

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA

Caroline Rodrigues da Silva

**FERTILIZAÇÃO EM TANQUES DA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii* EM
ALTA DENSIDADE COM EFLUENTE DE SISTEMA DE BIOFLOCOS**

Florianópolis
2021

Caroline Rodrigues da Silva

**FERTILIZAÇÃO EM TANQUES DA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii* EM
ALTA DENSIDADE COM EFLUENTE DE SISTEMA DE BIOFLOCOS**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia de Aquicultura do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal de
Santa Catarina como requisito para a obtenção
do título de Bacharela em Engenharia de
Aquicultura

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Leila Hayashi

Florianópolis
2021

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

Silva, Caroline Rodrigues da
FERTILIZAÇÃO EM TANQUES DA MACROALGA *Kappaphycus*
alvarezii EM ALTA DENSIDADE COM EFLUENTE DE SISTEMA DE
BIOFLOCOS / Caroline Rodrigues da Silva ; orientadora,
Leila Hayashi, 2021.
30 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Engenharia de Aquicultura,
Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia de Aquicultura. 2. Aquicultura;. 3.
Maricultura;. 4. Nutrientes;. 5. Rhodophyta.. I. Hayashi,
Leila. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia de Aquicultura. III. Título.

Caroline Rodrigues da Silva

**FERTILIZAÇÃO EM TANQUES DA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii* EM
ALTA DENSIDADE COM EFLUENTE DE SISTEMA DE BIOFLOCOS**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de bacharela em Engenharia de Aquicultura e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia de Aquicultura

Florianópolis, 23 de setembro de 2021.

Prof. Dr. Marcos Caivano Pedroso de Albuquerque
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

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

Prof. Dr. Felipe Do Nascimento Vieira
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

*Dedico este trabalho à minha mãe Celma e meu pai Carlos, amores
da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Antes de mais nada, quero agradecer aos meus pais, Celma e Carlos, por sempre me incentivarem a estudar. Eu tenho consciência do quanto vocês tiveram de abrir mão, apenas para que eu pudesse chegar aqui hoje, e concluir esta graduação. Foi um esforço que jamais poderá ser mensurado... Vocês moveram céus e terra para que eu pudesse fazer aquilo que nunca foi permitido a vocês: estudar. E não foi fácil, como diz minha mãe: “pobre vive de teimoso”, mas conseguimos! Graças a vocês dois, conseguimos. Também agradeço a meu irmão Pedro e minha tia Cilene por toda a força.

Espero ter-lhes feito orgulhosos.

Rebeka, da Unifesp para a vida! Não posso deixar de lhe agradecer logo em seguida, bem como à Adriana, Odin, tanto o pai como o filho, e o Pingo. Vocês abriram a porta da casa de vocês para mim, me acolheram como parte da família nos meus primeiros meses em Floripa, foram meu lar. Por isso e por tanto mais, eu sou eternamente grata.

Querida orientadora, que encrenca caiu no seu colo não é mesmo?! Brincadeiras à parte, que honra ter sido sua aluna e orientanda! Que honra! Muito obrigada por me acolher na Seção de Macroalgas, por me confiar este projeto com o qual aprendi tanto, e por ser essa mulher tão inspiradora que você é. Nós, pequenos gafanhotos, temos em você uma professora que se importa com a graduação, mesmo em um mundo acadêmico que é pautado em publicações, isso é ouro. Obrigada por toda sua dedicação, por todo o conhecimento compartilhado e por disseminar o amor pelas macroalgas. Eu não poderia estar em melhores mãos.

À Universidade Federal de Santa Catarina pelo ensino público gratuito e de qualidade, ao Departamento de Aquicultura e todos os professores pelo ensino e dedicação, meu muito obrigada! Vocês tornam o ensino superior de qualidade uma realidade para milhares de jovens como eu.

Às profas e profes com quem estagiei, eu preciso muito agradecer também, e foram tantos que agora mal recordo de todos. Desde o meu primeiro semestre na Engenharia de Aquicultura, mergulhei nos estágios e atividades acadêmicas, em primeiro lugar, porque eu ansiava muito por “colocar a mão na massa”, em segundo porque foi graças a muitos destes estágios que pude me manter em Floripa, através das bolsas. Aproveito aqui para ressaltar a importância da renda advinda das bolsas para os estudantes, especialmente os de fora da cidade, permitindo-os permanecer na

universidade, uma vez que as políticas de permanência, tão necessárias, não conseguem atender a todos. Então a todas as profas e profes com quem estagiei, **MUITO OBRIGADA!**

Como não mencionar as pessoas incríveis que trabalham ou trabalharam no CCA? Jussara, Seu Milton e Gil, nas secretarias, Valmor e Jorge na TI, Voneide, Thaila, Seu Joel, Raquel, e Carlos mi amigo, do R.U, Seu Jair da portaria, Dani e Dona Helena da limpeza, a equipe incrível da biblioteca... Vocês tornaram esses anos de graduação inesquecíveis! Lembrarei sempre de todo o carinho que tiveram comigo, e todas as risadas e momentos que compartilhei com vocês, obrigada por tornarem minhas lembranças do CCA tão afetivas.

Aos colegas de luta, de C.A, de atlética (que me orgulho de ter ajudado a fundar) e de SEMAQUI, que trabalheira demos hein? Mas valeu a pena cada segundo. Equipe de guerra da SEMAQUI (Rebeka, Tayná, Laila, Thallis, Clara e Elaine) aula de manhã e de tarde, laboratório, e depois, até as 23 horas organizando evento. É... Dedicção nunca nos faltou, já umas noites de sono...

E as pessoas incríveis que conheci durante estes anos? Sem vocês, não teria o menor sentido rir meu riso e derramar meu pranto. Rebeka, Tayná, e Laila, não sei nem o que dizer, só sentir. Que encontro minhas amigas... Obrigada por compartilharem tanto comigo! Alegrias tristezas, medos, esperanças, litros e mais litros de café naquela sala do C.A, hahaha quanta história! Amo vocês de graça!

Levarei comigo os encontros da graduação e da vida! Penélope, ahhh como sou grata pela sua amizade, pelo projeto polvo que foi tão incrível para mim, pelas noites de forró, e por todas as nossas trocas, te desejo um mundo de felicidades. Eli, nunca achei que alguém pudesse falar tanto quanto você, até conhecer a Thaís, e isso Kelvyn e Ewerton podem comprovar! Nessa disputa não sei quem ganha, mas por favor, nunca se calem. Aos encontros, aos amigos e amigas, Ramon, Denaise, Ana Paula, Ana Caroline, Clara, Thiago, Bianka, Rosita, Mari, Tati e Ferando, Matheus Berlofa, Patriula, toda equipe da LCM e Seção de Macroalgas, obrigada por tudo!!!

Olhar para trás agora, revendo tudo o que vivi, o quanto me esforcei, do quanto abdiquei para chegar até aqui, todas as experiências vividas e adquiridas, e tudo que foi aprendido, me faz perceber o quanto eu cresci, como pessoa e como profissional. Eu me orgulho de mim. A verdade é que a vida não para, para te dar tempo de respirar, tomar fôlego, se recompor e pegar impulso. A vida só te dá o agora e um passado imutável... E temos de fazer o melhor disso.

“Qual o tempo de vida de uma civilização tecnológica? Só temos radiotelescópios há umas poucas décadas. Dá para argumentar, lendo os jornais, que nossa civilização corre grandes riscos. Portanto, para a Terra pelo menos, o tempo de vida de uma civilização técnica nesse sentido é de uma década, ou de algumas décadas. E, se esse número fosse típico para as civilizações em geral, V seria, digamos, uma década, dez anos. Vamos chamar esse caminho de o mais pessimista. Um décimo vezes dez é um, e o número de civilizações tecnológicas na galáxia seria um. Onde ela está? Somos nós.”

(Carl Sagan)

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes concentrações de efluente de bioflocos de cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* e períodos de fertilização, no cultivo em altas densidades (21 g L^{-1}) da macroalga *Kappaphycus alvarezii*. Para tanto, as macroalgas foram aclimatadas por sete dias no escuro, com aeração constante, em água do mar esterilizada com salinidade 35‰ e temperatura de $24,0 \pm 2,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Para avaliar a melhor concentração de efluente BFT, três tratamentos foram testados em quadruplicata: BFT25 (25%), BFT50 (50%) e BFT100 (100%). A fertilização foi realizada semanalmente por 3 dias, e posteriormente, as algas foram cultivadas por 4 dias em água do mar esterilizada. Esse processo foi repetido durante cinco semanas. Após este período, todas as amostras foram mantidas apenas em água do mar esterilizada, por mais cinco semanas, com duas trocas semanais. Para comparar os diferentes regimes de fertilização em alta (21 g L^{-1}) e baixa densidade (7 g L^{-1}), 4 tratamentos foram testados em triplicata: T21/25; T7/25; T21/50; T7/50, onde T21 e T7 indicam a densidade de 21 e 7 g L^{-1} respectivamente, e 25 e 50 a concentração de efluente BFT (25% e 50%) usada na fertilização. Os tratamentos T21/25 e T7/25 foram fertilizados por 7 dias, enquanto os tratamentos T21/50 e T7/50 foram fertilizados por 3 dias e posteriormente, cultivados em água do mar esterilizada por mais quatro dias. Os cultivos foram realizados durante 5 semanas. O tratamento BFT100 promoveu maior crescimento em água do mar, porém apresentou maior incidência da enfermidade “ice-ice”. Portanto, para a manutenção de linhagens de *K. alvarezii* em laboratório para posterior cultivo no mar, recomendamos o cultivo em alta densidade por 3 dias por semana em BFT 50.

Palavras-chave: Aquicultura; Maricultura; Nutrientes; Rhodophyta.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the effect of different concentrations of biofloc effluent from shrimp cultivation of *Litopenaeus vannamei* and fertilization periods, in high density cultivation (21 g L^{-1}) of the seaweed *Kappaphycus alvarezii*. For this, seaweeds were acclimated for seven days in the dark, in sterile seawater with 35 ‰ salinity, with constant aeration and a temperature of $24.0 \pm 2.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. To evaluate the best concentration of BFT effluent, three treatments were tested in quadruplicate: BFT25 (25%), BFT50 (50%) and BFT100 (100%). Fertilization was carried out weekly for 3 days, and subsequently, the seedlings were cultivated for 4 days in sterilized seawater. This process was repeated for five weeks. After this period, all samples were kept only in sterile seawater for another five weeks, with two weekly water changes. To compare the different fertilization regimes in high (21 g L^{-1}) and low density (7 g L^{-1}), 4 treatments were tested in triplicate: T21/25; T7/25; T21/50; T7/50, where T21 and T7 indicate the density of 21 and 7 g L^{-1} respectively, and 25 and 50 the concentration of BFT effluent (25% and 50%) used in fertilization. Treatments T21/25 and T7/25 were fertilized for 7 days, while treatments T21/50 and T7/50 were fertilized for 3 days and after, cultivated in sterile seawater for another four days. Cultivation was carried out for 5 weeks. The BFT100 treatment promoted greater growth in seawater but has a higher incidence of “ice-ice” disease. Thus, for maintenance of *K. alvarezii* strains in the laboratory further cultivation in the sea, we recommend cultivation in high density for three days weekly in BFT 50.

Keywords: Aquaculture; Rhodophyta; Mariculture; Nutrients.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Unidades experimentais durante o período de fertilização, distribuídas em Erlenmeyer de 1 L com cânulas de vidro para aeração, durante troca do meio de cultivo (20)
- Figura 2.** Unidades experimentais distribuídas ao acaso na sala de cultivo da Seção de Macroalgas, durante cultivo com água do mar esterilizada, em caixas de 10 L⁻¹ e mangueiras de silicone para aeração. (20)
- Figura 3.** Esquema das unidades experimentais por tratamento..... (21)
- Figura 4.** Unidades experimentais distribuídas ao acaso com sistema de mangueiras para aeração.(22)
- Figura 5.** Crescimento semanal dos tratamentos BFT25, BFT50 e BFT100 durante fertilização com efluente de BFT. Valores apresentados em média. As barras verticais significam o intervalo de confiança, considerando n = 4 e p<0,05. (17)
- Figura 6.** Crescimento semanal dos tratamentos BFT25, BFT50 e BFT100 durante cultivo em água do mar esterilizada. Valores apresentados em média. As barras verticais significam o intervalo de confiança, considerando n = 4 e p<0,05. (18)
- Figura 7.** Taxa de crescimento média (% dia⁻¹) considerando todo o período experimental. Os valores representam a média ± intervalo de confiança (n = 4, p<0,05). (23)
- Figura 8.** (A) Talos de *Kappaphycus alvarezii* do tratamento BFT100, com ocorrência de ice-ice indicada pelas setas vermelhas, durante semana de fertilização. (B) Talos do tratamento BFT50 ao final do experimento, em processo de clareamento do talo indicado pela seta vermelha. (23)

Figura 9. Crescimento médio (% dia⁻¹) dos tratamentos T21/25 e T21/50, com densidades de 21 g L⁻¹. Os valores representam a média ± intervalo de confiança (n = 3, p<0,05).

..... (26)

Figura 10. Crescimento médio (% dia⁻¹) dos tratamentos T7/25 e T7/50, com densidades de 7 g L⁻¹. Os valores representam a média ± intervalo de confiança (n = 3, p<0,05). . (26)

Figura 11. Taxa de crescimento média (% dia⁻¹) Os valores representam a média ± intervalo de confiança (n = 3, p<0,05). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos (p<0,05). (27)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água do tanque de cultivo de camarão do qual foi coletado o efluente BFT. (18)

Tabela 2. Taxas de crescimento média (% dia⁻¹) durante cinco semanas em regime de fertilização, seguidos de cinco semanas em água do mar esterilizada. Valores representados em média ± intervalo de confiança (n = 4; p<0,05). Letras diferentes representam diferenças significativas entre os períodos de cultivo (p<0,05).
..... (24)

Tabela 3. Taxas de crescimento média (% dia⁻¹) durante cinco semanas em regime de fertilização. Valores representados em média ± intervalo de confiança (n = 3; p<0,05). Letras diferentes representam diferenças significativas entre os tratamentos (p<0,05).
..... (27)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C. Grau Celsius

µm. Micrômetro

ANOVA. Análise de Variância

BFT. Biofloc Technology System (Sistema de Bioflocos)

BFT25. Efluente de sistema de bioflocos do camarão diluído na proporção de 25% com água do mar esterilizada

BFT50. Efluente de sistema de bioflocos do camarão diluído na proporção de 50% com água do mar esterilizada

BFT100. Efluente de sistema de bioflocos do camarão não diluído

FAO. Organização das Nações Unidas

LCM. Laboratório de Camarões Marinhos

T7/25. Tratamento de densidade 7 g L⁻¹, fertilização de sete dias com efluente BFT25.

T7/50. Tratamento de densidade 7 g L⁻¹, fertilização de três dias com efluente BFT50, seguido de quatro dias em água do mar.

T21/25. Tratamento de densidade 21 g L⁻¹, fertilização de sete dias com efluente BFT25.

T21/50. Tratamento de densidade 21 g L⁻¹, fertilização de três dias com efluente BFT25.

UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina

UV. Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVO GERAL.....	17
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 MATERIAL BIOLÓGICO.....	18
3.2 EFLUENTE BFT.....	19
4 FERTILIZAÇÃO DE <i>K. alvarezii</i> EM ALTA DENSIDADE.....	19
5 FREQUÊNCIA DE FERTILIZAÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE BFT EM ALTA E BAIXA DENSIDADE.....	21
6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
7.1 FERTILIZAÇÃO DE <i>Kappaphycus</i> EM ALTA DENSIDADE.....	22
7.2 FREQUÊNCIA DE FERTILIZAÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE BFT EM ALTA E BAIXA DENSIDADE.....	25
8 CONCLUSÃO.....	28
9 REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

A produção global da aquicultura em 2018 foi de 82.1 milhões de toneladas, no valor de 250 bilhões de dólares. Neste cenário, Brasil, Índia e Indonésia ganharam importância graças à melhoria em sistemas de distribuição de pescados e aumento da produção, e o Brasil, em particular, foi posicionado entre os quinze países com maior produção, ocupando o décimo terceiro lugar em relação ao cultivo de peixes (FAO 2020). Da produção global, 32,4 milhões de toneladas (biomassa úmida) são de plantas aquáticas (FAO 2020), o que representa um aumento de 2,4 milhões de toneladas em relação a 2016. A produção mundial de algas está baseada em 40 espécies, sendo duas das espécies mais cultivadas as dos gêneros *Kappaphycus* e *Eucheuma*.

A macroalga *Kappaphycus alvarezii* Doty (Doty) ex. Silva pertence ao filo Rhodophyta, e junto às espécies do gênero *Eucheuma*, é uma das principais fontes para extração de carragenana, polissacarídeo sulfatado amplamente utilizado pela indústria alimentícia e cosmética devido suas propriedades gelificante, emulsificante e espessante (HAYASHI et al., 2007). Em 2018, ambas as espécies foram responsáveis por uma produção de 11 milhões de toneladas, gerando uma receita de aproximadamente 33,2 bilhões de dólares (FAO 2020).

Em janeiro de 2020, o estado de Santa Catarina obteve a licença para cultivo comercial da macroalga por meio da Instrução Normativa nº 1/2020, emitida pelo Ministério do Meio Ambiente. Os cultivos para exploração estão permitidos no território entre os municípios de Itapoá à Jaguaruna. Apesar da legalização do cultivo não ser mais um entrave na cadeia produtiva da *Kappaphycus*, a temperatura da água durante os meses de inverno diminuiu significativamente, característica de uma região subtropical, limitando a sobrevivência da espécie em cultivos no mar. O cultivo *indoor* seria uma alternativa para viabilizar a manutenção de estoques da macroalga durante este período (HAYASHI et al., 2011). Contudo, o uso de soluções padrão de nutrientes para o cultivo de macroalgas em laboratório, como a solução von Stosch, é inviável devido ao alto custo.

O bioflocos (BFT - Biofloc Technology Sistem), tecnologia que reduz o consumo de água necessário aos cultivos tradicionais, são macroagregados ou “flocos” formados durante o ciclo de produção, sendo constituídos principalmente de microalgas, fezes, exoesqueletos, restos de organismos mortos, bactérias, protozoários, invertebrados, entre

outros (EMERENCIANO, et al., 2007). O efluente de cultivo em sistema de BFT pode ser uma alternativa em substituição às soluções nutritivas padrão (BERCHOF, 2018).

Pires (2014) observou que a fertilização de *Kappaphycus alvarezii* com BFT a 25% por 7 dias não apresenta diferença nas taxas de crescimento quando comparada aos tratamentos utilizando a solução padrão von Stosch a 50%. A fertilização contínua com BFT a 25% contribuiu na aclimação e proteção das algas quando cultivadas no mar, aumentando as reservas energéticas nas estruturas celulares para manutenção das matrizes em épocas desfavoráveis para o cultivo (UCEDO, 2019).

A fertilização em bioflocos já foi comprovada efetiva em trabalhos anteriores (HAYASHI et al., 2008; PIRES 2014; PIRES 2017; BERCHOF 2018; UCEDO 2019). Apesar da concentração de BFT ter sido estabelecida (25%) para manutenção de linhagens de *K. alvarezii*, é possível otimizar o processo ao estabelecer também a densidade de estocagem. Sendo assim, é importante determinar a relação entre a concentração de efluente BFT e a duração de fertilização em densidades altas (21 g L⁻¹).

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos de fertilização de *Kappaphycus alvarezii* em alta densidade em cultivo em tanques, com efluente de camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema de bioflocos.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a eficiência da fertilização de diferentes concentrações de efluente BFT em *K. alvarezii* cultivada em alta densidade.

- Comparar diferentes regimes de fertilização de BFT em cultivos de *K. alvarezii* em baixa e alta densidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Seção de Macroalgas do Laboratório de Camarões Marinhos da UFSC (LCM), na Estação de Maricultura Elpídio Beltrame, localizada no bairro Barra da Lagoa, Florianópolis-SC.

3.1 MATERIAL BIOLÓGICO

Foi utilizado no total 2080 g de tetrasporófito verde de *K. alvarezii*, da Seção de Macroalgas do LCM – UFSC, mantidas nas seguintes condições: água do mar esterilizada, com adição de efluente BFT a 25% uma vez por mês (Pires, 2017), temperatura $25 \pm 1,0$ °C, fotoperíodo de 12 h, irradiância de $200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, aeração constante e salinidade 35‰. A esterilização da água do mar foi realizada em sequência de filtros do tipo cartucho de 25, 10 e 5 μm seguidos de esterilização por lâmpada UV (ultravioleta).

3.2 EFLUENTE BFT

O efluente BFT utilizado na fertilização da macroalga foi obtido da produção de camarão *Litopenaeus vannamei* do LCM em tanques circulares de 50 m^3 . A coleta foi realizada semanalmente, e os parâmetros de qualidade de água foram avaliados segundo os protocolos de Caspers (1985) e Apha (2005) (Tabela 1). O efluente foi filtrado em filtro do tipo bag de 25 μm , e diluído com água do mar esterilizada, conforme descrito por Pires (2014).

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água do tanque de cultivo de camarão do qual foi coletado o efluente BFT.

	Amônia (mg L^{-1})	Nitrito (mg L^{-1})	Alcalinidade (mg L^{-1})	SST (mg L^{-1})
Valor mínimo	0,10	0,04	128	278
Valor máximo	0,24	0,17	176	392
Valor médio	0,17	0,10	152,00	335,00

4 FERTILIZAÇÃO DE *K. alvarezii* EM ALTA DENSIDADE

Uma amostra de 280 g de macroalga foi aclimatada por uma semana em caixa plástica de 20 L, com volume útil de 15 L de água do mar esterilizada, sem adição de nutrientes, no escuro, com aeração constante. Para avaliar o efeito da fertilização no cultivo em alta densidade de estocagem de *K. alvarezii* (BERCHOF 2018), três concentrações de efluente de BFT foram testadas: 25% (BFT25), 50% (BFT50) e 100% (BFT100). Todos os tratamentos foram realizados em quadruplicata (n = 4). Talos com biomassa inicial de $21 \pm 0,7$ g foram separados da amostra aclimatada e cultivados em Erlenmeyer de 1 L, com aeração constante, fotoperíodo de 12 h, irradiância de $200 \mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, salinidade 35‰ e temperatura de $23 \pm 1,0$ °C.

As macroalgas foram cultivadas durante dez semanas. Durante as cinco semanas iniciais, as algas foram fertilizadas com efluente BFT de acordo com cada tratamento por 3 dias. Após esse período, todas as algas foram mantidas por 4 dias em água do mar esterilizada. A troca do meio de cultivo e frascos foram realizados duas vezes na semana, e uma vez por semana, as algas eram pesadas para calcular a taxa de crescimento.

Após cinco semanas de fertilização, as macroalgas foram transferidas para caixas plásticas de 10 L com volume útil de 2,5 L de água do mar esterilizada para manter a densidade estabelecida de 21 g L^{-1} , onde foram mantidas por mais cinco semanas. As trocas de água foram realizadas duas vezes por semana, e uma vez por semana as caixas foram limpas e as algas pesadas.

A taxa de crescimento foi calculada conforme proposto por Yong, Yong e Anton (2013).

$$TC = \left[\left(\frac{B_f}{B_i} \right)^{1/t} - 1 \right] \times 100$$

Onde, Bf = biomassa final; Bi biomassa inicial; t = tempo em dias.

5 FREQUÊNCIA DE FERTILIZAÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE BFT EM ALTA E BAIXA DENSIDADE

Uma amostra de 1800 g foi aclimatada em caixa plástica de 74 L, com volume útil de 50 L de água do mar esterilizada por uma semana no escuro, sem adição de nutrientes, com aeração constante e temperatura média de 23 ± 2 °C.

Para determinar a relação entre a concentração de efluente de bioflocos e o tempo de fertilização, tanto em baixa quanto em alta densidade, quatro tratamentos foram testados em triplicata ($n = 3$):

- T21/50: algas cultivadas em densidade de 21 g L^{-1} em BFT 50 por 3 dias;
- T21/25: algas cultivadas em densidade de 21 g L^{-1} em BFT 25 por 7 dias;
- T7/50: algas cultivadas em densidade de 7 g L^{-1} em BFT 50 por 3 dias;
- T7/25: algas cultivadas em densidade de 7 g L^{-1} em BFT 25 por 7 dias.

Os cultivos foram realizados em caixas plásticas de 10 L, com aeração constante, fotoperíodo de 12 h, irradiância de $200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, temperatura de $22 \pm 1,0$ °C e salinidade 35‰, durante 5 semanas.

Para os tratamentos T21/25 e T7/25, a troca do meio de cultivo foi realizado uma vez na semana, quando as caixas foram limpas. Para T21/50 e T7/50, a troca do meio de cultivo e limpeza das caixas foram realizadas duas vezes na semana. A pesagem e taxa de crescimento foram calculadas uma vez por semana conforme Yong, Yong e Anton (2013).

Figura 3. Esquema das unidades experimentais por tratamento.

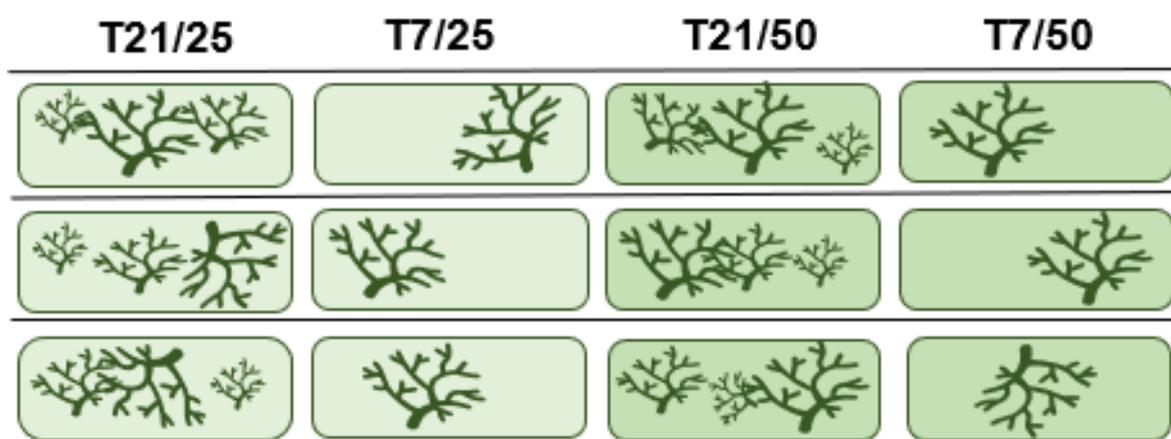


Figura 4. Unidades experimentais distribuídas ao acaso com sistema de mangueiras para aeração.



6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram feitas no software Past4Project (2), por meio de Análise de Variância (ANOVA) unifatorial, seguida de testes de Tukey Diferença Mínima Significativa (DMS) com significância de 5% ($p < 0,05$).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 FERTILIZAÇÃO DE *Kappaphycus* EM ALTA DENSIDADE

As macroalgas apresentaram crescimento constante tanto no período de fertilização (Figura 5) quanto no período posterior de cultivo, apenas em água do mar esterilizada (Figura 6), nos três tratamentos avaliados. Apesar das algas dos tratamentos BFT25 e BFT50 apresentarem “ice-ice” durante o período de cultivo, não apresentaram perdas significativas de biomassa. O tratamento BFT100 teve grande ocorrência de “ice-ice”, com perda de biomassa na oitava semana. Apesar disso, a alga recuperou a biomassa

perdida na semana subsequente. O “ice-ice” é uma doença degenerativa do talo que pode ser causada por estresse, dando um aspecto de gelo e tornando-o quebradiço (Ask e Azanza, 2002). Foi observado também o surgimento de diatomáceas na superfície dos talos a partir da segunda semana em cultivo em água do mar esterilizada. Todos os tratamentos apresentaram talos com coloração verde-escura, corroborando com o observado por outros autores *in vitro* e em cultivos em tanques (HAYASHI et al., 2008; BERCHOF, 2018, e UCEDO, 2019). O escurecimento dos talos está associado ao aumento das reservas de pigmentos (UCEDO, 2019).

Figura 5. Crescimento semanal dos tratamentos BFT25, BFT50 e BFT100 durante fertilização com efluente de BFT. Valores apresentados em média. As barras verticais significam o intervalo de confiança, considerando $n = 4$ e $p < 0,05$.

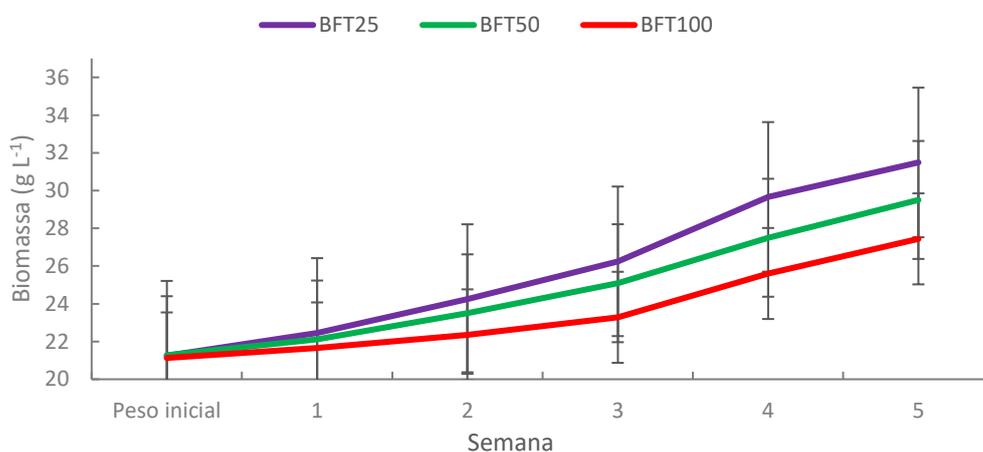
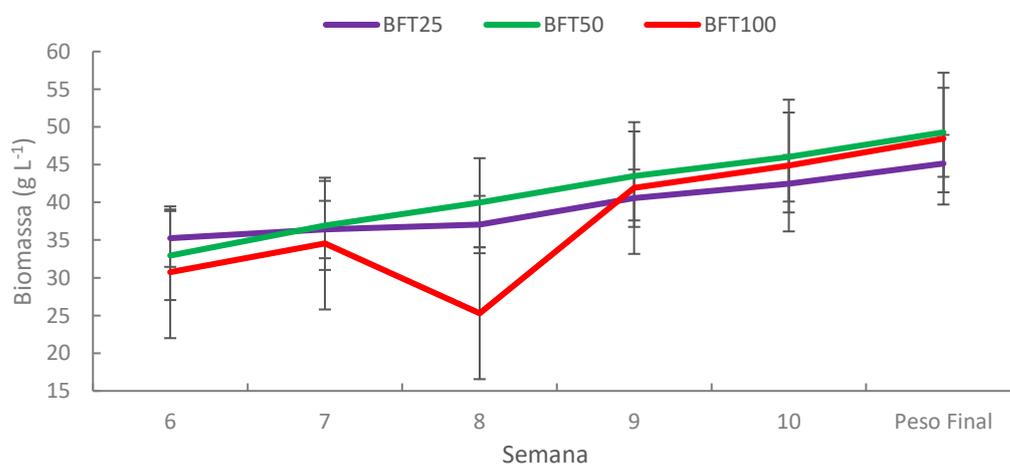


Figura 6. Crescimento semanal dos tratamentos BFT25, BFT50 e BFT100 durante cultivo em água do mar esterilizada. Valores apresentados em média. As barras verticais significam o intervalo de confiança, considerando $n = 4$ e $p < 0,05$.



As taxas de crescimento apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) no tratamento BFT100, quando o período de fertilização e o período de cultivo em água do mar esterilizada são considerados (Tabela 2). Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 7). As taxas de crescimento foram maiores que as observadas por Berchof (2018) em algas cultivadas na mesma densidade de 21 g L^{-1} ($0,17 \text{ \% dia}^{-1}$). Além disso, a ocorrência da enfermidade “ice-ice” pôde ser observada no período de fertilização, e nas semanas iniciais do cultivo em água do mar esterilizada (Figura 8).

Tabela 2. Taxas de crescimento média (\% dia^{-1}) durante cinco semanas em regime de fertilização, seguidos de cinco semanas em água do mar esterilizada. Valores representados em média \pm intervalo de confiança ($n = 4$; $p < 0,05$). Letras diferentes representam diferenças significativas entre os períodos de cultivo ($p < 0,05$).

Tratamento	Fertilização	Água do mar
BFT25	$1,13 \pm 0,17^b$	$0,71 \pm 0,38^b$
BFT50	$0,94 \pm 0,27^b$	$1,16 \pm 0,16^b$
BFT100	$0,75 \pm 0,10^b$	$1,31 \pm 0,15^a$

Figura 7. Taxa de crescimento média (\% dia^{-1}) considerando todo o período experimental. Os valores representam a média \pm intervalo de confiança ($n = 4$, $p < 0,05$).

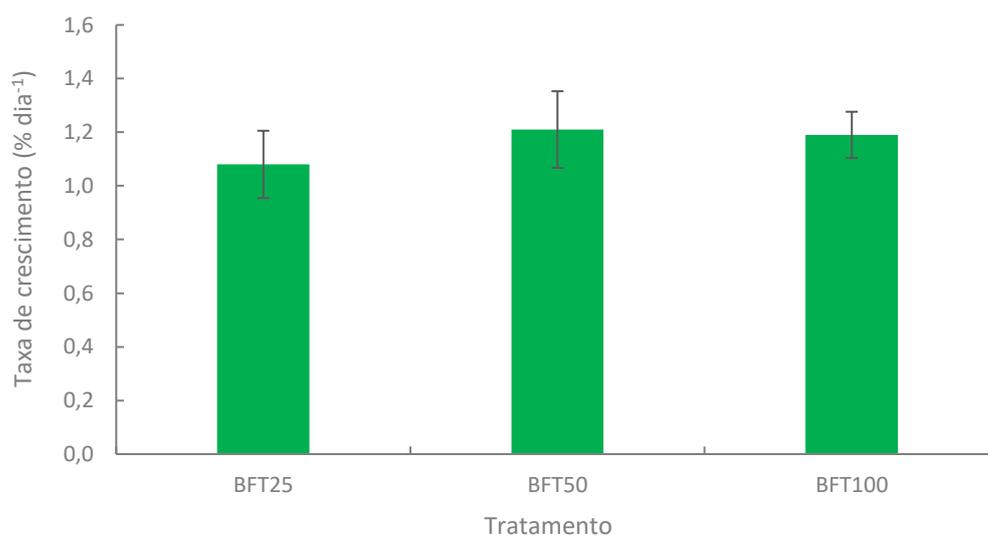


Figura 8. (A) Talos de *Kappaphycus alvarezii* do tratamento BFT100, com ocorrência de ice-ice indicada pelas setas vermelhas, durante semana de fertilização. (B) Talos do tratamento BFT50 ao final do experimento, em processo de clareamento do talo indicado pela seta vermelha.



7.2 FREQUÊNCIA DE FERTILIZAÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE BFT EM ALTA E BAIXA DENSIDADE

Os tratamentos foram testados em pares, considerando densidades iguais, para avaliar o efeito da frequência de fertilização e concentração de efluente de BFT nas densidades propostas.

Os tratamentos de maior densidade (T21/25 e T21/50) apresentaram menor crescimento, quando comparados aos tratamentos de menor densidade (T7/25 e T7/50). As taxas de crescimento foram maiores que as observadas por Berchhof (2018) ($7 \text{ g L}^{-1} = 0,29 \% \text{ dia}^{-1}$, e $21 \text{ g L}^{-1} = 0,17 \% \text{ dia}^{-1}$) em cultivo em laboratório, indicativo de que em altas densidades de estocagem, o efluente BFT50 promove maior crescimento que o efluente BFT25.

Figura 9. Crescimento médio (% dia⁻¹) dos tratamentos T21/25 e T21/50, com densidades de 21 g L⁻¹. Os valores representam a média \pm intervalo de confiança (n = 3, p<0,05).

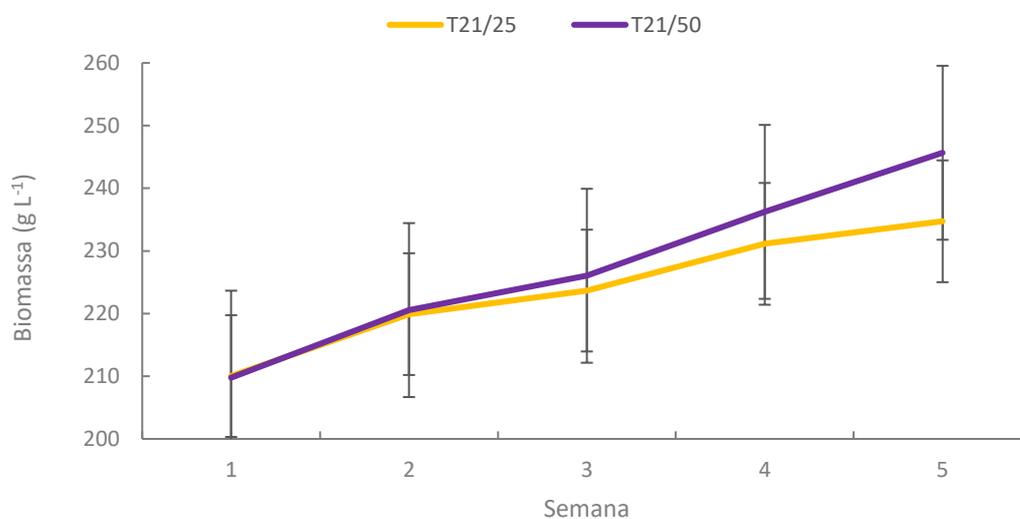
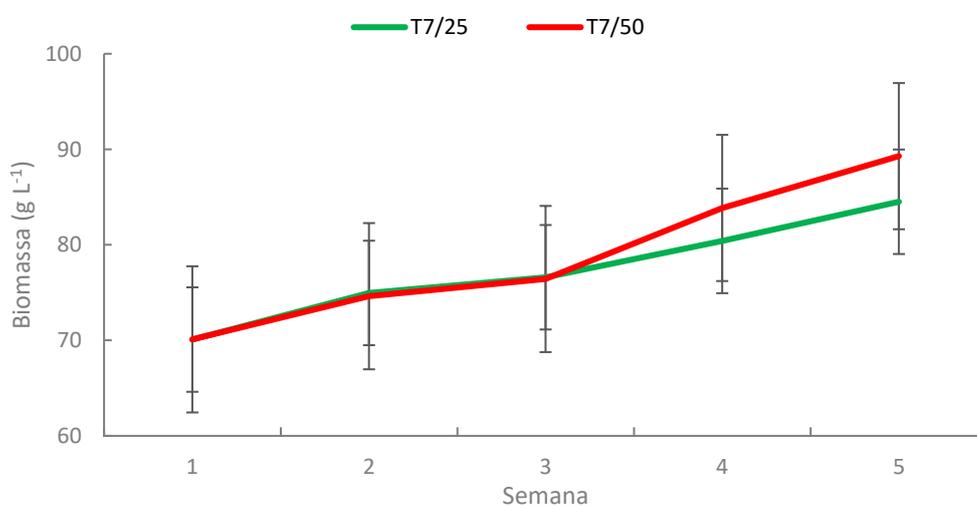


Figura 10. Crescimento médio (% dia⁻¹) dos tratamentos T7/25 e T7/50, com densidades de 7 g L⁻¹. Os valores representam a média \pm intervalo de confiança (n = 3, p<0,05).



A ANOVA indicou diferenças significativas entre as taxas de crescimento ($p < 0,05$), sendo que as algas cultivadas no tratamento T7/50 apresentaram taxa de crescimento maior em relação aos demais tratamentos (Figura 9). Neste tratamento, não foi observada a ocorrência de “ice-ice” nas algas cultivadas. As algas dos tratamentos T21/25 e T21/50, com maior densidade de estocagem, apresentaram maior ocorrência de ice-ice quando comparado ao tratamento T7/25, de baixa densidade.

Figura 11. Taxa de crescimento média (% dia⁻¹). Os valores representam a média \pm intervalo de confiança (n = 3, p<0,05). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos (p<0,05).

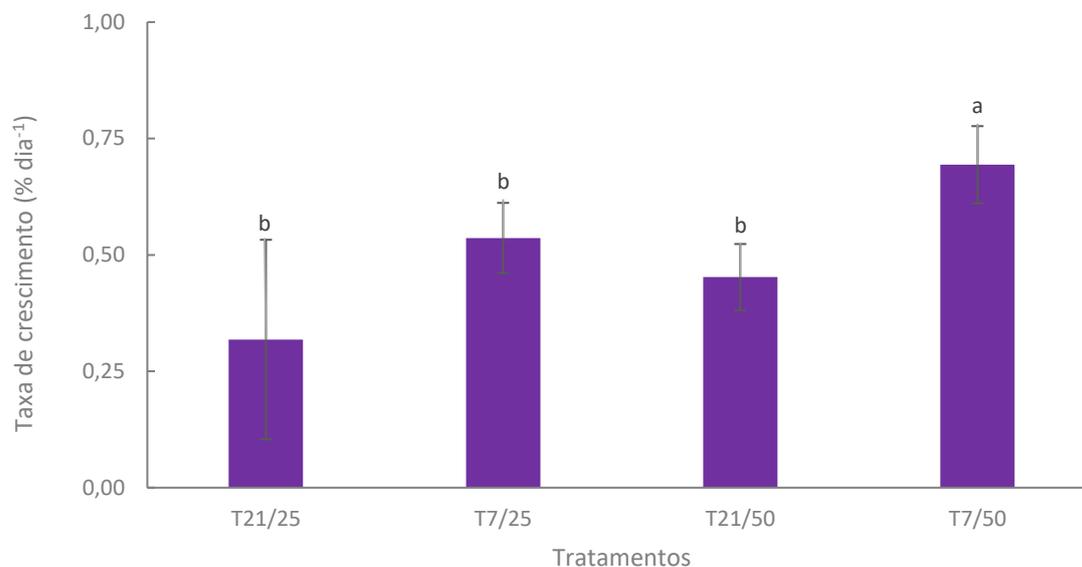


Tabela 3. Taxas de crescimento média (% dia⁻¹) durante cinco semanas em regime de fertilização. Valores representados em média \pm intervalo de confiança (n = 3; p<0,05). Letras diferentes representam diferenças significativas entre os tratamentos (p<0,05).

T21/25	T7/25	T21/50	T7/50
0,32 \pm 0,21 ^b	0,54 \pm 0,07 ^b	0,45 \pm 0,07 ^b	0,69 \pm 0,08 ^a

8 CONCLUSÃO

A manutenção de *Kappaphycus alvarezii* em alta densidade (21 g L^{-1}), é viável para as três concentrações de efluente BFT testadas (25, 50 e 100%). Nesta densidade, o tratamento BFT100 promoveu maior crescimento em água do mar, sugerindo que a concentração pode ser eficiente para fertilização pré-transferência para o cultivo no mar, mas não para sua manutenção em laboratório, pela maior ocorrência de “ice-ice”. Por outro lado, a *K. alvarezii* teve maior crescimento quando submetida a baixas densidades (7 g L^{-1}), e maior concentração de efluente BFT (50%). Considerando que o crescimento não é desejável durante a manutenção das linhagens em laboratório, mas sim durante o período após transferência para o mar, concluímos que o cultivo em alta densidade (21 g L^{-1}) na concentração de BFT 50% por 3 dias, é o mais indicado.

9 REFERÊNCIAS

APHA (American Public Health Association), American Water Works Association, Water Pollution Control Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 23th ed. 2017. American Public Health Association, Washington, DC, USA.

ASK, Erick I; AZANZA, Rhodora V. Advances in cultivation technology of commercial eucheumatoid species: a review with suggestions for future research. **Aquaculture**, [s.l.], v. 206, n. 3-4, p. 257-277, abr. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0044-8486\(01\)00724-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0044-8486(01)00724-4).

BERCHOF, Frederico Felipe. **INFLUÊNCIA DE DIFERENTES DENSIDADES DE CULTIVO DA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii* NA MANUTENÇÃO DE LINHAGENS EM LABORATÓRIO E NO CULTIVO NO MAR**. 2018. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Aquicultura, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

CASPERS, H.. K. Grasshoff, M. Ehrhardt, K. Kremling (Editors): methods of seawater analysis. second, revised and extended edition. •with 108 figs, 26 tab., 419 pp. weinheim/deerfield beach, florida. **Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie Und Hydrographie**, [s.l.], v. 70, n. 2, p. 302-303, 1985. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.19850700232>.

EMERENCIANO, Maurício Gustavo Coelho *et al.* Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 1-7, jan. 2007.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. **Sofia**, Rome, p. 1-244, jun. 2020. Bianual. FAO. <http://dx.doi.org/10.4060/ca9229en>.

HAYASHI, Leila *et al.* Growth rate and carrageenan analyses in four strains of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) farmed in the subtropical waters of São Paulo State, Brazil. **Journal Of Applied Phycology**, [s.l.], v. 19, n. 5, p. 393-399, 10 mar. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-006-9135-6>.

HAYASHI, Leila *et al.* Nutrients removed by *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in integrated cultivation with fishes in re-circulating water. **Aquaculture**, [s.l.], v. 277, n. 3-4, p. 185-191, jun. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.024>.

HAYASHI, Leila *et al.* *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Areschougiaceae) cultivated in subtropical waters in Southern Brazil. **Journal Of Applied Phycology**, [s.l.], v. 23, n. 3, p. 337-343, 22 jun. 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-010-9543-5>.

PIRES, Clóvis Murilo. **ANÁLISE DO POTENCIAL DE FERTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii* COM EFLUENTES ORIUNDOS DA CARCINICULTURA DE *Litopenaeus Vannamei* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS.** 2014. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Aquicultura, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

PIRES, Clóvis Murilo. **APROVEITAMENTO DO EFLUENTE DA CARCINICULTURA DE *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA BIOFLOCO PELA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii*.** 2017. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017

SILVA, Paul C.; BASSON, Philip W.; MOE, Richard L.. **Catalogue of the benthic marine algae of the Indian Ocean.** 79. ed. California: University Of California Publications, 1996. (Botany).

UCEDO, Rodrigo de Martino. **USO DO EFLUENTE DE BIOFLOCOS NA MANUTENÇÃO DA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii* EM LABORATÓRIO E SEU DESENVOLVIMENTO NO MAR.** 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

YONG, Yoong Soon; YONG, Wilson Thau Lym; ANTON, Ann. Analysis of formulae for determination of seaweed growth rate. **Journal of Applied Phycology**, [s.l.], v. 25, n. 6, p.1831-1834, 23 mar. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-013-0022-7>.