



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA
FERNANDA MEDEIROS FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO E ABSORÇÃO DE
NUTRIENTES DA MACROALGA *Ulva lactuca* CULTIVADA *IN VITRO* COM ÁGUA
DE CULTIVODE BIOFLOCOS**

Florianópolis

2017

Fernanda Medeiros Ferreira

**AVALIAÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO E ABSORÇÃO DE
NUTRIENTES DA MACROALGA *Ulva lactuca* CULTIVADA *IN VITRO* COM ÁGUA
DE CULTIVO DE BIOFLOCOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Graduação de Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Título de Engenheira de Aquicultura.

Orientadora: Profa. Dra. Leila Hayashi.

Coorientadora: Lilian Viana Teixeira.

Florianópolis

2017

Fernanda Medeiros Ferreira

**AVALIAÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO E ABSORÇÃO DE
NUTRIENTES DA MACROALGA *Ulva lactuca* CULTIVADA *IN VITRO* COM ÁGUA
DE CULTIVO DE BIOFLOCOS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e adequado para obtenção do Título de Engenheiro de Aquicultura, e aprovado em sua forma final pelo curso de Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 27 de Junho de 2017.

Prof. Anita Rademaker Valença Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Leila Hayashi Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Alex Alves dos Santos, Dr.^a
EPAGRI

Moisés Angel Poli, Msc.
Universidade Federal de Santa Catarina

“ Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que são a razão do meu viver, tudo isso é por vocês e para vocês;

As minhas irmãs por quem eu tenho uma imensidão de amor e orgulho;

Ao meu noivo, que mais do que ninguém me incentivou sempre, me ajudou como pôde, aturou todas as minhas indecisões e mesmo assim estava ali do meu lado sempre.

A minha amada família, em especial meus avós Elza e Belmiro, por sempre me incluírem em suas preces e por todo o carinho me dado. A minha tia Adriana, pessoa mais bondosa, carinhosa e que tenho muito orgulho! Me ofereceu um lugarzinho de amor para que ficasse mais fácil de ir para a faculdade.

Aos meus afilhados: Ana Clara, Davi, Maria Fernanda e Isabelle por me fazerem ser a madrinha mais orgulhosa desse mundo e por me fazerem acreditar que o mundo pode sim, ser melhor com a ajuda de vocês. Por vocês sou uma pessoa melhor a cada dia. Obrigada por me fazerem sorrir para o mundo.

A minha orientadora Leila, pelos ensinamentos, paciência e conselhos que foram me dados com tanto amor. Obrigada, prof! Sem você nada disso seria possível.

A minha coorientadora Lilian, por todas ideias geniais e pela amizade.

As melhores amigas de Floripa: A minha brabeza Marina, que me colocou no eixo, me trouxe em “rédea curta” e muitas vezes fez meus pés tocarem o chão. Thalita minha mais nova velha amizade, meu “muro de lamentações”, me escutou e me deu colo todas vezes que precisei. Obrigada, Deus por ter colocado essas mulheres na minha vida. A minha amiga Rafa, que me encorajou a largar tudo em BH e viver uma nova experiência. Obrigada por me acolher com todo seu amor

Aos melhores amigos de Laboratório: Ana Cris, Filipe, Fernando, Marina, Matheus e Rodrigo em especial Thallis por todas ideias geniais e conhecimentos passados a mim com tanta dedicação. A Gabi pela grande ajuda nas análises de água. Se não fosse pela ajuda de todos vocês esse trabalho não seria concluído.

Aos amigos do LCM, em especial Esmeralda e Claudinha por todos ensinamentos e conhecimentos passados a mim com tanto carinho.

Ao Caio pela paciência e grande ajuda com os dados estatísticos.

A Bunecão, Gabi, Gabriel, Luana, Debinha, Aline que mesmo de longe se mantiveram presente na minha vida.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e potencial de biorremediação da macroalga *Ulva lactuca* cultivada com efluente de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos. Para a avaliação da capacidade de absorção de nutrientes, foram utilizados recipientes de 5 L contendo 3,5 L de água de cultivo de bioflocos (BFT+U), ou água do mar esterilizada enriquecida com solução de von Stosch a 100% (VS100). Como controle, foi utilizado apenas a água de cultivo de bioflocos sem alga (BFTc). As algas foram incubadas por 6 horas e amostras de água foram coletadas dos tratamentos e controle de hora em hora para análise de amônia, nitrito e ortofosfato. Para a avaliação do crescimento das macroalgas em concentrações baixas de bioflocos, foram utilizados talos de $4 \pm 0,02 \text{ g L}^{-1}$ da alga cultivados *in vitro* por 4 semanas em três tratamentos: 5% (BFT5), 10% (BFT10) e 25% (BFT25) de bioflocos diluídos em água do mar esterilizada. A cada semana, a porcentagem de meio de cultura do respectivo tratamento foi substituída pela mesma porcentagem de bioflocos. Como controle, as macroalgas foram cultivadas apenas em água do mar esterilizada (AM). Por último, foi realizada a avaliação do crescimento de *U. lactuca* em concentrações crescentes de bioflocos. Foram utilizados talos de $4 \pm 0,02 \text{ g L}^{-1}$ em dois diferentes tratamentos: água de cultivo de bioflocos diluído em água do mar esterilizada (BFT) e água do mar esterilizada enriquecida com von Stosch (VS). Os cultivos foram iniciados com concentração de 25% de bioflocos em água do mar esterilizada, e água do mar enriquecida com solução von Stosch a 25%. Semanalmente, as concentrações foram aumentadas em 25% de modo a chegar a 100% na quarta semana. Quanto à taxa de remoção de nutrientes, o tratamento BFT+U apresentou maiores valores de remoção de amônia, fosfato e nitrito do que observado em VS100 e BFTc. Em concentrações baixas de bioflocos (BFT5, BFT10 e BFT25) e controle, não houveram diferenças significativas entre as taxas de crescimento. Para os tratamentos com concentrações crescentes de bioflocos, a taxa de crescimento semanal foi significativamente maior para o BFT quando comparado ao VS. Estes resultados constatarem a eficiência de biorremediação e crescimento da *Ulva lactuca* cultivada em efluente BFT, sendo tanto a concentração de 50% e 75% apresentaram similaridade com a solução von Stosch.

Palavras-chave: Biorremediação, Chlorophyta, IMTA, qualidade de água.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Eficiência de remoção de amônia A) BFT+U B) BFTc C) VS100 de *Ulva lactuca* cultivada por 6 horas. Valores apresentados em médias; as barras verticais representam o desvio padrão. 19
- Figura 2.** Eficiência de remoção de fosfato A) BFT+U B) BFTc C) VS100 de *Ulva lactuca* cultivada por 6 horas. Valores apresentados em médias; as barras verticais representam o desvio padrão. 20
- Figura 3.** Eficiência de remoção de nitrito A) BFT+U B) BFTc de *Ulva lactuca* cultivada por 6 horas. Valores apresentados em médias; as barras verticais representam o desvio padrão. . 21
- Figura 4.** Perda de pigmentação de *Ulva lactuca* cultivada por 28 dias em baixas concentrações de bioflocos (5, 10 e 25%) e controle (água do mar). 22
- Figura 5.** Taxa de crescimento semanal (% dia⁻¹) de *Ulva lactuca* cultivada por 28 dias em altas concentrações de bioflocos (BFT) e von Stosch (VS). 24
- Figura 6.** Diferença de pigmentação de *Ulva lactuca* cultivada por 28 dias em concentração de bioflocos (BFT100) e von Stosch (VS100), respectivamente. 24
- Figura 7.** Tecido reprodutivo de *Ulva lactuca* cultivada em BFT100. 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentração média de nutrientes: amônia (NH_3^-), nitrito (NO_2^-) e fosfato (PO_4^{3-}).	18
Tabela 2. Crescimento semanal % dia ⁻¹ <i>Ulva lactuca</i> cultivada por 28 dias em baixas concentrações de bioflocos (5, 10 e 25%) e controle (água do mar).	22
Tabela 3. Crescimento de <i>Ulva lactuca</i> cultivada por 28 dias em altas concentrações de bioflocos (BFT100) e von Stosch (VS100).	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA- Análise de variância

BFT - Sistema de Bioflocos

FAO- Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMTA - Aquicultura Multitrófica Integrada

LCM - Laboratório de Camarões Marinhos

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

NH_3 - Amônia

NO_2^- - Nitrito

PO_4^{3-} - Fosfato

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1	BIOMASSA DE MACROALGA	14
2.2	EFLUENTE DO BIOFLOCO.....	15
2.3	AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO DE NUTRIENTES POR 6 HORAS	15
2.4	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS MACROALGAS EM CONCENTRAÇÕES BAIXAS DE BIOFLOCOS	16
2.5	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE <i>ULVA</i> EM CONCENTRAÇÕES CRESCENTES DE BIOFLOCOS.....	16
2.6	ANÁLISES DE DADOS E ESTATÍSTICA	17
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1	ANÁLISE DOS NUTRIENTES DA ÁGUA	18
3.2	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS MACROALGAS EM CONCENTRAÇÕES BAIXAS DE BIOFLOCOS	21
3.3	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE <i>ULVA</i> EM CONCENTRAÇÕES CRESCENTES DE BIOFLOCOS.....	23
4	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

A produção aquícola mundial está em expansão, sendo que em 2014 houve uma produção mundial de 101.090.691 t produzidas (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura- FAO, 2016). No Brasil, em particular, a produção total em 2014 foi de 562.533 t segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em 2015, foram produzidas 574.164 mil toneladas de peixe, com incremento de 2,2% em relação a 2014 (Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA, 2016). Segundo a FAO (2016), o consumo mundial *per capita* de pescado chegou a um novo recorde de 20 kg em 2014, em relação a 19,2 kg em 2012. Na década de 1960, o consumo era de 9,9 kg *per capita*. Além disso, projeções foram divulgadas apontando uma estimativa de crescimento de 104% na pesca e aquicultura até 2025. Isso significa que em 2025, o mundo vai produzir 29 milhões de toneladas a mais de peixe que em 2013-15 e esse aumento vai acontecer principalmente nos países em desenvolvimento por meio da aquicultura (FAO, 2016).

Com o crescimento do setor aquícola, aumenta também a quantidade e concentração de efluentes com um potencial poluente descartados sem tratamento. Os nutrientes que compõem os efluentes são provenientes, muitas vezes, das sobras de ração e dos produtos metabólicos produzidos pelos animais em cultivo (NUNES, 2002), o que torna importante a busca de novas alternativas que primem pela redução ou reutilização dos efluentes advindos dos processos de produção.

Para que o impacto ambiental seja menor, existem regulamentos como o CONAMA 357 e o CONAMA 430, que descrevem limites das variáveis de qualidade de água para o efluente aquícola, como por exemplo, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e sólidos suspensos totais (SST). Além disso, estes regulamentos abordam também a exigência do tratamento de efluentes, limitando sua concentração de matéria orgânica e inorgânica, suspensa ou dissolvida, bem como os nutrientes contidos no efluente (BOYD, 2003).

Assim, um dos papéis da Engenharia de Aquicultura é buscar inovações, soluções e melhorias nas práticas de manejo da indústria aquícola. O cultivo de algas marinhas em policultivo por exemplo, tem sido recomendado, pois as macroalgas são capazes de remover com eficiência e rapidez grande quantidade de compostos nitrogenados e fosfatados, eliminando o excesso de nutrientes resultantes da excreção de animais aquáticos e da sobra de ração. Atualmente, a China tem desenvolvido o cultivo de algas consorciadas com sucesso,

normalmente são utilizadas espécies de valor comercial, e em especial em algas utilizadas para alimentação, como é o caso das espécies de *Porphyra* (nome comercial “nori”), *Laminaria* (“kombu”) e *Undaria* (PANORAMA DA AQUICULTURA, 2015).

Outra tecnologia proposta é a Aquicultura Multitrófica Integrada (do inglês Integrated Multi-trophic Aquaculture - IMTA), onde os organismos aquáticos são cultivados ou criados em um mesmo ambiente; peixes e camarões podem ser integrados com organismos filtradores e absorventes de matéria orgânica ou inorgânica, por exemplo, moluscos e macroalgas, e os resíduos de uma espécie tornam recursos para as outras espécies, como alimento ou fertilizante. O sistema Multitrófico possibilita o cultivo de espécies de diferentes níveis tróficos ou nutricionais, ou seja, sistemas de criação com organismos ocupando espaços e itens alimentares distintos, ao invés de sistemas com apenas uma espécie intensivamente arraçoadas (CASTELLANI; ABIMORAD, 2012). A aquicultura multitrófica integrada possui eficiência em reduzir ou remediar contaminações no meio ambiente. Esses cultivos integrados, além de beneficiar os organismos co-cultivados, também oferecem um valor agregado adicional na produção, pela diversificação de produtos aquícolas, gerando receitas adicionais e cooperando com a sustentabilidade econômica e ecológica (CHOPIN *et al.*, 2001).

Outra alternativa é o sistema de Bioflocos (ou BFT do inglês Biofloc Technology System), onde os bioflocos são agregados de microrganismos (bactérias, fitoplâncton e zooplâncton), associados a partículas, colóides, polímeros orgânicos e células mortas (FORSTER, 1976). O sistema foi desenvolvido para controlar o acúmulo de compostos nitrogenados (amônia e nitrito) que podem ser tóxicos para os animais cultivados (AVNIMELECH *et al.*, 2007). Um grande número de investigações científicas tem mostrado a toxicidade da amônia nas fazendas de peixes e na qualidade da água (MUNDAY *et al.*, 1992; HANDY & POXTON, 1993). No sistema BFT, as bactérias heterotróficas atuam na formação dos bioflocos, utilizando o nitrogênio inorgânico da água e carbono dissolvido para produção de biomassa bacteriana. A agregação é induzida através da manipulação da relação de carbono:nitrogênio do cultivo, mantendo essa relação entre 15:1 a 20:1 (AVNIMELECH 1999, 2009). Esse sistema possui baixa ou zero renovação de água (repõem apenas do que foi evaporado) ou zero, o que atenua a emissão de efluentes, e torna o sistema menos agressivo ao meio ambiente devido à redução do uso dos recursos hídricos. Além disso, traz maior biossegurança, pois reduz a possibilidade de introdução de doenças no cultivo, devido à redução da troca de água (WASIELESKY *et al.* 2006)

As macroalgas são, portanto, organismos chave no processo de ciclagem de nutrientes dissolvidos em sistemas multitróficos, pois através de suas atividades fotossintéticas, podem agir como biofiltros destes efluentes onde, removerão as impurezas da água, possibilitando o reaproveitamento dos efluentes gerados e conseqüentemente melhorando a qualidade de água dos sistemas de produção (NELSON *et al.*, 2001; FONSECA *et al.*, 2002). Existem estudos e experimentos que apontam as macroalgas como bioindicadores de ambientes eutrofizados. De acordo com NUNES (2002), várias espécies de macroalgas nativas, em particular as algas vermelhas (*Gracilaria* spp.) e (*Hypnea* spp.), apresentam potencial para integração, principalmente com o cultivo de camarão. As macroalgas pertencentes a classe Rhodophyceae (vermelhas) são extremamente efetivas em reter rapidamente os nutrientes e estocá-los em grandes reservas (VERGARA *et al.*, 1993). Estudos com Chlorophytas (algas verdes) também estão sendo realizados, principalmente avaliando a capacidade de biofiltragem destas (MALTA & VERSCHUURE, 1997; KAMERMANS *et al.*, 1998; PINCHETTI, *et al.*, 1998; RUNCIE *et al.*, 2003; SCHULENHOFF *et al.*, 2003; VIJAYARAGHAVAN *et al.*, 2004). BURGESS *et al.* (2003), usou como avaliador de identificação de toxicidade na água e em sedimentos marinhos a *Ulva lactuca* e zeólito, um mineral que possui estrutura porosa, e comprovaram a diminuição da toxicidade da amônia na água e sedimento, através da absorção destes pela *Ulva lactuca*. LARTIGUE *et al.* (2003), avaliaram o impacto das rápidas flutuações na salinidade na produção de oxigênio dissolvido a curto prazo e a absorção de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) pela *Ulva lactuca*. Segundo esses autores, os resultados sugeriram que *U. lactuca* mantém a capacidade de absorver amônia e nitrato em condições de mudança rápida de salinidade. A mesma espécie também foi estudada por HO *et al.* (1990), que testou a utilização de *Ulva lactuca* como indicador de contaminação por metais e os resultados indicaram que *Ulva lactuca* é um bom indicador das contaminações por Mn, Fe, Cu, Zn e Pb.

Chlorophytas, especialmente as diferentes espécies de *Ulva*, possuem uma alta capacidade de remoção de compostos nitrogenados inorgânicos e orgânicos do meio. Sua rápida capacidade de absorção e metabolização de formas de N inorgânico, como amônia e nitrato, já foi bem estudada por LAPOINTE *et al.* (1981); COHEN & NEORI (1991); JIMENEZ DEL RIO *et al.* (1996); LEE & WANG (2001); NALDI & VIAROLI (2002). A eficácia do gênero *Ulva* como biofiltro também foi comprovada por Copertino *et al.* (2009), onde a *Ulva clathrata* foi altamente eficiente na remoção dos principais nutrientes inorgânicos da água efluente, removendo 70-82% de amônia total e 50% de fosfato da água residual do cultivo de *Litopenaeus vannamei*.

A macroalga *Ulva lactuca* é uma espécie eurihalina, cosmopolita, habitando regiões temperadas e tropicais do Filo Chlorophyta (algas verdes). Possui cor translúcida com superfície lisa e é chamada de “Alface-do-mar” (GUIRY E GUIRY 2015). A espécie possui uma excelente aptidão em absorver e metabolizar o nitrogênio e apresenta elevadas taxas de crescimento, baixas taxas de epifitismo e grande resistência quando submetidas a condições de estresse ambiental (JIMENEZ DEL RIO *et al.*; 1996 E NEORI *et al.*; 2000). Tem sido estudada para a exploração na aquicultura, devido suas condições favoráveis, mas por não produzirem ficocolóides, pouca importância tem sido dada a ela.

Apesar de pouco considerada no Brasil, o gênero *Ulva* tem sido utilizado comercialmente na indústria farmacêutica, para produção de medicamentos fitoterápicos e também na indústria de papel, em países como Alemanha e Itália (ALENCAR *et al.*, 2010). Para BRUHN *et al.* (2011) a *Ulva lactuca* apresenta características de rendimento e crescimento favoráveis quando comparadas a outras plantas ou macroalgas, o que a torna potencialmente favorável para a produção sustentável de bioenergia. Além disso, os nutrientes necessários para seu crescimento podem ser provenientes do efluente aquícola. Como a espécie tolera amplas variações de salinidade (LERTIGUE *et al.*, 2003), o cultivo integrado com o cultivo de camarões é uma boa opção.

A espécie *Ulva* mostra eficiência como biofiltro no tratamento de efluentes aquícolas, sendo comprovado em importantes trabalhos e experimentos. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e potencial de biorremediação de *Ulva lactuca* cultivada com efluente da carcinicultura de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos. A escolha da espécie foi baseada, principalmente pela sua capacidade de reciclagem de nutrientes dissolvidos em efluentes, podendo assim, gerar resultados para estudos futuros em sistemas multitróficos integrados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na seção de Macroalgas do Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e teve duração total de 4 semanas. As análises de água foram feitas no Laboratório de Qualidade de Água, do Laboratório de Camarões Marinhos (LCM-UFSC).

2.1 BIOMASSA DE MACROALGA

Exemplares de *Ulva lactuca* foram coletados no mês de abril na praia da Barra da Lagoa (27°34'26.8"S 48°25'15.7"W), localizada no município de Florianópolis, estado de Santa Catarina. A biomassa coletada foi armazenada em sacos plásticos com água do mar, colocadas em caixas térmicas, e transportadas até o local de estudo. Após a coleta, as algas foram lavadas rapidamente com água doce e limpas, a fim de remover epífitas e outros organismos associados. Após este processo, as algas foram aclimatadas por onze dias em irradiância de 300 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, temperatura 25 ± 1 °C, fotoperíodo de 12 h, salinidade de 34‰ e aeração constante.

2.2 ÁGUA DE CULTIVO DO BIOFLOCO

A água de cultivo utilizada para o experimento foi coletada em um tanque de 9.000 L do LCM, onde estavam sendo cultivados 2.700 adultos de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos, de aproximadamente 10 g (± 2 g), com renovação zero de água, somente o que foi evaporado era repostado. Os camarões estavam recebendo 956 g (valor médio em 4 semanas) de ração por dia, com 35% de proteína bruta. O tanque apresentava os seguintes parâmetros físico-químicos (valor médio em 4 semanas): salinidade 34,8‰, pH 7,33, alcalinidade 165 mg L^{-1} , amônia 3,2 mg L^{-1} , nitrito 2,70 mg L^{-1} e sólidos suspensos totais (SST) 1143,33 mg L^{-1} . Toda a água contendo bioflocos foi filtrada em um filtro de papel antes de ser utilizada nas unidades experimentais.

2.3 AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO DE NUTRIENTES POR 6 HORAS

A capacidade de absorção de nutrientes da macroalga *Ulva lactuca*, foi analisada utilizando uma biomassa de 10 g L^{-1} durante 6 horas, em recipientes de 5 L contendo 3,5 L de cada tratamento: água de cultivo de bioflocos com alga (BFT+U), ou água do mar esterilizada enriquecida com solução de von Stosch a 100% (VS100). Como controle, foi utilizado apenas a água de cultivo sem alga (BFTc). Amostras de água em triplicata de cada tratamento e do controle foram coletadas de hora em hora para leitura dos parâmetros totais de amônia, nitrito e ortofosfato. Além disso, foi mensurado de hora em hora: o pH, oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade, sendo a alcalinidade medida no tempo inicial e final. As amostras de água foram analisadas no Laboratório de Qualidade de Água (LCM-UFSC), segundo o método proposto por GRASSHOFF *et al.* (1983).

2.4 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS MACROALGAS EM CONCENTRAÇÕES BAIXAS DE BIOFLOCOS

Foi analisada a taxa de crescimento da macroalga em três diferentes concentrações de efluente de biofoco diluído em água do mar esterilizada: 5% de biofoco e 95% de água do mar esterilizada (BFT5), 10% de biofoco e 90% de água do mar esterilizada (BFT10) e 25% de biofoco e 75% de água do mar esterilizada (BFT25). Como controle, as macroalgas foram cultivadas apenas em água do mar esterilizada (AM). Em cada unidade experimental, foi utilizada uma densidade inicial de $4 \pm 0,02 \text{ g L}^{-1}$. Todos os tratamentos foram realizados em quadruplicada ($n = 4$) em Erlenmeyers de 1000 mL durante um período de quatro semanas, nas condições laboratoriais descritas anteriormente na seção 2.

Tentando simular um sistema de cultivo integrado em recirculação, a cada semana, a porcentagem de água do respectivo tratamento foi substituída pela mesma porcentagem de biofoco. Assim, no tratamento BFT5, após uma semana, 5% do meio de cultura foi descartado e substituído por biofoco na mesma quantidade. No controle, houve renovação total de água semanalmente. As algas foram secas em centrífuga de saladas e pesadas e os Erlenmeyers trocados. Ao final do período experimental, as algas foram pesadas e a taxa de crescimento diária calculada segundo YONG *et al.* (2013).

2.5 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE *ULVA* EM CONCENTRAÇÕES CRESCENTES DE BIOFLOCOS

Foi analisada a taxa de crescimento da macroalga em concentrações crescentes de nutrientes. Para tal, foram testados dois tratamentos com diferentes fontes de nutrientes: água do cultivo de camarão em sistema de biofoco diluído em água do mar esterilizada (BFT) e água do mar esterilizada enriquecida com von Stosch (VS). Em cada unidade experimental, foi utilizada uma densidade inicial de $4 \pm 0,02 \text{ g L}^{-1}$. Todos os tratamentos foram realizados em triplicada ($n = 3$) em Erlenmeyers de 1000 mL durante um período de quatro semanas, nas condições laboratoriais descritas anteriormente.

Os cultivos foram iniciados com concentração de 25% de biofocos e 75% de água do mar esterilizada (BFT25) e água do mar enriquecida com solução von Stosch a 25% (VS25); semanalmente, as concentrações foram aumentadas em 25% de modo a chegar a 100%, em ambos tratamentos, na quarta semana. No momento da renovação, as algas foram secas em uma centrífuga de saladas e pesadas, os Erlenmeyers trocados, o meio de cultivo descartado e substituído pela nova concentração do meio.

Ao final do período experimental, as algas foram pesadas e a taxa de crescimento diária calculada segundo o método proposto por YONG *et al.* (2013).

2.6 ANÁLISES DE DADOS E ESTATÍSTICA

A taxa de crescimento foi determinada pela seguinte fórmula (YOUNG *et al.* 2013):

$$TC (\% \text{ dia}^{-1}) = \left[\left(\frac{Bf}{Bi} \right)^{1/t} - 1 \right] \times 100 \quad (1)$$

Bf: biomassa final

Bi: biomassa inicial

t: tempo

Para calcular o potencial de biofiltro da espécie dois parâmetros foram utilizados: a diferença entre a concentração de nutrientes por hora e a eficiência de remoção desses nutrientes, calculada segundo a fórmula adaptada (HAYASHI *et al.* 2008):

$$TR(\% \text{ de remoção}) = [(Ti - T2) \times (Ti)^{-1}] \times 100 \quad (2)$$

TR = Taxa de remoção

Ti = Concentração de nutriente no tempo inicial (mg L⁻¹)

T2= Concentração de nutriente referente a próxima hora (mg L⁻¹)

As análises estatísticas foram feitas no programa Statistica, por meio de Análise de Variância (ANOVA) unifatorial E ANOVA de medidas repetidas, seguidas de testes Newman-Keuls, considerando p< 0,05.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DOS NUTRIENTES DA ÁGUA

Durante as 6 horas de incubação, foi observada uma concentração média de nutrientes nos tratamentos e controle de acordo com a Tabela 1. Para o tratamento von Stosch (VS100) foram encontradas concentrações muito baixas dos nutrientes avaliados, o que está associado à sua composição segundo EDWARDS (1970) modificado por YOKOYA (2000).

Tabela 1. Concentração média de nutrientes: amônia (NH_3^-), nitrito (NO_2^-) e fosfato (PO_4^{3-}).

	Amônia (mg L^{-1})		Nitrito (mg L^{-1})		Fosfato (mg L^{-1})	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
BFTc	1,43 ± 0,03	1,12 ± 0,17	3,40 ± 0,09	3,64 ± 0,18	1,00 ± 0,01	0,80 ± 0,04
BFT+U	1,33 ± 0,04	0,63 ± 0,06	3,37 ± 0,03	3,27 ± 0,04	1,46 ± 0,12	0,85 ± 0,03
VS100	0,07 ± 0,01	0,04 ± 0,03	0,00	0,00	0,86 ± 0,03	0,78 ± 0,01

Os dados são apresentados como média aritmética ± desvio padrão.

A taxa de remoção de amônia do tratamento BFT+U foi maior e crescente ao longo das horas (Figura 1A), com maior taxa de remoção de 53%. No tratamento VS100 a maior taxa de remoção foi de 42% (Figura 1C) e no controle BFTc de 24% (Figura 1B), que apresentou grandes variações de amônia ao longo das horas. Provavelmente, no controle existe apenas a influência dos microrganismos vivos que compõe o biofilme. A maior taxa de remoção foi observada no término do período experimental de 6 horas, (Figura 1), observado também por HAYASHI *et al.* (2008) no cultivo de *Kappaphycus alvarezii* em efluentes de peixes.

A taxa de remoção do fosfato no tratamento BFT+U (Figura 2A) apresentou maior eficiência comparado ao tratamento VS100 (Figura 2C) e controle BFTc (Figura 2B). Para HAYASHI *et al.* (2008) a taxa de eficiência remoção de fosfato pela *K. alvarezii* variou de 2,06% a 9,10%, enquanto para PIRES (2017) a *K. alvarezii* cultivada em biofilos, apresentou taxa de remoção de 83,58%. O fósforo está relacionado à formação dos tecidos algáceos, sendo essencial nos processos de fotossíntese e respiração (LEE *et al.*, 2005).

A eficiência de remoção de nitrito foi a mais baixa dentre todos os nutrientes (Figura 3), e para o tratamento VS100 não houve remoção do mesmo. Para HAYASHI *et al.* (2008) a eficiência de remoção variou de 18,22% a 25,53%. Para PIRES (2017) não houve taxa de remoção de nitrito pela alga. O nitrito também é altamente tóxico para diversos organismos aquáticos, e por ser um composto intermediário do processo de nitrificação, sua presença também deve ser baixa em sistemas aquícolas equilibrados (SPOTTE, 1979).

Figura 1. Taxa de remoção de amônia A) BFT+U B) BFTc C) VS100 de *Ulva lactuca* cultivada por 6 horas. Valores apresentados em médias; as barras verticais representam o desvio padrão.

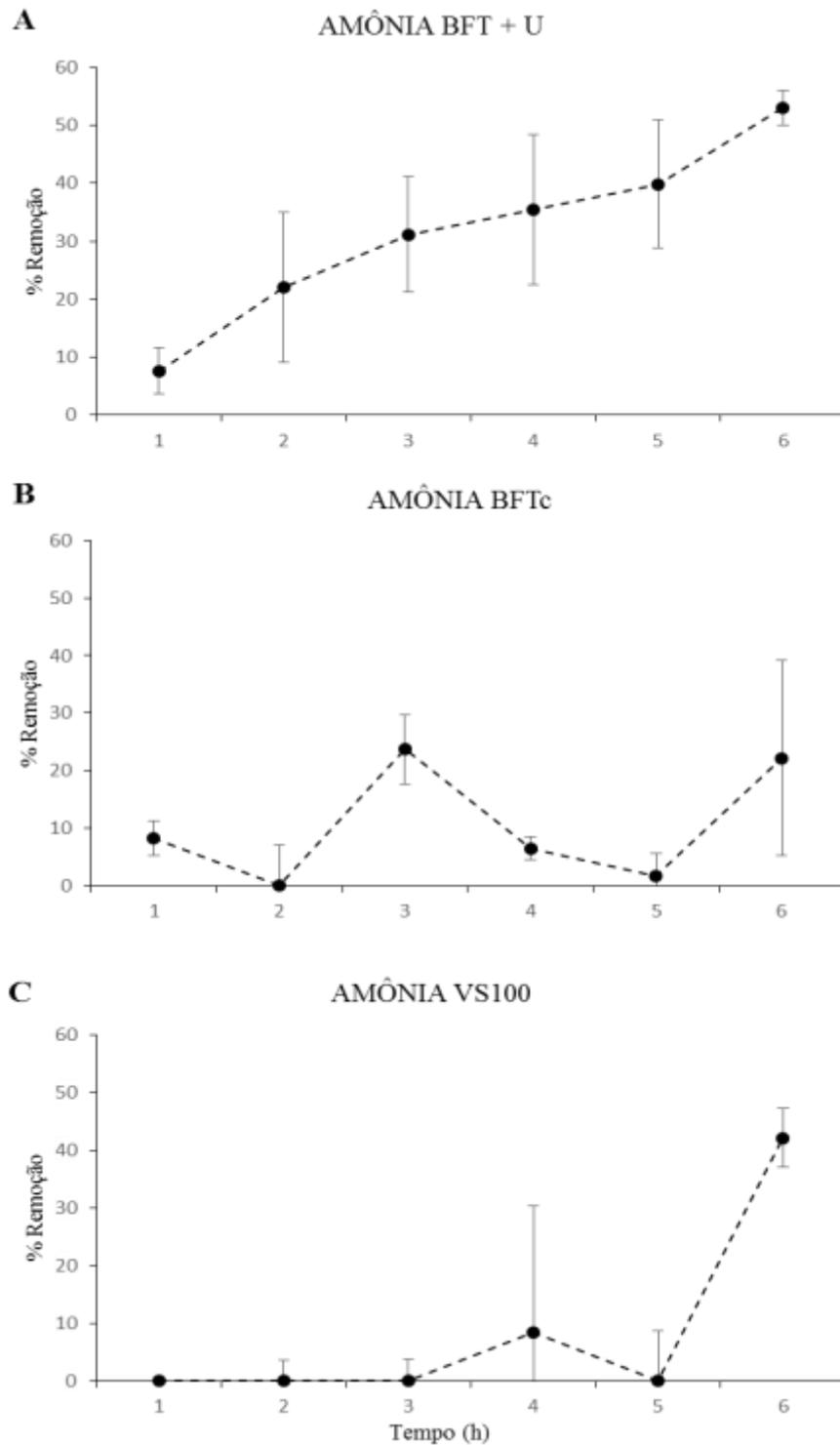


Figura 2. Taxa de remoção de fosfato A) BFT+U B) BFTc C) VS100 de *Ulva lactuca* cultivada por 6 horas. Valores apresentados em médias; as barras verticais representam o desvio padrão.

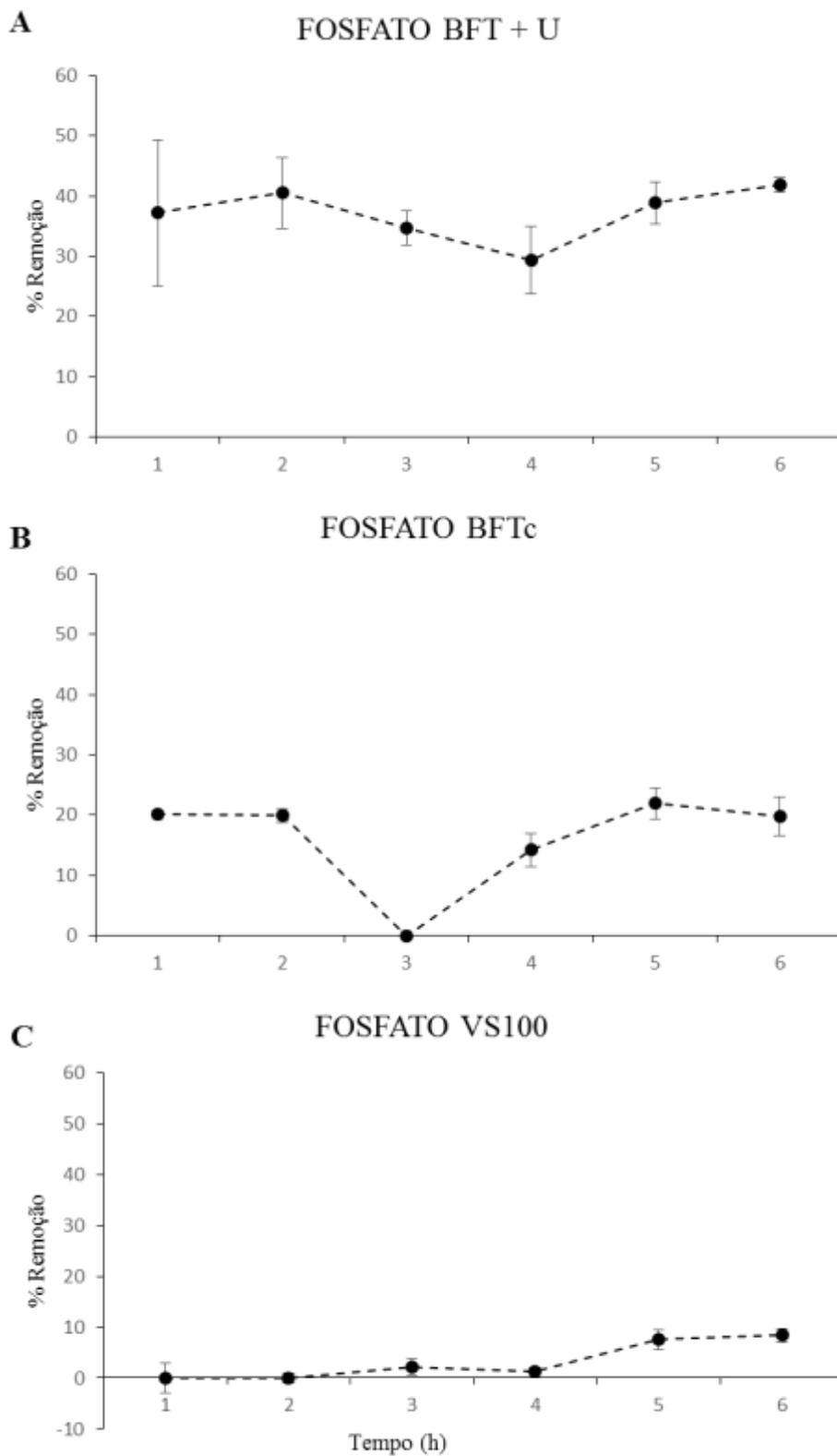
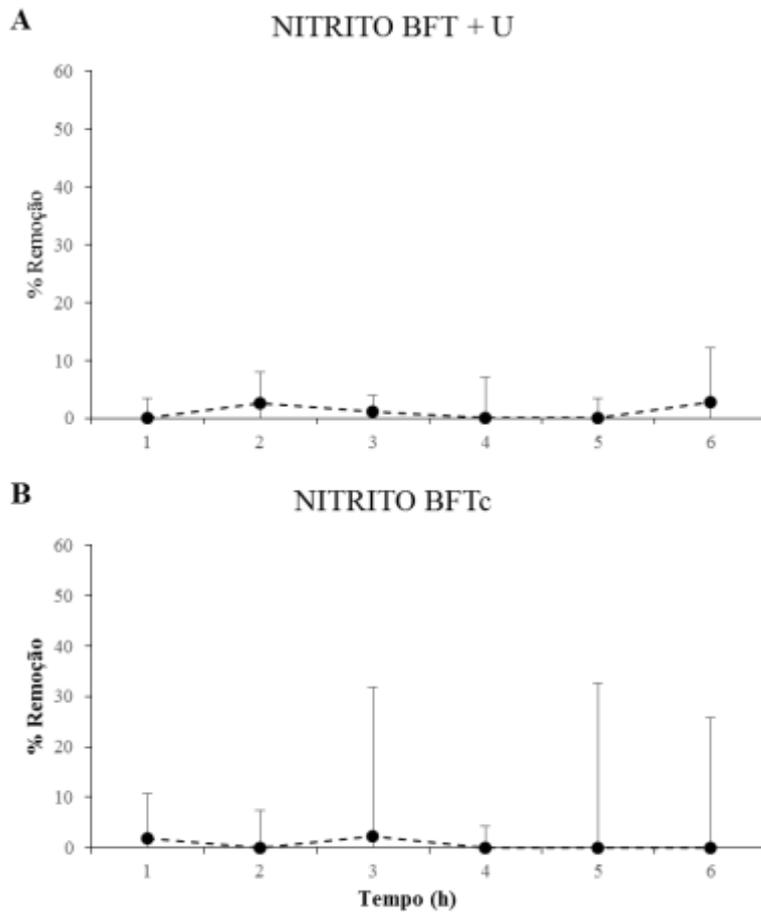


Figura 3. Taxa de remoção de nitrito A) BFT+U B) BFTc de *Ulva lactuca* cultivada por 6 horas. Valores apresentados em médias; as barras verticais representam o desvio padrão.



3.2 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS MACROALGAS EM CONCENTRAÇÕES BAIXAS DE BIOFLOCOS

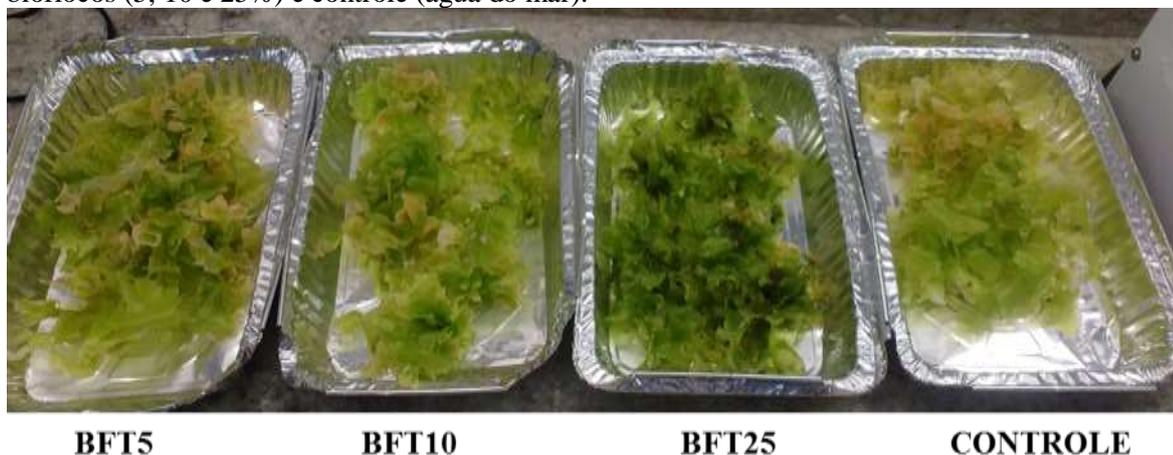
A taxa de crescimento específico nos tratamentos e controle não apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 2). Porém, foi observado que as macroalgas perderam pigmentação e se desintegraram (Figura 4), provavelmente devido à falta de nutrientes, uma vez que foi observado que as algas do tratamento com maior concentração de bioflocos (BFT25) apresentou coloração mais viva em relação aos outros tratamentos e controle

Tabela 2. Crescimento semanal % dia⁻¹ *Ulva lactuca* cultivada por 28 dias em baixas concentrações de bioflocos (5, 10 e 25%) e controle (água do mar). Qual estatística foi usada?

	Controle	BFT 5	BFT 10	BFT 25
TC (% dia⁻¹)	1,01 ± 0,76	0,98 ± 0,90	0,03 ± 0,22	0,72 ± 0,23
Biomassa inicial (g)	4,01 ± 0,02	3,99 ± 0,02	4,00 ± 0,02	4,01 ± 0,02
Biomassa final (g)	5,41 ± 1,17	5,38 ± 1,33	4,04 ± 0,23	4,90 ± 0,31

Os dados são apresentados como média aritmética ± desvio padrão. n=4

Figura 4. Perda de pigmentação de *Ulva lactuca* cultivada por 28 dias em baixas concentrações de bioflocos (5, 10 e 25%) e controle (água do mar).



Fonte: elaborada pelo autor.

Segundo DEL CAMPO *et al.* (1998), um dos maiores problemas associados ao cultivo de *Ulva* é a rápida perfuração da lâmina, seguida pela fragmentação desta, e perda progressiva de biomassa em poucas semanas de cultivo. No presente trabalho, foi observado apenas a fragmentação do talo da alga, sem a perfuração, o que poderia estar relacionado a falta de nutrientes. COLORNI (1989), concluiu que a doença de perfuração da *Ulva* sp. estava sendo desencadeada por eventos traumáticos durante o cultivo e não apenas causadas por doenças associadas a qualquer tipo de patógeno.

COSTA (2006) afirmou que sedimentos finos da água do viveiro, além do “foulling” presente, forma uma camada espessa nas lâminas, o que dificulta a absorção de luz pelas algas, diminuindo sua capacidade fotossintética da *U. lactuca*. O aumento da turbidez e/ou impregnação de partículas sólidas sobre os tecidos fotossintéticos, resulta em perda na absorção de luz pelas macroalgas (JONES *et al.*, 2001). De acordo com LOBBAN *et al.* (1985), a perda da integridade estrutural e aumento da incidência de doenças podem ser exacerbados pela

redução da fotossíntese. Embora tenha sido filtrada, observou-se uma fina camada de sólidos sobre as algas e Erlemayers, advindo provavelmente da água de bioflocos, o que possivelmente deve ter contribuído para a diminuição da capacidade fotossintética, resultando numa redução da produtividade algácea. Também foi observado perda de pigmentação das algas, principalmente nas concentrações mais baixas, relacionadas provavelmente a nutrição deficiente o que leva a concluir que baixas concentrações de bioflocos (5% e 10%) não são ideais para o cultivo de *Ulva lactuca*.

3.3 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE *ULVA* EM CONCENTRAÇÕES CRESCENTES DE BIOFLOCOS

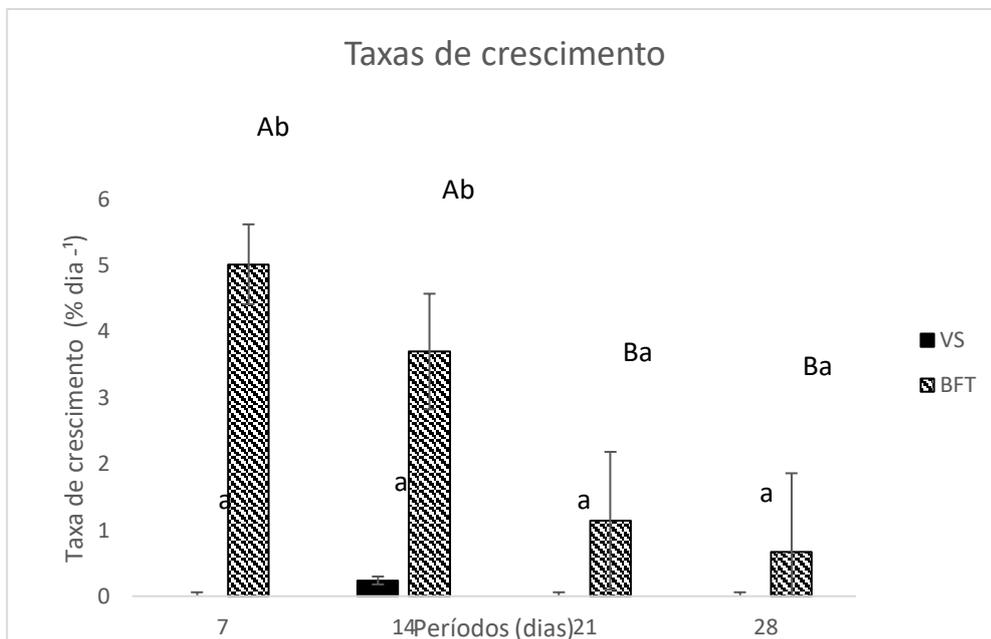
A taxa de crescimento dos tratamentos não apresentou diferenças significativas, entre a primeira semana de cultivo e a última de acordo com ANOVA unifatorial (Tabela 3), mas quando comparado semanalmente, de acordo com ANOVA de medidas repetidas, observou-se diferenças significativas entre os tratamentos nos dias 7 e 14 (Figura 5). Além disso, dentro do tratamento BFT foram observadas diferenças significativas nos dias 7 e 14 de cultivo (Figura 5), o que refere teoricamente a 25% e 50% de concentração, respectivamente. Foi observado que as macroalgas cultivadas em bioflocos tiveram coloração mais intensa comparada com as que foram cultivadas em solução von Stosch. (Figura 6), o que provavelmente indica que o bioflocos fornece mais nutrientes a alga. Tal fato também foi observado por HAYASHI *et al.*, (2008) onde foi estudado a eficiência da alga *Kappaphycus alvarezii* como biofiltro na remoção de compostos nitrogenados e fosfatados solúveis em efluentes de criação de peixes e por PIRES, (2014) que avaliou o aproveitamento do efluente oriundo da criação de camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*) em sistema de bioflocos pela macroalga *K. alvarezii* e reforça a hipótese de que os talos fertilizados tenham acumulado nutrientes na forma de clorofila (REED, 1990). Também foi observado que nas concentrações 75% e 100% em ambos os tratamentos, as algas apresentaram estruturas reprodutivas (Figura 7).

Tabela 3. Crescimento de *Ulva lactuca* cultivada por 28 dias em altas concentrações de bioflocos (BFT100) e von Stosch (VS100).

	TC (% dia ⁻¹)	Biomassa inicial (g)	Biomassa final (g)
VS100	0,00 ± 0,00	4,02 ± 0,02	3,58 ± 0,51
BFT100	0,67 ± 1,28	4,00 ± 0,05	5,01 ± 1,75

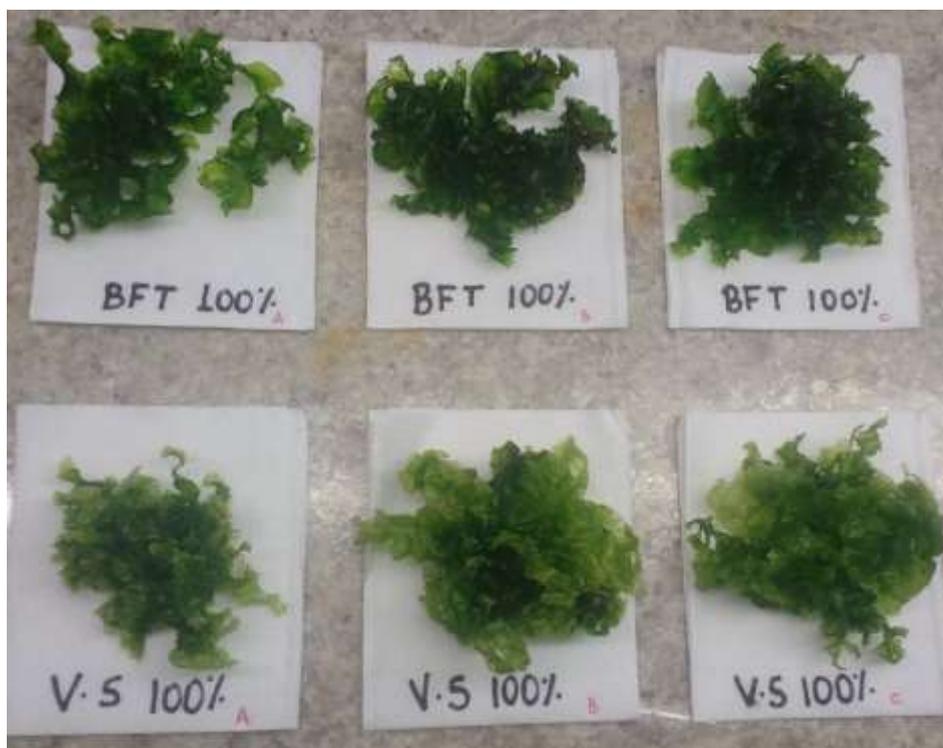
Os dados são apresentados como média aritmética ± desvio padrão. n = 3

Figura 5. Taxa de crescimento semanal (% dia⁻¹) de *Ulva lactuca* cultivada por 28 dias em altas concentrações de bioflocos (BFT) e von Stosch (VS). (Concentrações representadas por período (dias): 7 (25%); 14 (50%); 21 (75%); 28 (100%).



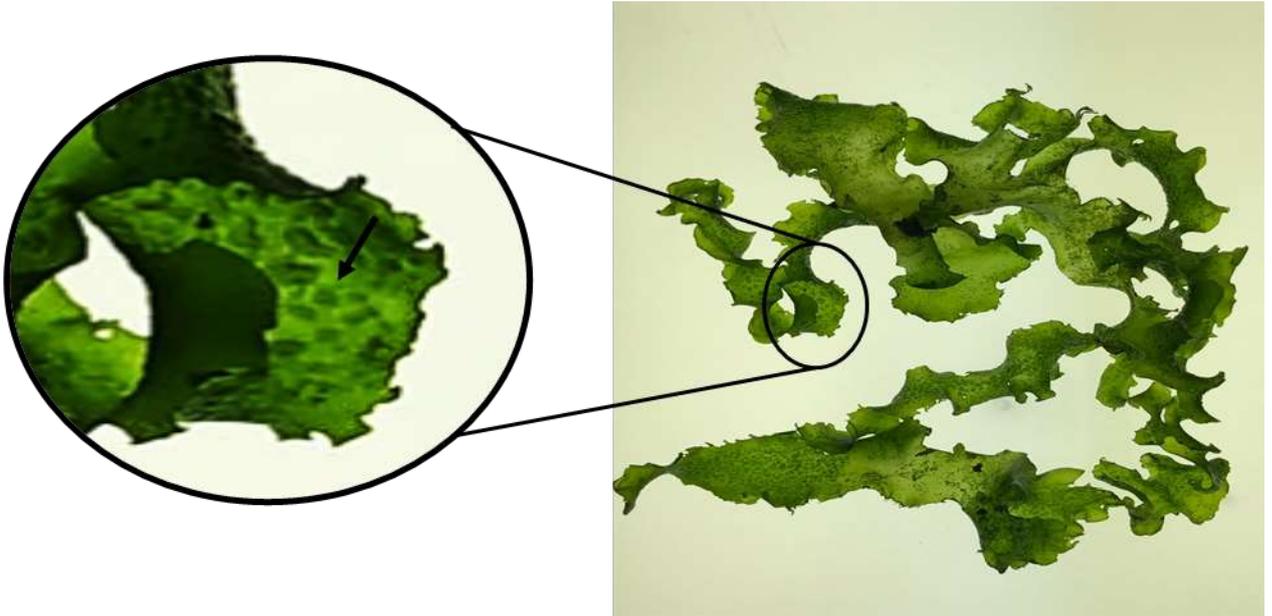
Letras minúsculas apresentam diferença significativa entre os tratamentos ao longo do período de cultivo e as maiúsculas as diferenças significativas dentro do período de cultivo de um mesmo tratamento. Segundo ANOVA de medidas repetidas e Teste Newman-Keuls, considerando $p < 0,05$.

Figura 6. Diferença de pigmentação de *Ulva lactuca* cultivada por 28 dias em concentração de bioflocos (BFT100) e von Stosch (VS100), respectivamente



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 7. Tecido reprodutivo de *Ulva lactuca* cultivada em BFT100.



Fonte: elaborado pelo autor.

As algas utilizam energia solar e nutrientes como carbono, nitrogênio e fósforo para realizar fotossíntese e ganhar biomassa enquanto assimilam os nutrientes inorgânicos dissolvidos na água. Estudos revelam que os nutrientes oriundos das efluentes de peixe, camarão e bivalve, encontram-se disponíveis para o crescimento das algas (TROELL *et al.*, 2003). Para PIRES (2014), apresenta potencial fertilizante para macroalga *Kappaphycus alvarezii*. O mesmo foi observado em cultivo integrado da ostra *Pinctada martensi* com a macroalga *Kappaphycus alvarezii*, onde QIAN *et al.* (1996) constatou que talos em presença de compostos nitrogenados excretados pelas ostras cresceram mais.

As condições do ambiente ou fatores abióticos, como a poluição, induzem uma série de respostas fisiológicas em organismos, que determinam se o ambiente físico é habitável ou não. O desempenho dos organismos nestas situações decresce rapidamente nesta ordem: primeiro a reprodução, depois crescimento e finalmente a sobrevivência (TOWNSED *et al.* 2006). Para IMCHEN (2012) o excesso de nutrientes na água no cultivo da *Ulva* spp. não é limitante, pelo contrário, o seu crescimento possui correlação positiva com a sua disponibilidade. No presente trabalho, foi observado a formação de estruturas reprodutivas da espécie *Ulva lactuca* em maiores concentrações (75% e 100%), considerada provavelmente uma resposta fisiológica ao estresse da alga ao grande aporte de nutrientes presentes na água.

Com base nos resultados apresentados, foi possível concluir que a taxa de absorção de amônia, nitrato e fosfato da água do cultivo de camarão em sistema de bioflocos foi de 53%, 2,8% e 22% respectivamente. Não houve diferença significativa entre a TCE da *Ulva lactuca* nas concentrações de 5, 10 e 25 % de água BFT, porém observou-se desintegração e diminuição de pigmentação por falta de nutrientes. A TCE foi maior nos dias 7 e 14 em concentrações de BFT e VS de 25 e 50%, apresentando a mesma eficiência, podendo ser substituído pelo bioflocos em cultivo de *U. lactuca* e nas concentrações de 75% e 100% as macroalgas apresentaram estruturas reprodutivas causado provavelmente por um estresse devido a alta concentração de nutrientes. .

Como a taxa de remoção da alga é rápida, observado na análise de remoção de nutrientes da água, outra alternativa seria repetir esse experimento dentro do limite de concentrações 25% a 100% em intervalo de tempo menor que 4 semanas, de maneira que a alga consiga absorver os nutrientes, sem causar estresse.

4 REFERÊNCIAS

ALENCAR, J.R., HORTA, P.A.J., CELINO, J.J. Cultivo de camarão branco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) com a macroalga *Ulva lactuca* Linneaus (Chlorophyta) no tratamento de efluentes em sistema fechado de recirculação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 10, n. 1, p. 117-137, 2010.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture** 176, 227-235, 1999.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. **Aquaculture** 264, 140-147, 2007.

AVNIMELECH, Y., 2009. Biofloc Technology -A practical Guide Book.The World **Aquaculture** Society, Baton Rouge, Louisiana, USA.

BOYD, C. E., GREEN, B. W., Coastal water quality monitoring in shrimp farming areas, an example from Honduras, Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment, Work in Progress for Public Discussion, Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Alabama,USA, 2002.

BOYD, C.E., Guidelines for aquaculture effluente management at the farm-level. **Aquaculture** 226, 101-112, 2003.

BRUHN, A., DAHL, J., NIELSEN, H. B., NIKOLAISEN, L., RASMUSSEN, M. B., MARKAGER, S., OLESEN, B., ARIAS, C., JENSEN, P.D. Bioenergy potential of *Ulva lactuca*: Biomass yield, methane production and combustion. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 2595-2604, 2011.

BRUNE, D.E.; SCHWARTZ, G.;EVERSOLE,A.G.;COLLIER, J.A.; SCHWEDLER, T.E. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. **Aquacultural Engineering**, v. 28, n. 1–2, p. 65–86, 2003.

BURGESS, R. M., PELLETIER, M. C., HO, K.T., SERBST, J. R., RYBA, S. A., KUHN,A.,PERRON,M.M.,RACZELOWSKI, P., CANTWELL, M. G., Removal of ammonia toxicity in marine sediment TIEs: a comparison of *Ulva lactuca*, zeolite and aeration methods, **Marine Pollution Bulletin** 46:607–618, 2003.

CASTELLANI, D.; ABIMORAD, E. G. SISTEMAS INTEGRADOS EM AQUICULTURA. **Pesquisa e Tecnologia**. São Paulo, p. 1-4. jan. 2012.

CHOPIN, T., BUSCHMANN, A. H., HALLING, C., TROELL, M., KAUTSKY, N., NEORI, A., NEEFUS, C. 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key toward sustainability. **Journal of Phycology**, v. 37(6), p. 975-986.

CHOPIN, T., SHARP, G., BELYEA, E., SEMPLE, R., JONES, D., (1999a).

- CHOPIN, T., YARISH, C., WILKES, R., BELYEA, E., LU, S., MATHIESON, A., (1999b). Developing Porphyra/salmon integrated aquaculture for bioremediation and diversification of the aquaculture industry. **Journal of Applied Phycology**, 11:463-472.
- COHEN, I., NEORI, A., *Ulva lactuca* biofilters for marine fishpond effluents. I. Ammonia uptake kinetics and nitrogen content, **Bot. Mar.** 34: 475–482, 1991.
- COLORNI A. Perforation disease affecting *Ulva* sp. cultured in Israel on the **Red Sea**. **Dis Aquat Org.** 1989 ;7:71–73.
- COPERTINO, M.D.; TORMENA, T. & SEELIGER, U. Biofiltering efficiency, uptake and assimilation rates of *Ulva clathrata* (Roth) J. Agardh (Chlorophyceae) cultivated in shrimp aquaculture waste water. **Journal of Applied Phycology** 21:31-45, 2009.
- COSTA, V. M. F. da. UTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Ulva lactuca linnaeus* na redução de nutrientes (NH_4^+ , NO_3^- e PO_4^{2-}) provenientes da carcinicultura (análise laboratorial e de campo). 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós- Graduação em Bioecologia Aquática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
- DAWES, C.J. et al. Ecological studies of Floridean *Eucheuma* (Rhodophyta, Gigartinales). III. Seasonal variation of carrageenan, total carbohydrate, protein, and lipid. **Bulletin of Marine Science**, v. 24, n. 2, p. 286–299, 1974.
- DEL CAMPO, E., GARCÍA REINA, G., CORREA, J.A., Degradative disease in *Ulva rígida* (Chlorophyceae) associated with *Acrochaete geniculata* (Chlorophyceae), **Journal of Phycology** 34:160-166, 1998.
- EDWARDS, P. Illustrated guide to the seaweeds and seagrass in the vicinity of Porto Aransas, Texas. **Contrib Mar Sc Austin**. v. 15, p.1-228.1970.
- FONSECA, A. L. D.; BRAGA, E. S.; EICHLER, B. B. 2002. Distribuição espacial dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e da biomassa fitoplanctônica no sistema pelágico da Lagoa da Conceição; Santa Catarina, Brasil (setembro, 2000). *Atlântica*, Rio Grande, v.24, n. 2, p. 69-83.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and challenges. Rome. FAO (243 pp.)
- FORSTER, CF. 1976. Bioflocculation in the activated sludge process. **Water S.A.**, 2: 119-125.
- GRASSHOFF, K. A., EHRHARDT, M. & KREMLING, K. 1983. Methods of seawater Analysis. 2. ed., **Verlag Chemie**, 419p.
- GUIRY, M. D., AND G. M. GUIRY. 2014. *AlgaeBase*. Disponível em <<http://www.algaebase.org>> Acessado em: 8 abril 2017.
- HANDY, R. D., POXTON, M. G., Nitrogen pollution in marine culture: toxicity and excretion of nitrogenous compounds by marine fish, **Rev. Fish Biol. Fish.** 3: 205–24, 1993.

HAYASHI, L. et al. Nutrients removed by *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in integrated cultivation with fishes in re-circulating water. **Aquaculture**, v. 277, p. 185–191, 2008.

HO, Y. B., *Ulva lactuca* as bioindicator of metal contamination in intertidal waters in Hong Kong, **Hydrobiologia** 203: 73-81, 1990

IMCHEN T. Recruitment Potential of a Green Alga *Ulva flexuosa* Wulfen Dark Preserved Zoospore and Its Development. **Plos One** 7: 32651, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção da Pecuária Municipal- 2014. Disponível em <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2014_v42_br.pdf> Acesso em: 03 abr. 2017.

JIMENEZ DEL RIO, M., RAMAZANOV, Z., GARCIA REINA, G., *Ulva* rígida (Ulvales, Chlorophyta) tank culture as biofilters for dissolved inorganic nitrogen from fishpond effluents, **Hydrobiologia** 326/327: 61–66, 1996.

JONES, A. B., DENNISON, W. C., PRESTON, N. P., Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study, **Aquaculture** 193: 155–178, 2001.

KAMERMANS, P., MALTA, E., VERSCHUURE, J.M., LENTZ, L. F., SCHRIJVERS, L., Role of cold resistance and burial for winter survival and spring initiation of an *Ulva* spp. (Chlorophyta) bloom in a eutrophic lagoon (Veerse Meer lagoon, The Netherlands), **Marine Biology**, 131: 45-51, 1998.

LAPOINTE, B. E., TENORE, R., Experimental outdoor studies with *Ulva fasciata* Delile. I. Interaction of light and nitrogen on nutrient uptake, growth and biochemical composition, **J. exp. Mar. Biol. And Ecol.** 53, 135–152, 1981.

LARTIGUE, J., NEIL, A., HAYDEN, L. B., PULFER, J., CEBRIAN, J., The impact of salinity fluctuations on net oxygen production and inorganic nitrogen uptake by *Ulva lactuca* (Chlorophyceae), **Aquatic Botany** 75: 339–350, 2003.

LEE, T., M., TSAI, P., F., SHYU, Y., T., SHEU, F., The effects of phosphite on phosphate starvation responses of *Ulva Lactuca* (Ulvales, Chlorophyta), **J. Phycol.** 41, 975–982, 2005.

LEE, W. Y., WANG, W. X., Metal accumulation in the green macroalga *Ulva fasciata*: effects of nitrate, ammonium and phosphate, **The Science of the Total Environment** 278: 11-22, 2001.

LOBBAN, C. S., HARRISON, P. J., DUNCAN, M. J., *The Physiological Ecology of Seaweed*, Cambridge University Press, 1985.

MALTA, E. J., VERSCHUURE, J.M., Effects of environmental variables on between-year variation of *Ulva* growth and biomass in a eutrophic brackish lake, **Journal of Sea Research** 38: 71–84, 1997.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Disponível em < <http://www.agricultura.gov.br/noticias/aquicultura-brasileira-cresce-123-em-dez-anos>> Acesso em: 03 abr. 2017.

MUNDAY, B. W., ELEFTERIOU, A., KENTOURI, M., DIVANACH, P., The Interaction of aquaculture and the environment, a bibliographical review, **commissioners of the European Community**, Brussels DGXIV/D/3, 1992.

NALDI, M., VIAROLI, P., Nitrate uptake and storage in the seaweed *Ulva rígida* C. Agardh in relation to nitrate availability and thallus nitrate content in a eutrophic coastal lagoon (Sacca di Goro, Po River Delta, Italy), **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 269: 65–83, 2002.

NALDI, M., WHEELER, P., N measurements of ammonium and nitrate uptake by *Ulva fenestrata* (Chlorophyta) and *Gracilaria pacifica* (Rhodophyta): Comparison of net nutrient disappearance, release of ammonium and nitrate and N accumulation in algal tissue, **J. Phycol.** 38:135-144, 2002.

NELSON, S. G.; GLEEN, E. P.; CONN, J.; MOORE, D.; WALSH, T & AKUTAGAWA, M.; Cultivation of *Gracilaria paríspora* Rhodophyta in shrimp-farm effluent ditches and floating cages in Hawaii: a two-phase polyculture system, **Aquaculture** 193:239–248, 2001.

NEORI A. et al. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. **Aquaculture**, v. 231, p.361–391, 2004.

NEORI, A., SHPIGEL, M., BENEZRA, D., A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone, **Aquaculture** 186:279–291, 2000.

NUNES, A.J. P., Tratamentos de efluentes e recirculação da água na engorda de camarão marinho, **panorama de aquicultura**-Maio/Junho, 2002.

PEREIRA, R., KRAEMER, G., YARISH, C., SOUSA-PINTO, I. Nitrogen uptake by gametophytes of *Porphyra dioica* (Bangiales, Rhodophyta) under controlled-culture conditions. **European Journal of Phycology**, 2008.

PINCHETTI, J. L. G., FERNANDEZ, E. D. C., DIEZ, P. M., REINA, G. G., Nitrogen availability influences the biochemical composition and photosynthesis of tank-cultivated *Ulva rígida* (Chlorophyta), **J. Appl Phycol**, 10:383-389, 1998.

PIRES, C. M., **Análise do potencial de fertilização da macroalga *Kappaphycus alvarezii* com efluentes oriundos da carcinicultura de *Litopenaeus vannamei* cultivados em sistema de bioflocos.** 2014. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Aquicultura, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

PIRES, C. M., **aproveitamento do efluente da carcinicultura de *litopenaeus vannamei* em sistema bioflocos pela macroalga *kappaphycus alvarezii*.** 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017.

QIAN, P.Y. et al. Integrated cultivation of the red alga *Kappaphycus alvarezii* and the pearl oyster *Pinctada martensi*. **Aquaculture**, v. 147, p. 21–35, 1996.

REED, R. H. Solute accumulation and osmotic adjustment. In: Cole K. M. & Sheath R. G. (eds.). **Biology of Red Algae**. Combridge University Press, New York, USA. 147-170, 1990.

Resolução nº 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União nº 053. Brasília, DF, 18 de mar. 2005. p. 58-63. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 03 de abr. 2017.

Resolução nº 430/2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.Diário Oficial da União nº 92. Brasília, DF, 16 de mai. 2011.p.89.Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> Acesso em: 03 de abri. 2017.

RODRIGUEZ, M.R.C.; MONTAÑO, M.N. E. Bioremediation potential of three carrageenophytes cultivated in tanks with seawater from fish farms. **Journal of Applied Phycology**, v. 19, p. 755–762, 2007.

RUNCIE, J. W., RAYMOND J. R., LARKUM, A. W., Uptake kinetics and assimilation of inorganic nitrogen by *Catenella nipae* and *Ulva lactuca*, **Aquatic Botany** 76:155–174, 2003.

SCHUENHOFF, A., SHPIGEL, M., LUPATSCH, I., ASHKENAZI, A., MSUYA, F. E., NEORI, A., A semi-recirculating, integrated system for the culture of fish and seaweed, **Aquaculture** 221:167–181, 2003.

SPOTTE, S. Sea water Aquariums. John Wiley & Sons, New York, 413 pp. Armstrong, D. A., D. Chippendale, A.W. Knight and J.E. Colt, 1978. Interaction of ionized and unionized ammonia on short-term survival and growth of prawn larvae, *Macrobrachium rosenbergii*. **Biol. Bull.** 154: 14–31, 1979.

TIMMONS, M.B., EBELING, J.M., WHEATON, F.W.,SUMMERFELT, S.T.AND VINCI, B.J. 2002. **Recirculating Aquaculture Systems, 2nd Edition**. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY 14850, USA. 800 p. NRAC Publication No.01-002.

TOWNSED, C.R; BEGON, M; HARPER,J.L.**Fundamentos em ecologia.Artmed.Porto Alegre**.592p,2ed,2006.

TROELL, M., HALLING, C., NEORI, A., CHOPIN, T., BUSCHMANN, H. A., KAUTSKY, N., YARISH, C. Integrated mariculture: asking the right questions. **Aquaculture**, 226:69-90, 2003.

VERGARA, J. J., NIELL, F. X., TORRES, M., Culture of *Gelidium sesquipedale* Clem. Born. et Thur. in a chemostat system: biomass production and metabolic responses affected by nitrogen flow, **J. Appl. Phycol.** 5, 405–415, 1993.

VIJAYARAGHAVAN, K., JEGAN, J. R., PALANIVELU, K., VELAN, M., Copper removal from aqueous solution by marine green alga *Ulva Reticulata*, **Electronic Journal of Biotechnology**, Vol.7 N°:1: 62-71, 2004.

WASIELESKY JR, W., ATWOOD, H., STOKES, A., BROWDY, C.L., 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture** 258, 396-403.

YOKOYA, N.S. Apical callus formation and plant regeneration controlled by plant growth regulators on axenic culture of the red alga *Gracilariopsis tenuifrons* (Gracilariales, Rhodophyta). **Phycological Research** 48:133-142, 2000.

YONG, W. T. L. et al. Profiling of lectin production in wild-type and *in vitro* cultivated *Kappaphycus alvarezii*. European International **Journal of Science and Technology**. v. 2 (9), p. 125-132, 2