

Biofertilizante de *Kappaphycus alvarezii* estimula o metabolismo e o desenvolvimento de *Mentha piperita*

Kappaphycus alvarezii biofertilizer stimulates the metabolism and development of *Mentha piperita*

Aline Nunes^{1*}, Felipe de Souza Dutra^{2,3}, Eva Regina Oliveira², Lohan Rodrigues Brandão Santos², Alex Ricardo Schneider^{2,3}, Camila Pimentel Martins², Gadiel Zilto Azevedo², Isabela Feijão de Araújo², Alex Alves dos Santos⁴, Marcelo Maraschin², Giuseppina Pace Pereira Lima¹

¹Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Botucatu, São Paulo, Brasil; alinenunes_bio@hotmail.com; pace.lima@unesp.br; ²Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Metabolômica e Bioquímica Aplicada, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil; ginagro@gmail.com; lohanbrandao645@gmail.com; camilapmartins@hotmail.com; gad.azevedo@gmail.com; bellaf.araujo13@gmail.com; m2@cca.ufsc.br; ³Universidade de Caxias do Sul, Laboratório de Biotecnologia de Produtos Naturais e Sintéticos, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. felipedutra.rez@gmail.com; alemaodamacieira@gmail.com. ⁴Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. alex@epagri.sc.gov.br. *Autor correspondente.

NOTA

Recebido: 06-04-2025
 Aprovado: 20-12-2025

Palavras-chave:

Extrato aquoso
 Hortelã-menta
 Rhodophyta

RESUMO

Mentha piperita, comumente conhecida como menta, é uma planta valorizada por suas propriedades aromáticas e medicinais, sendo amplamente utilizada na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi analisar as respostas morfológicas e bioquímicas da *M. piperita* cultivada em casa de vegetação, após a aplicação foliar semanal do biofertilizante derivado de *Kappaphycus alvarezii*. O experimento foi realizado de maneira casualizada, envolvendo 50 plantas organizadas em 25 vasos, com duas plantas por vaso e 5 tratamentos distintos, totalizando 10 plantas por tratamento. Foram investigadas quatro concentrações do biofertilizante (1%, 3%, 5% e 7% - v/v), com água destilada como controle. Os resultados demonstram os benefícios do biofertilizante, evidenciando aumentos significativos em comparação ao controle. A aplicação do biofertilizante a 7% resultou em um aumento de 66% no número de regiões nodais em comparação ao controle e uma elevação de 19,78% no conteúdo de amido. As concentrações de 3% e 5% aumentaram os níveis de carboidratos totais, com incrementos de 38,12% e 28,65%, respectivamente, em relação ao controle. No entanto, considerando o custo-benefício, a aplicação do biofertilizante a 1% mostrou-se vantajosa, promovendo o desenvolvimento das plantas por meio do aumento da massa fresca e seca das folhas, além de favorecer respostas bioquímicas associadas ao acúmulo de açúcares solúveis totais e amido. Dessa forma, seu uso pode contribuir para a otimização da produção dessa planta medicinal e condimentar.

ABSTRACT

Mentha piperita, commonly known as peppermint, is a plant valued for its aromatic and medicinal properties, widely used in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. In this sense, the objective of this study was to analyze the morphological and biochemical responses of *M. piperita* cultivated in a greenhouse, after weekly foliar application of the biofertilizer derived from *Kappaphycus alvarezii*. The experiment was conducted in a randomized manner, involving 50 plants organized in 25 pots, with two plants per pot and 5 distinct treatments, totaling 10 plants per treatment. Four concentrations of the biofertilizer (1%, 3%, 5%, and 7% - v/v) were investigated, with distilled water as control. The results demonstrate the benefits of the biofertilizer, showing significant increases compared to the control. The application of the biofertilizer at 7% resulted in a 66% increase in the number of nodal regions compared to the control and an elevation of 19.78% in starch content. The concentrations of 3% and 5% increased total carbohydrate levels, with increments of 38.12% and 28.65%, respectively, compared to the control. However, considering the cost-benefit ratio, the application of biofertilizer at 1% proved advantageous, promoting plant development by increasing the fresh and dry mass of leaves, as well as favoring biochemical responses associated with the accumulation of total soluble sugars and starch. Therefore, its use can contribute to optimizing the production of this medicinal and culinary plant.

Key words:

Aqueous extract
 Peppermint
 Rhodophyta

INTRODUÇÃO

A menta (*Mentha piperita* L.) é reconhecida como uma planta aromática e medicinal de grande valor, com uma demanda crescente por seus óleos essenciais e produtos relacionados. Estima-se que cerca de 55% do óleo essencial produzido é destinado à fabricação de goma de mascar, enquanto 34% é utilizado em pastas de dente e outros itens de higiene bucal (HUDZ et al., 2023). *M. piperita* destaca-se ainda por seu elevado teor de antioxidantes, como ácidos fenólicos e flavonoides, e está associada a diversos benefícios para a saúde humana, incluindo atividade antimicrobiana, propriedades anticancerígenas e antialérgicas, além de efeitos benéficos na redução dos níveis de açúcar no sangue e propriedades analgésicas (WANI et al., 2022).

Dada importância como planta medicinal, é essencial que *M. piperita* seja cultivada de maneira sustentável. Esse enfoque visa não apenas a otimização da produção, mas também a preservação das propriedades medicinais da planta. Ao alinhar-se às crescentes demandas por práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes, o uso de biofertilizantes naturais surge como uma solução viável, promovendo um equilíbrio entre produtividade e conservação (GHOSH et al., 2022). Nesse contexto, a macroalga vermelha *Kappaphycus alvarezii*, uma das principais macroalgas comercializadas globalmente, destaca-se como um biofertilizante promissor devido à sua capacidade de promover o crescimento vegetal por meio de diversos mecanismos. Sua composição rica em açúcares, aminoácidos, minerais, lipídios e hormônios desempenha um papel crucial na modulação de processos fisiológicos, como a fotossíntese e a resistência a estresses bióticos e abióticos (AGARWAL et al., 2016; RUDKE et al., 2020; KUMARI et al., 2022).

Contudo, é necessário comprovar a eficácia agrônômica do biofertilizante de *K. alvarezii* cultivada no Brasil, pois sua introdução no país é recente. Em Santa Catarina, o cultivo comercial foi autorizado em janeiro de 2020, conforme a Instrução Normativa 01/2020 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (BRASIL, 2020). Assim, este estudo objetivou determinar os efeitos do biofertilizante da *K. alvarezii*, cultivada no sul da ilha de Florianópolis (SC), sobre a morfologia e o perfil bioquímico de plantas de *M. piperita*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi inicialmente realizado em sistema hidropônico em uma casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Em um segundo momento, foi conduzido em uma estufa coberta com plástico de polietileno no Centro de Treinamento de Florianópolis da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). O experimento foi conduzido entre maio a agosto de 2024.

O delineamento experimental foi realizado de forma casualizada, com 10 plantas por tratamento, organizadas em vasos contendo duas plantas cada e um total de 5 tratamentos. Dessa forma, foram utilizadas 50 plantas, distribuídas em 25 vasos. Um total de cinco aplicações foliares foi realizado, com intervalos semanais, utilizando concentrações de 0% (controle – água destilada), 1%, 3%, 5% e 7%. As aplicações tiveram início cinco dias após o transplante das mudas e foram

realizadas até que as plantas estivessem completamente molhadas, garantindo uma cobertura adequada do biofertilizante nas folhas.

Para a obtenção do biofertilizante, amostras das linhagens verde e vermelha de *K. alvarezii* cultivadas no sistema tie-tie foram coletadas em fevereiro de 2024 (verão) no município de Florianópolis, Santa Catarina (27° 42' 32.724" S, 48° 33' 35.5" W). As algas foram lavadas com água de torneira para remover o excesso de sal, impurezas e organismos indesejados. Em seguida, 500 g de biomassa de cada linhagem foram alíquotadas e trituradas, seguidas de filtração e coleta do extrato aquoso, que foi armazenado a -20°C.

O biofertilizante foi caracterizado apresentando um teor de fenólicos totais de 9,00 mg/100 g, flavonoides totais de 1,90 mg/g, carotenoides totais de 42,92 mg/100 g, carboidratos totais de 1,60 g/g, açúcares solúveis totais de 0,92 mg/g e proteínas totais de 8,33 mg/100 g. A análise por espectroscopia de ressonância magnética nuclear permitiu a identificação de 17 compostos, dos quais a maioria consistia em aminoácidos e seus derivados (n = 12). Os três compostos predominantes foram o lactato (2,58 mM), a taurina (1,15 mM) e o formiato (0,43 mM), os quais juntos representaram 76,8% dos compostos detectados (NUNES et al., 2025a).

Inicialmente, as sementes de *M. piperita*, adquiridas na Feltrin Sementes®, foram germinadas em espumas fenólicas. Após cinco dias, as plântulas foram transferidas para cultivo em um sistema hidropônico. As plântulas foram fertilizadas com uma solução nutritiva composta por nitrato de cálcio (4,5 mM), nitrato de potássio (4,9 mM), fosfato monoamônio (1,3 mM), sulfato de magnésio (3,3 mM), sulfato de cobre (0,006 mM), sulfato de manganês (0,04 mM), sulfato de zinco (0,012 mM), ácido bórico (0,13 mM), molibdato de sódio (0,001 mM) e quelato de ferro etilenodiamina-N,N'-bis(2-hidroxifenil) acético (0,08 mM).

Após 37 dias no sistema hidropônico, as plantas foram transferidas para vasos de 2 litros, preenchidos com substrato comercial (TNMIX Agrinobre®), contendo turfa de esfagno, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada, calcário dolomítico, gesso agrícola, fertilizante NPK e micronutrientes. O substrato utilizado apresentou as seguintes características: pH de 5,0, condutividade elétrica de 0,6, umidade máxima de 55%, capacidade de retenção de água de 140% e densidade aparente de 150 Kg/m³. As plantas foram mantidas na estufa por mais 38 dias, totalizando um período de 110 dias de experimento no total. A irrigação das plantas foi realizada utilizando um sistema de gotejamento, que operava a cada 3 horas.

Ao final do experimento, todas as plantas foram avaliadas quanto ao número de nós por meio de contagem direta. Além disso, os pesos fresco e seco da parte aérea foram analisados com o auxílio de uma balança de precisão. Para a análise do perfil bioquímico, foram coletadas folhas de três plantas de cada tratamento (segunda folha após o ápice), analisadas em triplicata, totalizando nove repetições. Após a pesagem e maceração das folhas com nitrogênio líquido, foram determinados os teores de açúcares solúveis totais e amido total, seguindo a metodologia de Umbreit e Burris (1964), com modificações. Os carboidratos totais foram quantificados pelo método de DuBois et al. (1956), com adaptações.

O conjunto de dados morfológicos (considerando cada planta individualmente) e bioquímicos foram analisados quantos aos pressupostos de normalidade e

homocedasticidade. Após a verificação desses pressupostos, os dados foram submetidos ao teste Scott & Knott, considerando um nível de significância de 5%. Os dados foram analisados com o auxílio do software AgroEstat (versão 1.1.0.712; BARBOSA; MALDONADO JUNIOR, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise morfológica de *Mentha piperita* indicam que, embora as plantas tratadas com biofertilizante de *Kappaphycus alvarezii* na concentração de 7% (v/v) tenham apresentado um número médio de 8,80 nós, 66% superior ao controle, sendo significativamente maior que os demais tratamentos (Figura 1B), essa variável apresentou resultado distinto ao observado quando avaliados os pesos fresco e seco das folhas, em que a concentração de 1% apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao controle e demais tratamentos, com aumentos de 23,89% para o peso fresco (14,00 g) e 83,50% para o peso seco (3,67 g), e as plantas tratadas com 7% não demonstraram o mesmo padrão (Figura 1C e D).

Respostas similares têm sido reportadas na literatura para o uso do biofertilizante de *K. alvarezii* cultivado na Índia em diversas culturas e concentrações. Pramanick et al. (2017) observaram que concentrações de 5% e 7,5% resultaram em aumento do crescimento, produtividade de plantas de batata (*Solanum tuberosum*). Karthikeyan e Shanmugam (2017), por

sua vez, detectaram aumento na produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) e na qualidade do caldo de cana utilizando o extrato algal a 1%.

Em pesquisas usando biofertilizante de *K. alvarezii* cultivado em Florianópolis no Brasil, mesmo extrato utilizado neste estudo, Nunes et al. (2024), observaram que quando aplicado em plantas de manjeriço cultivadas em sistema hidropônico, nas concentrações de 3% e 5%, resultou em um aumento no número de nós em comparação ao controle. Além disso, a matéria seca das raízes tratadas com a concentração de 5% também apresentou um incremento significativo. Assim, verifica-se que a determinação da concentração do biofertilizante é essencial para obter melhores resultados, tanto na produtividade quanto na qualidade das culturas.

A concentração de 7% do biofertilizante destacou-se como a ideal para maximizar o número de nós nas plantas. No entanto, concentrações mais baixas mostraram-se mais eficazes na promoção do ganho de biomassa. Essa diferença aponta sobre o impacto de maiores concentrações do biofertilizante, principalmente em relação ao seu potencial efeito de estresse nessa espécie. Além disso, a frequência da aplicação pode influenciar os resultados, visto que foram realizadas aplicações semanais. Assim, embora o uso de 7% tenha aumentado o número de nós, é possível que esses nós tenham se formado de maneira mais curta em comparação aos obtidos com concentrações inferiores, resultando em uma redução no ganho de massa foliar.

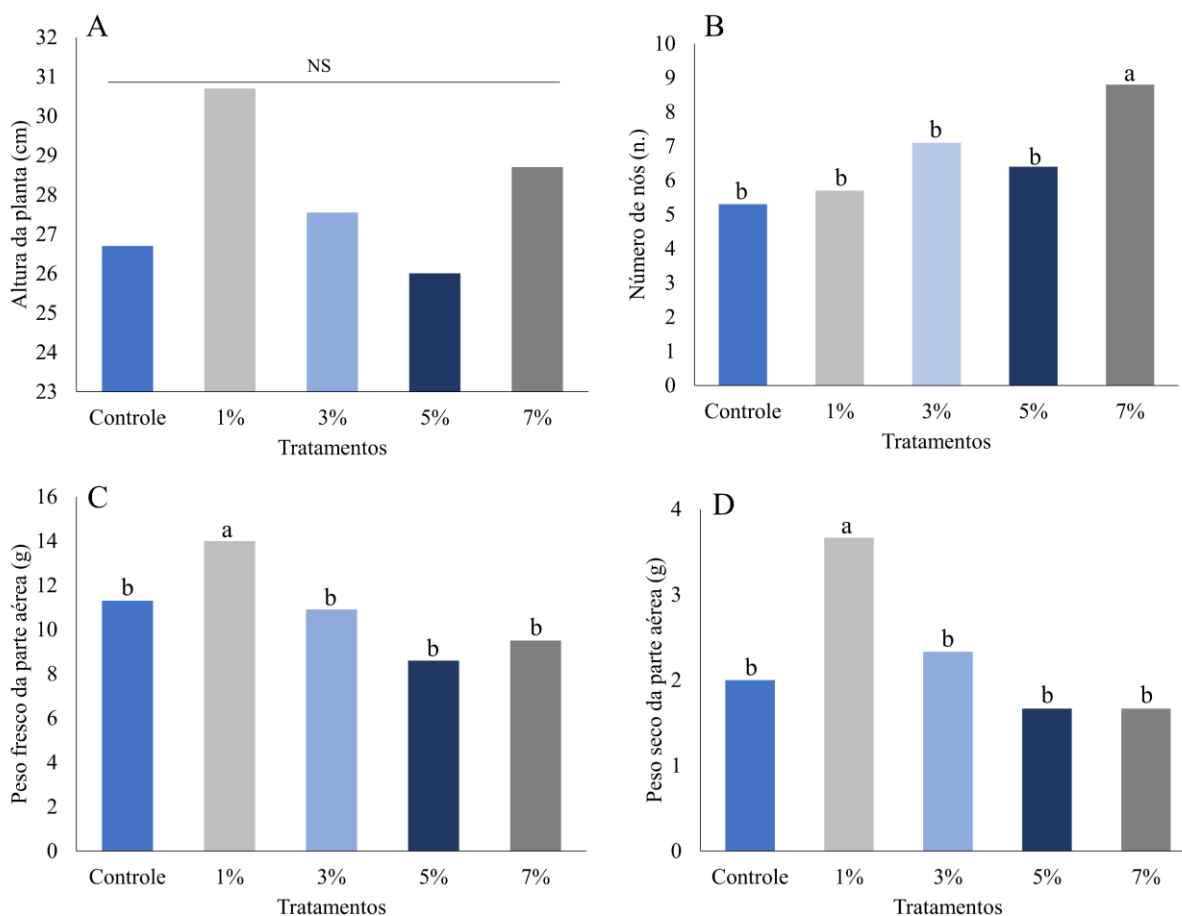


Figura 1. Altura da planta (A), número de nós (B), pesos fresco (C) e seco da parte aérea (D) de plantas de *Mentha piperita* L. cultivadas em casa de vegetação, com aplicação foliar semanal de biofertilizante de *Kappaphycus alvarezii* nas concentrações de 1%, 3%, 5%. *Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente usando o teste de Scott & Knott ($p < 0,05$). NS – Não significativo.

Altas concentrações de biofertilizantes e a frequência das aplicações podem levar a efeitos adversos, devido à maneira como esses produtos atuam. Sua utilização interfere na dinâmica de absorção de água e nutrientes, além de modular processos fotossintéticos (MANNINO et al., 2025). Embora essa interferência possa ter efeitos positivos, pode resultar também em um crescimento irregular das estruturas vegetais, comprometendo a qualidade das partes vegetativas (BULGARI et al., 2015; YUAN; DICKINSON, 2024; SANTOS et al., 2025). Portanto, apesar do aumento no número de nós parecer promissor, é essencial avaliar equilíbrio morfológico da planta.

Cabe destacar que a transição entre sistemas hidropônicos e de cultivo em substrato representa uma mudança significativa nas condições de crescimento das plantas, com potenciais implicações nos resultados experimentais. No cultivo hidropônico, os nutrientes são diretamente disponibilizados na solução, proporcionando uma absorção mais eficiente, enquanto no substrato, a liberação de nutrientes pode ocorrer de forma mais lenta e dependente de fatores como a umidade e a oxigenação das raízes (FARVARDIN et al., 2024). Assim, é possível que alterações morfofisiológicas e bioquímicas ocorram nas plantas. Todavia, essa metodologia foi empregada devido à baixa taxa de germinação das sementes (~40%) quando testadas diretamente no solo. Além disso, o desenvolvimento das plantas apresentou um crescimento significativamente mais lento em comparação ao mesmo período em que foram mantidas em solução hidropônica.

A análise dos perfis bioquímicos das plantas tratadas com o biofertilizante de *K. alvarezii* identificou diferenças estatísticas em todas as variáveis estudadas (Figura 2). Para os açúcares solúveis totais, maior teor foi observado no tratamento com o biofertilizante a 1% (100,95 mg g⁻¹), ou seja, um incremento de 5,80% em relação ao controle. Resultado similar foi detectado para o conteúdo de amido total, onde o produto nas concentrações de 1% e 7% diferiu dos demais tratamentos, com incrementos de 20,45% (166,76 mg g⁻¹) e 19,78% (165,87 mg g⁻¹), respectivamente. Para os carboidratos totais, os teores foram superiores com aplicações a 3% (135,52 mg g⁻¹) e 5% (126,24 mg g⁻¹) do biofertilizante, com aumentos de 38,12% e 28,65%, respectivamente, em relação ao controle.

O estudo de Anyaoku et al. (2023) destaca que, entre o conteúdo nutricional e fitomedicinal da *M. piperita*, os

carboidratos são particularmente relevantes, representando 34,13% do seu conteúdo. Assim, o incremento nos teores de açúcares solúveis totais, amido total e carboidratos totais na *M. piperita* é especialmente interessante, pois implica na quantidade de carboidratos que essas plantas podem fornecer ao organismo humano, especialmente na geração de energia (ANYAOKU et al., 2023).

Em comparação a outros estudos, Nivetha et al. (2024) relataram um aumento significativo nos teores de açúcares solúveis nas folhas de milho tratadas com um bioestimulante comercial à base de *K. alvarezii* aplicado foliarmente (1 mL.L⁻¹). Por sua vez, Pramanick et al. (2020) observaram um incremento nos carboidratos totais nos grãos de arroz após a aplicação do bioestimulante foliar de *K. alvarezii* na concentração de 7,5%. No caso do manjeriço, cultivado em sistema hidropônico com aplicação foliar, verificou-se que as concentrações de 5% e 7% do extrato resultaram em aumentos tanto no conteúdo de açúcares solúveis totais quanto nos carboidratos. Adicionalmente, as concentrações de 3%, 5% e 7% contribuíram para a elevação do teor total de amido (NUNES et al., 2024). Esses resultados indicam que os parâmetros bioquímicos das plantas podem ser significativamente influenciados pelo uso de *K. alvarezii*.

No entanto, os resultados indicam diferenças significativas neste estudo, em relação às concentrações do extrato de *K. alvarezii*, refletindo impactos variados nesses parâmetros. Essa variação é relevante, pois o extrato atua por meio de múltiplos mecanismos que promovem o crescimento e a fitossanidade das plantas. O modo de ação do extrato envolve a regulação de genes relacionados à defesa das plantas, aumentando a resistência a patógenos e a estresses ambientais. Além disso, ele ativa genes que promovem o desenvolvimento das raízes e regulam hormônios como o ácido giberélico e as auxinas, essenciais para o crescimento saudável. Outra contribuição importante do extrato é sua participação na degradação de sacarose, amido e quitina, que ajuda a preservar as reservas energéticas das plantas. Ademais, o extrato de *K. alvarezii* melhora a diversidade e estabelecimento de comunidades bacterianas no solo, criando um ambiente mais favorável para o crescimento das plantas (TRIVEDI et al., 2023).

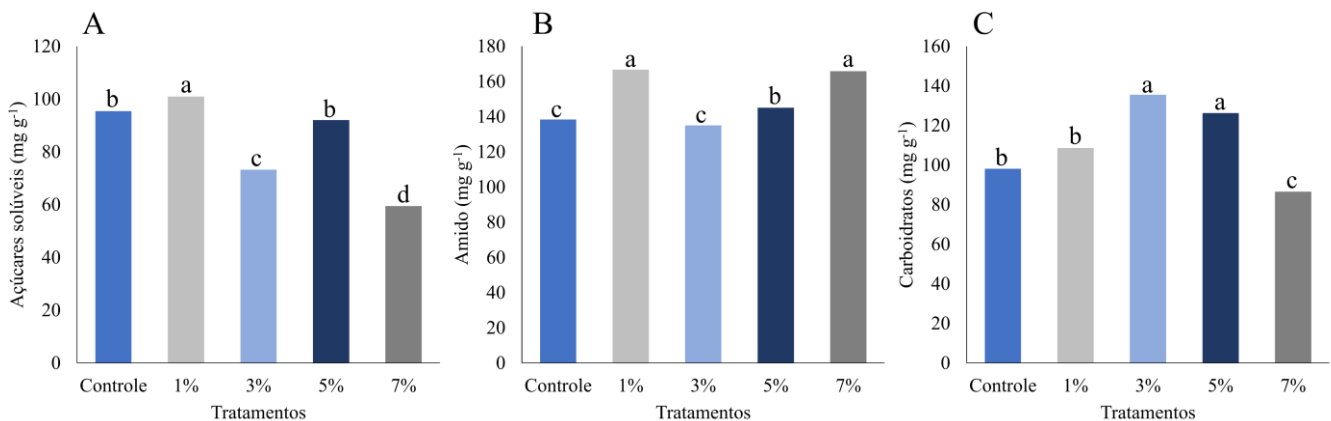


Figura 2. Concentrações de açúcares solúveis totais (A), amido total (B) e carboidratos totais (C) de plantas de *Mentha piperita* L. cultivadas em casa de vegetação, com aplicação foliar semanal de biofertilizante de *Kappaphycus alvarezii* nas concentrações de 1%, 3%, 5% e 7% (v/v). *Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente usando o teste de Scott & Knott ($p < 0,05$).

Dessa forma, a ação do bioestimulante pode variar conforme as necessidades específicas da planta, sua estrutura genética, metabolismo e adaptações fisiológicas. Esses fatores interagem de maneira complexa, influenciando a ativação de diferentes conjuntos de genes. Assim, cada planta pode responder de maneira única à aplicação do biofertilizante, especialmente em relação às diferentes concentrações utilizadas (TRIVEDI et al., 2023; NUNES et al., 2025b). Portanto, é fundamental realizar análises sobre as diferentes concentrações do extrato, a fim de delinear estratégias adequadas para maximizar os benefícios em cada espécie e promover um manejo mais eficiente e sustentável.

O óleo essencial da menta possui um elevado valor econômico e é de extrema relevância nos setores cosmético, farmacêutico e alimentício. Entre os metabólitos secundários extraídos da menta, destacam-se compostos como mentol, mentona, acetato de mentila, isomentona, mentofurano, limoneno, 1,8-cineol, isopulegol, pulegona e carvona. Estes compostos são responsáveis por diversas propriedades benéficas, incluindo atividades antibacterianas, antifúngicas, antivirais, antioxidantes, anti-inflamatórias e anticancerígenas (HEDAYATI et al., 2025). Dessa forma, a análise dos óleos essenciais em mentas cultivadas com o biofertilizante de *K. alvarezii* é fundamental para a exploração de seu potencial.

Ademais, é fundamental que as pesquisas avancem na análise do óleo essencial da menta, a fim de identificar como o uso do biofertilizante de *K. alvarezii*, assim como suas concentrações, podem afetar tanto seu rendimento quanto seu perfil. Estudos anteriores demonstram que bioestimulantes/biofertilizantes oriundos de diferentes fontes, quando analisados em diversas espécies, têm o potencial de incrementar a produção desses óleos (AMATO et al., 2024; JAMWAL et al., 2025; SPAGNUOLO et al., 2025). Em particular, o uso específico de extrato líquido de *K. alvarezii* resultou em um aumento significativo da produção de óleo essencial em capim-limão (YOGENDRA et al., 2024) e gerânio (YOGENDRA et al., 2025).

CONCLUSÃO

A aplicação do biofertilizante de *K. alvarezii* pode otimizar a produção de *M. piperita*. O uso do biofertilizante, especialmente na concentração de 1%, promove melhorias morfofisiológicas e bioquímicas na planta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), por meio do projeto 2023/03886-1 (A.N.), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutoramento a F.S.D. (processo nº 88887.696139/2022-00) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas a M.M (processo nº 405949/2022-7), E.R.O. (processo nº 303956/2023-2), A.R.S (processo nº 142391/2020-4) e G.P.P.L (processo nº 311719/2023-6).

Os autores agradecem à Empresa Algas Brasil pela gentileza quanto à doação das amostras de *K. alvarezii*.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, P.; PATEL, K.; DAS, A. K.; GHOSH, A.; AGARWAL, P. K. Insights into the role of seaweed *Kappaphycus alvarezii* sap towards phytohormone signalling and regulating defence responsive genes in *Lycopersicon esculentum*. *Journal of Applied Phycology*, 28(4):2529-2537, 2016. [10.1007/s10811-015-0784-1](https://doi.org/10.1007/s10811-015-0784-1)
- AMATO, G.; CARDONE, L.; CICCIO, N.; DENORA, M.; PERNIOLA, M.; CASIELLO, D.; DE MARTINO, L.; DE FEO, V.; CANDIDO, V. Morphological traits, yield, antioxidant activity and essential oil composition of oregano as affected by biostimulant foliar applications. *Industrial Crops and Products*, 222:1-11, 2024. [10.1016/j.indcrop.2024.119702](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119702)
- ANYAOKU, I. C.; IGWILO, I. O.; EZEKWESILI, C. N. Phytomedicinal and nutritional values of *Mentha piperita*. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 4(11):3029-3037, 2023.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. *AgroEstat*. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015.
- BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa nº 1, de 21 de janeiro de 2020. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-1-de-21-de-janeiro-de-2020-239404226>. Acesso em: 07 nov. 2024.
- BULGARI, R.; COCETTA, G.; TRIVELLINI, A.; VERNIERI, P.; FERRANTE, A. Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*, 31(1):1-17, 2015. [10.1080/01448765.2014.964649](https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649)
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3):350-356, 1956. [10.1021/ac60111a017](https://doi.org/10.1021/ac60111a017)
- FARVARDIN, M.; TAKI, M.; GORJIAN, S.; SHABANI, E.; SOSA-SAVEDRA, J. C. Assessing the physical and environmental aspects of greenhouse cultivation: a comprehensive review of conventional and hydroponic methods. *Sustainability*, 16(3):1-34, 2024. [10.3390/su16031273](https://doi.org/10.3390/su16031273)
- GHOSH, D.; GHORAI, P.; DEBNATH, S.; INDRAMA, T.; KONDI, V.; TIWARI, O. N. Algal biofertilizer towards green sustainable agriculture. In: SINGH, H. B.; VAISHNAV, A. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier Inc., 2022. [10.1016/B978-0-323-85579-2.00019-8](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85579-2.00019-8)
- HEDAYATI, S.; TARAHI, M.; BAEGHBALI, V.; TAHSIRI, Z.; HASHEMPUR, M. H. Mint (*Mentha* spp.) essential oil extraction: from conventional to emerging technologies. *Phytochemistry Reviews*, 24:3157-3178, 2025. [10.1007/s11101-024-10020-6](https://doi.org/10.1007/s11101-024-10020-6)
- HUDZ, N.; KOBYLINSKA, L.; POKAJEWICZ, K.; SEDLÁČKOVÁ, V. H.; FEDIN, R.; VOLOSHYN, M.; MYSKIV, I.; BRINDZA, J.; WIECZOREK, P. P.; LIPOK, J. *Mentha piperita*: Essential oil and extracts, their biological

- activities, and perspectives on the development of new medicinal and cosmetic products. *Molecules*, 28(21):1-27, 2023. [10.3390/molecules28217444](https://doi.org/10.3390/molecules28217444)
- JAMWAL, S.; KUMARI, A.; VEERAGURUNATHAN, V.; PRASAD, K.; GHOSH, A.; KUMAR, R. Enhancing growth, yield, essential oil content, and composition of holy basil (*Ocimum tenuiflorum* L.) using red algae-based bio-stimulant under acidic conditions of the Western Himalayas. *BMC Plant Biology*, 25:1-11, 2025. [10.1186/s12870-025-06064-1](https://doi.org/10.1186/s12870-025-06064-1)
- KARTHIKEYAN, K.; SHANMUGAM, M. The effect of potassium-rich biostimulant from seaweed *Kappaphycus alvarezii* on yield and quality of cane and cane juice of sugarcane var. Co 86032 under plantation and ratoon crops. *Journal of Applied Phycology*, 29:3245-3252, 2017. [10.1007/s10811-017-1211-6](https://doi.org/10.1007/s10811-017-1211-6)
- KUMARI, J.; HAQUE, M. I.; JHA, R. K.; RATHORE, M. S. The red seaweed *Kappaphycus alvarezii* antiporter gene (KaNa⁺/H⁺) confers abiotic stress tolerance in transgenic tobacco. *Molecular Biology Reports*, 49(5):3729-3743, 2022. [10.1007/s11033-022-07213-7](https://doi.org/10.1007/s11033-022-07213-7)
- MANNINO, G. Plant-biostimulants interaction: scientific trends, markets dynamics, and real-world implication. *Journal of Plant Interactions*, 20(1):1-26, 2025. [10.1080/17429145.2025.2572668](https://doi.org/10.1080/17429145.2025.2572668)
- NIVETHA, N.; SHUKLA, P. S.; NORI, S. S.; KUMAR, S.; SURYANARAYAN, S. A red seaweed *Kappaphycus alvarezii*-based biostimulant (AgroGain®) improves the growth of *Zea mays* and impacts agricultural sustainability by beneficially priming rhizosphere soil microbial community. *Frontiers in Microbiology*, 15:1-18, 2024. [10.3389/fmicb.2024.1330237](https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1330237)
- NUNES, A.; AZEVEDO, G. Z.; MARASCHIN, M.; LIMA, G. P. P. Efeitos do bioestimulante de *Kappaphycus alvarezii* em espécies de interesse agrícola: uma revisão sistemática (2020-2024). *Agropecuária Catarinense*, 38(3):78-83, 2025a. [10.52945/rac.v38i3.2204](https://doi.org/10.52945/rac.v38i3.2204)
- NUNES, A.; GELLI, V. C.; AZEVEDO, G. Z.; DUTRA, F. S.; SCHNEIDER, A. R.; OLIVEIRA, E. R.; MONTEIRO, G. C.; SANTOS, A. A.; MARASCHIN, M.; VIANELLO, F.; LIMA, G. P. P. Characterization of seaweed, aqueous extract, and residue from *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Brazil for potential industrial applications. *Journal of Food Composition and Analysis*, 145:1-18, 2025b. [10.1016/j.jfca.2025.107780](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107780)
- NUNES, A.; SANTOS, A. A.; GELLI, V. C.; DUTRA, F. S.; SCHNEIDER, A. R.; OLIVEIRA, E. R.; SANTOS, L. R. B.; MARTINS, C. P.; AZEVEDO, G. Z.; OLIVEIRA, J. L. B.; MARASCHIN, M.; LIMA, G. P. P. Biofertilizante de *Kappaphycus alvarezii* estimula o desenvolvimento de plantas de manjeriço cultivadas em hidroponia. *Agropecuária Catarinense*, 37(3):27-29, 2024. [10.52945/rac.v37i3.1890](https://doi.org/10.52945/rac.v37i3.1890)
- PRAMANICK, B.; BRAHMACHARI, K.; KAR, SUDESHNA.; MAHAPATRA, B. S. Can foliar application of seaweed sap improve the quality of rice grown under rice–potato–greengram crop sequence with better efficiency of the system? *Journal of Applied Phycology*, 32:3377-3386, 2020. [10.1007/s10811-020-02150-z](https://doi.org/10.1007/s10811-020-02150-z)
- PRAMANICK, B.; BRAHMACHARI, K.; MAHAPATRA, B. S.; GHOSH, A.; GHOSH, D.; KAR, S. Growth, yield and quality improvement of potato tubers through the application of seaweed sap derived from the marine alga *Kappaphycus alvarezii*. *Journal of Applied Phycology*, 29(6):3253-3260, 2017. [10.1007/s10811-017-1189-0](https://doi.org/10.1007/s10811-017-1189-0)
- RUDKE, A. R.; ANDRADE, C. J.; FERREIRA, S. R. S. *Kappaphycus alvarezii* macroalgae: An unexplored and valuable biomass for green biorefinery conversion. *Trends in Food Science & Technology*, 103:214-224, 2020. [10.1016/j.tifs.2020.07.018](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.018)
- SANTOS, L. R. B.; ARAUJO, I. F.; GOMES, L. D.; CORREIA, P. B.; NUNES, A.; LIMA, G. P. P.; MARASCHIN, M. Enraizamento de estacas da amora-preta (*Rubus* spp.) com aplicação do bioestimulante derivado da macroalga *Kappaphycus alvarezii*. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 23(11):1-22, 2025. [10.55905/oelv23n11-113](https://doi.org/10.55905/oelv23n11-113)
- SPAGNUOLO, D.; JAMAL, A.; PRISA, D. Comparative evaluation of marine algae-based biostimulants for enhancing growth, physiological performance, and essential oil yield in lavender (*Lavandula angustifolia*) under greenhouse conditions. *Phycology*, 5(3):1-27, 2025. [10.3390/phycolgy5030041](https://doi.org/10.3390/phycolgy5030041)
- TRIVEDI, K.; ANAND, K. G. V.; VAGHELA, P.; CRITCHLEY, A. T.; SHUKLA, P. S.; GHOSH, A. A review of the current status of *Kappaphycus alvarezii*-based biostimulants in sustainable agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 35(6):3087–3111, 2023. [10.1007/s10811-023-03054-4](https://doi.org/10.1007/s10811-023-03054-4)
- UMBREIT, W. W.; BURRIS, R. H. Method for glucose and others sugars. 4. ed. In: UMBREIT, W. W.; BURRIS, R. H.; STAUFFER, J. P. (Ed.). *Manometric techniques: a manual describing methods applicable to the study of tissue metabolism*. Minneapolis: Burgess, 1964.
- WANI, S. A.; NAIK, H.; WAGAY, J.; GANIE, N. A.; MULLA, M. Z.; DAR, B. N. Mentha: A review on its bioactive compounds and potential health benefits. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 14(4):154–168, 2022. [10.15586/qas.v14i4.1129](https://doi.org/10.15586/qas.v14i4.1129)
- YOGENDRA, N. D.; PRAKHAYATH, K. M.; GHOSH, A. Application of seaweed liquid extract improves the growth, yield, and chemical constituents of lemongrass. *Journal of Plant Nutrition*, 47(19):3571-3584, 2024. [10.1080/01904167.2024.2380777](https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2380777)
- YOGENDRA, N. D.; PRAKHAYATH, K. M.; RAVIKUMARA, R.; PADALIA, R. C.; GHOSH, A. Effect of *Kappaphycus alvarezii* seaweed liquid extract on growth, yield and chemical constituents of Geranium (*Pelargonium graveolens* l' Herit. ex Aiton). *Journal of Plant Nutrition*, 48(6):907-920, 2025. [10.1080/01904167.2024.2415478](https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2415478)
- YUAN, Y.; DICKINSON, N. Revealing the complex interplay of biostimulant Applications. *Plants*, 13(6):1-16, 2024. [10.3390/plants13162188](https://doi.org/10.3390/plants13162188)