorrência das macroalgas do gênero *Ulva* nas praias e sua
225 predominância na zona entre marés mostram que a alga possui resistência a variáveis
226 físicas e químicas como, diferentes níveis de luminosidade, ação de ondas e períodos de
227 exposição ao sol (Castelar et al, 2015), sua inserção foi mais fácil em produção
228 intensiva em tanques (Nardelli et al, 2019; Copertino et al, 2009; Ferreira, 2017). As
229 espécies escolhidas para o presente estudo foram as macroalgas *U. fasciata* e *U.*
230 *flexuosa* pertencentes à ordem *Ulvales*. Castelar et al, (2015) realizaram estudos com
231 ambas as espécies, mostrando que *U. fasciata* possuiu melhor absorção dos compostos
232 inorgânicos, mesmo em ambientes com altas temperaturas, o que mostrou ser um ponto
233 positivo devido a maior oferta de alimento para o organismo cultivado e assim maior

234 quantidade de nutriente na água, porém para *U. flexuosa* quando o ambiente está
235 contaminado com microalgas sua biofiltração é prejudicada.

236 Ramos et al, (2010) analisando a integração da *U. fasciata* no cultivo de *L.*
237 *vannamei* com sistemas de sedimentação e filtração por ostras, mostraram que a
238 combinação dos sistemas possibilitou melhoras em vários aspectos de qualidade de
239 água, sendo utilizada a macroalga na remoção de nutrientes dissolvidos no meio.

240 O cultivo de algas é economicamente viável devido a presença de compostos de
241 alto valor nos talos das algas, que são extraídos e utilizados para fabricação de
242 cosméticos, fármacos e compostos químicos. El-baz et al, (2014) mostraram que dentre
243 algumas espécies de algas vermelhas e verdes, a que possuiu maior concentração
244 lipídica foi *U. fasciata*, possuindo sua biomassa ações inibitórias em atividades virais e
245 bacterianas. Farasat et al, (2014) avaliando as atividades antioxidantes de um grupo de
246 algas verdes, incluindo *U. flexuosa*, mostraram potencialidade para futuras aplicações
247 medicinais e em suplementos alimentares.

248 Tendo em vista a geração de altas concentrações de nutrientes ao final do cultivo
249 de camarão marinho em sistema de bioflocos, o uso do cultivo integrado do camarão
250 com as macroalgas do gênero *Ulva* pode ser uma alternativa como biofiltro, para a
251 diversificação de produtos e gerar maior lucro ao produtor.

252 **2. Objetivo**

253 **2.1 Objetivo geral**

254 Avaliar a viabilidade do cultivo de macroalgas em sistema de Bioflocos no
255 laboratório e o cultivo multitrófico integrado do camarão *L. vannamei* e as macroalgas
256 *U. flexuosa* e *U. fasciata* em sistema de bioflocos, com a finalidade na absorção de
257 nutrientes do cultivo e a composição proteica da alga.

258 **2.2 Objetivos específicos**

- 259 • Avaliar o crescimento da macroalga *U. fasciata* e *U. flexuosa* em diferentes
260 meios de cultivo.
- 261 • Verificar a influência das altas concentrações de SST no sistema BFT no
262 crescimento das macroalgas.

- 263 • Avaliar o melhor desempenho das macroalgas *U. flexuosa* e *U. fasciata*
264 quando cultivadas isoladas ou juntas em tanques com camarão.
- 265 • Determinar a melhor densidade da macroalga no cultivo para que ocorra uma
266 melhor absorção dos nutrientes.
- 267 • Verificar a taxa de crescimento relativo da biomassa das macroalgas durante
268 o experimento.
- 269 • Avaliar a absorção de nitrogênio amoniacal total, nitrito, nitrato e fosfato
270 pela macroalga no sistema de cultivo.
- 271 • Verificar o desempenho zootécnico do camarão em sistema integrado com
272 macroalgas em bioflocos.
- 273 • Determinar o teor de proteína das algas cultivadas em diferentes meios de
274 cultivo.

275

276 **3. Material e métodos**

277 Foram realizados quatro experimentos no total, o experimento 01 e 02 foram
278 realizados no laboratório de Biotecnologia de Halófitas- FURG em uma sala de cultivo.
279 Os experimentos 03 e 04 foram realizados em uma estufa agrícola não climatizada na
280 Estação Marinha de Aquacultura. Apresentando os seguintes objetivos e delineamentos
281 experimentais:

282

283 **3.1 Experimentos em laboratório**

284 **3.1.1 Experimento 01 – Efeito dos sólidos suspensos totais e meios de cultivo na** 285 **macroalga *Ulva fasciata*.**

286 O experimento 01 avaliou o cultivo em laboratório da macroalga verde *U.*
287 *fasciata* e os efeitos das diferentes concentrações de sólidos suspensos totais (SST) e
288 meios de cultivo no crescimento e absorção de nutrientes da macroalga.

289 O experimento teve duração de 35 dias e o delineamento experimental contou
290 com quatro tratamentos com três repetições (4x3): Controle: água proveniente de um
291 sistema de engorda de produção de camarão, com 370 mg/L de SST, sem algas; BFT
292 (Biofoco in natura): cultivo da alga *U. fasciata* em água proveniente da engorda de
293 camarão em sistema de bioflocos com a concentração de 400 mg/L de SST; DEC
294 (Biofoco decantado): cultivo da alga *U. fasciata* em água proveniente da engorda de

295 camarão em sistema de bioflocos com a concentração de 30 mg/L de SST; VS (Solução
 296 von Stosch): cultivo da macroalga *U. fasciata* na solução padrão de enriquecimento von
 297 Stosch na concentração de 10ml/L (Tabela 2).

298 A solução von-Stosch foi escolhida como meio de cultura controle para esse
 299 experimento devido a experimentos pretéritos e a disponibilidade dos elementos
 300 químicos no laboratório. Os parâmetros iniciais de qualidade de água dos tratamentos
 301 DEC, BFT e CON estão presentes na tabela 1 e a composição química da Solução von
 302 Stosch está presente na tabela 2 e 3.

303

304 Tabela 1 - Parâmetros iniciais de qualidade de água (média \pm desvio padrão) dos
 305 tratamentos Controle (Efluente in natura sem algas), e dos tratamentos com a macroalga
 306 *U. fasciata*, BFT (Efluente do biofoco in natura), DEC (efluente decantado do
 307 biofoco) e VS (Solução von-Stosch), durante os 35 dias de cultivo.

Parâmetros iniciais	Tratamentos			
	Controle	BFT	DEC	VS
Temperatura (°C)	24,97 \pm 0,23	24,87 \pm 0,12	25,07 \pm 0,78	25,10 \pm 0,30
O.D (mg/l)	7,77 \pm 0,06	7,81 \pm 0,05	8,06 \pm 0,21	8,11 \pm 0,19
pH	8,18 \pm 0,0	8,17 \pm 0,0	8,21 \pm 0,0	8,34 \pm 0,0
Salinidade	34,4 \pm 0,00	34,3 \pm 0,0	34,3 \pm 0,0	33,5 \pm 0,0
Turbidez (NTU)	181,0 \pm 0,0 ^a	171,0 \pm 0,0 ^a	8,00 \pm 0,0 ^b	2,00 \pm 0,0 ^c
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /l)	150,0 \pm 0,0	135,0 \pm 0,0	125,0 \pm 0,0	-
SST (mg/l)	370,0 \pm 0,0 ^a	400,0 \pm 0,0 ^a	30,0 \pm 0,0 ^b	-
NAT (mg/l)	0,27 \pm 0,0	0,12 \pm 0,0	0,12 \pm 0,0	0,10 \pm 0,0
Nitrito (mg/l)	0,72 \pm 0,0 ^a	0,42 \pm 0,0 ^a	0,35 \pm 0,0 ^a	0,09 \pm 0,0 ^b
Nitrato (mg/l)	54,0 \pm 0,0 ^a	66,0 \pm 0,0 ^a	60,0 \pm 0,0 ^a	5,0 \pm 0,0 ^b
Fosfato (mg/l)	7,8 \pm 0,0 ^a	5,6 \pm 0,0 ^a	5,6 \pm 0,0 ^a	1,2 \pm 0,0 ^b

308

309 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos após
 310 ANOVA de uma via e posterior Teste de Tukey. OD (oxigênio dissolvido), SST (sólidos suspensos
 311 totais), NAT (Nitrogênio amoniacal total).

312

313 Tabela 2 - Composição do meio de enriquecimento von Stosch (Anderson et al, 2005).

Componentes	Solução estoque (g.L ⁻¹ dH ₂ O)	Quantidade usada	Concentração no meio final (M)
Na ₂ β-glycerophosphate	5.36	10 mL	2.48 x 10 ⁻⁴
NaNO ₃	42.52	10 mL	5.00 x 10 ⁻³
FeSO ₄ . 7H ₂ O	0.28	10 mL	1.00 x 10 ⁻⁵
MnCl ₂ . 4H ₂ O	1.96	10 mL	1.00 x 10 ⁻⁴
Na ₂ EDTA . 2H ₂ O	3.72	10 mL	1.00 x 10 ⁻⁴
Vitaminas	(Tabela 3)	10 mL	-

314
315
316
317

Tabela 3 - Composição da solução estoque de vitaminas (Anderson et al, 2005).

Componentes	Solução estoque (g.L ⁻¹ dH ₂ O)	Quantidade usada	Concentração no meio final (M)
Thiamina HCl (vitamina B ₁)	-	200 mg	5.93 x 10 ⁻⁹
Biotina	0.1	1 mL	4.09 x 10 ⁻⁹
Cyanocobalamina (Vitamina B ₁₂)	0.2	1 mL	1.48 x 10 ⁻⁹

318
319

3.1.2 Experimento 02 – Efeito das diferentes concentrações de sólidos suspensos totais no crescimento e absorção de nutrientes da macroalga *U. flexuosa*.

320 No experimento 02 ocorreu o cultivo da macroalga *U. flexuosa* em efluente do
321 cultivo de camarões em sistema de bioflocos. Buscando avaliar o crescimento e
322 absorção de nutrientes da macroalga quando cultivada com baixas e altas concentrações
323 de SST.

324 O experimento teve uma duração de 17 dias e o sistema foi composto por três
325 tratamentos com três réplicas, sendo eles: BFT: *U. flexuosa* cultivada em efluente do
326 bioflocos in natura com concentração inicial de SST de 650 mg/L; DEC: *U. flexuosa*
327 cultivada em efluente do bioflocos após decantação com concentração inicial de SST de
328 65 mg/L; CON: Efluente do bioflocos in natura, sem alga.

329 Como pré-teste, foi avaliado o crescimento da alga em diferentes meios de
330 cultivo. Com os seguintes tratamentos: SW *U. flexuosa* cultivada em água do mar; SW+
331 *U. flexuosa* cultivada em água do mar com a solução PES (Provasoli's Enrichment
332 Solution) na concentração de 10 ml/L; BFT *U. flexuosa* cultivada na água proveniente
333 de um cultivo de camarão em sistema de bioflocos. Todos cultivados em recipientes
334
335

336 plásticos com volume útil de 3 L, a densidade de macroalgas de 2g/L e com 20 dias de
337 duração.

338

339 **3.2 Experimentos em estufa agrícola**

340

341 **3.2.1 Experimento 03 - Cultivo misto e isolado de duas espécies do gênero *Ulva*** 342 **integrado ao cultivo de camarão.**

343 Com a finalidade de avaliar a melhor macroalga para compor um IMTA com *L.*
344 *vannamei* em sistema de BFT, este experimento desenvolveu testes com a macroalga *U.*
345 *flexuosa* e *U. fasciata*. E para avaliar os efeitos de um cultivo de duas espécies de
346 macroalgas juntas foi realizado o tratamento IMTA FF.

347 O sistema experimental foi composto de quatro tratamentos com três réplicas
348 (4x3), totalizando o uso de doze tanques e teve duração de 35 dias. Os tratamentos
349 foram: IMTA FI: cultivo integrado de camarões e da macroalga *U. flexuosa*; IMTA Fa:
350 cultivo integrado de camarões e da macroalga *U. fasciata*; IMTA FF: cultivo integrado
351 de camarões e policultivo de macroalgas *U. flexuosa* e *U. fasciata* (1,0 kg/m³ de cada
352 macroalga); MONO C: monocultivo de camarões. Os camarões e as macroalgas foram
353 cultivados na mesma caixa com diâmetro de base de 0,81m e altura de 0,53m.

354

355 **3.2.2 Experimento 04 - Determinação da densidade de macroalgas para otimizar** 356 **o processo de absorção de nutrientes.**

357 Neste experimento, foi realizado o cultivo integrado da macroalga *U. fasciata* e
358 o camarão *L. vannamei*, com diferentes densidades de algas sendo testadas para o
359 controle de nutrientes.

360 O experimento teve uma duração de 35 dias e o sistema contou com quatro
361 tratamentos com três réplicas (4x3), sendo os seguintes: IMTA 1: cultivo integrado com
362 camarão e *U. fasciata* (1 kg/m²); IMTA 2: cultivo integrado com camarão e *U. fasciata*
363 (2 kg/m²); IMTA 3: cultivo integrado com camarão e *U. fasciata* (3 kg/m²); MONO C:
364 monocultivo de camarões. Os camarões e as macroalgas foram cultivados na mesma
365 caixa com diâmetro de base de 0,81m e altura de 0,53m. As características iniciais de
366 qualidade de água de cada tratamento estão presentes na Tabela 4.

367

368 Tabela 4 - Parâmetros iniciais de qualidade de água (média \pm desvio padrão) dos
 369 tratamentos MONO C, IMTA 1(camarão e alga na densidade de 1g/L), IMTA 2
 370 (camarão e alga na densidade de 2g/L) e IMTA 3 (camarão e alga na densidade de
 371 3g/L).

Parâmetros iniciais	Tratamentos			
	MONO C	IMTA 1	IMTA 2	IMTA 3
Temperatura (°C)	24,90 \pm 1,70	25,43 \pm 0,96	26,53 \pm 0,98	26,20 \pm 0,50
O.D (mg/l)	7,60 \pm 0,37	7,41 \pm 0,20	7,16 \pm 0,05	7,16 \pm 0,08
pH	8,33 \pm 0,02	8,35 \pm 0,01	8,36 \pm 0,03	8,27 \pm 0,05
Salinidade	29,10 \pm 0,00	29,10 \pm 0,0	25,77 \pm 5,77	29,10 \pm 0,0
Turbidez (NTU)	75,0 \pm 5,02	63,13 \pm 4,12	66,60 \pm 4,85	62,70 \pm 1,60
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /l)	145,0 \pm 3,54	148,33 \pm 2,89	148,33 \pm 2,89	150,00 \pm 2,89
SST (mg/l)	130,0 \pm 50,0	113,33 \pm 32,15	106,67 \pm 15,28	160,0 \pm 30,00
NAT (mg/l)	0,72 \pm 0,17	0,84 \pm 0,15	0,89 \pm 0,07	0,72 \pm 0,05
Nitrito (mg/l)	0,07 \pm 0,26	0,06 \pm 0,01	0,07 \pm 0,0	0,07 \pm 0,0
Nitrato (mg/l)	14,0 \pm 0,0	14,00 \pm 0,0	14,0 \pm 0,0	14,0 \pm 0,0
Fosfato (mg/l)	0,60 \pm 0,25	0,80 \pm 0,09	0,83 \pm 0,13	0,70 \pm 0,18

372
 373 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos após
 374 Teste de Tukey seguido da ANOVA de uma via. OD (oxigênio dissolvido), SST (sólidos suspensos
 375 totais), NAT (Nitrogênio amoniacal total).

376 377 **3.3 Delineamento experimental**

378 Os experimentos 01 e 02 foram realizados na sala de cultivo do laboratório de
 379 Biotecnologia de Halófitas, em 12 e 9 garrafas de plástico com volume útil de 3 e 4 L,
 380 respectivamente. Mantidos com a aeração constante (blower funcionando por 24 horas),
 381 o fotoperíodo 12hs claro/escuro e a temperatura da sala regulada por ar-condicionado.
 382 Para os experimentos 03 e 04 foram utilizados 12 tanques de 150 L de volume útil,
 383 localizados em uma estufa agrícola. A aeração foi mantida por meio da injeção de ar
 384 realizado por um blower que são direcionadas para três mangueiras micro perfuradas
 385 (aerotubes) por tanque, com comprimento de 20cm cada.

386 Os três primeiros experimentos foram operados com um inóculo de 100% de um
 387 cultivo de camarão em sistema de bioflocos maduro, e o último foi operado com 20%
 388 de inóculo. A densidade de camarões utilizada foi de 300 camarões/m², alimentados
 389 duas vezes ao dia (9:00 e 17:00 horas) de acordo com a taxa de arraçoamento diário
 390 sugerida por Garza de Yta et al, (2004). A ração ofertada foi a Guabi 38% PB, 1,6mm,

391 sendo ajustada de acordo com as biometrias semanais, com o auxílio de uma balança
392 digital. A densidade de macroalgas foi 2g/L no primeiro e terceiro experimento,
393 baseado no estudo de Castelar (2015), 3g/L no segundo experimento e diferentes
394 densidades no quarto experimento.

395 Nos experimentos 01 e 02 as algas estavam soltas no recipiente (Figura 1). Nos
396 experimentos 03 e 04 as macroalgas foram mantidas na superfície de cada unidade
397 experimental com o auxílio de flutuadores (Figura 2). Os flutuadores tinham
398 comprimento e largura de 40 cm x 30 cm e malha de 5 milímetros, mantidos na
399 superfície por flutuadores de plástico polietileno.

400



401

402 Figura 1 – Disposição das algas e estruturas utilizadas no experimento 01 e 02.

403



404

405 Figura 2 - Disposição das macroalgas na superfície do tanque de camarão, com o auxílio
406 de flutuadores.

407

408 3.3.1 Qualidade de água

409 Para o monitoramento da qualidade de água, a temperatura, o oxigênio
410 dissolvido e o pH foram medidos em todos os tanques a cada três dias nos experimentos
411 01 e 02, com o auxílio de uma sonda multiparâmetros (YSI, modelo Pro-20, EUA) e um
412 pHmetro de bancada (Mettler Toledo, FEP20, Brasil). Nos experimentos 03 e 04 tais
413 parâmetros foram mensurados diariamente, duas vezes ao dia.

414 A salinidade foi mensurada semanalmente, em todos os experimentos, por meio de uma
415 sonda multiparâmetros (YSI, modelo Pro-20, EUA). Os nutrientes analisados foram:
416 nitrogênio amoniacal total e nitrito, mensurados segundo a metodologia de UNESCO
417 (1983) e Bendschneider & Robinson (1952), monitorados três vezes na semana nos
418 experimentos 01 e 02 e diariamente nos experimentos 03 e 04. O nitrogênio amoniacal
419 total era controlado com a utilização do melão quando sua concentração na água
420 passava de 1mg/L. O nitrato e fosfato foram analisados com a metodologia descrita por
421 Aminot & Chaussepied (1983), monitorados três vezes na semana em todos os
422 experimentos. A turbidez foi mensurada por um turbidímetro portátil (Hach®, 2100P,
423 Portugal) e os sólidos suspensos totais (SST) foram quantificados por filtração e
424 gravimetria de acordo com a metodologia descrita por Baumgarten et al, (1996), ambos
425 analisados uma vez na semana nos experimentos 01, 03 e 04, no experimento 02 foi
426 realizada somente a análise inicial dos sólidos suspensos totais. A alcalinidade foi
427 monitorada de acordo com a metodologia apresentada por APHA (1998), sendo uma
428 vez na semana no experimento 01 e duas vezes na semana no experimento 03 e 04,
429 sendo mantida acima de 150 mg CaCO₃/ L e o uso do hidróxido de cálcio para as
430 correções. Os sólidos sedimentáveis (cone Imhoff) foram realizados somente no
431 experimento 04, uma vez na semana.

432

433 **3.4 Localização do estudo e procedências das macroalgas**

434 Todos os experimentos foram realizados na Estação Marinha de Aquicultura
435 (EMA), Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (IO-FURG),
436 localizada na praia do Cassino, Rio Grande, Rio Grande do Sul.

437 As macroalgas, *U. flexuosa* e *U. fasciata* (figura 4) foram coletadas no navio
438 Altair, na praia do Cassino (32° 17.523' S / 52° 15.598' W), um navio encalhado na
439 zona entre marés, servindo de substrato para as macroalgas e outros organismos. Foram
440 realizadas várias coletas para reunir a biomassa necessária para os experimentos no

441 período dezembro de 2019 a fevereiro de 2020, onde as espécies se encontravam fixas
442 nas estruturas do navio (Figura 3). A coleta foi realizada com o auxílio de espátulas para
443 a raspagem das algas do substrato. As algas foram condicionadas em caixas plásticas
444 com água do local de coleta e levadas ao laboratório de Biotecnologia de Halófitas na
445 EMA. Posteriormente, foram lavadas com água corrente para retirada de epífitas e fauna
446 associada.

447



448

449

Figura 3 - Ponto de coleta, Navio Altair, na Praia do Cassino, RS.

450



451

452

Figura 4 – *Ulva fasciata* coletada no navio Altair, Praia do Cassino, Rio Grande.

453

454

455 As algas foram condicionadas em caixas plásticas no laboratório por cinco dias
456 para aclimatação até o início dos experimentos. Sendo mantidas em água do mar com a
457 inserção gradual do efluente do cultivo de camarão em sistema bioflocos, aeração
458 constante e fotoperíodo 12hs claro/escuro.

459 Os juvenis de *L. vannamei*, foram provenientes do berçário e engorda em
460 sistema de bioflocos, em estufas, no Laboratório de Carcinocultura. Possuindo peso
461 médio inicial de $3,56 \pm 0,48$ g para a realização do terceiro experimento. Para o quarto
462 experimento os camarões apresentaram peso médio de $2,26 \pm 0,64$ g.

463

464 **3.5 Desempenho das macroalgas**

465 Para avaliar o crescimento das macroalgas, foi realizada em todos os
466 experimentos sua pesagem com o auxílio de uma balança digital, sendo retirado o
467 excesso de água antes da pesagem, com o auxílio de uma toalha absorvente. Foram
468 medidos:

469 TCR - $[\ln(Pf/Pi)/(Tf-Ti)] \times 100$, onde Pi é o peso inicial, Pf o peso final (g) e Tf -Ti é o
470 intervalo de tempo entre essas duas medidas (De Casabianca et al. 1997) ; Taxa de
471 remoção de nutrientes pelas macroalgas (%): $[(\text{Concentração de nutriente no tempo}$
472 $\text{inicial (mg/L) - Concentração de nutrientes no tempo final (mg/L)}) / (\text{Concentração de}$
473 $\text{nutriente no tempo inicial) - 1}] \times 100$

474

475 **3.6 Desempenho zootécnico do camarão**

476 Os dados de crescimento dos camarões foram obtidos por realização de
477 biometrias semanais, sendo pesados 15 camarões por unidade experimental. Ao final do
478 experimento os animais vivos foram contados e pesados para que a sobrevivência e o
479 crescimento fossem determinados. Os parâmetros analisados foram:

480 Peso médio final (g): $\sum \text{peso final dos animais vivos (g)} / n^\circ \text{ total de animais}$; Biomassa
481 final (g): $\sum \text{peso final de todos animais vivos (g)}$; Fator de conversão alimentar (FCA) =
482 $\text{ração ofertada (g)} / (\text{biomassa final (g)} - \text{biomassa inicial (g)})$; Sobrevivência (%) =
483 $(\text{número final de animais} / \text{número inicial de animais}) \times 100$. Produtividade ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$):
484 $[(\text{biomassa final (kg)} - \text{biomassa inicial (kg)}) \times 1000] / \text{volume útil do tanque (L)}$;
485 Ganho de peso semanal (g semana^{-1}): $\text{ganho de peso (g)} / \text{número de semanas}$.

486

487 **3.7 Análises da composição proteica**

488 O teor de nitrogênio na macroalga foi realizado com o objetivo de quantificar o
489 nitrogênio absorvido e armazenado nos tecidos. Tal análise foi realizada no primeiro,
490 terceiro e quarto experimento. Coletaram-se amostras aleatórias de cada unidade

491 experimental no início e final de cada experimento citado. Essas foram encaminhadas
492 para o Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos-LANOA para análise de teor
493 de nitrogênio (%) seguindo a metodologia de análise proposta pela AOAC (1990)
494 determinada pelo método de titulação de Kjeldahl. A fórmula utilizada para a conversão
495 de nitrogênio para proteína foi:

$$\left[\left(\frac{0,1xVolx0,014}{amostra} \right) x 5,45 \right] x 100$$

496 Onde, Vol é o volume gasto na titulação e amostra é o peso da amostra.

497

498 **3.8 Análise estatística**

499 Foi verificada a normalidade e a homocedasticidade dos dados, utilizando os
500 testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Uma vez que os pressupostos da
501 ANOVA foram atendidos, foi realizada uma ANOVA de uma via ou Teste t, e após foi
502 realizado o teste post-hoc de Tukey para verificar a diferença entre os tratamentos. No
503 caso dos pressupostos da ANOVA não serem satisfeitos, foi utilizado o teste não
504 paramétrico de Kruskal Wallis. Um nível mínimo de significância de 5% ($p < 0,05$) foi
505 aplicado em todas as análises.

506

507 **4. Resultados**

508 **4.1 Experimentos em laboratório**

509

510 **4.1.1 Experimento 01 – Efeito dos sólidos suspensos totais e meios de cultivo na** 511 **macroalga *Ulva fasciata*.**

512

513 **4.1.1.1 Qualidade de água**

514 Os valores médios dos 35 dias de experimentação da temperatura da água, o
515 oxigênio dissolvido, o pH, a salinidade e a alcalinidade não apresentaram diferença
516 significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$). As concentrações de nitrito, nitrato e fosfato
517 foram significativamente menores ($p < 0,05$) no tratamento com o meio fertilizante von
518 Stosch (VS). A concentração de nitrogênio amoniacal total (NAT) foi significativamente
519 menor ($p < 0,05$) nos tratamentos com alga. As concentrações de SST foram menores
520 significativamente ($p < 0,05$) no tratamento DEC, no entanto, a turbidez apresentou
521 médias semelhantes entre os tratamentos DEC, BFT e Controle (Tabela 5).

522 Tabela 5 - Parâmetros de qualidade de água (média ± desvio padrão) nos tratamentos:
 523 Controle (Efluente *in natura* sem algas), e dos tratamentos com a macroalga *U. fasciata*,
 524 BFT (Efluente do biofoco *in natura*), DEC (efluente decantado do biofoco) e VS
 525 (Solução Von-Stosch), durante os 35 dias de cultivo.

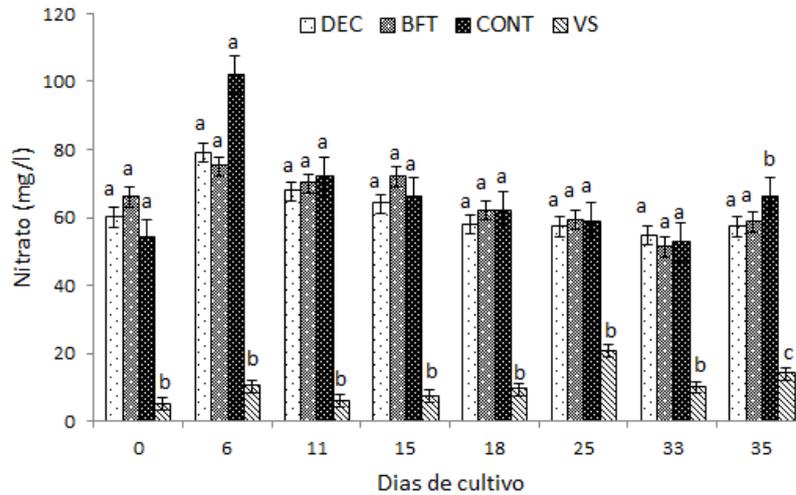
Parâmetros	Tratamentos			
	Controle	BFT	DEC	VS
Temperatura °C	26,49±1,3	26,58±1,3	26,63±1,3	26,53±1,3
O.D (mg/l)	7,59±0,2	7,60±0,3	7,79±0,3	7,81±0,3
pH	8,35±0,1	8,35±0,1	8,36±0,1	8,37±0,1
Salinidade	29,42±4,8	29,24±5,0	29,11±5,2	29,27±4,1
Turbidez (NTU)	41,39±84,1 ^b	30,33±64,7 ^a	3,32±2,5 ^{ab}	1,01±0,6 ^c
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /l)	145,0±13,6	145,83±10,3	140,28±11,8	-
SST (mg/l)	210,00±175,61 ^b	228,00±190,22 ^b	22,50±11,75 ^a	-
NAT (mg/l)	0,12±0,1 ^b	0,09±0,0 ^a	0,10±0,0 ^a	0,09±0,0 ^a
Nitrito (mg/l)	0,16±0,2 ^a	0,17±0,2 ^a	0,16±0,2 ^a	0,01±0,0 ^b
Nitrato (mg/l)	66,67±15,68 ^a	64,29±7,92 ^a	62,25±7,95 ^a	10,33±5,04 ^b
Fosfato (mg/l)	4,62±1,79 ^a	4,53±1,47 ^a	3,99±1,16 ^a	0,95±0,28 ^b

526
 527 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos após
 528 ANOVA de uma via após Teste de Tukey. OD (oxigênio dissolvido), SST (sólidos suspensos totais),
 529 NAT (Nitrogênio amoniacal total).

530

531 Entre as semanas, as concentrações de nitrato não apresentaram diferenças
 532 significativas entre os tratamentos com efluentes do sistema de biofocos (BFT, DEC,
 533 Controle) que diferiram da solução padrão (VS). Porém foi significativa ($p < 0,05$) a
 534 menor concentração de nitrato nos tratamentos DEC e BFT no ultimo dia comparado ao
 535 Controle (Figura 5). Já para o fosfato houve uma diminuição significativa ($p < 0,05$) da
 536 concentração inicial para a final nos tratamentos DEC, BFT e CONT, tendo uma taxa de
 537 remoção de 53,57%, 47,62% e 50,60% respectivamente. Contudo, não houve diferença
 538 significativa ($p > 0,05$) entre a concentração de fosfato dos tratamentos DEC, BFT e o
 539 tratamento Controle sem alga (Figura 6).

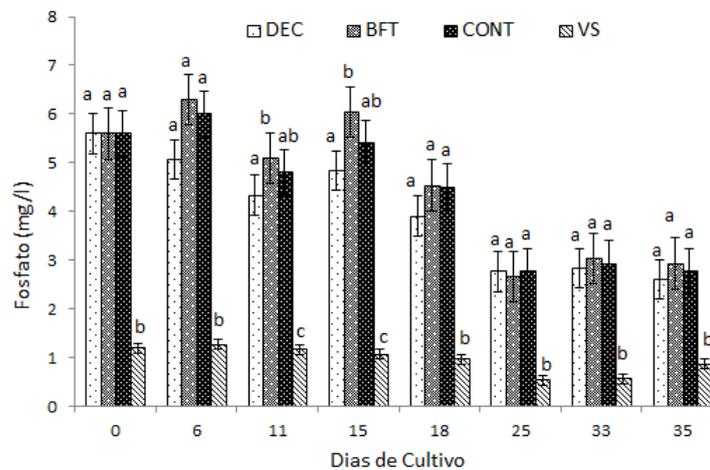
540



541

542 Figura 5 - Concentrações de nitrato nos tratamentos DEC, BFT, CONT e VS, durante os
 543 35 dias de cultivo. Letras maiúsculas diferentes no mesmo dia representam diferença
 544 significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após ANOVA de uma via após Teste de
 545 Tukey.

546



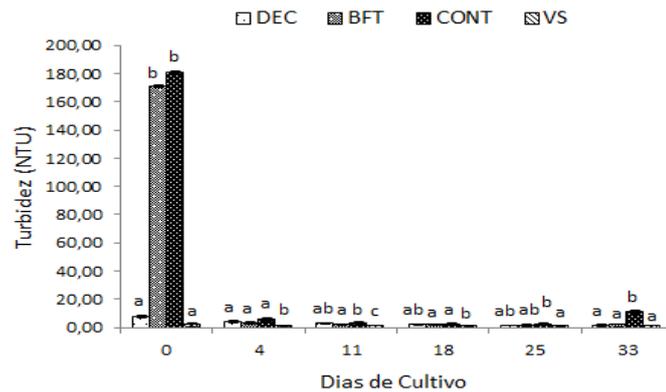
547

548 Figura 6 - Concentrações de fosfato durante as semanas nos tratamentos DEC, BFT,
 549 CONT e VS, nos 35 dias de cultivo. Letras maiúsculas diferentes no mesmo dia
 550 representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após ANOVA de uma
 551 via após Teste de Tukey.

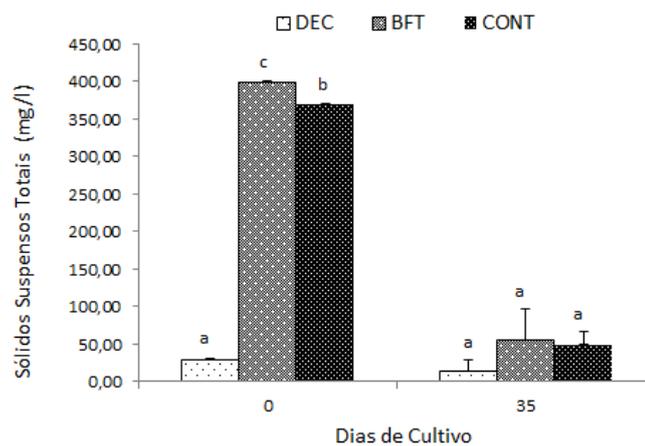
552

553 Os valores de turbidez e SST nos tratamentos VS e DEC não diferiram
 554 estatisticamente ($p > 0,05$) entre a concentração inicial comparada a concentração final.
 555 Já para os tratamentos BFT e Controle que possuíam altas concentrações iniciais,

556 obtiveram uma diminuição significativa ($p < 0,05$) comparada à concentração final
 557 (Figura 7 e 8). A figura 9 mostra os sólidos decantados sobre a superfície das
 558 macroalgas e fundo da unidade experimental.
 559
 560 .



561
 562 Figura 7 - Valores de turbidez no decorrer das semanas nos tratamentos DEC, BFT,
 563 CONT e VS, durante os 35 dias de cultivo. Letras maiúsculas diferentes no mesmo dia
 564 representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após ANOVA de uma
 565 via após Teste de Tukey.
 566



567
 568 Figura 8 - Concentrações de Sólidos suspensos totais (SST) inicial e final nos
 569 tratamentos DEC, BFT e CONT. Letras minúsculas diferentes representam diferença
 570 significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos no mesmo dia, após ANOVA de uma via
 571 após Teste de Tukey.
 572



Figura 9 - Partículas de sólidos decantadas na macroalga *U. fasciata*.

573

574

575

576 4.1.1.2 Macroalga

577

578

579

580

581

As macroalgas apresentaram peso médio inicial de $6,22 \pm 0,10$ g. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no peso médio final das algas entre os tratamentos, mostrando uma TCR positiva em todos os tratamentos (Tabela 6), conseqüentemente o peso final das algas foi superior ($p < 0,05$) ao observado no início do experimento (Figura 10).

582

583

584

585

As concentrações de proteína avaliadas no final do cultivo mostraram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, possuindo valores menores nas algas cultivadas em solução von Stosch (Tabela 7) e diferenças na pigmentação das algas (Figura 11).

586

587

588

Tabela 6 - Desempenho da macroalga nos tratamentos: BFT, DEC e VS, durante os 35 dias de cultivo.

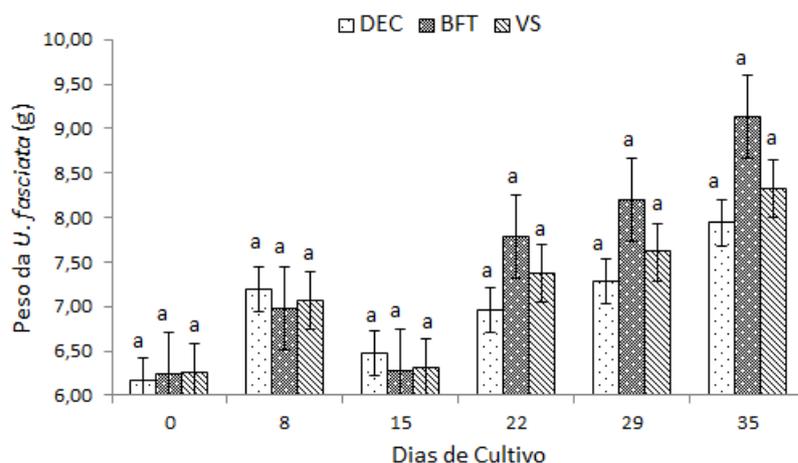
Parâmetros	Tratamentos		
	BFT	DEC	VS
Peso médio inicial (g)	$6,24 \pm 0,12$	$6,16 \pm 0,06$	$6,26 \pm 0,11$
Peso médio final (g)	$9,13 \pm 2,19$	$7,94 \pm 1,10$	$8,32 \pm 1,82$
TCR (%/dia)	$1,03 \pm 0,70$	$0,71 \pm 0,41$	$0,76 \pm 0,64$

589

590

591

TCR (Taxa de crescimento relativo).



592

593 Figura 10 - Peso (g) semanal das macroalgas nos tratamentos DEC, BFT e VS, durante
 594 os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa
 595 ($p < 0,05$) entre as semanas do mesmo tratamento após a realização de uma ANOVA de
 596 uma via seguida de Teste de Tukey.

597

598 Tabela 7- Teor de proteína encontrado nos tratamentos DEC (Efluente decantado), BFT
 599 (Biofloco in natura) e VS (solução von Stosch) ao final do cultivo.

Tratamentos	Teor de proteína (%)
DEC	$19,56 \pm 1,14^a$
BFT	$18,44 \pm 0,55^a$
VS	$10,81 \pm 2,38^b$

600

601 Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após
 602 ANOVA de uma via após Teste de Tukey.



603

604 Figura 11 – Diferenças de pigmentação das macroalgas cultivadas em solução von
 605 Stosch (superior) e sistema BFT (inferior).

606

607 **4.1.2 Experimento 02 - Efeito das diferentes concentrações de sólidos suspensos**
608 **totais no crescimento e absorção de nutrientes da macroalga *Ulva flexuosa*.**

609

610 **4.1.2.1 Qualidade de água**

611 Os parâmetros iniciais de qualidade de água, como temperatura, oxigênio
612 dissolvido, salinidade e pH tiveram em média de 15,8°C, 8,72 mg/L, 27,8 e 8,27,
613 respectivamente. E os nutrientes nitrogênio amoniacal total, nitrito, nitrato e fosfato
614 com concentração inicial no sistema de 0,08, 0,09, 35 e 2,5 mg/L respectivamente.

615 Os parâmetros de qualidade de água como oxigênio dissolvido, temperatura,
616 salinidade e nitrogênio amoniacal total não mostraram diferença significativa entre os
617 tratamentos ($p > 0,05$) (Tabela 8).

618

619 Tabela 8 - Parâmetros de qualidade de água (média \pm desvio padrão) nos tratamentos:
620 BFT (Efluente do bioflocos *in natura*), DEC (Efluente decantado do bioflocos) e CON
621 (Efluente *in natura* sem algas), durante os 17 dias de cultivo.

Parâmetros	Tratamentos		
	BFT	DEC	CON
Temperatura °C	17,9 \pm 0,24	18,0 \pm 0,07	17,7 \pm 0,13
O. D (mg/l)	8,49 \pm 0,28	8,39 \pm 0,03	8,28 \pm 0,05
Salinidade	28,67 \pm 0,06	28,61 \pm 0,03	29,0 \pm 0,80
pH	8,44 \pm 0,10	8,44 \pm 0,03	8,38 \pm 0,01
NAT (mg/l)	0,07 \pm 0,01	0,05 \pm 0,00	0,06 \pm 0,01
Nitrito (mg/l)	0,06 \pm 0,00 ^a	0,06 \pm 0,01 ^a	0,09 \pm 0,03 ^b
Nitrato (mg/l)	27,1 \pm 2,94 ^a	27,8 \pm 0,73 ^a	28,3 \pm 0,25 ^b
Fosfato (mg/l)	0,94 \pm 0,32 ^a	1,09 \pm 0,17 ^a	2,82 \pm 0,01 ^b

622

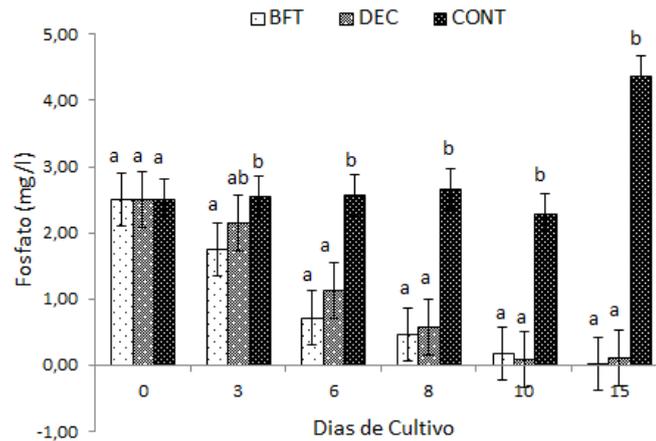
623 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos após
624 ANOVA de uma via após Teste de Tukey. OD (oxigênio dissolvido), SST (sólidos suspensos totais),
625 NAT (Nitrogênio amoniacal total).

626

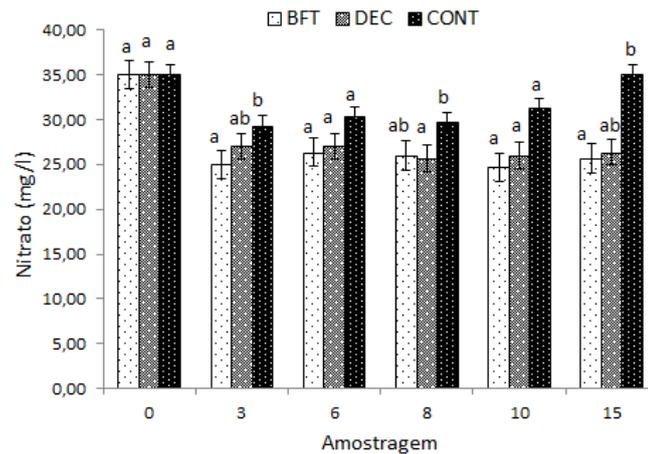
627 Houve uma redução das concentrações de nutrientes nos tratamentos com *U.*
628 *flexuosa* (BFT e DEC), possuindo valores médios significativamente menores ($p < 0,05$)
629 nas concentrações de nitrito, nitrato e fosfato quando comparadas aos valores do
630 tratamento CON (Tabela 8).

631 Os níveis de fosfato apresentaram uma diferença significativa ($p < 0,05$) a partir
632 do sexto dia de cultivo entre os tratamentos com alga (BFT e DEC) comparados ao

633 controle (CON) (Figura 12), obtendo uma taxa de remoção de 99,07% para o tratamento
 634 BFT e 95,87% para o tratamento DEC. Para o nitrato, os tratamentos com macroalgas
 635 apresentaram uma taxa de remoção de 26,67% no tratamento BFT e 24,76% no
 636 tratamento DEC (Figura 13).
 637



638
 639 Figura 12 - Concentrações de fosfato durante as semanas nos tratamentos DEC, BFT e
 640 CONT, em 17 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes representam diferença
 641 significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos no mesmo dia após ANOVA de uma via
 642 seguida do Teste de Tukey.
 643



644
 645 Figura 13 - Concentrações de nitrato durante as semanas nos tratamentos DEC, BFT e
 646 CONT, nos 17 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes no mesmo dia representam
 647 diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos no mesmo dia após ANOVA de
 648 uma via seguida do Teste de Tukey.

649 **4.1.2.2 Macroalgas**

650 O peso médio inicial das macroalgas foi de $12,11 \pm 0,14$ g. Não houve diferença
651 significativa ($p > 0,05$) do peso final, TCR das macroalgas entre os tratamentos (Tabela
652 9) (Figura 14).

653

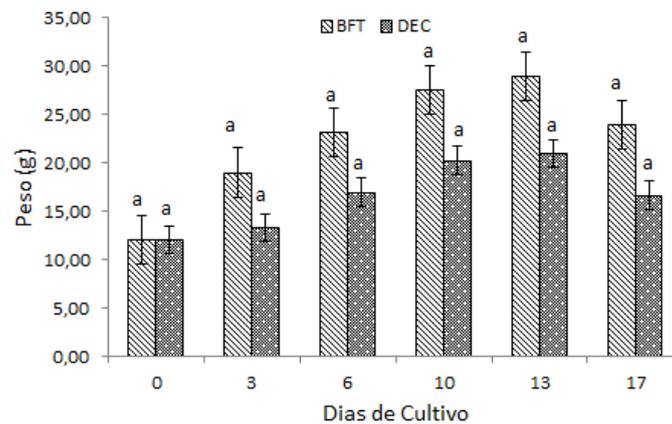
654 Tabela 9 - Desempenho da macroalga nos tratamentos: BFT e DEC, durante os 17 dias
655 de cultivo.

Parâmetros	Tratamentos	
	BFT	DEC
Peso médio inicial (g)	$12,04 \pm 0,06$	$12,07 \pm 0,05$
Peso médio final (g)	$23,90 \pm 3,79$	$16,64 \pm 3,32$
TCR (%/dia)	$3,99 \pm 0,87$	$3,14 \pm 1,40$

656

657 TCR (Taxa de Crescimento Relativo).

658



659

660 Figura 14 - Peso (g) semanal da macroalga nos tratamentos DEC e BFT, durante os 17
661 dias de cultivo.

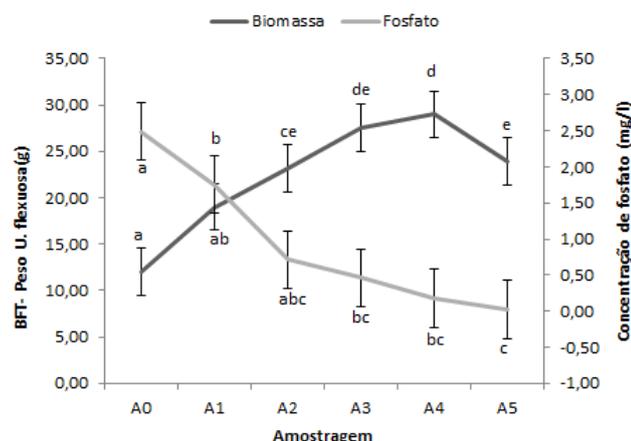
662 Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os
663 tratamentos após a realização de uma ANOVA de uma via seguida de Teste t.

664

665 O crescimento das macroalgas do tratamento BFT e DEC foi influenciado
666 significativamente ($p < 0,05$) com o decréscimo das concentrações de fosfato na água
667 nesses tratamentos (Figura 15).

668

669



670

671 Figura 15 - Relação biomassa (g) da macroalga e concentração de fosfato (mg/L) entre
 672 as semanas do tratamento BFT. Letras minúsculas diferentes indicam diferença
 673 significativa ($p < 0,05$) entre as semanas do mesmo tratamento após a realização de uma
 674 ANOVA de uma via seguida de Teste t.

675

676 O experimento com diferentes meios de cultivo teve como resultado a não
 677 diferença estatística do peso final das macroalgas entre os tratamentos (Tabela 10).

678

679 Tabela 10 - Desempenho da macroalga nos tratamentos: SW, SW+ e BFT, durante os
 680 20 dias de cultivo.

	Tratamentos		
	SW	SW+	BFT
Peso (g)	6,78 ± 0,78 ^a	7,69 ± 1,51 ^a	5,22 ± 1,18 ^a

681

682

683 4.2 Experimentos em estufa agrícola.

684

685 4.2.1 Experimento 03 – Cultivo misto e isolado de duas espécies do gênero *Ulva* 686 integrado ao cultivo de camarão.

687

688 4.2.1.1 Qualidade de água

689 Os parâmetros iniciais de qualidade de água, como temperatura, oxigênio
 690 dissolvido, salinidade e pH tiveram em média de 26,2 °C, 9,74 mg/L, 31,3 e 7,85
 691 respectivamente. E os valores médios dos nutrientes nitrogênio amoniacal total, nitrito,

692 nitrato e fosfato com concentração inicial no sistema de 0,11, 1,83, 14,00 e 1,26 mg/L
 693 respectivamente. A turbidez, os sólidos suspensos totais e a alcalinidade tiveram valores
 694 médios iniciais de 295 NTU, 820 mg/L e 223 mg CaCO₃/L, respectivamente

695 Os parâmetros de qualidade de água como temperatura, oxigênio dissolvido, pH
 696 e salinidade ao longo dos 35 dias de cultivo em estufa não climatizada não obtiveram
 697 diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 11). Para os parâmetros
 698 turbidez e nitrato dos tratamentos com macroalga mostraram menores valores,
 699 comparado ao monocultivo de camarão, enquanto o valor médio de alcalinidade foi
 700 menor no controle sem algas (Tabela 11).

701

702 Tabela 11 - Parâmetros de qualidade de água (média \pm desvio padrão) dos tratamentos:
 703 Monocultivo de camarão (MONO C), Cultivo integrado do camarão com a *U. flexuosa*
 704 (IMTA FI), Cultivo integrado do camarão com a *U. fasciata* (IMTA Fa), Cultivo
 705 integrado do camarão com *U. flexuosa* e *U. fasciata* (IMTA FF), durante os 35 dias de
 706 experimento.

Parâmetros	Tratamentos			
	MONO C	IMTA FI	IMTA Fa	IMTA FF
Temperatura (°C)	26,73 \pm 0,24	28,09 \pm 2,29	28,3 \pm 2,06	26,89 \pm 0,38
O.D (mg/l)	11,21 \pm 0,91	10,42 \pm 0,42	13,63 \pm 6,03	11,07 \pm 0,91
pH	7,8 \pm 0,02	7,84 \pm 0,03	7,83 \pm 0,07	8,01 \pm 0,19
Salinidade	31,77 \pm 0,31	31,95 \pm 0,12	31,71 \pm 0,16	30,10 \pm 1,91
Turbidez (NTU)	336,67 \pm 85,7 ^b	231,79 \pm 76,20 ^{ab}	186,84 \pm 74,60 ^a	197,81 \pm 95,4 ^a
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /l)	165,30 \pm 36,00 ^b	179,47 \pm 38,40 ^a	181,21 \pm 28,00 ^a	180,45 \pm 34,4 ^a
SST (mg/l)	753,33 \pm 122,71	558,89 \pm 159,58	576,67 \pm 174,19	551,11 \pm 213,11
NAT (mg/l)	0,19 \pm 0,07	0,21 \pm 0,08	0,22 \pm 0,09	0,20 \pm 0,11
Nitrito (mg/l)	0,55 \pm 0,48 ^a	0,70 \pm 0,52 ^b	1,00 \pm 1,12 ^b	0,95 \pm 0,98 ^b
Nitrato (mg/l)	43,92 \pm 24,7 ^b	34,96 \pm 21,70 ^a	32,21 \pm 15,60 ^a	29,95 \pm 16,20 ^a
Fosfato (mg/l)	2,62 \pm 1,01	2,68 \pm 1,21	2,78 \pm 1,15	2,42 \pm 1,03

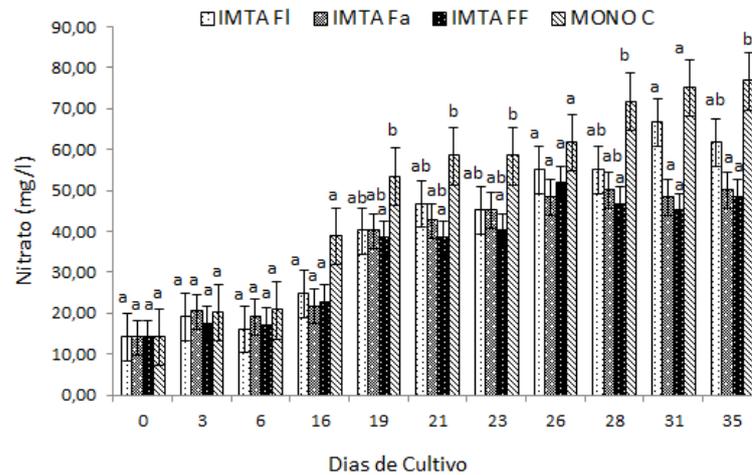
707

708 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos após
 709 ANOVA de uma via após Teste de Tukey. OD (oxigênio dissolvido), SST (sólidos suspensos totais),
 710 NAT (Nitrogênio amoniacal total).

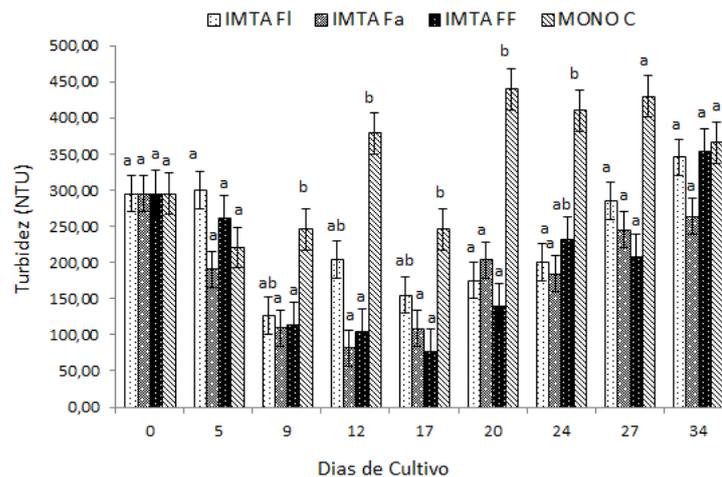
711

712 A alcalinidade apresentou menores valores no tratamento MONO C, sendo
 713 necessária maior frequência de correção com cal, totalizando 150g em todo o
 714 experimento. Já para os tratamentos IMTA FI, IMTA Fa e IMTA FF foram usados 90,
 715 67, e 52g de cal, respectivamente (Tabela 11). As concentrações de nitrato começaram a
 716 apresentar diferença entre os tratamentos após o décimo nono dia de cultivo

717 apresentando melhor absorção os tratamentos IMTA Fa e IMTA FF (Figura 16). Para a
 718 turbidez, as concentrações foram maiores no controle entre os dias 9 e 24 (Figura 17).
 719



720
 721 Figura 16 - Concentrações de nitrato no decorrer das semanas nos tratamentos MONO
 722 C, IMTA FI, IMTA Fa e IMTA FF, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas
 723 diferentes no mesmo dia representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os
 724 tratamentos após ANOVA de uma via após Teste de Tukey.
 725



726
 727 Figura 17 - Valores de turbidez durante as semanas nos tratamentos DEC, BFT, CONT
 728 e VS, em 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes no mesmo dia representam
 729 diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após ANOVA de uma via após
 730 Teste de Tukey.
 731

732 **4.2.1.2 Macroalgas**

733 As macroalgas obtiveram uma perda de biomassa durante as semanas de cultivo
 734 (Figura 18). Porém, a macroalga *U. flexuosa* do tratamento IMTA FI obteve uma maior
 735 perda de biomassa e menor peso final comparado aos tratamentos IMTA Fa e IMTA FF
 736 (Tabela 12). Na *U. fasciata* foram encontrados tecidos fantasmas indicando eventos de
 737 esporulação (Figura 19).

738 As concentrações iniciais de proteína nos tecidos das algas foram
 739 significativamente menores do que as concentrações finais em todos os tratamentos
 740 (Tabela 13).

741

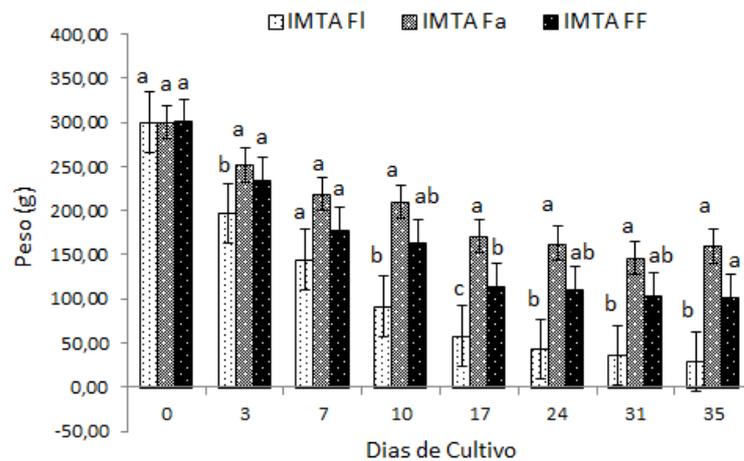
742 Tabela 12 - Desempenho das macroalgas (média ± desvio padrão) nos tratamentos
 743 IMTA FI, IMTA Fa, IMTA FF, durante os 35 dias de cultivo.

	Tratamentos		
	IMTA FI	IMTA Fa	IMTA FF
Peso médio inicial (g)	300,39±0,10	300,64±0,31	300,98±0,30
Peso médio final (g)	112.42±96.06 ^b	202.67±53.67 ^a	163.53±72.43 ^a
TCR (%/dia)	-6,88±1,19 ^b	-1,86±0,71 ^a	-3,16±0,78 ^a

744

745 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p <0,05) entre os tratamentos após
 746 ANOVA de uma via após Teste de Tukey. TCR (Taxa de crescimento relativo).

747



748

749 Figura 18 - Peso(g) semanal das macroalgas nos tratamentos IMTA Fa, IMTA FI e
 750 IMTA FF, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes representam
 751 diferença significativa (p<0,05) entre as semanas do mesmo tratamento, após a
 752 realização de uma ANOVA de uma via seguida de Teste de Tukey.

753



754

755 Figura 19 - Presença de fragmentação dos talos e “tecidos fantasmas” na macroalga *U.*
756 *fasciata* durante os dias de cultivo.

757

758 Tabela 13 – Concentração de proteína inicial e final das algas *U. flexuosa* e *U. fasciata*
759 nos tratamentos IMTA FI, IMTA Fa, IMTA FF.

Tratamentos	Parâmetros	
	Teor inicial de proteína (%)	Teor final de proteína (%)
IMTA FI	12,80 ± 0,0 ^b	20,65±0,34 ^a
IMTA Fa	12,48 ± 0,0 ^b	19,97±1,10 ^a
IMTA FF	12,64 ±0,0 ^b	21,53±1,48 ^a

760

761 Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores iniciais e finais
762 após ANOVA de uma via após Teste de Tukey.

763

764 4.2.1.3 Camarão

765 Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no desempenho zootécnico do
766 camarão entre os tratamentos (Tabela 14), mostrando apenas o crescimento significativo
767 do camarão nos 35 dias de experimento (Figura 20).

768

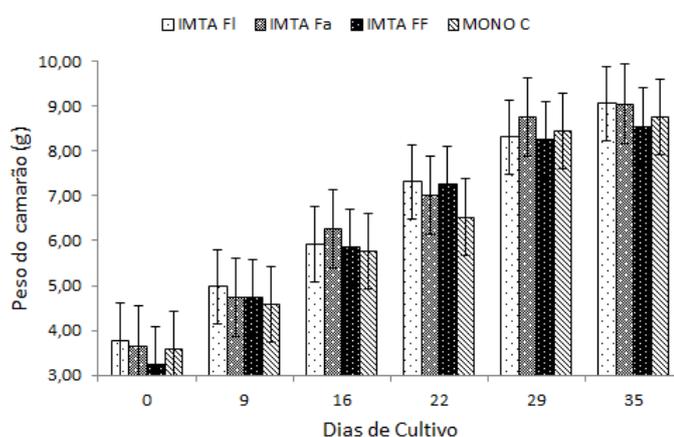
769 Tabela 14 - Desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* (média ± desvio padrão)
770 nos tratamentos MONO C, IMTA FI, IMTA Fa, IMTA FF, durante os 35 dias de
771 cultivo.

Parâmetros	Tratamentos			
	MONO C	IMTA FI	IMTA Fa	IMTA FF
Sobrevivência (%)	91.85±7,80	95.56±5,88	92.59±6,70	97,04±5,13
Peso médio final (g)	8.77±0.52	9.07±0.32	9.06±0.61	8.55±0.12
FCA	1.01±0.08	0.99±0,07	1.10±0.02	0.97±0.06
Biomassa final (g)	361.74±16.59	389.55±9.63	376.63±15.78	373.43±15.88
Produtividade (kg/m ³)	2,41±0,14	2.60±0,08	2,51±0,13	2,49±0,13
GPS (g/semana)	1.09±0.12	1.01±0.05	1.16±0.17	0.98±0.05

772

773 FCA (Fator de conversão alimentar); GPS (Ganho de peso semanal).

774



775

776 Figura 20 - Crescimento semanal do camarão *L. vannamei* nos tratamentos IMTA FI,
777 IMTA Fa, IMTA FF e MONO C.

778

779 4.2.2 Experimento 04 - Determinação da densidade de macroalgas para otimizar 780 o processo de absorção de nutrientes.

781

782 4.2.2.1 Qualidade de água

783 Os parâmetros de qualidade de água, temperatura, oxigênio dissolvido, pH,
784 salinidade, fosfato e nitrito não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os
785 tratamentos ao longo dos 35 dias de cultivo em estufa não climatizada (Tabela 15).
786 Porém a inserção de macroalgas no sistema resultou em valores médios
787 significativamente menores de nitrato, turbidez e cone Imhoff para os tratamentos
788 IMTA 1, IMTA 2 e IMTA 3, comparados aos encontrados no MONO C (Tabela 15),
789 (Figura 21).

790 A alcalinidade foi maior nos tratamentos com alga (tabela 15), necessitando de
 791 uma quantidade menor de cal para a sua manutenção. O tratamento IMTA 1 necessitou
 792 a menor quantidade de corretivo alcalino (90g em todo o cultivo), enquanto nos
 793 tratamentos IMTA 2, IMTA 3 e MONO C, foram necessárias 120, 105 e 157 g de cal
 794 para a manutenção da alcalinidade, respectivamente.

795

796 Tabela 15 - Parâmetros de qualidade de água (média \pm desvio padrão) dos tratamentos:
 797 MONO C (Monocultivo de camarão), IMTA 1 (cultivo integrado na densidade de 1g/L
 798 de macroalga), IMTA 2 (cultivo integrado na densidade de 2g/L de macroalga), e IMTA
 799 3 (cultivo integrado na densidade de 3g/L de macroalga), durante os 35 dias de
 800 experimento.

Parâmetros	Tratamentos			
	MONO C	IMTA 1	IMTA 2	IMTA 3
Temperatura (°C)	26,32 \pm 1,75	26,46 \pm 1,46	26,51 \pm 1,80	26,69 \pm 1,58
O.D (mg/l)	7,31 \pm 0,32	7,31 \pm 0,32	7,28 \pm 0,33	7,31 \pm 0,34
pH	8,14 \pm 0,14	8,16 \pm 0,13	8,17 \pm 0,13	8,15 \pm 0,12
Salinidade	29,98 \pm 0,56	29,82 \pm 0,56	28,81 \pm 1,01	29,61 \pm 0,81
Turbidez (NTU)	246,6 \pm 115,8 ^b	142,6 \pm 74,4 ^b	117,5 \pm 52,4 ^a	121,1 \pm 78,6 ^a
Alcalinidade (mg de CaCO ₃ /l)	136,67 \pm 21,49 ^b	151,97 \pm 15,15 ^a	143,18 \pm 17,04 ^{ab}	148,79 \pm 15,11 ^a
SST (mg/l)	423,33 \pm 190,00	295,33 \pm 160,55	297,33 \pm 159,55	302,0 \pm 136,33
Cone Imhoff	13,93 \pm 13,5 ^b	5,49 \pm 4,72 ^a	4,57 \pm 3,96 ^a	6,4 \pm 6,01 ^a
NAT (mg/l)	0,28 \pm 0,23	0,26 \pm 0,17	0,24 \pm 0,17	0,24 \pm 0,15
Nitrito (mg/l)	1,35 \pm 1,17	1,69 \pm 1,47	1,30 \pm 1,03	1,48 \pm 1,21
Nitrato (mg/l)	62,0 \pm 6,93 ^b	42,0 \pm 3,46 ^a	51,3 \pm 6,11 ^{ab}	50,7 \pm 9,45 ^{ab}
Fosfato (mg/l)	3,4 \pm 1,35	4,63 \pm 1,9	2,67 \pm 0,68	3,2 \pm 0,0

801

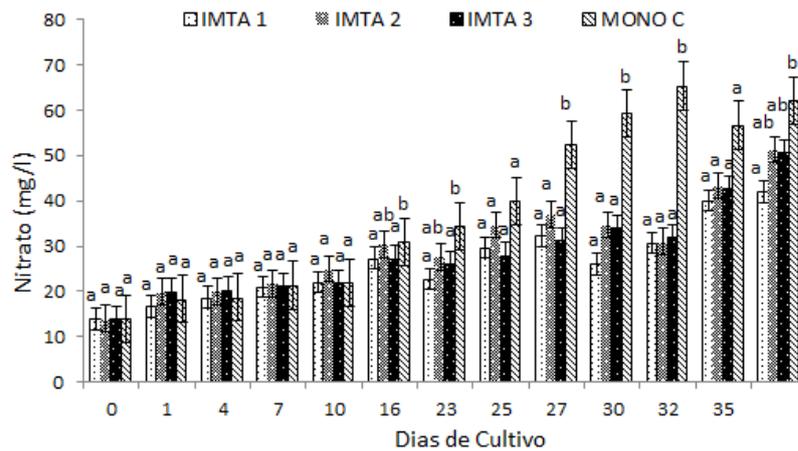
802 Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as semanas do mesmo
 803 tratamento, após a realização de uma ANOVA de uma via seguida de Teste de Tukey. O.D (Oxigênio
 804 dissolvido); SST (Sólidos suspensos totais); NAT (Nitrogênio amoniacal total).

805

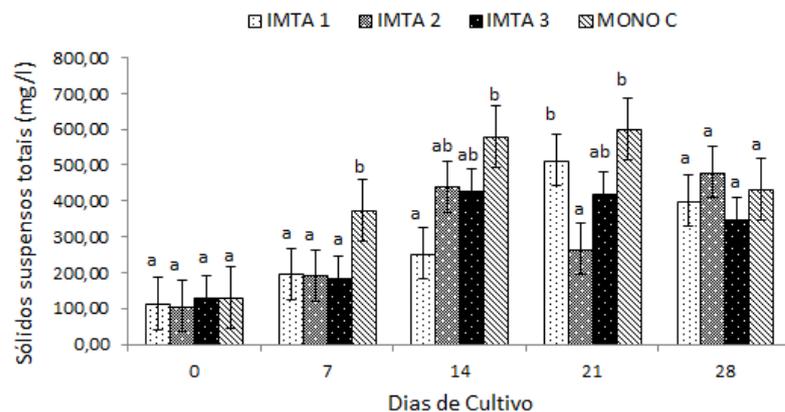
806 Em média os valores de SST e NAT não apresentaram diferença significativa
 807 ($p > 0,05$) (Tabela 15). Contudo, quando apresentado durante as semanas, o NAT no
 808 tratamento MONO C apresentou valores significativamente maiores ($p < 0,05$) na
 809 primeira semana quando comparados aos tratamentos com algas, sendo necessária a
 810 aplicação de carbono orgânico, como melão, para controle de nitrogenados.

811 A partir do dia 7 os SST no tratamento MONO C tiveram um aumento
 812 significativo ($p < 0,05$), sendo necessário o uso de clarificadores (Figura 22). No decorrer

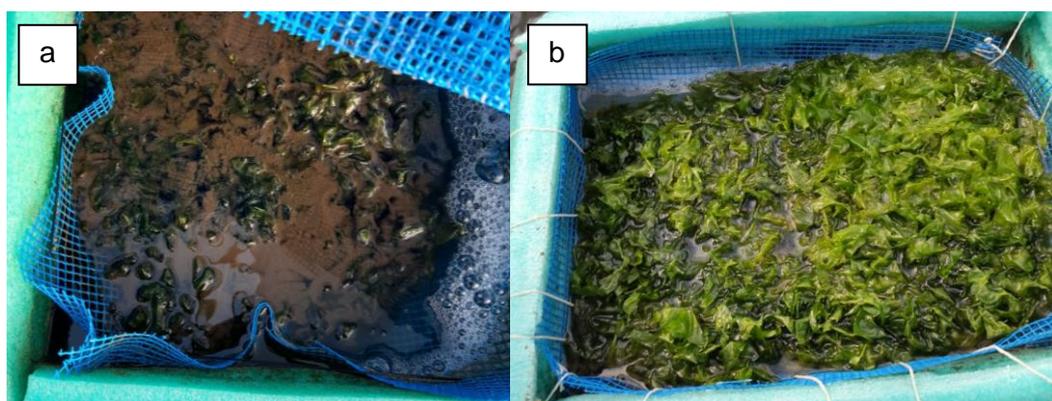
813 do experimento, os tratamentos IMTA 1, IMTA 2 e IMTA 3 precisaram de 3, 3 e 5
 814 horas de clarificação, tendo menores quantidades de rejeitos, comparado ao tratamento
 815 MONO C que precisou de 8 horas de clarificação. A figura 23 (a) mostra o acúmulo de
 816 SST na estrutura das macroalgas e a (b) mostra o flutuador com as algas após a limpeza.
 817



818
 819 Figura 21 – Variação das concentrações de nitrato nos tratamentos IMTA 1, IMTA 2,
 820 IMTA 3 e MONO C, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes
 821 representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as semanas do mesmo tratamento,
 822 após a realização de uma ANOVA de uma via seguida de Teste de Tukey.
 823



824
 825 Figura 22 - Concentrações de SST nos tratamentos IMTA 1, IMTA 2, IMTA 3 e
 826 MONO C, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes no mesmo dia
 827 representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após ANOVA seguida
 828 do teste de Tukey.
 829



830
831 Figura 23 – a) Sólidos decantados sobre as macroalgas durante o decorrer do cultivo. b)
832 estrutura de cultivo após a limpeza das algas.

833

834 4.2.2.2 Macroalga

835 As macroalgas apresentavam diferença significativa ($p < 0,05$) do seu peso inicial
836 entre os tratamentos de acordo com cada densidade, porém ao final do experimento não
837 ocorreu diferença significativa ($p > 0,05$) dos pesos entre os tratamentos, mostrando
838 apenas uma TCR negativa (Tabela 16) (Figura 24). Houve diferença significativa
839 ($p < 0,05$) no teor de proteína da *U. fasciata* nas amostras iniciais comparadas as
840 amostras finais após 35 dias de cultivo (Tabela 17).

841

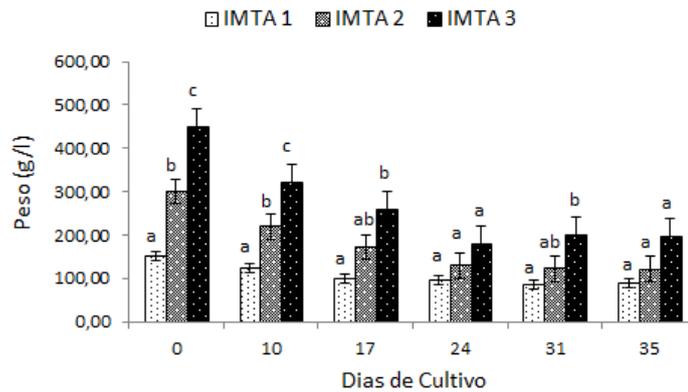
842 Tabela 16 - Desempenho da macroalga *U. fasciata* (média \pm desvio padrão) nos
843 tratamentos IMTA 1, IMTA 2, IMTA 3, durante os 35 dias de cultivo.

Parâmetros	Tratamentos		
	IMTA 1	IMTA 2	IMTA 3
Peso médio inicial	150,47 \pm 0,27 ^a	300,47 \pm 0,41 ^b	450,58 \pm 0,36 ^c
Peso médio final (g)	88,53 \pm 31,57	120,94 \pm 18,77	195,85 \pm 69,85
TCR (%/dia)	-1,66 \pm 1,18	-2,62 \pm 0,43	-2,49 \pm 0,95

844

845 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos após
846 ANOVA de uma via após Teste de Tukey. TCR (Taxa de crescimento relativo).

847



848

849 Figura 24 - Peso(g) semanal das macroalgas nos tratamentos IMTA 1, IMTA 2e IMTA
 850 3, durante os 35 dias de cultivo. Letras minúsculas diferentes na mesma semana
 851 representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos após a realização de
 852 uma ANOVA de uma via seguida de Teste de Tukey.

853

854 Tabela 17 - Concentração de proteína inicial e final dos tratamentos IMTA 1, IMTA 2 e IMTA 3.

	Teor de proteína inicial (%)	IMTA 1	IMTA 2	IMTA 3
<i>U. fasciata</i>	11,79 ± 0,0 ^b	20,09 ± 0,75 ^a	20,09 ± 1,29 ^a	20,07 ± 1,02 ^a

855

856 Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores iniciais e finais
 857 após ANOVA de uma via após Teste de Tukey.

858

859 4.2.2.3 Camarão

860 Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) nos parâmetros zootécnicos do
 861 camarão entre os tratamentos (Tabela 18). Mostrando apenas o crescimento dos
 862 camarões durante as semanas em cada tratamento (Figura 25).

863

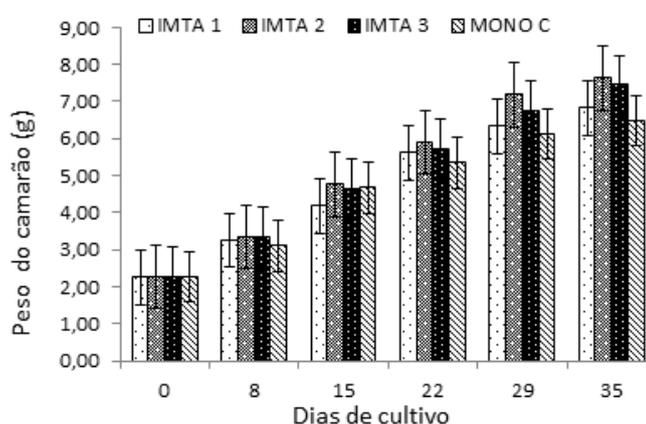
864 Tabela 18 - Desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* (média ± desvio padrão)
 865 nos tratamentos MONO C, IMTA 1, IMTA 2, IMTA 3, durante os 35 dias de cultivo.

Parâmetros	Tratamentos			
	MONO C	IMTA 1	IMTA 2	IMTA 3
Sobrevivência (%)	99,26±1,28	100,0±0,0	99,26±1,28	99,26±1,28
Peso médio final (g)	6,5±0,91	6,80±0,61	7,6±0,51	7,40±0,36
FCA	1,99±0,24	1,83±0,12	1,73±0,05	1,79±0,13
GPS (g/sem ana)	0,84±0,44	0,91±0,34	1,07±0,36	1,03±0,22
Biomassa final (g)	187,30±38,61	205,22±27,66	239,18±19,91	230,37±15,66
Produtividade (kg/m ³)	1,93±0,26	2,05±0,18	2,27±0,13	2,21±0,11

866

867 FCA (Fator de conversão alimentar); GPS (Ganho de peso semanal).

868



869

870 Figura 25 - Crescimento do camarão *L. vannamei* nos tratamentos IMTA 1, IMTA 2,
871 IMTA 3 e MONO C, durante os 35 dias de cultivo.

872

873 5. Discussão

874 5.1 Experimentos em laboratório

875

876 5.1.1 Experimento 01 - Efeito dos sólidos suspensos totais e meios de cultivo na 877 macroalga *Ulva fasciata*.

878 Como consequência, as macroalgas conseguiram crescer significativamente em
879 todos os tratamentos, sem serem afetadas pela alta concentração de sólidos. Foi
880 constatada a absorção dos nutrientes e o decréscimo dos valores de turbidez e sólidos
881 suspensos totais no decorrer do experimento.

882 De acordo com Rodrigues (2016), são necessários fatores como, luz, temperatura
883 e nutrientes disponíveis para que ocorra o crescimento da macroalga. Portanto, esses

884 critérios foram atendidos em todos os tratamentos tais, mostrando uma TCR positiva ao
885 final do experimento, com média global de 0,83%/dia nos tratamentos.

886 Apesar do ganho de biomassa das macroalgas no experimento, esse valor foi
887 menor comparado a TCR com máxima de 16,9%/dia para *U. prolifera*, quando cultivada
888 em laboratório com o meio nutritivo f/2 (Luo et al, 2012). Provavelmente alguns
889 parâmetros físicos e químicos no cultivo ou a escolha do meio von Stosch para
890 realização do experimento tenha proporcionado um crescimento limitado para essa
891 macroalga.

892 Em um sistema de bioflocos que tenha a predominância de bactérias
893 heterotróficas, ocorrerá a formação constante de flocos microbianos, devido à
894 incorporação do carbono orgânico pelas bactérias (Krummenauer et al, 2011). Esses
895 flocos, juntamente com restos de ração e fezes irão compor os sólidos suspensos totais.
896 Costa (2006) comenta que partículas suspensas no cultivo podem vir a decantar na
897 macroalga formando uma fina camada sobre o tecido dificultando o processo de
898 fotossíntese e afetando negativamente seu crescimento. Apesar de ter sido constatada a
899 deposição das partículas sobre a macroalga neste experimento, ainda houve o aumento
900 da biomassa das algas, sem diferença entre os tratamentos, mostrando que as algas
901 cultivadas com menor concentração de SST possuíram o mesmo crescimento daquelas
902 cultivadas em maiores concentrações. Entretanto, a transparência do carboy utilizado no
903 experimento, promoveu uma maior passagem de luz pela lateral da estrutura, e apesar
904 da deposição de sólidos nas lâminas da alga, ela ainda conseguia obter luz do meio pra
905 crescimento. Essa interferência de luz da estrutura pode ter influenciado nos resultados
906 dos efeitos dos SST no crescimento da alga.

907 O sistema em Bioflocos possuem características distintas das soluções nutritivas
908 usualmente utilizadas para o cultivo de macroalgas. Em laboratório, o uso da solução
909 nutritiva von Stosch é frequente devido sua capacidade de redução de bactérias do meio
910 e possuir elementos essenciais e balanceados para o crescimento da alga (Souza et al,
911 2014). No entanto, para cultivos em larga escala a utilização dessa solução nutritiva
912 pode ser inviável devido seu custo elevado. Encontramos como resultado que o
913 tratamento VS, obteve o mesmo crescimento daquelas cultivadas em água de um cultivo
914 de camarão operado com o sistema em Bioflocos (DEC e BFT). Portanto, o uso do
915 inóculo de biofoco como meio de cultivo para produção de macroalgas em larga escala

916 pode ser uma alternativa promissora, proporcionando baixos custos de produção e ainda
917 sendo ambientalmente amigável.

918 Outra vantagem do cultivo de algas em meio aos bioflocos seria a obtenção de
919 maiores concentrações de nitrogênio no tecido da alga e possivelmente proteína. Nossos
920 resultados foram superiores ao de Fong et al, (1994) que obteve concentrações de
921 proteína variando de 0,57 a 5,43% em algas cultivadas em soluções nutritivas de
922 laboratório. Devido a nula renovação de água que o uso do sistema em bioflocos
923 proporciona, ocorre no sistema o acúmulo de nutrientes como nitrogênio e fósforo
924 (Wasielesky et al, 2013). Essa alta concentração de nitrogênio disponível proporciona
925 uma maior absorção pela macroalga, que posteriormente transformará esse nitrogênio
926 em proteína (Duke et al, 1989), como foi encontrado nesse estudo nas macroalgas
927 cultivadas na água do sistema em BFT. As baixas concentrações de nutrientes do
928 tratamento VS são suficientes para o crescimento, no entanto produz macroalgas com
929 menores teores de proteína.

930 Os resultados deste estudo sugerem uma absorção de amônia pelas macroalgas
931 comparado ao controle. A absorção da amônia, quando essa está disponível, é
932 preferencialmente realizada pelas macroalgas, ao contrário do nitrito e nitrato, que
933 demandam mais energia da macroalga para tentar absorver esses nutrientes (Da Silva et
934 al, 2009). Quando a amônia se tornou limitante, as macroalgas absorveram o nitrato,
935 sendo uma forma nitrogenada abundante no sistema. As macroalgas conseguem
936 armazenar compostos em seus tecidos para serem utilizados posteriormente (Carneiro,
937 2007), resultando assim nos altos teores de nitrogênio no tecido da alga encontrado
938 nesse trabalho.

939 A concentração de fosfato reduziu ao longo do período experimental, comparada
940 a concentração inicial em todos os tratamentos, mostrando uma possível absorção pelas
941 macroalgas. Ramos et al, (2010) observaram que a mesma espécie de macroalga
942 absorveu de 53,6% do fósforo do sistema, sendo este tratamento biológico mais
943 eficiente que os tratamentos mecânicos, como filtração e sedimentação. Contudo, houve
944 também um decréscimo no controle onde não havia alga, que provavelmente continham
945 no sistema organismos acumuladores de fosfato que em condições aeróbias utilizam o
946 oxigênio dissolvido no meio como eletro receptor para converter compostos em

947 glicogênio e assim o fosfato é assimilado (Xu et al, 2011). Outra forma seria a presença
948 do fósforo adsorvido nos sólidos que decantaram no fundo do carboy.

949 A estrutura utilizada influenciou na dinâmica dos sólidos, e a aeração não foi
950 suficiente para suspender os sólidos, com isso o floco decantou no fundo do recipiente
951 ou sobre a macroalga. Em razão disso, ocorreu uma queda da concentração de sólidos
952 suspensos e turbidez nos tratamentos BFT e CON. A presença de um organismo sésstil,
953 como a macroalga, serviu como uma barreira física na movimentação da água, e como
954 visto por Costa (2006) ocorreu a presença do “foluing” na superfície da macroalga,
955 devido a presença de partículas decantadas, sendo também constatado nesse estudo.

956 Portanto, apesar da decantação dos sólidos na macroalga, seu crescimento não
957 foi afetado negativamente, além de ocorrer a absorção dos nutrientes do tratamento em
958 sistema de bioflocos. Mostrando que essa macroalga teve uma boa adaptação ao
959 sistema, podendo ser viável seu cultivo na água do cultivo de camarão em sistemas
960 BFT.

961

962 **5.1.2 Experimento 02 - Efeito das diferentes concentrações de sólidos suspensos** 963 **totais no crescimento e absorção de nutrientes da macroalga *Ulva flexuosa*.**

964 O experimento foi idealizado para avaliar os efeitos de diferentes concentrações
965 de sólidos suspensos totais no crescimento e absorção de nutrientes pela macroalga *U.*
966 *flexuosa*. A formação contínua dos flocos microbianos no decorrer do cultivo
967 promovem o aumento dos sólidos suspensos totais e turbidez do sistema (Wasielesky et
968 al, 2013). Altas concentrações de sólidos podem prejudicar o desempenho do camarão,
969 por meio da obstrução das brânquias (Gaona et al, 2011), no entanto pouco se sabe
970 sobre a influência desses sólidos na macroalga.

971 O talo da macroalga é responsável pela captação da luz e nutrientes para a
972 realização do processo de fotossíntese (Nauer & Lopes Filho, 2017). Portanto águas
973 mais turvas e com maiores quantidades de sólidos suspensos possivelmente podem vir a
974 afetar na captação de luz pelas células fotossintetizantes presentes no talo.

975 Neste estudo as macroalgas obtiveram uma TCR positiva, mostrando aumento
976 da biomassa durante o período experimental, independente do tratamento utilizado
977 (DEC e BFT). Este resultado é particularmente interessante e mostra que apesar das
978 altas concentrações de SST no efluente, atingindo 650 mg/L, estas não foram capazes de

979 prejudicar o crescimento da macroalga. No entanto, a estrutura utilizada para o
980 experimento, por ser transparente e receber luz por todos os lados, pode ter influenciado
981 em uma maior disponibilidade de luz para a macroalga, e apesar da alta concentração de
982 sólidos ela ainda recebeu luz suficiente para crescimento, podendo ter influencia no real
983 efeito de altas concentrações de sólidos.

984 Apesar das macroalgas obterem um crescimento no decorrer do cultivo, seu
985 crescimento se mostrou inferior ao encontrado por Alencar et al, (2010) testando
986 diferentes densidade para *U. Lactuca* cultivada em água de um cultivo de camarão,
987 obtendo uma TCR máxima de 8,76%/dia. A irradiância não analisada no experimento
988 representa um fator para o melhor desenvolvimento dessas macroalgas.

989 Os resultados do pré-teste realizado com diferentes meios de cultivo mostrou
990 que não houve diferença no peso final das macroalgas cultivadas em meio nutritivo com
991 PES (Provasoli's Enrichment Solution) e água de um cultivo em sistema de bioflocos.
992 No entanto, o baixo crescimento pode ser explicado por condições não ideais de
993 irradiância e temperatura (Luo et al, 2012). E provavelmente devido a contaminação por
994 microalgas no tratamento BFT. Castelar et al, (2015) também mostrou um menor
995 desempenho de crescimento e absorção de nutrientes para *U. flexuosa* quando o sistema
996 está contaminado com microalgas.

997 Diferente do estudo realizado por Souza et al, (2014) com *Gracilaria*
998 *domingensis* que observaram que para um melhor crescimento da mesma deve-se usar
999 um inóculo de 25% de BFT. No presente estudo a macroalga *U. flexuosa* conseguiu
1000 obter um acréscimo de biomassa mesmo utilizando 100% de um inóculo de bioflocos.

1001 No tratamento BFT, o crescimento significativo da macroalga ocorreu até a
1002 penúltima amostragem, após esse período as concentrações de fósforo passaram a ser
1003 limitantes devido a alta eficiência de remoção dos fósforo pelas macroalgas, causando
1004 um desbalanceamento na razão de N:P (Redfield, 1958). Da Silva et al, (2009) observou
1005 que em baixos fluxos de água para recirculação, a disponibilidade de fósforo era afetada
1006 e este nutriente passava a ser limitante, o que alterava a relação N:P e limitava o
1007 desenvolvimento da macroalga.

1008 Quando ocorre o estabelecimento de bactérias quimiautotróficas no cultivo, um
1009 grupo de bactérias amônio-oxidantes convertem amônia a nitrito e outro grupo de
1010 bactérias nitrito-oxidantes convertem esse nitrito a nitrato (Ebeling et al, 2006). O

1011 processo de transformação da amônia a nitrato é mais lento devido ao estabelecimento
1012 das bactérias amônio-oxidantes e nitrito-oxidantes, no entanto nessa via ocorre a menor
1013 formação de flocos e a maior acumulação de nitrato (Barboza, 2019).

1014 Nesse estudo a macroalga *U. flexuosa* realizou uma boa remoção dos nutrientes,
1015 onde no tratamento sem alga observou-se uma estabilização do nitrato, no entanto nos
1016 tratamentos BFT e DEC, o nitrato diminuiu significativamente em comparação ao
1017 controle, a partir da segunda semana, resultando em uma taxa de remoção final de
1018 26,67% e 24,76% respectivamente. Resultado semelhante foi observado por Marinho-
1019 Soriano et al, (2009) que trabalharam com *G. caudata* e obtiveram uma redução
1020 significativa de 49,6% de NO₃ em taques de camarão, mostrando que a macroalga
1021 exerceu o papel de biofiltro no sistema de produção.

1022 As concentrações de fosfato no sistema decaíram significativamente durante as
1023 semanas nos tratamentos BFT e DEC, resultando em uma remoção de 99,07% e 95,87%
1024 ao final do período experimental, respectivamente, enquanto no tratamento CON
1025 ocorreu, como esperado, um acréscimo nas concentrações, decorrentes da mineralização
1026 da matéria orgânica particulada. A absorção de fósforo pela macroalga é essencial para
1027 formação de tecidos e no processo de fotossíntese (Ferreira et al, 2017). Resultados
1028 mostrando a absorção do fósforo pelas macroalgas também foram observados por Pires
1029 (2017), que conseguiu obter com a macroalga *Kappaphycus alvarezii* uma remoção de
1030 100% de fosfato do sistema.

1031 A macroalga *U. flexuosa* conseguiu se adaptar e se desenvolver na água do
1032 cultivo de camarão em sistema de bioflocos, podendo ser uma alternativa para cultivos
1033 em larga escala. Também obteve uma boa remoção dos nutrientes, sendo importante
1034 para a prática de cultivos mais sustentáveis.

1035

1036 **5.2 Experimentos em estufa agrícola.**

1037

1038 **5.2.1 Experimento 03 - Cultivo misto e isolado de duas espécies do gênero Ulva** 1039 **integrado ao cultivo de camarão.**

1040 Em um ecossistema multifuncional existem outros organismos presentes, então
1041 diferentes processos proporcionam que diferentes espécies dominem diferentes
1042 processos ecológicos, ocasionando a maximização de múltiplas funções

1043 simultaneamente. Ao colocar as duas macroalgas juntas no mesmo flutuador no
1044 tratamento IMTA FF, a hipótese seria que a competição interespecífica fosse reduzida,
1045 devido cada espécie selecionar compostos específicos para uso, e a absorção dos
1046 compostos fosse maximizada (Lanari & Coutinho, 2010).

1047 Houve uma perda de biomassa em todos os tratamentos, no entanto a macroalga
1048 *U. flexuosa* obteve maior perda de biomassa, possuindo assim o menor peso final,
1049 mostrando que a macroalga não foi resistente quando cultivada em sistemas maiores,
1050 com outras variáveis e a presença do camarão. Sua morfologia em talos pequenos,
1051 tubulares, borbulhados e enrolados (Rybak et al, 2014), provavelmente proporcionou o
1052 escape da macroalga dos flutuadores para o sistema, influenciando negativamente sua
1053 biomassa.

1054 A macroalga *U. fasciata* possui uma morfologia folhosa o que propiciou um
1055 menor escape pelos flutuadores, mesmo assim, obteve uma perda de aproximadamente
1056 100g do seu peso inicial. Esta perda pode ter sido proveniente do processo de
1057 reprodução, onde a macroalga perde biomassa para produzir uma nova biomassa com a
1058 liberação de esporos. Como evidência, foram encontrados neste experimento os
1059 chamados “tecidos fantasmas”, que são pontos esbranquiçados ou transparentes na
1060 lâmina, relacionado a um evento de esporulação, onde a macroalga para de crescer e
1061 liberam esporos ou gametas. Esse evento pode ser iniciado devido a diversos fatores
1062 ambientais, como altas temperaturas, grande incidência de luz, falta ou excesso de
1063 nutrientes e até mesmo o curto ciclo de vida da espécie, resultando assim na perda de
1064 biomassa (Da Silva et al, 2009). Apesar da aclimação em laboratório, as macroalgas
1065 provenientes do ambiente natural não estavam adaptadas a grandes concentrações de
1066 nutrientes e altas temperaturas, portanto tais fatores possam ter proporcionado essa
1067 indução para reprodução das algas nesse estudo. Carl et al, (2014) mostram a
1068 intensidade de liberação de esporos de acordo com mudanças de alguns fatores físicos e
1069 químicos, e obtendo um maior número de esporos liberados quando ocorre um
1070 mudanças drásticas na temperatura.

1071 As espécies do gênero *Ulva* tem a facilidade de fragmentação de tecidos devido
1072 à rápida perfuração da lâmina, e a perda gradativa de biomassa em tanques de cultivo
1073 (Costa, 2006), sendo um dos problemas vistos nesse trabalho. Portanto o tratamento
1074 IMTA FF também obteve um decréscimo de biomassa, e ao final do cultivo foi pesado

1075 separadamente cada macroalga do tratamento. No entanto, só foi identificado biomassa
1076 da *U. fasciata* no sistema. Diferente do proposto por Lanari & Coutinho (2010), nesse
1077 estudo provavelmente ocorreu uma competição interespecífica entre as macroalgas,
1078 sendo excluída do sistema a biomassa de *U. flexuosa* ficando somente a de *U. fasciata*,
1079 possuindo a mesma absorção de nutrientes dos tratamentos IMTA Fl e IMTA Fa. A
1080 morfologia folhosa da *U. fasciata* permitiu com que ela ficasse sobreposta a *U.*
1081 *flexuosa*, limitando sua captação de luz e competindo pelos nutrientes disponíveis.

1082 Ambas as macroalgas possuíam valores de proteína acumulados semelhantes
1083 entre os tratamentos, ao final do cultivo, sendo maiores do que aqueles constatados no
1084 início do cultivo. Duke et al, (1989) mostraram que fatores como temperatura,
1085 luminosidade e a disponibilidade de nutrientes afetam a captação de nitrogênio pela
1086 macroalga, assim como sua pigmentação e níveis de enzimas, sendo diretamente
1087 proporcionais. Portanto, a maior concentração de nutrientes presentes no cultivo
1088 favoreceu o aumento do nitrogênio no tecido das macroalgas, comparado ao começo do
1089 cultivo.

1090 No sistema de bioflocos ocorre a oxidação da amônia para nitrato por meio de
1091 bactérias nitrificantes, neste processo a alcalinidade é consumida na forma de
1092 carbonatos e bicarbonatos, chegando até 7,07g de alcalinidade de consumo para cada
1093 grama de nitrogênio amoniacal oxidada para nitrato. Portanto para se manter em níveis
1094 ideais são necessárias correções com hidróxido de sódio, carbonato ou bicarbonato de
1095 sódio, entre outros, gerando assim um aumento nos custos (Piérri et al, 2012). Neste
1096 trabalho, nos tratamentos com algas, a alcalinidade permaneceu mais elevada,
1097 necessitando de um número menor de correções, provavelmente devido a manutenção
1098 do CO₂ do meio (Granada et al, 2018.)

1099 O nitrito permaneceu mais alto nos tratamentos com algas, porém enquadrado
1100 nos níveis ideais para a produção de camarão (Lin & Chen, 2003). A *U. fasciata* era a
1101 espécie dominante, sendo uma alga mais folhosa e com maior superfície de aderência
1102 para microrganismos. Ao mesmo tempo, este aumento foliar pode ter facilitado a
1103 decantação de partículas suspensas e diminuído os valores de turbidez nos tratamentos.
1104 Brito et al, (2013) também observou essa redução de sólidos no sistema em que as
1105 macroalgas estavam presentes.

1106 A concentração de nitrato foi semelhante entre os tratamentos com algas,
1107 mostrando que ambas as espécies desempenham uma boa absorção. Raposo (2013)
1108 observou em um estudo comparando a *U. lactuca* e *G. birdiae* que ambas
1109 desempenharam papel de biofiltro, removendo 95% do nitrito e nitrato. Comparado a
1110 Alencar et al, (2010) que utilizando a mesma alga, obteve uma melhora no crescimento
1111 do camarão, além de boa absorção de nutrientes, incremento nos níveis de oxigênio e
1112 melhora na qualidade de água em geral. Neste trabalho, apesar da absorção de nitrato ter
1113 sido realizada, houve perda de biomassa devido a eventos de reprodução e condições de
1114 cultivo.

1115 O camarão obteve um crescimento significativo entre as semanas em todos os
1116 tratamentos, mostrando que as condições de cultivo estavam ideais para seu
1117 crescimento, como valores favoráveis de salinidade (Decamp et al, 2003), temperatura
1118 (Wyban et al, 1995), oxigênio dissolvido (Van Wyk et al, 1999), pH (Krummenauer et
1119 al, 2011), alcalinidade (Furtado et al, 2011) e SST (Gaona et al, 2011).

1120 O sistema em bioflocos promove melhorias no crescimento, resistência e
1121 conversão alimentar do camarão devido o crescimento de bactérias que reciclam
1122 nitrogênio em proteína microbiana (Kumar et al, 2018). Os resultados de FCA obtidos
1123 nesse trabalho estão de acordo com o encontrado por FRÓES et al (2012) de
1124 aproximadamente 1,2 kg de ração para cada kg de camarão, no entanto este trabalho
1125 mostra um GPS superior, provavelmente por ter ocorrido em estufas, mantendo melhor
1126 estabilidade dos parâmetros físicos.

1127 O cultivo integrado do camarão e a macroalga *U. fasciata* se mostrou vantajoso
1128 devido a menor utilização de insumos como o cal, a absorção de nitrato do meio e o
1129 aumento da produtividade geral do sistema sem a interferência no desempenho do
1130 camarão, gerando maior economia a produção.

1131

1132 **5.2.2 Experimento 04 - Determinação da densidade de macroalgas para otimizar** 1133 **o processo de absorção de nutrientes.**

1134 Neste experimento tentou-se observar qual seria a melhor densidade da *U.*
1135 *fasciata* para maximizar o processo de absorção de nutrientes do cultivo. Somente os
1136 valores de nitrato obtiveram diferença significativa entre os tratamentos, mostrando que
1137 o tratamento IMTA 1, com menor biomassa de algas, apresentou menores

1138 concentrações devido a absorção pela alga. Alencar et al, (2010) também testando
1139 diferentes densidades com *U. lactuca* observaram que a remoção de nutrientes foi
1140 prejudicada quando ocorreu o aumento da densidade algal, assim como sua taxa de
1141 crescimento.

1142 Tanto no experimento realizado por Alencar et al, (2010) quanto no presente
1143 estudo, observou-se uma perda de biomassa algal, que pode ser explicada por fatores
1144 ambientais de cultivo e associados a eventos de reprodução pela macroalga, havendo a
1145 presença de “tecidos fantasmas” gerados devido a liberação de esporos ou gametas na
1146 água (Da Silva et al, 2009).

1147 As concentrações de nitrato nos tratamentos com algas só começaram a decair
1148 em relação ao controle depois do décimo sexto dia de cultivo, quando os níveis de
1149 fosfato começaram a aumentar. Mostrando que o desbalanceamento da relação N:P
1150 torna o fósforo um nutriente limitante para o crescimento das macroalgas, gerando baixa
1151 absorção no sistema (Redfield, 1958; Da Silva et al, 2009).

1152 Essa absorção de nitrogênio esta correlacionada com o aumento dos níveis de
1153 proteína encontrados no final do experimento comparado aos seus valores iniciais.
1154 Macroalgas tendem a absorver e armazenar nitrogênio e fósforo em seus tecidos para
1155 serem utilizados posteriormente quando houver um declínio no meio ou estocar na
1156 forma de aminoácidos e pigmentos (Carneiro, 2007).

1157 Em sistema de bioflocos ocorre a injeção de fontes de carbono para modificar a
1158 relação C:N e favorecer o crescimento de bactérias heterotróficas, que por fim tem a
1159 finalidade de converter nitrogênio amoniacal em biomassa bacteriana, sendo necessária
1160 esse fertilização com carbono em duas situações: nos primeiros dias de estocagem e
1161 quando as concentrações de amônia tendem a aumentar chegando a 1 mg/L dissolvido
1162 na água, sendo tal efeito causado por aumento de densidade de estocagem, reuso
1163 contínuo da água e inóculo (Wasielesky et al, 2013). Neste estudo foi possível verificar
1164 que no início do cultivo o tratamento MONO C obteve concentrações maiores de 1
1165 mg/L de NAT, sendo necessário a intervenção com fertilização, sendo utilizado melaço
1166 de cana de açúcar. Contudo nos tratamentos IMTA 1, IMTA 2 e IMTA 3 as
1167 concentrações de NAT foram controladas devido a absorção pelas macroalgas. Castelar
1168 et al, (2015) observaram, que o gênero *Ulva* tende a ter preferência por amônia,

1169 tornando sua assimilação mais rápida, controlando assim compostos nitrogenados mais
1170 tóxicos para o camarão.

1171 Furtado (2011) cita que no decorrer de um cultivo ocorre a diminuição da
1172 alcalinidade na água, devido o consumo de carbonatos e bicarbonatos por bactérias
1173 nitrificantes, podendo afetar o desempenho zootécnico do camarão quando tal
1174 concentração é mantida abaixo de 100 mg de CaCO_3/L , portanto neste estudo o nível
1175 seguro para alcalinidade foi de 150 mg de CaCO_3/L , sendo necessária correção com cal
1176 quando atingia valores menores que o proposto. A alcalinidade nos tratamentos com
1177 algas foi significativamente maior comparado ao controle, que, portanto, necessitou de
1178 menores quantidades de correções, mostrando que as algas participam da absorção do
1179 CO_2 do meio (Granada et al, 2018.)

1180 O favorecimento do crescimento de bactérias heterotróficas no sistema BFT
1181 ocasiona o aumento das concentrações de SST no cultivo, devido a maior formação de
1182 biomassa bacteriana que se aglomeram e formam os flocos (Krummenauer et al, 2011).
1183 No tratamento controle (MONO C), nas primeiras semanas as concentrações de SST
1184 cresceram acima do limite máximo estabelecido de 500 mg/L, e para que não afetasse o
1185 desempenho zootécnico do camarão, foi necessário o uso de clarificadores para
1186 diminuição dos níveis de sólidos (Gaona et al, 2011). Portanto, o incremento de SST
1187 ocasionou no tratamento controle o aumento também dos níveis de turbidez e cone
1188 Imhoff. Brito et al, (2013) verificaram que nos tratamentos que não continham algas
1189 houve um aumento desses parâmetros, no entanto, nos tratamentos onde continham as
1190 macroalgas os níveis de SST e turbidez foram controlados devido a deposição dos
1191 flocos nas lâminas fotossintetizantes das macroalgas, passando de sólido suspenso para
1192 decantado.

1193 Neste trabalho, a alga como um organismo sésil e juntamente com a estrutura
1194 para flutuação utilizada, provavelmente atuou como uma barreira física na
1195 movimentação da água e conseqüentemente auxiliando na deposição dos sólidos sobre
1196 ela. Ao contrário do encontrado por Brito et al, (2013) que notaram o aumento dos
1197 sólidos sedimentáveis no sistema devido a incorporação deste com fragmentos de algas,
1198 nesse estudo os sólidos sedimentáveis foram significativamente menores do que o
1199 tratamento que continha somente o camarão, mostrando que a macroalga além de

1200 funcionar como biofiltro na assimilação do nitrato, também atua em outras aspectos da
1201 qualidade de água do sistema.

1202 Por fim o desempenho zootécnico do camarão não foi afetado pelas macroalgas,
1203 obtendo um crescimento significativo e sem diferença estatística entre os tratamentos. O
1204 experimento ocorreu com condições de cultivo ideais para o crescimento do camarão,
1205 como os valores de temperatura (Wyban et al, 1995), salinidade (Decamp et al, 2003),
1206 oxigênio dissolvido (Van Wyk et al, 1999), pH (Krummenauer et al, 2011), alcalinidade
1207 (Furtado et al, 2011) e SST (Gaona et al, 2011).

1208 Cultivos operados em sistemas de bioflocos promovem melhoria no desempenho
1209 zootécnico do camarão, devido a incorporação do nitrogênio em biomassa microbiana
1210 que serve como complemento alimentar para o camarão (Wasielesky et al, 2013). O
1211 GPS e FCA obtidos nesse trabalho estiveram de acordo com a literatura de cultivos em
1212 sistemas de bioflocos, sendo semelhantes ao encontrado por Samocha et al, (2007).

1213

1214 **6. Conclusão**

1215 Em laboratório, foi constatado que o uso da água de um sistema de recirculação
1216 do cultivo de camarões em sistema de Bioflocos, apesar das altas concentrações de
1217 sólidos, nitrato e fósforo, as macroalgas *U. flexuosa* e *U. fasciata* não foram
1218 influenciadas negativamente devido às características do meio, possuindo boa eficiência
1219 de filtração e aumento de biomassa.

1220 Quando as macroalgas foram cultivadas em sistema integrado com camarão na
1221 estufa agrícola, a *U. fasciata* obteve um melhor desenvolvimento sobre a *U. flexuosa*,
1222 apresentando uma melhor absorção do nitrato quando cultivada isolada no tanque com o
1223 camarão. A densidade de 1g/L para a *U. fasciata* também mostrou um melhor absorção
1224 dos compostos nitrogenados, como amônia e nitrato.

1225 O uso de macroalgas no cultivo integrado proporcionou menores quantidades de
1226 insumos na produção, como melação e cal, e menores quantidades de rejeitos a partir do
1227 uso de clarificadores podendo tornar o sistema mais econômico e ambiental. Além de
1228 proporcionar maiores teores de nitrogênio no tecido da macroalga quando esta é
1229 cultivada em sistema de Bioflocos.

1230 Por fim, o uso de macroalgas no sistema integrado com o *L. vannamei* não
1231 afetou negativamente o desempenho zootécnico do camarão, sendo necessários maiores
1232 estudos para avaliar efeitos imunostimulantes e da macroalga na dieta do camarão.

1233

1234

1235 7. Referências

1236

1237 Alencar, D. B. D. (2010). Prospecção química da macroalga marinha verde *Ulva*
1238 *fasciata* Delile. Dissertação. Universidade Federal do Ceará.

1239

1240 Alencar, J.R. de, Horta Junior, P.A., Celino, J.J., 2010. Cultivo de camarão branco
1241 *Litopenaeus Vannamei* (Boone , 1931) com a macro-alga *Ulva Lactuca* Linneaus (
1242 Chlorophyta) no tratamento de efluentes em sistema fechado de recirculação. Rev.
1243 Biol. e Ciências da Terra 10, 117–137.

1244

1245 American Public Health Association (APHA), 1989. Standard Methods for the
1246 Examination of Water and Waste Water, 16th edn. American Public Health Association,
1247 AWWA, WPCF, New York.

1248

1249 Aminot, A., Chaussepied, M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin.
1250 CNEXO, Brest 395p.

1251 Anderson, R., Berges, R., Harrison, P., & Watanabe, M. (2005). Appendix A-Recipes
1252 for freshwater and seawater media; freshwater synthetic media. Algal Culturing
1253 Techniques. Elsevier Academic Press, Burlington, USA, 435-436.

1254 Association of Official Analytical Chemists. (1990). Official Methods of Analysis:
1255 Changes in Official Methods of Analysis Made at the Annual Meeting. Supplement
1256 (Vol. 15). Association of Official Analytical Chemists.

1257 Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture
1258 systems. Aquaculture, 176(3-4), 227-235.

1259 Barboza, Mariana Holanda Paes. Cultivo multitrófico integrado de *Litopenaeus*
1260 *vannamei* e peixes para controle dos sólidos suspensos totais em sistema de bioflocos.
1261 2019. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Federal do Rio Grande, FURG,
1262 Rio Grande.

1263 Barrington, K., Ridler, N., Chopin, T., Robinson, S., & Robinson, B. (2010). Social
1264 aspects of the sustainability of integrated multi-trophic aquaculture. Aquaculture
1265 International, 18(2), 201-211.

1266 Bendschneider, K., & Robinson, R.,J., 1952. A new spec- trophotometric method for the
1267 determination of nitrite in sea water. Journal of Marine Research 11, 87–96.

- 1268 Baumgarten, M.G.Z., Rocha, J.M.B., Niencheski, L.F. (1996). Manual de análises em
1269 Oceanografia Química. Porto Alegre: Ed FURG/Pallotti. 142 p.
- 1270 Bezerra, Antonino de Freitas. (2008). Cultivo de algas marinhas como desenvolvimento
1271 de comunidades costeiras. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio
1272 Grande do Norte.
1273
- 1274 Brito, L. O., Arantes, R., Magnotti, C., Derner, R., Pchara, F., Olivera, A., & Vinatea,
1275 L. (2013). Water quality and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*
1276 (Boone) in co-culture with green seaweed *Ulva lactuca* (Linnaeus) in intensive system.
1277 *Aquaculture International*, 22(2), 497–508.
- 1278 Carl, C., de Nys, R., Lawton, R. J., & Paul, N. A. (2014). Methods for the induction of
1279 reproduction in a tropical species of filamentous *Ulva*. *PLoS One*, 9(5), e97396.
- 1280 Carneiro, Marcella Araújo do Amaral. (2007). Estudo do crescimento, eficiência de
1281 biofiltração e cinética de absorção de nutrientes (N-NH, N-NO e P-PO₄³) da macroalga
1282 *Gracilaria cervicornis* (Turner) J. Agardh. Dissertação de Mestrado. Universidade
1283 Federal do Rio Grande do Norte.
1284
- 1285 Castelar, B., Pontes, M. D., Costa, W. D. M., Moura, L. C. F., Dias, G. E., Landuci, F.
1286 S., & Reis, R. P. (2015). Biofiltering efficiency and productive performance of
1287 macroalgae with potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *Boletim do*
1288 *Instituto de Pesca, Sao Paulo*, 41, 763-770.
1289
- 1290 Costa, Vanessa Macedo Freire da. (2006). Utilização da macroalga *Ulva lactuca*
1291 linnaeus na redução de nutrientes (NH₄⁺, NO₃⁻ e PO₄⁻²) provenientes da carcinicultura.
1292 Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
1293
- 1294 Chopin, T. (2015). Marine Aquaculture in Canada: Well-Established Monocultures of
1295 Finfish and Shellfish and an Emerging Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA)
1296 Approach Including Seaweeds, Other Invertebrates, and Microbial Communities.
1297 *Fisheries*, 40(1), 28–31.
- 1298 Chopin, T., Troell, M., Reid, G. K., Knowler, D., Robinson, S. M. C., Neori, A., &
1299 Fang, J. (2010). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA)—A responsible practice
1300 providing diversified seafood products while rendering biomitigating services through
1301 its extractive components. Abstracts. *Aquaculture Europe*.
1302
- 1303 Da Silva, M., Tormena, T., & Seeliger, U. (2009). Biofiltering efficiency, uptake and
1304 assimilation rates of *Ulva clathrata* (Roth) J. Agardh (Clorophyceae) cultivated in
1305 shrimp aquaculture waste water. *Journal of Applied Phycology*, 21(1), 31-45.
1306
- 1307 De Casabianca M.L., Marinho-Soriano E. & Laugier T., 1997. Growth of *Gracilaria*
1308 *bursa-pastoris* in a Mediterranean lagoon: Thau, France. *Botanica Marina*, 40: 29-37.
1309
- 1310 Decamp, O., Cody, J., Conquest, L., Delanoy, G., & Tacon, A. G. (2003). Effect of
1311 salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone), within

- 1312 experimental zero-water exchange culture systems. *Aquaculture Research*, 34(4), 345-
1313 355.
- 1314
- 1315 De Negreiros, L. M. S., & Santos, D. B. (2015). Doenças microbianas na carcinicultura
1316 brasileira: uma revisão. *CARPE DIEM: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX*,
1317 13(1), 107-124.
- 1318 Duke, Clifford S.; Litaker, Wayne; Ramus, J. (1989). Effects of temperature, nitrogen
1319 supply, and tissue nitrogen on ammonium uptake rates of the Chlorophyte seaweeds
1320 *Ulva curvata* and *Codium decorticatum* 1. *Journal of Phycology*, v. 25, n. 1, p. 113-120.
- 1321 Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the
1322 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-
1323 nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1-4), 346–358.
- 1324 El-Baz, F. K., El-Baroty, G. S., Ibrahim, A. E., & El-Baky, H. H. A. (2014).
1325 Cytotoxicity, antioxidants and antimicrobial activities of lipids extracted from some
1326 Marine Algae. *J Aquac Res Dev*, 5, 284-8.
- 1327 FAO. 2020. The state of World Fisheries and Aquaculture. Disponível em:
1328 <http://www.fao.org> . Acesso em 04/02/2020
- 1329 Farasat, M., Khavari-Nejad, R. A., Nabavi, S. M. B., & Namjooyan, F. (2014).
1330 Antioxidant activity, total phenolics and flavonoid contents of some edible green
1331 seaweeds from northern coasts of the Persian Gulf. *Iranian journal of pharmaceutical
1332 research: IJPR*, 13(1), 163.
- 1333
- 1334 Fernand, F., Israel, A., Skjermo, J., Wichard, T., Timmermans, K. R., & Golberg, A.
1335 (2017). Offshore macroalgae biomass for bioenergy production: Environmental aspects,
1336 technological achievements and challenges. *Renewable and Sustainable Energy
1337 Reviews*, 75, 35–45.
- 1338
- 1339 Ferreira, F. M. (2017). Avaliação da taxa de crescimento e absorção de nutrientes da
1340 macroalga *Ulva lactuca* cultivada in vitro com água de cultivo de bioflocos. Trabalho
1341 de conclusão de curso (TCC). Universidade Federal de Santa Catarina.
- 1342
- 1343 Fong, P., Donohoe, R. M., & Zedler, J. B. (1994). Nutrient concentration in tissue of the
1344 macroalga *Enteromorpha* as a function of nutrient history: an experimental evaluation
1345 using field microcosms. *Marine Ecology Progress Series*, 273-281.
- 1346
- 1347 Fróes, C. N., Fóes, G., Krummenauer, D., Ballester, E., Poersch, L. H., & Junior, W. W.
1348 (2012). Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema
1349 de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. *Atlântica (Rio Grande)*, 34(1),
1350 31-39.
- 1351
- 1352 Furtado, Plínio Schmidt. (2011). O efeito do hidróxido de cálcio, do carbonato e do
1353 bicarbonato de sódio na qualidade de água e no desempenho zootécnico do camarão
1354 *Litopenaeus vannamei* cultivado com tecnologia de bioflocos (BFT). Dissertação de
1355 Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande.

1356
1357 Gaona, C. A. P., de Almeida, M. S., Viau, V., Poersch, L. H., & Wasielesky Jr, W.
1358 (2017). Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei*
1359 (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. *Aquaculture Research*,
1360 48(3), 1070-1079.
1361
1362 Gaona, C. A. P., Poersch, L. H., Krummenauer, D., Foes, G. K., & Wasielesky, W. J.
1363 (2011). The effect of solids removal on water quality, growth and survival of
1364 *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system.
1365
1366 Garza de Yta, A, Db Rouse & Da Davis. 2004. Influence of Nursery Period on the
1367 Growth and Survival of *Litopenaeus vannamei* Under Pond Production Conditions.
1368 *Journal of the WAS*. Vol. 35(3): 357-365.
1369
1370 Granada, L., Lopes, S., Novais, S. C., & Lemos, M. F. (2018). Modelling integrated
1371 multi-trophic aquaculture: Optimizing a three trophic level system. *Aquaculture*, 495,
1372 90-97.
1373
1374 Kılınç, B., Cirik, S., Turan, G., Tekogul, H., & Koru, E. (2013). Seaweeds for food and
1375 industrial applications. In *Food industry*. IntechOpen.
1376
1377 Krummenauer, D, S Peixoto, R Cavalli, LH Poersch, W Wasielesky. 2011a.
1378 Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology
1379 system in southern Brazil at different stocking densities. *J. World Aquac. Soc.*
1380 42(5),726:733.
1381
1382 Kumar, V. S., Pandey, P. K., Anand, T., Bhuvanewari, G. R., Dhinakaran, A., &
1383 Kumar, S. (2018). Biofloc improves water, effluent quality and growth parameters of
1384 *Penaeus vannamei* in an intensive culture system. *Journal of environmental*
1385 *management*, 215, 206-215.
1386
1387 Lanari, Marianna Oliveira; Coutinho, Ricardo. (2010). Biodiversidade e funcionamento
1388 de ecossistemas: Síntese de um paradigma e sua expansão em ambientes marinhos.
1389 *Oecologia Australis*, v. 14, n. 4, p. 959-988.
1390
1391 Lin, Yong-Chin; Chen, Jiann-Chu. (2003). Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus*
1392 *vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, v. 224, n. 1-4, p.
1393 193-201.
1394
1395 Luo, M. B., Liu, F., & Xu, Z. L. (2012). Growth and nutrient uptake capacity of two co-
1396 occurring species, *Ulva prolifera* and *Ulva linza*. *Aquatic Botany*, 100, 18-24.
1397
1398 Marinho-Soriano, E., Panucci, R. A., Carneiro, M. A. A., & Pereira, D. C. (2009).
1399 Evaluation of *Gracilaria caudata* J. Agardh for bioremediation of nutrients from shrimp
1400 farming wastewater. *Bioresource Technology*, 100(24), 6192-6198.
1401
1402 Marins, Rozane Valente; De Paula Filho, Francisco José; Rocha, Carlos Artur Sobreira.
1403 (2007). Geoquímica de fósforo como indicadora da qualidade ambiental e dos processos

- 1404 estuarinos do rio Jaguaribe-Costa nordeste oriental brasileira. *Química Nova*, v. 30, n. 5,
1405 p. 1208.
- 1406
- 1407 Natori, M. M., Sussel, F. R., Santos, E. D., Previero, T. D. C., Viegas, E. M. M., &
1408 Gameiro, A. H. (2011). Desenvolvimento da carcinicultura marinha no Brasil e no
1409 mundo: avanços tecnológicos e desafios. *Informações econômicas*, 41(2), 61-73.
- 1410 Nauer, F., & Lopes Filho, E. A. P. (2017). Introdução às macroalgas marinhas. *Botânica*
1411 *no inverno*. Organizadores Laboratório de Algas Marinhas, 15.
- 1412
- 1413 Piérri, V. (2012). Efeito da alcalinidade sobre o cultivo de *Litopenaeus vannamei* em
1414 sistema de bioflocos. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- 1415
- 1416 Pires, Clóvis Murilo. (2017). Aproveitamento do efluente da carcinicultura de
1417 *Litopenaeus vannamei* em sistema biofoco pela macroalga *Kappaphycus alvarezii*.
1418 Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- 1419
- 1420 Ramos, R., Vinatea, L., Santos, J., & Da Costa, R. (2010). Treatments of effluents from
1421 *Litopenaeus vannamei* shrimp cultures through sedimentation, filtration and absorption.
1422 *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(2), 188-200.
- 1423
- 1424 Raposo, Diogo Manuel Trindade. (2013). Avaliação do desempenho do camarão
1425 *Litopenaeus vannamei* e das macroalgas *Gracilaria birdiae* e *Ulva fasciata* num sistema
1426 de cultivo multitrófico integrado. Tese de Doutorado. ISA.
- 1427
- 1428 Redfield, Alfred C. (1958). The biological control of chemical factors in the
1429 environment. *American scientist*, v. 46, n. 3, p. 230A-221.
- 1430
- 1431 Rodrigues, F. A. A. (2016). Otimização das condições de cultivo de *Ulva lactuca*
1432 (Chlorophyta, Chlorophyceae) para alimentação de *Haliotis tuberculata*. Dissertação de
1433 mestrado. Universidade dos Açores.
- 1434
- 1435 Rybak, A., Czerwonic, A., Gąbka, M., & Messyasz, B. (2014). *Ulva flexuosa*
1436 (Ulvaceae, Chlorophyta) inhabiting inland aquatic ecosystems: molecular,
1437 morphological and ecological discrimination of subspecies. *European Journal of*
1438 *Phycology*, 49(4), 471-485.
- 1439
- 1440 Samocha, T. M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A. M., Burger, J. M., Almeida, R. V., ... &
1441 Brock, D. L. (2007). Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and
1442 grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36(2), 184-191.
- 1443
- 1444 Sebök, S., Herppich, W. B., & Hanelt, D. (2017). Development of an innovative ring-
1445 shaped cultivation system for a land-based cultivation of marine macroalgae.
1446 *Aquacultural Engineering*, 77, 33–41. doi:10.1016/j.aquaeng.2017.01.005
- 1447
- 1448 Silva, B. L. D. (2011). Estudos do cultivo de algas vermelhas e castanhas em laboratório
1449 para aplicação em sistemas de Aquicultura Integrada Multitrófica.
- 1450

- 1451 Silva, K. R., Wasielesky Jr, W., & Abreu, P. C. (2013). Nitrogen and phosphorus
1452 dynamics in the biofloc production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*.
1453 Journal of the World Aquaculture Society, 44(1), 30-41.
1454
- 1455 Souza, E. G. C. D. (2014). Cultivo in vitro da macroalga *Gracilaria domingensis*
1456 usando efluente do cultivo super-intensivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de
1457 bioflocos. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina.
1458
- 1459 Sousa, M. B. (2011). Composição centesimal e variação do teor de vitaminas em
1460 macroalgas marinhas verdes *Ulva fasciata* e *U. lactuca* (Ulvales, Chlorophyta),
1461 coletadas na Praia do Pacheco, Caucaia-Ceará. Tese de Doutorado. Universidade
1462 Federal do Ceará.
- 1463 Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A. H., & Fang, J. G. (2009).
1464 Ecological engineering in aquaculture—potential for integrated multi-trophic
1465 aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. Aquaculture, 297(1-4), 1-9.
- 1466 Turan, G., & Tekogul, H. (2014). The Turkish mezzes formulated with protein-rich
1467 green sea vegetable (chlorophyta), *Ulva rigida*, cultured in onshore tank system. Journal
1468 of Aquatic Food Product Technology, 23(5), 447-452.
- 1469 Unesco, 1983. Chemical Methods for Use in Marine Envi- ronmental Monitoring.
1470 Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commissiony, Paris,
1471 France.
- 1472 Van Wyk, P., Davis-Hodgkins, M., Laramore, R., Main, K. L., Mountain, J., & Scarpa,
1473 J. (1999). Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Ft. Pierce, FL:
1474 Harbor Branch Oceanographic Institution.
1475
- 1476 Veras, D. R. A. (2011). Moluscos associados à macroalga *Pterocladia caerulescens*
1477 (Rhodophyta, Pterocladia) na zona entremarés da Praia de Pedra Rachada, Paracuru,
1478 Ceará.. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Ceará.
1479
- 1480 Wasielesky, W., Krummenauer, D., Lara, G., Fóes, G., & Poersch, L. (2013). Cultivo de
1481 camarões em sistema de bioflocos: realidades e perspectivas. Revista ABCC, 15(2), 16-
1482 26.
1483
- 1484 Wyban, J., Walsh, W. A., & Godin, D. M. (1995). Temperature effects on growth,
1485 feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*).
1486 Aquaculture, 138(1-4), 267-279.
- 1487 Xu, X., Liu, G., & Zhu, L. (2011). Enhanced denitrifying phosphorous removal in a
1488 novel anaerobic/aerobic/anoxic (AOA) process with the diversion of internal carbon
1489 source. Bioresource Technology, 102(22), 10340-10345.
1490
- 1491 Zar, J. H. (2010). Biostatistical analysis Pearson Prentice-Hall. Upper Saddle River, NJ.