

Uso de microalga como biofertilizante na cultura da soja

Idelfonso Leandro Bezerra^{1*}, Maiquiane de Souza Martins², Cleiton Dias Alves²,
Adjalma Campos de França Neto¹, Fábio Régis de Souza¹, Lucas da Silva Santos³,
Adriano Reis Prazeres Mascarenhas¹

¹Professores da Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus Rolim de Moura*, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. ²Engenheiros Agrônomos, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Curso de Agronomia, *Campus Rolim de Moura*, Rondônia, Brasil. ³Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, Pará, Brasil. *idelfonsobezerra@unir.br

Recebido em: 03/05/2024

Aceito em: 15/01/2025

Publicado em: 10/05/2025

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.7.1-6>

RESUMO

A utilização de biofertilizantes de microalgas para a agricultura é uma medida sustentável que traz vários benefícios ao meio ambiente. Dentre eles, equilíbrio biológico do solo, proporciona melhorias nas condições físicas, químicas e sanitárias; diminui a utilização dos insumos químicos, e ainda ajudam na captura de CO₂ atmosférico. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do uso de microalgas como biofertilizantes no crescimento inicial de soja variedade Brasmax Olimpio IPRO. O experimento foi realizado em condições de campo na Ação Ecológica Guaporé, Rolim de Moura – RO, utilizando solo classificado como Latossolo Vermelho-amarelo eutrófico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco doses de biofertilizante de microalgas e cinco repetições. Especificamente, foi avaliada a altura de planta, diâmetro do caule, crescimento de raiz, área foliar, massa fresca e seca da parte aérea e seca de raiz. Os resultados obtidos indicaram que a dose de 8,10 mL m⁻¹ linear proporcionou maior área foliar. Enquanto a massa fresca e seca da parte aérea e seca de raiz foi a dose de 6 mL m⁻¹ linear, aos 26 dias após a semeadura.

Palavras-chave: *Glycine max*. Biotecnologia. Agricultura sustentável.

Use of microalgae as biofertilizer in soybean cultivation

ABSTRACT

The use of microalgae biofertilizers for agriculture is a sustainable measure that brings several benefits to the environment. Among them, biological balance of the soil, provides improvements in physical, chemical and sanitary conditions; reduces the use of chemical inputs, and also helps to capture atmospheric CO₂. Thus, the objective of this work was to evaluate the feasibility of using microalgae as biofertilizers in the initial growth of soybean variety Brasmax Olimpio IPRO. The experiment was carried out under field conditions at Ação Ecológica Guaporé, Rolim de Moura – RO, using soil classified as a eutrophic Red-Yellow Oxisol. The experimental design used was randomized blocks, with five doses of microalgae biofertilizer and five replications. Specifically, plant height, stem diameter, root growth, leaf area, fresh and dry mass of the shoot and root dryness were evaluated. The results obtained indicated that the linear dose of 8.10 mL m⁻¹ provided greater leaf area. While the fresh and dry mass of the aerial part and dry root was the linear dose of 6 mL m⁻¹, 26 days after sowing.

Keywords: *Glycine max*. biotechnology. sustainable agriculture.

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna se depara com a imensa tarefa de elevar de maneira sustentável a produção agrícola para atender às exigências da população global em constante crescimento (ZHANG et al., 2021). Segundo Wanderley (2009), produzir alimentos sem agredir o meio ambiente e promover o bem-estar em áreas rurais e urbanas, tornou-se um dos maiores desafios.

Infelizmente o cultivo e comercialização de grãos, para atender a demanda de produção e exportação, geram cada vez mais riscos ambientais e riscos para a saúde humana devido ao uso de insumos químicos. Segundo Miranda et al. (2007), quando o plantio de soja transgênica foi legalizado pela legalização pela Medida Provisória 223/04 em 2004, a área plantada de soja transgênica no Brasil aumentou chegando a 5 milhões de hectares, por conseguinte, aumentou-se também o uso de agrotóxicos especialmente o uso do glifosato.

A verdade é que desde a Revolução Verde, produtos como fertilizantes e pesticidas químicos vêm sendo utilizados na agricultura, desestabilizando as concentrações de nitrogênio e fósforo presentes no solo, acarretando problemas na diminuição do pH e gerando perda na produtividade (GUPTA et al., 2015). Povero et al. (2016) acrescentam que o uso desses produtos além de ocasionar problemas na camada superficial do solo, prejudica a biodiversidade, o desenvolvimento das plantas e a existência dos inimigos naturais.

Devido às consequências do uso de insumos nas atividades agrícolas, fontes de alternativas sustentáveis ganham importância na agricultura. Uso de bioestimulante, culturas e microrganismos modificados geneticamente foram criados como fonte da biotecnologia para melhorar a fixação de nitrogênio (N) e para melhorar o desenvolvimento das plantas (GOUDA et al., 2018).

Atualmente, as microalgas são utilizadas para a produção de diversos compostos através da sua biomassa como: carboidratos, proteínas, lipídios, ácidos graxos insaturados, pigmentos, enzimas, vitaminas, extratos para produção de fertilizantes, biocombustível, ou como biorremediador em águas residuais, solos e fluxos de gases (ARRIADA; ABREU, 2014; GARRIDO-CARDENAS, 2018).

Dentre as vantagens da utilização das microalgas, é que com ela é possível desenvolver produtos sustentáveis, onde a cultura passa a não ser tão dependente da fertilidade do solo e da pureza da água para se desenvolver (BRASIL; GARCIA, 2016);

reduz problemas de fertilização como perdas por lixiviação e contaminação de corpos hídricos causados pelos fertilizantes (HUO et al., 2011); possui grande capacidade de assimilação de CO₂ e possui eficiência na limpeza de águas residuais e de resíduos provindos das agroindústrias (GOLVEIA; OLIVEIRA, 2009; WILLIAMS; LAURENS, 2010; PARK et al., 2011); os biofertilizantes de microalgas constituem-se de microrganismos e quando aplicados no solo, formam colônias no interior da planta promovendo nutrientes essenciais para o seu desenvolvimento (MALUSA; VASSILEV, 2014).

O biofertilizante de microalgas para a agricultura torna-se uma alternativa mais econômica, ecológica e sustentável comparando com os fertilizantes minerais. É possível aumentar a produção sem causar danos ambientais ao uso do solo. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de dosagens de biofertilizantes a base de microalgas aplicadas na semeadura como meio alternativo para o crescimento de *Chlorella* sp.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no viveiro da Ação ecológica Guaporé-ECOPORÉ, localizado no município de Rolim de Moura, Rondônia, no período de outubro a novembro de 2022. O viveiro está situado nas coordenadas geográficas: Latitude 11°43'48" S, Longitude 61°46' 47" W e altitude média de 225 m. A região possui um clima classificado como "Aw" de acordo com a classificação de Köppen adaptada ao Brasil (ALVARES et al., 2013), o que significa que é um clima quente e úmido. A temperatura média anual é de 26 °C, com precipitações pluviométricas variando de 1.400 a 2.500 mm ano⁻¹ e uma evapotranspiração potencial anual entre 1155 e 1540 mm.

O biofertilizante Primafert, produzido a partir da espécie de microalga *Chlorella* sp, foi utilizado no experimento. Essa microalga foi selecionada no banco de cultivo fotobiorreator do fabricante Biotecland. O sistema de cultivo das microalgas é realizado em reservatórios fechados, que foram instalados na Ação Ecológica-ECOPORÉ. Durante o cultivo, foram mantidas condições ideais de temperatura, luminosidade e pH.

O fabricante recomenda uma dosagem de 1 L ha⁻¹. No entanto, para aplicação em metros lineares, foi necessário fazer ajustes, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Discriminação dos tratamentos utilizados no experimento.

Dose (L ha ⁻¹)	Dose (mL), convertida/metro linear
0	0
2	3
4	6
6	9
8	12

O delineamento experimental adotado foi delineamento em blocos casualizados, com 5 (cinco) tratamentos: 0; 3; 6; 12 e 24 mL m⁻¹ linear, com cinco repetições.

Utilizou-se 30 sementes de soja para cada tratamento, totalizando 150 sementes. A variedade de soja utilizada foi a Brasmax Olimpico IPRO. A semeadura manual foi realizada em um berçário com areia grossa, onde foram abertos sulcos em sulcos em linha reta. As sementes foram posicionadas, semeadas manualmente a cada 10 cm de distância em todos os tratamentos.

Logo após a semeadura, as sementes receberam apenas uma dose única do biofertilizante Ptimsfert. Em seguida, as sementes foram cobertas com areia peneirada, ficando a uma profundidade média de 2 cm.

A irrigação foi realizada duas vezes ao dia, uma pela manhã e outra à tarde, utilizando um sistema automatizado. A quantidade de água fornecida foi baseada na necessidade hídrica da planta.

Após 26 dias após a semeadura (DAS), quando as plantas atingiram o estágio fenológico V-3, foi iniciada a avaliação do experimento levando em considerando as seguintes variáveis: área foliar (AF); altura da planta (AP); diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea e massa seca (MSR) de raiz.

A AF foi medida de acordo com a metodologia proposta por Richter et al. (2014), para medição de área foliar em plantas de soja, utilizando a eq. 1.

$$AF = 2,0185.(C.L) \quad \text{Eq. 1}$$

Em que: AF = área foliar (cm²), C é o comprimento da nervura central da folha (cm) e L é a maior largura da folha (cm), sendo que o somatório final das áreas por folha fornece o valor da área foliar total da planta.

Para o DC (mm) foi determinado utilizando um paquímetro digital de precisão. Já a AP (cm) e o CR (cm) foram medidos utilizando uma régua graduada.

Após as avaliações biométricas, as plantas foram coletadas para determinar a massa fresca da parte aérea (MFPA), que foi separada das raízes e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados. Em seguida, os sacos foram colocados em estufa de circulação de ar a uma temperatura de 65 °C, até massa constante, onde foi possível determinar o acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o Teste F a 0,05 e 0,01 de probabilidade. Em caso de significância, realizou-se análise de regressão polinomial para as médias das variáveis quantitativas, levando em consideração apenas o efeito linear ou quadrático. Todas as análises foram realizadas utilizando os procedimentos estatísticos disponíveis no software SISVAR® 5.6 (FERREIRA, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância dos dados de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), comprimento de raiz (CR) e área foliar (AF) estão resumidas na Tabela 2. Observa-se que as diferentes doses de biofertilizante de microalgas produzidas testadas não influenciaram significativamente ($p < 0,01$) para AP, DC, CR aos 26 dias após a semeadura (DAS). No entanto, foi observado efeito significativo ($p < 0,01$) para AF nas mesmas condições.

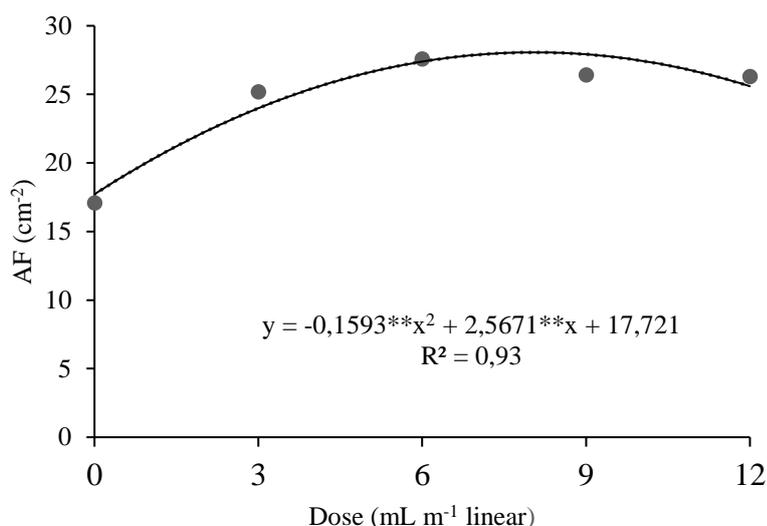
Tabela 2 - Resumo de ANOVA para altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), comprimento de raiz (CR) e área foliar (AF) de soja variedade Brasmex Olimpio IPRO, em função de dosagem de biofertilizante de microalgas, aos 26 DAS. Rolim de Moura - RO, 2022.

Causa da variação	Quadrados médios			
	AP	DC	CR	AF
Tratamentos	58,1011 ^{ns}	0,6130 ^{ns}	26,5150 ^{ns}	90,0870 ^{**}
Reg. Linear	92,0995 ^{ns}	0,0722 ^{ns}	0,6050 ^{ns}	193,4282 ^{**}
Reg. Quadrática	128,9285 ^{ns}	0,0515 ^{ns}	54,0321 ^{ns}	143,7251 ^{**}
Blocos	27,8041 ^{ns}	0,2830 ^{ns}	9,9900 ^{ns}	0,9022 ^{ns}
Resíduo	27,1564	0,4047	10,0962	0,4908
CV (%)	26,73	22,56	17,40	2,86

^{**} significativo à probabilidade de 0,01 pelo teste F, ^{ns} não significativo pelo teste F.

O aumento nas doses de biofertilizantes de microalgas aumentaram a AF das plantas de soja de forma quadrática (Figura 1), com o valor máximo de 28,062 cm² obtido na dose estimada de 8,10 mL m⁻¹ linear. Por outro lado, a ausência da aplicação de dose (0 mL m⁻¹ linear) resultou em um valor mínimo de 17,721 cm². Em termos relativos, a dose de 12 mL m⁻¹ linear de biofertilizante de microalgas promoveu um incremento de 7,86 cm² em relação às plantas que não receberam a dose (0 mL⁻¹ linear).

Figura 1 – Área foliar – AF de soja variedade Brasmax Olímpio IPRO, em função de doses de biofertilizante de microalgas.



Lara et al., (2022) demonstraram com sucesso a eficácia de microalgas na cultura do tomateiro, onde identificou-se o aumento da área foliar, bem como o teor de açúcares e aminoácidos. Resposta semelhante foi encontrada por El Naggar et al. (2020), com a aplicação da microalga clorófito *Chlorella vulgaris*, contribuindo para o aumento da área foliar nas plantas de trigo e feijão em decorrência do maior acúmulo de clorofila nas folhas.

Segundo Anitha et al. (2016), a aplicação de microalgas, ocasiona aumento de área foliar em plântulas de tomate em relação ao grupo de plantas controle. Uma correlação positiva entre aplicação de microalgas *Chlorella vulgaris*, diâmetro do coleto e área foliar foi identificada em rúcula (*Eruca vesicaria*) (SADAK, et al., 2022).

Em estudo em que diferentes doses de aplicações e fertilizantes e microalgas (*Chlorella vulgaris*) foram aplicados no cultivo de alface, foi relatado que grupos aplicados de microalgas tiveram efeitos crescentes na área foliar, diâmetro do caule, comprimento do rebento, rebento fresco e seco valores maiores em comparação com outros grupos de aplicação (ERGUN et al., 2020).

Na Tabela 3, é possível observar um efeito significativo ($p < 0,01$) das diferentes doses de biofertilizante de microalgas sobre a massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, bem como a massa seca de raiz (MSR), aos 26 dias após a semeadura (DAS).

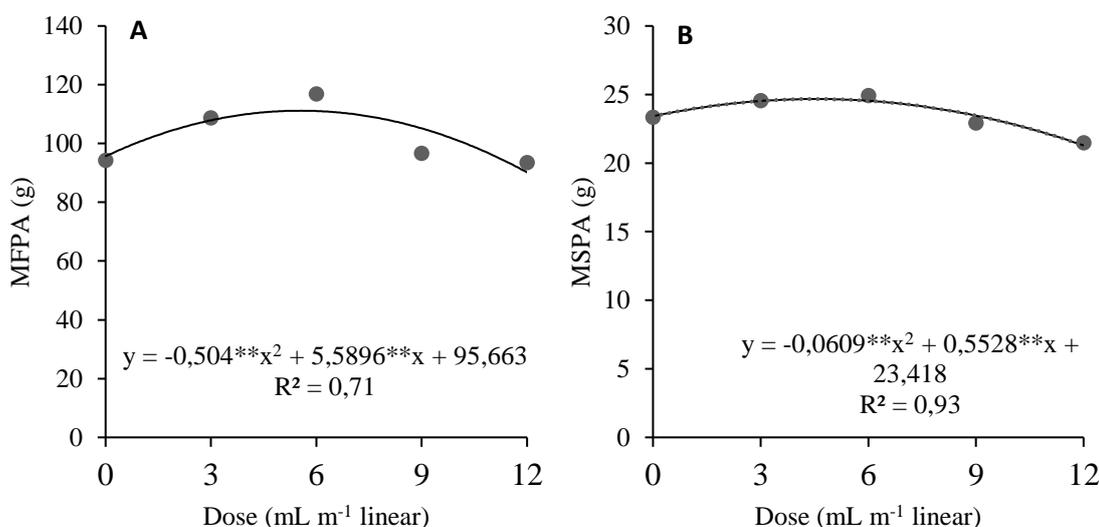
Tabela 3 – Resumo de ANOVA para massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea e seca de raiz (MSR) de soja variedade Brasmax Olimpio IPRO, em função de dosagem de biofertilizante de microalgas, aos 26 DAS. Rolim de Moura - RO, 2022.

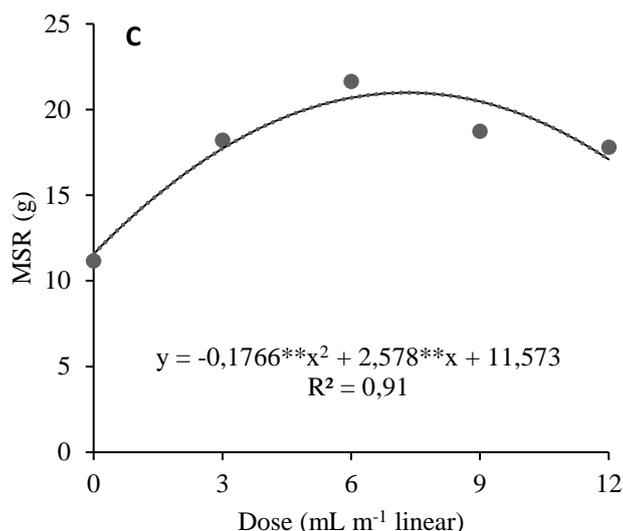
Causa da variação	Quadrados médios		
	MFPA	MSPA	MSR
Tratamentos	533,0228**	9,3930**	277,1095**
Reg. Linear	56,0281**	14,2233**	94,9184**
Reg. Quadrática	1044,0401**	20,9690**	637,6229**
Blocos	7,7096 ^{ns}	2,7501 ^{ns}	0,2125 ^{ns}
Resíduo	3,8433	1,6531	0,1850
CV (%)	1,92	5,48	2,20

** significativo a probabilidade de 0,01 pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Na Figura 2A, B e C, observa-se que o aumento na dose de biofertilizante de microalgas aos 26 DAS teve um efeito positivo na produção de massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea e seca de raiz (MSR) das plantas em cada dose do biofertilizante. Percebe-se que os dados apresentaram um melhor ajuste às equações quadráticas e crescentes até a dose de 6 mL m⁻¹ linear, com valores máximos de 112,89, 24,54 e 20,68 g, respectivamente para MSPA, MSPA e MSR. Faheed e Fattah (2008) e Barone et al. (2019) também obtiveram resultados semelhantes com uso de microalgas frescas em plantas de tomate e alface, onde houve um aumento na fitomassa fresca e seca em relação ao controle sem fertilizantes. Além disso, o uso de microalgas frescas no solo pode afetar positivamente a atividade biológica do solo, aumentando os valores do índice bioquímico potencial de fertilidade do solo.

Figura 2 – Massa fresca da parte aérea – MFPA(A), massa seca da parte aérea – MSPA(B) e massa seca de raiz – MSR(C) de soja variedade Brasmax Olimpio IPRO, em função de doses de biofertilizante de microalgas.





CONCLUSÃO

A área foliar máxima estimada para a soja variedade Brasmax Olimpico foi obtida na dose de 8,10 mL m⁻¹ linear.

A melhor dose de biofertilizante de microalgas recomendada para a produção de massa fresca e seca da parte aérea e seca de raiz para a variedade de soja Brasmax Olimpico foi de 6 mL m⁻¹ linear.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for BRAZIL. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22. n. 6. p. 711-728. 2013.
- ANITHA, L.; SAI BRAMARI, G.; KALPANA, P. Effect of supplementation of *Spirulina platensis* to enhance the zinc status in plants of *Amaranthus gangeticus*, *Phaseolus aureus* and tomato. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v. 7, p. 289-299, 2016.
- ARRIADA, A.; ABREU, P. Nannochloropsis oculata growth in produced water: an alternative for massive microalgae biomass production. **Brazilian Journal of Petroleum and Gas**. v. 8, n. 3, p. 119-125, 2014.
- BARONE, V.; PUGLISI, I.; FRAGALÁ, F.; STEVANATO, P.; BAGLIERI, A. Effect of living cells of microalgae or their extracts on soil enzyme activities. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 65, n. 5, p. 712-726, 2019.
- BRASIL, B. A. F.; GARCIA, L. C. Microalgas: Alternativas promissoras para à indústria. **EMBRAPA Agroenergia em Revista**, v. 10, p. 6-11, 2016.
- EL NAGGAR, N. E. I. A.; HUSSEIN, M. H.; SHAABAN-DESSUUKI, S. A.; DALAL, S. R. Production, extraction and characterization of *Chlorella vulgaris* soluble polysaccharides and their applications in AgNPs biosynthesis and biostimulation of plant growth. **Scientific Reports**, v. 10, 2020.
- ERGÜN, O.; DAŞGAN, H. Y.; ISIK, O. Effects of micromikroalgae *Chlorella vulgaris* on hydroponically grown lettuce. **Acta Horticulturae**, v. 1273, p. 169- 176, 2020.

- FAHEED, F. A.; FATTAH, Z. A. Effect of *Chlorella vulgaris* as bio-fertilizer on growth parameters and metabolic aspects of lettuce plant. **Journal of Agriculture and Social Sciences**, v., p. 165-169, 2008.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system for windows version 5.6. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2017.
- GARRIDO-CARDENAS, J. A.; MANZANO-AGUGLIARO, F.; ACIENFERNANDEZ, F. G.; MOLINA-GRIMA, E. Microalgae research worldwide. **Algal Research**. v. 35. p. 50–60. 2018.
- GOUDA, S.; KERRY, R. G.; DAS, G.; PARAMITHIOTIS, S.; SHIN, H-S.; PATRO, J. K. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological Research**. v. 206, p. 131–140. 2018.
- GOUVEIA, L., OLIVEIRA, A.C. Microalgae as a raw material for biofuels production. **Journal Ind Microbiol Biotechnol**. v. 36, p. 269–274. 2009.
- GUPTA, G.; PARIHAR, S. S.; AHIWAR, N. K.; SNEHI, S. K.; SINGH, V. Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture. **Journal of Biochemical Technology**. v. 9. p. 96-102. 2015.
- HUO, Y. X., WERNICK D. G., LIAO, J. C. Toward nitrogen neutral biofuel production. **Curr Opin Biotechnol**. v. 23, p. 1-8. 2011.
- LARA, G. B.; MÓGOR, A.; AMATUSSI, J. O.; CORDEIRO, E. C. N.; MARQUES, H. M. C.; MÓGOR, G. Microalga improve the growth, yield, and contents of sugar, amino acid, and protein of tomato. **Ciência e Agrotecnologia**, v; 46, p. e023821, 2022.
- MALUSA, E.; VASSILEV, N. A contribution to set a legal framework for biofertilizers. **Applied Microbiology and Biotechnology**. v. 98. p. 6599– 6607. 2014.
- MIRANDA, A. C. D.; MOREIRA, J. C.; CARVALHO, R. D.; PERES, F. Neoliberalismo, uso de agrotóxicos e a crise da soberania alimentar no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**. v. 12. p. 7-14. 2007.
- PARK, J. B. K.; CRAGGS, R. J.; SHILTON, A. N. Wastewater treatment high rate algal ponds for biofuel production. **Bioresource Technology**. v. 102, n. 1, p. 35-42. 2011.
- POVERO, G.; MEJIA, J. F.; DI TOMMASO, D.; PIAGGESI, A.; WARRIOR, P. Uma abordagem sistemática para descobrir e caracterizar bioestimulantes naturais de plantas. **Frontiers in Plant Science**. v. 7, n. 435, 2016.
- RICHTER, G. L.; ZANON-JÚNIOR, A.; STRECK, N. A.; GUEDES, J. V. C.; KRÄULICH, B.; ROCHA, T. S. M.; WINCK, J. E. M.; CERA, J. C. Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 416-425, 2014.
- SADAK TURHAN, A.; GÜNSAN CAN, B.; KABAY, T.; ŞENSOY, S. The Effect of Use of Microalgae [*Chlorella vulgaris* Beyerinck (Beijerinck)] in Different Fertilizer Applications on Plant Growth of Garden Rocket (*Eruca vesicaria* ssp. sativa Mill.). **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 10, n. 2, p. 323–329, 2022.
- WANDERLEY, M. D. N. B. O agricultor familiar no Brasil: um ator social da construção do futuro. In: PETERSEN, P. (Org.). **Agricultura familiar camponesa na construção do futuro**. AS-PTA. RJ, 2009. p. 33-46.
- WILLIAMS, P. J. L. B.; LAURENS, L. M. L. Microalgae as biodiesel & biomass feedstocks: Review & analysis of the biochemistry, energetics & economics. **Energy Environ Science**. v. 3, p. 554-590. 2010.
- ZHANG, Y.; XIAO, Z.; AGER, E.; KONG, L.; TAN, L. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. **Journal of Future Foods**, v. 1, n. 1, p. 58-66, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>.