

Cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em diferentes sistemas de plantio no litoral norte de Santa Catarina

Robson Cardoso da Costa¹, Eliziane Silva², Giovana Rodrigues Willem³ e Gilberto Caetano Manzoni⁴

Resumo – Com a demanda na indústria mundial pela obtenção de compostos bioativos extraídos das algas marinhas e a oportunidade de fomentar o cultivo de macroalga na maricultura catarinense, o estudo teve como objetivo avaliar a taxa de crescimento diário de duas linhagens (verde e marrom) da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em diferentes métodos de plantio (*tie-tie* e rede tubular) entre as estações do ano na Enseada do Itapocoroy, Penha. Os maiores valores para a taxa de crescimento diário (TC% dia⁻¹) foram verificados durante o período de verão (5,98 ±0,44) para o tratamento *tie-tie* na linhagem verde e os menores para o inverno (1,31±0,96) no tratamento rede tubular na linhagem marrom. Os resultados registrados para a (TC% dia⁻¹) apresentaram uma correlação positiva com a temperatura ao longo do período experimental. Foram observadas diferenças estatísticas (p<0,05) para o método de cultivo durante as estações de verão e inverno, sendo a técnica de *tie-tie* superior à de rede tubular em ambos os períodos. A taxa de crescimento da linhagem de coloração verde foi superior (p<0,05) à marrom apenas na estação de inverno. Conclui-se que é possível cultivar a espécie da macroalga no litoral do Norte Catarinense, sobretudo em sistema de cultivo *tie-tie* nas estações de verão e inverno, priorizando as linhagens de coloração verde no inverno.

Termos de indexação: Maricultura; Algicultura; Algas marinhas; Taxa de crescimento diário.

Culture of macroalgae *Kappaphycus alvarezii* in different systems on the north coast of Santa Catarina

Abstract – Given the increasing demand of the global industry for obtaining bioactive compounds extracted from seaweed and the opportunity to promote the cultivation of seaweed in mariculture in Santa Catarina, this study aimed to evaluate the daily growth rate of two strains (green and brown) of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* in different cultivation methods (tie-tie and tubular net) through the seasons, in the Enseada do Itapocoroy, Penha. The highest values for the daily growth rate were observed during the summer (5,98 ±0,44) for green lineage tie-tie treatment and the lowest values (1,31 ±0,96) for the treatment of tubular mesh in the brown lineage, during the winter. The results recorded for the daily growth rate showed a positive correlation with temperature throughout the experimental period. Statistical differences (p<0.05) were observed in the cultivation method during the summer and winter, on which the tie-tie technique was superior to the tubular net, in both periods. The growth rate of the green color lineage was higher (p<0.05) than the brown lineage only in the winter. It is concluded that it is possible to cultivate this seaweed species on the north coast of Santa Catarina, mainly using the tie-tie cultivation system on both seasons, summer and winter, prioritizing green strains in the winter.

Index terms: Mariculture; Algiculture; Seaweed; Daily growth rate.

Introdução

A produção aquícola mundial de pescados oriundos da aquicultura atingiu um total de 122,6 milhões de toneladas em 2020, promovendo um

aumento de 6,7 milhões de toneladas com relação à produção de 2018, movimentando uma economia de 285,1 bilhões de dólares. Entre os organismos aquícolas cultivados, as macroalgas representam 28,6% da

produção mundial, com 35,1 milhões de toneladas comercializadas em 2020. As exportações globais de algas marinhas aumentaram de 65 milhões de dólares em 1976 para 1,1 bilhão em 2020. China, Indonésia e Coréia do Sul são

Recebido em 25/09/2023. Aceito para publicação em 26/02/2024.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i1.1753>

Editor de seção: João Guzinski

¹Engenheiro de Aquicultura, M.Sc. Centro Experimental de Maricultura. (Univali). R. Maria Emília de Costa, 90. Penha, SC, 88385-000. Email: robsoncosta@univali.br

²Engenheira de Aquicultura, Dr. Professora Colaboradora – Ceres/Udesc. R. Cel. Fernandes Martins, 270 - Progresso, Laguna, SC. Email: elizianesilva90@gmail.com

³Acadêmica - Ciências Biológicas. Universidade do Vale de Itajaí.

⁴Oceanógrafo, Dr. Professor da Escola Politécnica. Universidade do Vale de Itajaí. Email:manzoni@univali.br

os principais países exportadores do produto. Dentre as espécies cultivadas destaca-se a *Kappaphycus alvarezii* com 1,6 mil toneladas comercializadas em 2020 (FAO, 2022).

O cultivo desta espécie de macroalga é de extrema importância para suprir as demandas de indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética mundial (FAO, 2018). Visto que, na sua composição nutricional há a presença de carragenana, que é fonte de matéria-prima para a extração de ficocoloides (RUDKE et al., 2020), além de servir para extração de compostos fenólicos que são utilizados como propriedades antioxidantes e antimicrobianos (BHUYAR et al., 2020) no desenvolvimento de tecnologia de alimentos (MOHAMMAD et al., 2019), como fonte alternativa de energia natural através da produção de bio-óleo (SANTHOSH & PERIYASAMY, 2023) e na extração de fitormônios, micro e macronutrientes, vitaminas e aminoácidos, que são utilizados como bioestimulantes naturais em culturas agrícolas (GELLI et al., 2020).

No Brasil, a *K. alvarezii* foi introduzida legalmente no ano de 1995 com linhagens originárias das Filipinas, importadas do Japão pela Universidade de São Paulo (USP) (OLIVEIRA, 2019). Mais tarde, surgiram os primeiros cultivos comerciais no estado do Rio de Janeiro, com mudas importadas da Venezuela para o litoral de Ilha Grande em 1998 (CASTELAR et al., 2009) e para fins experimentais no estado de Santa Catarina a partir de 2008 (HAYASHI et al., 2011).

Apesar das pesquisas comprovarem que esta espécie apresenta baixo risco bioinvasivo no litoral catarinense (HAYASHI et al., 2010; CASTELAR et al., 2009), e possui potencial agrônomico e bioeconômico para o cultivo (SANTOS, 2014), somente no ano de 2020, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) concedeu aos maricultores a autorização ambiental para o cultivo comercial nos parques aquícolas do estado de Santa Catarina.

Atualmente o cenário da algicultura no litoral de Santa Catarina mostra-se promissor, com a produção de 300,35 toneladas comercializadas em 2023, representando um aumento de 200% com relação à safra de 2022 (SANTOS, 2023). Esta expectativa do setor produtivo está relacionada com a demanda do mercado pela obtenção desta biomassa, especificamente para o líquido extraído destas algas, conhecido também como biofertilizante (GELLI et al., 2020). Este produto é utilizado na agricultura, agindo como estimulante natural no desenvolvimento dos cultivares (KARTHIKEYAN & SHANMUGAM, 2016). Desta forma, impulsionados pelo comércio, os maricultores estão adaptando suas fazendas marinhas de moluscos para cultivar macroalgas (SANTOS, 2023).

Os sistemas mais comuns utilizados para a produção de algas em escala comercial no mundo são baseados na técnica de amarração das mudas em linhas longas denominada *tie-tie* ou acomodadas no interior de redes tubulares em formato linear, fixadas em *off-bottom*, *longlines* flutuantes ou jangadas (GÓES & REIS, 2011). Todavia, os algicultores catarinenses estão optando por diferentes métodos, de acordo com as condições oceanográficas dos locais de cultivo, mas com uma ligeira preferência pelo método *tie-tie* (SANTOS, 2023).

Não obstante, além dos diversificados métodos de plantio para cultivar macroalgas, outro fator que pode contribuir para o desempenho da espécie são as diferentes linhagens (GELLI et al., 2020). A existência de cepas com colorações variadas é relatada na literatura há décadas. As

diferenças nas suas características fisiológicas e o desempenho durante o cultivo podem ser relacionados com a fotossíntese. Além disso, os propágulos de coloração verde exibem um mecanismo fotossintético superior às demais linhagens, devido a sua capacidade de absorver a incidência luminosa, por apresentar maiores quantidades de pigmentos acessórios na sua estrutura celular (AGUIRRE-VON-WOBESER et al., 2001).

Neste sentido, considerando-se a existência de uma cadeia produtiva da maricultura estabelecida em Santa Catarina e a possibilidade de implementar uma atividade de algicultura no litoral norte catarinense, o trabalho teve como objetivo avaliar a taxa de crescimento diário de duas linhagens (verde e marrom) da macroalga *K. alvarezii* cultivadas em diferentes métodos de plantio (rede tubular e *tie-tie*) durante as estações de verão, outono, inverno e primavera na Enseada do Itapocoroy, em Penha, Santa Catarina.

Materiais e métodos

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso contendo dois fatores, sendo o fator a: métodos de plantio ((rede tubular (RT) e *tie-tie* (TT)); fator b: Tipos de linhagens (marrom (MA) e verde (VE)), mantidos em quatro repetições. As mudas das linhagens de cor da macroalga *K. alvarezii* foram doadas pelo Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca (Epagri/Cedap).

O tratamento método de plantio em rede tubular (RT) recebeu, cerca de 200g de talos da alga distribuídas de forma aleatória em 80cm de rede tubular de polietileno com abertura de 70mm entre nós. Já o sistema em *tie-tie* (TT), os talos foram fixados através de nós de laço perpendicular ao cabo de polietileno com 10mm de diâmetro. Cerca de 8

talos contendo aproximadamente 25g foram distribuídos em 80cm no formato linear. As unidades experimentais do fator (b) foram confeccionadas somente com talos de colorações verde ou marrom, separadamente. O cultivo foi conduzido em sistema fixo flutuante com as unidades fixadas na posição horizontal próximo a superfície do mar.

Mensalmente, as unidades experimentais foram avaliadas. Para isso, todas as unidades experimentais foram coletadas no mar e transferidas para o laboratório, onde foram pesadas separadamente, com auxílio de uma balança digital Toledo Plus®. Após ser realizada a avaliação, novas unidades foram confeccionadas com talos da mesma linhagem, para cada unidade experimental, durante todo o período do experimento. Como método de análise de desempenho agrônomico foi utilizada a equação descrita por (YONG et al., 2013):

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

em que (Mf) é a massa final(g), (Mi) é a massa inicial (g), (t) é o tempo de cultivo em dias e o resultado (TC) é expresso em taxa de crescimento por dia (% dia⁻¹).

A temperatura foi registrada a cada 24 horas ao longo de todo o período experimental através da instalação do aparelho digital TID-BIT Hobo® próximo ao local em que foram fixadas as unidades experimentais. Os resultados observados nas avaliações mensais considerando as estações do ano (outono, inverno, primavera e verão), com início no mês de junho de 2022 e o término em junho de 2023. Os dados foram analisados através de análise de variância (ANOVA) fatorial, analisando-se métodos de cultivo e linhagens para cada estação do ano. Por meio do programa estatístico do software R®.

Resultados e discussão

As taxas de crescimento diário (% dia⁻¹) (média ± desvio padrão) avaliadas durante o período experimental variaram do menor valor de 1,31 ± 0,96 (% dia⁻¹) no método rede tubular (RT) linhagem marrom (MA) de inverno até o maior de 5,98 ± 0,44 (% dia⁻¹) para o tratamento *tie-tie* (TT) linhagem verde (VE) na estação do verão (Figura 1). Resultados similares foram observados no desempenho da espécie cultivadas em águas subtropicais do litoral catarinense com variações na taxa de crescimento diário de 1,03 até 5,42 (% dia⁻¹) em (COSTA, 2019) e de 0,34 até 5,12(% dia⁻¹) segundo HAYASHI et al., (2011). Da mesma forma, como registrado por Hayashi (2007); Gelli (2019); Oliveira et al. (2019) no litoral de Ubatuba, com uma variação entre 5,2 a 7,2 (% dia⁻¹), 4,76 a 8,72 (% dia⁻¹) e 3,8 a 6,2 (% dia⁻¹), respectivamente. Por fim, foi observada também no litoral sudoeste do estado do Rio de Janeiro uma taxa de crescimento variando de 3,2 a 3,4 (% dia⁻¹) (GÓES & REIS, 2011) e -2,14 até 2,90 (% dia⁻¹) (REIS, 2015).

Além disso, resultados semelhantes foram presenciados no cultivo desta espécie em outros países, como publicado por Hung et al. (2009), que registraram uma faixa de crescimento entre (1,6 a 4,6% dia⁻¹) no Vietnã. Em estudos de Kasim & Mustafa, (2017), valores entre (2,43 e 3,69% dia⁻¹) no sudeste da Indonésia. Bem como, para a costa sudeste da Índia (3,76 - 4,92% dia⁻¹) (PERIYASAMY et al., 2014), para o litoral das Filipinas (1,61 a 8,58% dia⁻¹) (ORBITA, 2013), no sudoeste de Madagascar (3,90 a 5,46% dia⁻¹) (ATEWEBERHAN et al., 2015) e na Península do México (2 a 7,1% dia⁻¹) (MUNÕZ et al., 2004).

Segundo Hayashi et al., (2010), o desempenho da espécie *K. alvarezii* cultivada em fazendas marinhas

pode estar associado não somente às linhagens adquiridas, mas a uma série de parâmetros ambientais. Contudo, estudos relatados por Paula et al., (2002) constataram que a temperatura da água do mar influencia diretamente na (TC% dia⁻¹) e mantém um padrão de sazonalidade positivo entre as variáveis.

Neste contexto, com relação as taxas de crescimento diário (% dia⁻¹), foi possível observar diferença significativa (p < 0,05) para o tratamento método de plantio durante as estações de verão e inverno, sendo que o tratamento (TT) foi superior ao (RT) em ambos os períodos. Estes resultados encontrados divergem dos estudos elaborados por Reis et al., (2015), onde os autores notaram um melhor desempenho para o crescimento da espécie no sistema rede tubular no litoral do Rio de Janeiro, com resultados significativos de (2,90% dia⁻¹). Os autores ressaltam ainda que estes valores negativos (- 2,14% dia⁻¹) registrados no sistema *tie-tie* foram relacionados com intempéries do tempo, como fortes ventos e correntes marítimas, o que não foi observado durante o período experimental do presente estudo. Não obstante, estudos de comparação entre os diferentes sistemas de plantio foram relatados por Góes & Reis, (2011) em que o sistema de cultivo *tie-tie* demonstrou um rendimento (3,4% dia⁻¹) semelhante ao sistema de rede tubular (3,2% dia⁻¹) durante o período da primavera na Baía de Sepetiba, litoral do Rio de Janeiro.

A macroalga *K. alvarezii* é uma espécie originária de regiões tropicais e cresce bem em águas com temperaturas entre 20°C e 32°C. Sendo possível registrar maiores taxas de crescimento no período de verão entre valores médios de temperatura de 27,1°C e 27,9°C (HAYASHI et al., 2011). Deste modo, ratificam-se os valores encontrados no atual estudo, onde, após analisar a relação entre as

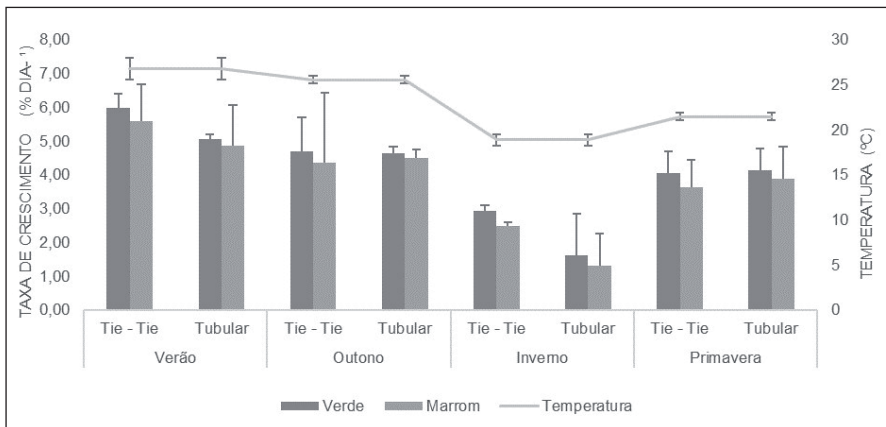


Figura 1. Média \pm desvio padrão da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e a taxa de crescimento ($\% \text{ dia}^{-1}$) da macroalga *Kappaphycus alvarezii* para os tratamentos método de cultivo tie-tie (TT) e rede tubular (RT), linhagens Verde (VE) e marrom (MA) no período 2022/23

Figure 1. Mean and standard deviation (\pm) and growth rate ($\% \text{ day}^{-1}$) of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* for the cultivation methods, tie-tie (TT) and tubular net (RT), and the two strains, Green (VE) and Brown (MA), during the experimental period 2022/23

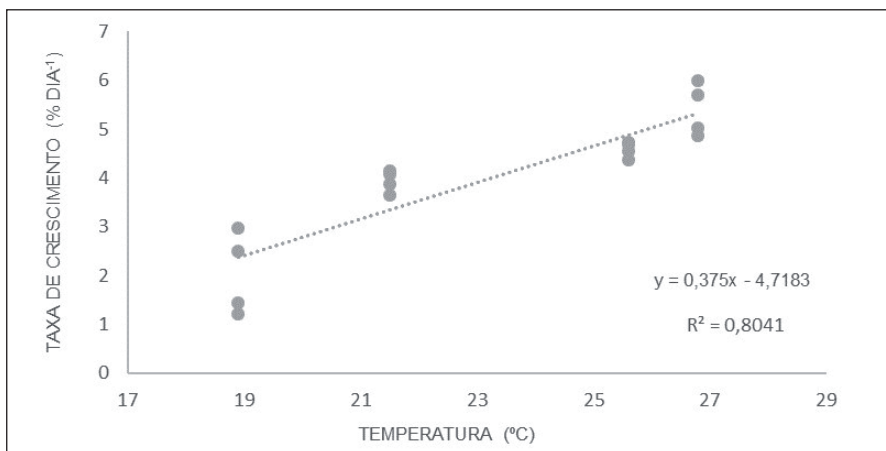


Figura 2. Correlação dos valores (média) da taxa de crescimento ($\% \text{ dia}^{-1}$) da macroalga *Kappaphycus alvarezii* para os tratamentos rede tubular (RT), tie-tie (TT), linhagem Marrom (MA) e verde (VE), com a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) registrados durante no período 2022/23

Figure 2. Correlation of the growth rate mean of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* for the cultivation methods tubular net (RT) and tie-tie (TT), and the two strains, Brown (MA) and Green (VE), and the temperature ($^{\circ}\text{C}$), during the experimental period 2022/23

taxas de crescimento e a temperatura (Figura 2), obteve-se uma correlação positiva e um Coeficiente de Pearson forte (0,90), com valores semelhantes aos encontrados por Gelli (2019), que apresentou coeficientes de 0,80 a 0,90 para o cultivo da macroalga no litoral paulista.

Neste sentido, analisando os registros de temperatura durante o período experimental, a maior média ($26,8 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$) foi verificada para a estação de verão, sendo que neste período foram observados os maiores valores da

taxa de crescimento diário ($\% \text{ dia}^{-1}$) para os tratamentos (TT) (VE) ($5,98 \pm 0,44$) e (MA) ($5,59 \pm 1,09$). Destaca-se que estes valores mostraram-se superiores aos observados por Hayashi et al., (2011) e Costa (2019), que utilizaram sistema em redes tubulares para algas cultivadas no verão e constataram valores de crescimentos diários de 5,12 e 5,42 ($\% \text{ dia}^{-1}$). No entanto, ao comparar os resultados obtidos com estudos realizados em águas com temperaturas tropicais do litoral sudeste brasileiro,

foram encontrados valores inferiores aos descritos por Hayashi (2007); Gelli, (2019); Oliveira et al., (2019), que atingiram valores máximos de crescimento de 7,2, 8,7 e 6,2 ($\% \text{ dia}^{-1}$), respectivamente.

Contudo, no tocante ao comportamento das macroalgas para os períodos de meia estação, foi possível observar uma taxa de crescimento diário ($\% \text{ dia}^{-1}$) para a estação de outono, do maior valor registrado ($4,69 \pm 1,02$) para o tratamento (TT) (VE) até o menor valor ($4,37 \pm 2,02$) no tratamento (TT) (MA). E também, para a estação da primavera, a taxa variou de ($4,07 \pm 0,64$) para o tratamento (TT) (VE) até ($3,64 \pm 0,8$) no tratamento (TT) (MA). Não houve diferenças significativas entre os tratamentos (TT) (VE) e (MA), (RT) (VE) e (MA) nestes períodos experimentais. Estes resultados são semelhantes aos apresentados por Costa (2019), em que a espécie exibiu um desempenho no período de outono, entre os valores de $4,31 \pm 0,15$ ($\% \text{ dia}^{-1}$) para linhagem verde e $3,86 \pm 0,31$ ($\% \text{ dia}^{-1}$) para a marrom em Florianópolis e $3,45 \pm 1,05$ ($\% \text{ dia}^{-1}$) para coloração verde e $2,95 \pm 0,69$ ($\% \text{ dia}^{-1}$) para a marrom, mais ao norte do litoral de Santa Catarina.

Segundo Santos & Hayashi (2022), à medida que se aproxima do inverno, o crescimento da alga vai diminuindo e, nesse momento, a alga entra em estresse fisiológico, apresentando doenças degenerativas, bem como diminuição na rigidez dos talos, que se tornam menos vigorosos e mais vulneráveis ao epifitismo. Dessa forma, justificam-se os resultados inferiores ($P < 0,05$) observados para o método de cultivo em rede tubular no inverno, pois o material utilizado para a confecção desta técnica apresenta maior área superficial. Quando alocadas no mar, estas estruturas permitem a atração de organismos competidores que reduzem o crescimento da macroalga

com relação ao método *tie-tie*, em que os talos permanecem em constante movimentação através da corrente marinha, dificultando a fixação de indivíduos incrustantes e promovendo o melhor desempenho neste sistema.

Ao contrário que foi relatado por Muñoz et al. (2004), no qual o desempenho não foi significativo para as linhagens de colorações verde, marrom e vermelha cultivadas no México, assim como para as linhagens verde e marrom nas Filipinas Hurtado et al., (2001), no presente trabalho houve maior crescimento ($P < 0,05$) para o tratamento (VE) com relação ao (MA), no período de inverno. Estes resultados observados podem estar associados ao comportamento fisiológico da espécie para esta estação, uma vez que as algas marinhas são consideradas organismos fotossintetizantes capazes de capturar e converter a energia solar em energia química. Porém esta absorção da luz depende diretamente da função dos pigmentos fotossintetizantes e dos pigmentos acessórios presentes em todas as algas. Estas estruturas denominadas como ficobiliproteínas (ficoeritrina e ficocianina) formam um arranjo geométrico, promovendo uma cadeia de transferência de fótons em sequência: ficoeritrina > ficocianina > aloficocianina > clorofila a. (NELSON & COX, 2022). É importante sobretudo salientar que em espécies de macroalgas que vivem em ambientes com maiores oscilações de intensidade da luz na coluna d'água ao longo do dia, as propriedades espectrais dos pigmentos acessórios contribuem para uma maior eficiência na captação e transferência de energia obtida da radiação solar.

Desta forma, uma das vantagens evolutivas das algas vermelhas é a presença majoritária de pigmentos acessórios azuis e vermelhos, o que possibilita a sobrevivência dessas algas

em profundidades onde a luz quase não penetra. Todavia, a baixa irradiância podem causar mudanças na estrutura celular, mais precisamente nos mecanismos de captação de luz, para que a absorção de luz seja otimizada. Nestes ambientes, os talos adquirem uma coloração pálida causada pela produção de maiores quantidades de pigmentos acessórios para aumentar a captura de luz (GRAHAM et al., 2009). Neste sentido, estudos elaborados em condições controladas por Aguirre-Von-Wobeser et al. (2001) demonstraram que a linhagem verde da espécie *K. alvarezii* apresentou níveis dos pigmentos de ficocianina (PC) e aloficocianina (APC) e eficiência fotossintética superiores à marrom. Desse modo, os resultados significativos observados para o desempenho das linhagens verde no período de inverno podem estar relacionados com a capacidade desta linhagem de absorver luz solar, de maneira mais eficiente, nos meses em que o fotoperíodo diário é menor.

Ressalta-se que, apesar da redução na taxa de crescimento das algas cultivadas no período de inverno, não foi possível observar maiores perdas durante o período experimental. Ao contrário de Hayashi, (2011), que verificou taxas de crescimento diário próximas de zero na região da grande Florianópolis. Assim, as condições ambientais do litoral norte de Santa Catarina, principalmente quando se relaciona aos elevados valores de temperatura da água do mar, mostraram-se favoráveis ao cultivo da espécie durante todas as estações do ano.

Conclusão

O melhor sistema de cultivo da macroalga *K. alvarezii* observado no litoral norte catarinense foi o *tie-tie*,

sobretudo para a linhagem de coloração verde durante o período de inverno. Isso demonstra que o cultivo desta espécie no município de Penha poderá ser realizado em períodos ininterruptos entre as estações do ano.

Referências

- AGUIRRE-VON-WOBESER, E.; FIGUEROA, F.L.; CABELLO-PASINI, A. Photosynthesis and growth of red and green morphotypes of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) from the Philippines. **Marine Biology**, v.138, p.679-686, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002270000506>
- ATEWEBERHAN, M.; ROUGIER, A.; RAKOTOMAHAZO, C. Influence of environmental factors and farming technique on growth and health of farmed *Kappaphycus alvarezii* (cottonii) in south-west Madagascar. **Journal of Applied Phycology**, v. 27, p. 923-934, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0378-3>
- BHUYAR, P.; RAHIM, M.H.; SUNDARARAJU, S.; MANIAM, G.P.; GOVINDAN, Antioxidant and antibacterial activity of red seaweed *Kappaphycus alvarezii* against pathogenic bacteria. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 6, n. 1, p. 47-58, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22034/gjesm.2020.01.04>
- CASTELAR, B.; REIS, R.P.; BASTOS, M. Contribuição ao protocolo de monitoramento ambiental da maricultura de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex PC Silva (Areschougiaceae-Rhodophyta) na baía de Sepetiba, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, p. 613-617, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000300001>
- COSTA, T.S. **Avaliação preliminar para**

a implantação de cultivos comerciais da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina. 30p. Trabalho de conclusão de curso. TCC (Graduação - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias) Engenharia de Aquicultura, Florianópolis. 2019.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture.** Towards Blue Transformation. Rome. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.

FAO. Food. Agriculture Organization of the United Nations. **The state of world fisheries and aquaculture 2018**—Meeting the sustainable development goals. CC BY-NC-SA, v. 3, 2018.

GRAHAM, L.E.; JAMES, M.G.; WILCOX, W.L. **Algae.** 2nd ed. San Francisco: Pearson/Benjamin Cummings, 2009. 640p.

GELLI, V.C.; PATINO, M.T.O.; ROCHA, J.V.; BARBIERI, E.; MIRANDA-FILHO, K.C.; HENRIQUES, M.B. Production of the *Kappaphycus alvarezii* extract as a leaf biofertilizer: technical and economic analysis for the north coast of São Paulo-Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.46, n.2, 2020. DOI: 10.20950/1678-2305.2020.46.2.568.

GELLI, V.C. **Desenvolvimento ordenado e potencial da produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* no estado de São Paulo para a produção do biofertilizante.** 111p. Tese (Doutorado-Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas), 2019.

GÓES, H.G.; REIS, R.P. An initial comparison of tubular netting versus *tie-tie* methods of cultivation for *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) on the south coast of Rio de Janeiro State, Brazil. **Journal of Applied Phycology**, v.23, p.607-613, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9647-y>

HAYASHI, L.; DE PAULA, E.J.; CHOW, F. 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**, v.19, p.393-399, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-007-9163-x>.

HAYASHI, L.; HURTADO, A.Q.; MSUYA, F.E.; BLEICHER-LHONNEUR, G.; CRITCHLEY, A.T. A review of *Kappaphycus* farming: prospects and constraints. **Seaweeds and their role in globally changing environments**, p. 251-283, 2010. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-8569-6_15.

HAYASHI, L.; SANTOS, A.A.; FARIA, G.S.; NUNES, B.G.; SOUZA, M.S.; FONSECA, A.L.; BOUZON, Z.L. *Kappaphycus alvarezii*(Rhodophyta,Areschougiales) cultivated in subtropical waters in Southern Brazil. **Journal of Applied Phycology**, v.23, p.337-343, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9543-5>

HAYASHI, L.; REIS, R.P. Cultivation of the red algae *Kappaphycus alvarezii* in Brazil and its pharmacological potential. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.22, p.748-752, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2012005000055>

HUNG, L.D.; HORI, K.; NANG, H.Q.; KHA, T.; HOA, L.T. Seasonal changes in growth rate, carrageenan yield and lectin content in the red alga *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Camranh Bay, Vietnam. **Journal of Applied Phycology**, v.21, p.265-272, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9360-2>

KARTHIKEYAN, K.; SHANMUGAM, M. Development of a protocol for the application of commercial bio-stimulant

manufactured from *Kappaphycus alvarezii* in selected vegetable crops. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**, v.4, n.1, p.92-102, 2016. [http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(1\).92.102](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(1).92.102)

KASIM, M.; MUSTAFA, A. Comparison growth of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) cultivation in floating cage and longline in Indonesia. **Aquac Rep.**, v.6, p.49–55. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.03.004>

MOHAMMAD, S.M.; RAZALI, S.M.; ROZAIMAN, N.M.; LAIZANI, A.N.; ZAWAWI, N. Application of seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) in Malaysian food products. **International Food Research Journal**, v.26, n.6, p.1677-1687, 2019.

MUNÖZ, J.; FREILE-PELEGRÍN, Y.; ROBLEDO, D. Mariculture of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) color strains in tropical waters of Yucatán, México. **Aquaculture**, v.239, n.1-4, p.161-177, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.05.043>

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger.** Artmed Editora, 2022.

OLIVEIRA, L.; CEDENO, R.F.; CHAVEZ, E.G.; GELLI, V.C.; MASARIN, F. Red macroalgae *kappaphycus alvarezii* as feedstock for nutraceuticals, pharmaceuticals and fourth generation biofuel production. **Red**, v.17, p.546-549, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24084/repqj17.370>

ORBITA, M.L. Growth rate and carrageenan yield of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) cultivated in Kolambugan, Lanao del Norte, Mindanao, Philippines. **Advances in Agriculture & Botany**, v.5, n.3, p.128-139, 2013. DOI: <http://www.aab>

- bioflux.com.ro/docs/2013.128-139.pdf
- PAULA, E.; PEREIRA, R.T.L.; OHNO, M. Growth rate of the carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) introduced in subtropical waters of Sao Paulo State, Brazil. **Phycological Research**, v. 50, n. 1, p.1-9, mar. 2002. Wiley. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1440-1835.2002.00248.x>
- PERIYASAMY, C.; ANANTHARAMAN, P.; BALASUBRAMANIAN, T.; RAO, P.S. Seasonal variation in growth and carrageenan yield in *cultivated Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty on the coastal waters of Ramanathapuram district, Tamil Nadu. **Journal of applied phycology**, v.26, p.803-810, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0256-z>
- REIS, R. P.; CHAGAS PEREIRA, R. R.; DE GÓES, H. G. The efficiency of tubular netting method of cultivation for *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) on the southeastern Brazilian coast. **Journal of applied phycology**, v. 27, p. 421-426, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0330-6>
- RUDKE, A.R.; DE ANDRADE, C.J.; FERREIRA, S.R.S. *Kappaphycus alvarezii* macroalgae: An unexplored and valuable biomass for green biorefinery conversion. **Trends in Food Science & Technology**, v.103, p.214-224. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.018>.
- SANTHOSH, V.; PERIYASAMY, S. Qualitative improvement of bio-oil derived from hydrothermal liquefaction of liquid fertiliser drained *Kappaphycus alvarezii*. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p.1-11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-023-03749-1>
- SANTOS, A.A. Produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina, safra 2022/2023. **Agropecuária Catarinense**, v.36, n.2, p.7-9, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1746>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- SANTOS, A.A.D. **Potencial de cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* no litoral de Santa Catarina**. 151p. Tese (Doutorado-Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias) Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2014.
- YONG, Y.S.; YONG, W.T.L.; ANTON, A. Analysis of formulae for determination of seaweed growth rate. **Journal of applied phycology**, v.25, p.1831-1834, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0022-7>