



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA
TIAGO MACHADO HOFFMANN

Avaliação da taxa de crescimento da macroalga *Ulva ohnoi* em diferentes fases de desenvolvimento, mantendo a mesma densidade

FLORIANÓPOLIS

2022

Tiago Machado Hoffmann

Avaliação da taxa de crescimento da macroalga *Ulva ohnoi* em diferentes fases de desenvolvimento, mantendo a mesma densidade

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

Coorientador: Fernando Zwierzikowski da Silva

FLORIANOPOLIS

2022

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

Hoffmann, Tiago

Avaliação da taxa de crescimento da macroalga *Ulva ohnoi* em diferentes fases de seu desenvolvimento, de acordo com a densidade de cultivo / Tiago Hoffmann ; orientador, Leila Hayashi, coorientador, Fernando Zwierzikowski da Silva, 2022.

20 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Engenharia de Aquicultura, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Aquicultura. I. Hayashi, Leila. II. Zwierzikowski da Silva, Fernando. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Aquicultura. IV. Título.

Tiago Machado Hoffmann

Avaliação da taxa de crescimento da macroalga *Ulva ohnoi* em diferentes fases de desenvolvimento, mantendo a mesma densidade.

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 Julho de 2022.

Prof. Marcos C. P. de Albuquerque
Dr. Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

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

MSc. Thallis Felipe Boa Ventura
Universidade Federal de Santa Catarina

MSc. Ana Paula Mariane de Moraes
Universidade Federal de Santa Catarina

'Dedico a todos meus familiares,
amigos e profissionais que fizeram
parte deste ciclo'

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer meus pais que sempre me proporcionaram as melhores oportunidades e me ajudaram e apoiaram nas minhas escolhas.

Aos amigos que fiz ao longo do caminho, por todas as risadas, conversas, e apoio ao longo desses anos.

A minha orientadora Leila por me auxiliar e acreditar em mim, gratidão.

Ao meu coorientador Fernando, pelo auxílio e parceria durante o estágio e elaboração do experimento.

Agradeço também os membros da banca, Thallis e Ana Paula, por terem aceitado e disponibilizado tempo para me ajudar a finalizar esta etapa.

A todos professores e profissionais que fizeram parte desta jornada, meu muito obrigado.

RESUMO

A macroalga *Ulva ohnoi* é conhecida pela alta taxa de crescimento e absorção de nutrientes. A produção de biomassa para utilização em diversos fins é de grande interesse para o mercado. Neste trabalho foi realizado uma análise comparativa da taxa de crescimento da *Ulva ohnoi* em diferentes períodos de seu desenvolvimento com objetivo de demonstrar se a taxa de crescimento da alga diminui conforme o seu crescimento. Para tanto foram estabelecidas unidades experimentais com agregados de plântulas jovens e com algas adultas, com o intuito de otimizar o protocolo de cultivo da *Ulva ohnoi*. Os resultados obtidos demonstraram uma melhor performance de taxa de crescimento e produtividade dos agregados de plântulas jovens perante as algas adultas.

Palavras-chave: agregado de plântulas, plantas adultas, produtividade, taxa de crescimento.

ABSTRACT

The seaweed *Ulva ohnoi* is known for its high growth rate and nutrient absorption. The biomass production for use in several purposes is of great interest to the market. In this work, a comparative analysis of the growth rate of *Ulva ohnoi* was carried out in different periods of its growth, in order to demonstrate whether the growth rate decreases as it develops. Experimental units were established with germlings clusters and adult thalli, in order to optimize the cultivation protocol of the species. The results obtained showed a better performance of growth rate and productivity of young germling cluster against adult thalli.

Keywords: adult thalli, germling cluster, growth rate, productivity

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Amostras de *Ulva ohnoi* colocadas para produção de gametas (obtenção de plântulas jovens).....13
- Figura 2.** Plântulas jovens disponíveis para o início do experimento.....14
- Figura 3.** Unidades experimentais posicionadas de forma alternada (uma de agregados de plântulas jovens outra de plantas adultas).....15
- Figura 4.** Biomassa úmida obtidos durante o experimento, valores apresentados em médias, as barras verticais representam o desvio padrão.....16
- Figura 5.** Biomassa seca obtidos durante o experimento, valores apresentados em médias, as barras verticais representam o desvio padrão.....16
- Figura 6.** Produtividade por manejo, as barras verticais representam o desvio padrão.....17
- Figura 7.** Agregados de plântulas no ultimo manejo.....18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Taxa de crescimento das algas.....	17
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
3. MATERIAL E METODOS.....	13
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	15
5. CONCLUSÃO.....	18
6. REFERENCIAS.....	19

1 INTRODUÇÃO

A produção aquícola mundial está em expansão, sendo que a produção total de pesca e aquicultura alcançou um recorde de 214 milhões de toneladas em 2020; destes, 36 milhões de toneladas são de macroalgas, que representam um valor de mercado de US\$ 16,5 bilhões (FAO, 2022).

A *Ulva* é um gênero de algas verdes comestíveis pertencentes à família *Ulvaceae* que inclui as espécies conhecidas pelo nome comum de alfaces-do-mar, com uma ampla distribuição ao longo das costas de todos os oceanos. Além de terem um papel ecológico muito importante, constituem recurso natural de grande relevância para a humanidade, por servirem de alimento ou como matéria prima para a indústria de cosméticos e produtos farmacêuticos (NEORI et al., 2004)

A *Ulva ohnoi* possui um ciclo de vida isomórfico. Este ciclo envolve duas fases: uma gametofítica e outra esporofítica que possuem a mesma morfologia. Na fase gametofítica, plantas haploides (n) originam gametas com dois flagelos. Os gametas se fundem formando um zigoto diploide (2n). Este zigoto germina e dá origem a uma planta esporofítica (2n), a qual sofre um processo meiótico e libera esporos haploides (n), com quatro flagelos. Estes esporos germinam e dão origem a plantas gametofíticas (n), completando o ciclo (RODRIGUES, 2016).

O gênero *Ulva* 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 (BRUHN et al. 2011).

Segundo JIMENEZ DEL RIO et al. (2001) as espécies de *Ulva* possuem uma excelente aptidão em absorção e metabolização do nitrogênio e apresentam elevadas taxas de crescimento, baixas taxas de epifitismo e grande resistência quando submetidas a condições de estresse ambiental. Para LAPOINTE et al. (1981), as diferentes espécies de *Ulva* possuem uma alta capacidade de remoção de compostos nitrogenados inorgânicos e orgânicos do meio, e uma rápida capacidade de absorção e metabolização de formas de nitrogênio inorgânico, como amônia e nitrato.

A densidade de cultivo é importante para otimizar o crescimento. Ao atingir densidades muito altas, a alga reduz sua taxa de crescimento (ANGELL et al, 2014). Segundo ROSANO et al. (2013), a *Ulva* tem uma taxa de crescimento reduzida a medida que o volume de sua biomassa aumenta. Da mesma forma, a eficiência de remoção dos nutrientes fica prejudicada com o aumento da densidade. Portanto, neste trabalho foi comparado o crescimento da *Ulva ohnoi* em uma fase mais jovem com uma fase adulta mantendo a mesma densidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a relação da taxa de crescimento com o desenvolvimento da macroalga *Ulva ohnoi*, mantendo a mesma densidade.

2.2 Objetivo específico

- Verificar a taxa de crescimento da macroalga *Ulva ohnoi*.
- Comparar a taxa de crescimento da *Ulva ohnoi* em diferentes períodos de seu desenvolvimento, mantendo a mesma densidade.

3 MATERIAL E METODOS

As amostras da macroalga *Ulva ohnoi* utilizadas no experimento são provenientes do banco de linhagens do LCM Macroalgas – Laboratório de Macroalgas do Laboratório de Camarões Marinhos.

Para a obtenção de plântulas jovens, partes apicais de talos adultos foram selecionados e fragmentados manualmente. Os fragmentos foram distribuídos em Erlenmeyers de 1 L na densidade de 2 g L⁻¹ e cultivados em água do mar esterilizada enriquecida com 8,0 mL de solução padrão von Stosch por litro de água do mar (VS100), em temperatura de 25 ± 1 °C, salinidade de 35 ± 1‰, irradiância de 80 ± 10 μmol fótons m⁻² s⁻¹, aeração constante e fotoperíodo de 12 h (Figura 1).



Figura 1- Amostras de *Ulva ohnoi* colocadas para produção de gametas (obtenção de plântulas jovens).

Todos os dias foi realizada a troca do meio de cultivo. Após cinco dias, as amostras produziram gametas que foram pipetados e ajustados na densidade de 20×10^4 gametas por mL em câmara de Neubauer. Essa solução de gametas foi transferida para Béqueres de 2 L, na quantidade de 1 mL da solução de gametas para cada 30 mL de água salgada enriquecida com solução VS100, totalizando cerca de 65 mL da suspensão de gametas. O conteúdo dos béqueres foi despejado em bandejas plásticas (altura 6 cm, comprimento 30 cm, largura 20 cm) que ficaram sob irradiância de $100 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ por 7 dias até que as pl\u00e2ntulas germinassem. Ap\u00f3s isso, foi feita a raspagem com aux\u00edlio de laminas de metal, e estes foram colocados em Béqueres de 1 L para forma\u00e7\u00e3o dos agregados de pl\u00e2ntulas e aclima\u00e7\u00e3o. Tamb\u00e9m foram colocados frondes inteira de alga em Béqueres de 1 L para aclima\u00e7\u00e3o nas mesmo condi\u00e7\u00f5es j\u00e1 descritas. Ambos ficaram nessas condi\u00e7\u00f5es por 5 dias at\u00e9 o in\u00edcio dos experimentos (Figura 2).



Figura 2- Pl\u00e2ntulas jovens dispon\u00edveis para o in\u00edcio do experimento.

Para avaliar o crescimento das duas fases, foram utilizados recipientes pl\u00e1sticos transparentes com 5 L de volume. Em quatro deles, foram adicionadas 0,4 g de agregados de pl\u00e2ntulas em cada, e 4 deles com 0,4 g fragmentos das pl\u00e2ntulas adultas (prop\u00e1gulos) em cada (densidade de $0,1 \text{ g L}^{-1}$). Em cada recipiente, foi adicionado 4 litros de \u00e1gua do mar esterilizada, enriquecida com solu\u00e7\u00e3o VS100 e as algas foram cultivadas em temperatura de $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, salinidade de $35 \pm 1\%$, irradi\u00e2ncia de $200 \pm 10 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ fotoper\u00edodo de 12 h e aera\u00e7\u00e3o constante (Figura 3).



Figura 3- Unidades experimentais posicionadas de forma alternada (uma de agregados de plântulas jovens outra de plantas adultas).

O manejo foi feito a cada quatro dias em 16 dias de experimento. A cada quatro dias, o meio de cultivo era renovado e cada unidade experimental teve sua biomassa pesada. A pesagem foi feita de forma manual com auxílio de peneiras e papel toalha. Posteriormente, a biomassa foi ajustada novamente para 0,4 gramas e o restante foi seco em estufa para cálculo de produtividade. Para tanto, as algas foram secas durante 24h a 60 °C para o cálculo de produtividade ($\text{mg PS L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) usando a equação:

$$P = [(Bf/(Bf/Bs)) - (Bi/(Bf/Bs))] / L/t$$

onde Bi e Bf são, respectivamente, a biomassa inicial e biomassa final de cada etapa do cultivo, L é a quantidade de litros do cultivo e t é o número de dias do cultivo.

A taxa de crescimento, foi calculada pela seguinte fórmula (YONG et al., 2013):

$$TC = [(Mf/Mi)^{1/t} - 1] \times 100$$

Onde, TC é a taxa de crescimento, Mf é a biomassa final, Mi é a biomassa inicial, e t é o tempo em dias de cultivo.

As taxas de crescimento foram submetidas aos testes de homocedasticidade e normalidade e aplicada a ANOVA, seguida pelo teste de comparação de médias de Tukey(0,05), utilizando o software Statistica 10®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de biomassa úmida (Figura 4) e biomassa seca (Figura 5) demonstraram que os agregados de plântulas jovens obtiveram melhor crescimento comparado com as algas adultas, apresentando diferença estatística.

Figura 4- Biomassa úmida obtidos durante o experimento, valores apresentados em médias, as barras verticais representam o desvio padrão.

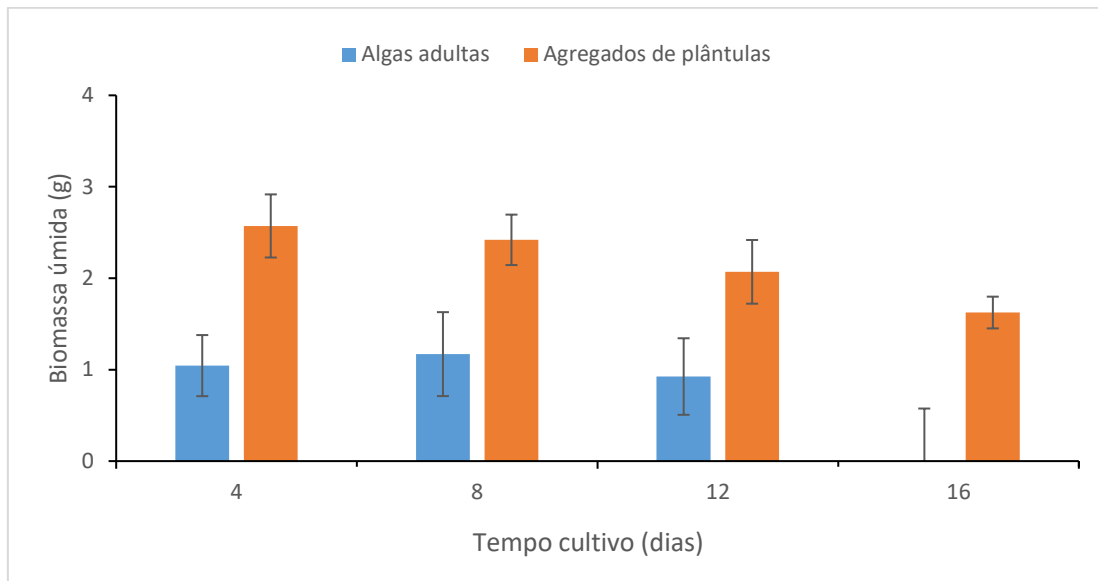
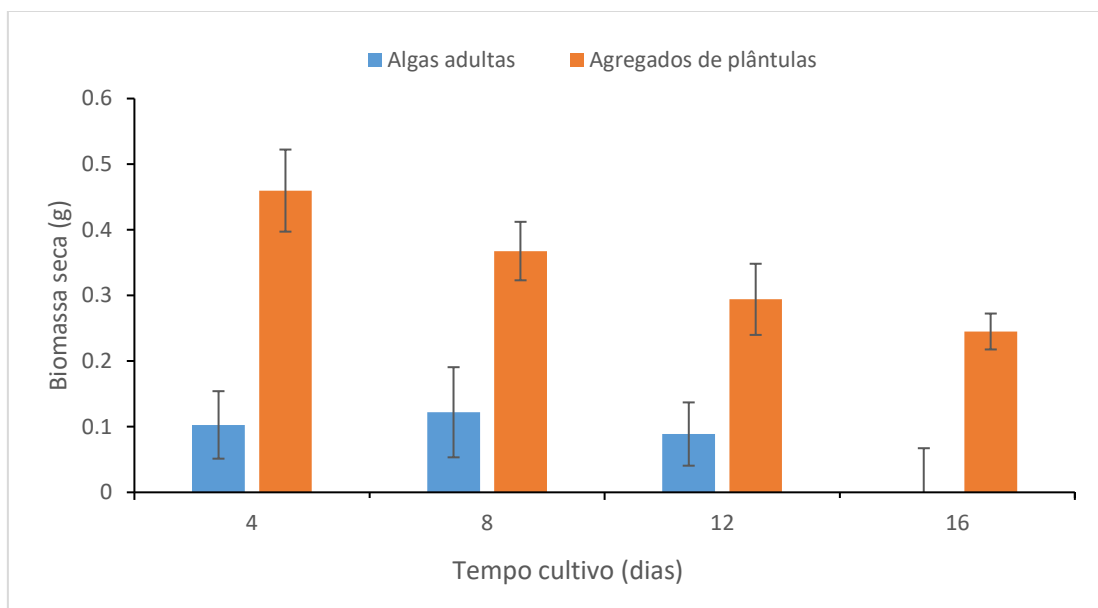


Figura 5- Biomassa seca obtidos durante o experimento, valores apresentados em médias, as barras verticais representam o desvio padrão.



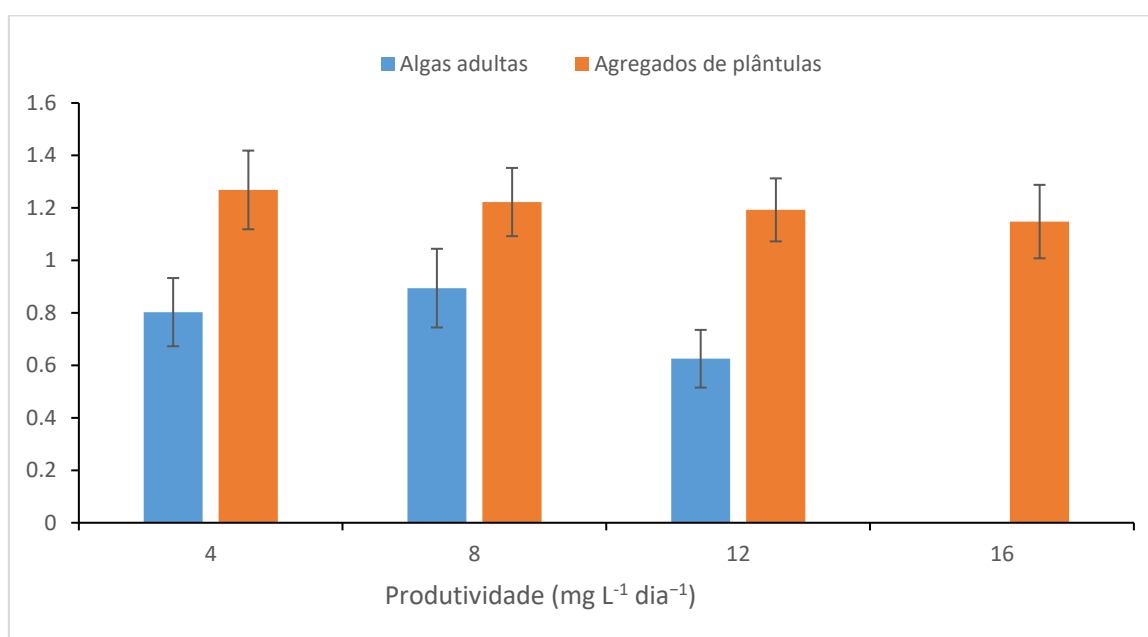
As taxas de crescimento dos agregados de plântulas foi consideravelmente superior comparadas com as taxas de crescimento das algas adultas (Tabela 1).

Tabela 1- Taxa de crescimento das algas.

Taxa crescimento (%)	Adulto	Jovem
Manejo 1	27,11%	59,23%
Manejo 2	30,77%	56,83%
Manejo 3	23,31%	50,82%
Manejo 4	0	41,96%
Média	20,30%	52,21%

A produtividade também demonstrou uma melhor performance dos agregados de plântulas comparados com as algas adultas, apresentando diferença estatística (Figura 6).

Figura 6- Produtividade por manejo, as barras verticais representam o desvio padrão.



Todos os dados obtidos e computados apresentaram diferenças significativas entre os agregados de plântulas e algas adultas. Os agregados de plântulas apresentaram produtividade e taxa de crescimento significativamente maiores e foram crescendo progressivamente a cada manejo (Figura 7).

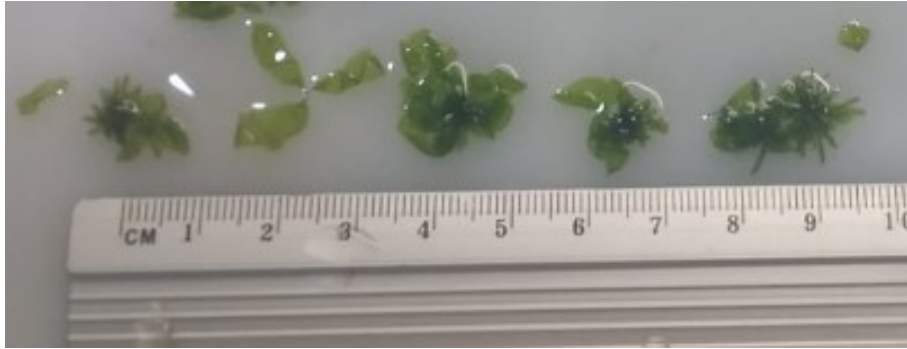


Figura 7- Agregados de plântulas no último manejo.

Três unidades experimentais das algas adultas morreram no período do penúltimo para o último manejo. 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. Provavelmente, o processo de secagem durante o manejo foi um fator de estresse para os talos adultos, pois todas as unidades experimentais foram expostas nas mesmas condições. Segundo COLORNI (1989), a doença de perfuração da *Ulva* sp. é desencadeada por eventos traumáticos durante o cultivo e não apenas causadas por doenças associadas a qualquer tipo de patógeno.

DEBUSK et al. (1986) constatou que para a *Ulva* as taxas de crescimento decrescem a partir de densidades superiores a $2,5 \text{ g L}^{-1}$. Segundo LOPEZ-FIGUEROA (1990), isso pode ocorrer devido ao auto sombreamento, onde a sensibilidade à irradiância causa uma resposta metabólica que impacta diretamente no crescimento. Para GAO et al. (2010), quanto mais fragmentada a alga, maior sua reprodução.

5 CONCLUSÃO

Os agregados de plântulas produziram maior biomassa quando comparado com as algas adultas, mantendo-se a mesma densidade de cultivo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, JEFFERSON ROSANO. "Cultivo da macroalga *Ulva lactuca* Linneaus (Chlorophyta) integrado à produção do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), para tratamento de efluentes em sistema fechado de recirculação." (2013).

ANGELL, ALEX R. et al. Variation in amino acid content and its relationship to nitrogen content and growth rate in *Ulva ohnoi* (Chlorophyta). **Journal of phycology**, v. 50, n. 1, p. 216-226, 2014.

BRUHN, ANNETTE, et al. "Bioenergy potential of *Ulva lactuca*: biomass yield, methane production and combustion." *Bioresource technology* 102.3 (2011): 2595-2604.

COLORNI A. Perforation disease affecting *Ulva* sp. cultured in Israel on the Red Sea. *Dis Aquat Org.* 1989 ;7:71–73.

DeBUSK, T. A.; BLAKESLEE, M. & RYTHER, J. H. Studies on the outdoor cultivation of *Ulva lactuca*. *Botanic Marina*, n.34, p.381-386, 1986.

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.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). 2022. *FAO Aquaculture Newsletter*. No. 56 (April). Rome. Disponível em: Acesso em: mai 2022

GAO, Shan et al. A strategy for the proliferation of *Ulva prolifera*, main causative species of green tides, with formation of sporangia by fragmentation. **PLoS One**, v. 5, n. 1, p. e8571, 2010.

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.

LAPORTE, BRIAN E. "THE EFFECTS OF LIGHT AND NITROGEN ON GROWTH, PIGMENT CONTENT, AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF GRACILARIA FOLIIFERA V. ANGUSTISSIMA (GIGARTINALES, RHODOPHYTA) 1." *Journal of Phycology* 17.1 (1981): 90-95.

LÓPEZ-FIGUEROA, F.; NIELL, F. X. Effects of light quality on chlorophyll and biliprotein accumulation in seaweeds. *Marine Biology*, v. 104, n. 2, p. 321-327, 1990.

NEORI, A., I. COHEN, AND H. GORDIN. "Ulva lactuca biofilters for marine fishpond effluents. II. Growth rate, yield and C: N ratio." (1991): 483-490.

RODRIGUES, Flávio Alexandre António. Otimização das condições de cultivo de Ulva lactuca (Chlorophyta, Chlorophyceae) para alimentação de *Haliotis tuberculata*. 2016. Tese de Doutorado.

YONG, Y.S.; YONG, W.T.L.; ANTON A. Analysis of formulae for determination of seaweed growth rate. *Journal of Applied Phycology* 25, 1831-1834, 2013.

