

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
CAMPUS BRAGANÇA PAULISTA

O Uso de Microalgas Desidratadas na Agricultura com Ênfase em Biofertilizantes

Área de Pesquisa: Ciências da Natureza e Exatas

Orientadora: Profa Dra Ana Cristina Gobbo César

Autores: Ana Elisa Lambert Rodrigues

Ana Laura Lopes de Moraes de Oliveira

Erick Cesar Alves Rodrigues da Silva

Período de desenvolvimento do projeto: 8 meses

Bragança Paulista

2025

AGRADECIMENTOS

À nossa professora e orientadora de Biologia, agradecemos pela paciência, dedicação e inspiração ao longo desta jornada.

Seu incentivo constante, suas orientações cuidadosas e sua paixão pelo conhecimento tornaram este caminho mais leve e motivador.

Esta conquista também é fruto do seu apoio, e por isso dedicamos este trabalho a você, com toda a nossa gratidão e respeito.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso da microalga *Spirulina platensis* desidratada como biofertilizante sustentável no cultivo de feijão. O experimento utilizou quatro tratamentos diferentes: três soluções com concentrações diferentes de *Spirulina* (0,10%, 0,15% e 0,5%) e água de torneira usada como controle negativo. Cinco mudas de feijões foram usadas para cada tipo de tratamento. Foram realizadas medições semanais da altura e do número de folhas das mudas. Para comparar a variação das médias da altura e do número de folhas entre cada tratamento será aplicado o teste ANOVA *one-way* e o pós-teste de comparação Tukey para $p < 0,05$, disponíveis no software *free* GraphPad Prisma. Não foi possível estender as medições até a décima semana prevista, uma vez que as plantas passaram a direcionar energia para a formação de vagens. A comparação do crescimento entre os tratamentos, da 1ª até a 8ª semana de medição, evidenciou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) nas 3ª, 6ª, 7ª e 8ª semanas. Conclui-se que a exposição das mudas de feijão às diferentes soluções de *Spirulina* não promoveu os efeitos esperados sobre o crescimento. A *Spirulina platensis* possui potencial como bioestimulante vegetal, desde que aplicada em concentrações adequadas, contudo para conclusões mais robustas, recomenda-se a repetição do experimento usando outras concentrações das soluções de *Spirulina* para determinar protocolos de aplicação otimizados.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	6
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
REFERÊNCIAS	18
APÊNDICE	19

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais e econômicos associados à agricultura intensiva tem impulsionado a busca por alternativas mais sustentáveis. O uso prolongado de insumos sintéticos pode gerar efeitos adversos, como a contaminação de solos e águas, perda da biodiversidade microbiana e aumento das emissões de gases de efeito estufa (Chisti, 2007; Barker & Pilbeam, 2015). Além disso, a dependência desses insumos representa um desafio estratégico para países como o Brasil.

Nesse contexto, o uso de microalgas, especialmente *Spirulina platensis*, tem se destacado como uma alternativa promissora. Esses organismos fotossintetizantes possuem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, solubilizar nutrientes essenciais como fósforo e potássio, e produzir substâncias que estimulam o crescimento vegetal (Markou, Nerantzakis & Georgopoulos, 2021). A biomassa de microalgas atua como fonte orgânica de nutrientes, liberados de forma gradual, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo e para práticas agrícolas mais sustentáveis (Olguin, 2012).

Estudos recentes demonstram que o uso de *Spirulina* em ambientes agrícolas e no tratamento de efluentes tem obtido resultados positivos. Em experimentos controlados, observou-se aumento na disponibilidade de nitrogênio no solo e melhora significativa no crescimento das plantas (Martini, 2017). Além disso, *Spirulina* tem sido eficaz na remoção de compostos nitrogenados e fosfatados de efluentes, contribuindo para a reutilização segura da água (Ferreira et al., 2023).

Apesar das evidências positivas, o uso de microalgas na agricultura ainda enfrenta limitações técnicas, como a ausência de protocolos padronizados de preparo e aplicação, além da necessidade de compreender melhor os efeitos específicos de diferentes cepas (Miranda et al., 2024).

Diante disso, este estudo propõe avaliar o uso de *Spirulina platensis* como solução biotecnológica para o aumento da produtividade agrícola e a redução dos impactos ambientais, por meio de experimentos que explorem seu potencial como insumo sustentável.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Investigar o uso da microalga *Spirulina platensis* desidratada como alternativa sustentável aos fertilizantes convencionais na agricultura.

Objetivos Específicos:

- Realizar revisão bibliográfica de artigos científicos sobre o tema;
- Realizar o cultivo de grãos de feijão utilizando soluções de concentrações diferentes de *Spirulina* e água;
- Mensurar o crescimento de cada muda de feijão considerando a altura do pé e o número de folhas;
- Comparar as médias de crescimento em altura e do número de folhas de cada muda de feijão expostas aos diferentes tratamentos, avaliando o efeito da espirulina no desenvolvimento das plantas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi adotada uma abordagem teórica e experimental com o objetivo de avaliar o impacto do uso de *Spirulina platensis* desidratada na agricultura, considerando-a como uma alternativa aos fertilizantes convencionais.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando as palavras-chave (descritores): “Microalgas”, “Biofertilizantes”, “Agricultura” e “Sustentabilidade”, na base de dados Google Acadêmico. A partir da análise dos títulos e resumos foram escolhidos artigos, trabalhos de conclusão de curso (TCCs) e dissertações/teses para ajudar na elaboração do projeto e para melhor entendimento sobre o tema.

O estudo foi conduzido na casa de um dos integrantes do grupo, localizada na cidade de Joanópolis - SP, para facilitar a rega e mensuração das mudas de feijão. A *Spirulina platensis* utilizada foi adquirida em estabelecimento comercial de produtos naturais, enquanto as sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) do tipo rajada, selecionadas por sua representatividade agrícola e facilidade de cultivo, foram obtidas em comércio local. As sementes foram previamente selecionadas para garantir uniformidade, não havendo critérios de exclusão.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos: três soluções com concentrações diferentes de *Spirulina platensis* desidratada (0,10%, 0,15% e 0,5%) e um controle negativo constituído por água de torneira. Cada tratamento contou com cinco repetições, totalizando vinte unidades experimentais. A escolha dessas concentrações baseou-se no estudo desenvolvido por Ramalho (2022).

Para o cultivo, os grãos de feijão foram inicialmente colocados sobre algodão hidrofílico para germinação durante três dias, em ambiente protegido com temperatura e luminosidade naturais. Após a germinação, cada muda foi transferida para copos plásticos descartáveis de 200 mL, preenchidos até a metade com solo argiloso previamente selecionado e homogeneizado, livre de contaminantes.

A aplicação das soluções teve início no 11º dia após o plantio, sendo realizadas regas com 30 mL da solução correspondente para cada muda, em dias alternados, totalizando cinco aplicações para cada réplica. O controle recebeu água de torneira no mesmo volume e frequência.

As avaliações do crescimento das plantas iniciaram no 10º dia após a germinação, quando foram realizadas medições da altura (em centímetros) e contagem do número de folhas

por muda. Esses procedimentos foram repetidos semanalmente, totalizando oito medições ao longo do experimento.

Os dados obtidos foram organizados e submetidos à análise estatística. Para cada variável avaliada foram calculados as médias de crescimento e os desvios-padrão. A comparação das médias entre os tratamentos foi realizada por meio da análise de variância unidirecional (ANOVA *one-way*). Caso a ANOVA indicasse diferenças significativas, o teste *post hoc* de Tukey foi aplicado para identificar os grupos distintos, adotando-se nível de significância estatística de $p < 0,05$. As análises foram realizadas utilizando o software *free* GraphPad Prism, versão 9.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento das mudas de *Phaseolus vulgaris* submetidas a diferentes concentrações de soluções de *Spirulina platensis* encontra-se apresentado nas Tabelas 1 a 8, que se referem às semanas nas quais foram analisadas.

Legenda dos grupos:

Grupo 1 – irrigado com solução contendo 0,1% de *Spirulina platensis*;

Grupo 2 – irrigado com solução contendo 0,15% de *Spirulina platensis*;

Grupo 3 – irrigado com solução contendo 0,5% de *Spirulina platensis*;

Grupo 4 – controle negativo, irrigado exclusivamente com água de torneira.

Tabela 1 – Crescimento em altura e o número de folhas das mudas de feijão, durante a 1ª medição.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas
14.5	2	11	4	10	4	9.6	2
9.3	2	9.4	2	8.5	4	9	2
7.2	7	9.1	4	8.7	2	8.5	3
8.2	2	8.9	4	7.4	2	8	2
6.1	2	6.4	6	5	4	6	2
9.06	3	8.96	4	7.92	3.2	8.22	2.2

Fonte: Próprio autor.

Tabela 2 – Crescimento em altura e o número de folhas das mudas de feijão, durante a 2ª medição.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas
24.4	9	16.6	6	16.6	6	12.5	2
14.4	5	14.3	5	13.2	4	16	2
15	8	18.2	5	11.5	5	14	5
12.3	5	17.2	5	13	5	11.3	5
11.7	5	10.5	7	11.1	6	12.3	2
15.56	6.4	15.36	5.6	13.08	5.2	13.22	3.2

Fonte: Próprio autor.

Tabela 3 – Crescimento em altura e o número de folhas das mudas de feijão, durante a 3ª medição.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas
27.5	7	23	2	23.3	0	16.2	0
22.3	3	22.5	2	24	2	20.3	2
21.4	4	24.1	0	19.7	8	18.7	4
19.5	3	23	4	25.1	2	15.4	6
18.2	3	19.1	3	17.6	5	16.3	3
21.78	4	22.34	2.2	21.94	3.4	17.38	3

Fonte: Próprio autor.

Tabela 4 – Crescimento em altura e o número de folhas das mudas de feijão, durante a 4ª medição.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas
25.1	9	20.3	10	20.3	10	16.2	5
18.2	8	18.1	6	17.4	13	12.5	5
17.3	7	21.4	10	16.2	8	13.1	3
20.5	8	16.8	8	23.3	14	13.3	4
13.2	8	20.5	6	11.9	11	15.5	9
18.86	8	19.42	8	17.82	11.2	14.12	5.2

Fonte: Próprio autor.

Tabela 5 – Crescimento em altura e o número de folhas das mudas de feijão, durante a 5ª medição.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas
27.2	8	22.3	15	22.2	8	15.2	4
21.2	9	21.7	7	23.2	13	19.6	12
20	11	23.2	8	18.9	12	18.3	6
18	13	22.2	13	24.9	14	14.7	12
17.3	9	17.1	13	17.3	12	14.9	2
20.74	10	21.3	11.2	21.3	11.8	16.54	7.2

Fonte: Próprio autor.

Tabela 6 – Crescimento em altura e o número de folhas das mudas de feijão, durante a 6ª medição.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas
26.1	10	21.4	11	21	10	19.1	5
19.4	11	19.6	8	18.5	15	14.3	5
19.3	8	22.4	10	17.4	9	14.5	4
21.9	9	17.4	8	24.7	15	14.6	5
14.1	9	21.3	10	18.4	11	16.4	10
20.16	9.4	20.42	9.4	20	12	15.78	5.8

Fonte: Próprio autor.

Tabela 7 – Crescimento em altura e o número de folhas das mudas de feijão, durante a 7ª medição.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas
27.8	2	23.3	4	23.4	0	16.3	0
22.5	2	22.6	2	24.2	0	20.5	0
21.7	1	24.3	4	19.9	0	18	9
19.6	2	23.1	4	25.4	0	15	7
18	4	19.3	6	17.6	2	16.2	0
21.92	2.2	22.52	4	22.1	0.4	17.2	3.2

Fonte: Próprio autor.

Tabela 8 – Crescimento em altura e o número de folhas das mudas de feijão, durante a 8ª medição.

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas	altura (cm)	n. folhas
27.9	0	23.5	2	22.5	0	16.3	0
22.5	0	22.6	0	24.3	0	20.6	0
21.8	1	24.4	0	19.9	0	18.9	0
19.7	2	23.3	0	25.4	0	15.8	0
18.5	2	19.5	0	17.7	2	16.4	2
22.08	1	22.66	0.4	21.96	0.4	17.6	0.4

Fonte: Próprio autor.

Durante o período experimental verificou-se incremento contínuo na altura e no número de folhas em todos os tratamentos, refletindo o avanço do desenvolvimento fisiológico das plântulas.

A análise estatística permitiu observar variações no crescimento das mudas de feijão expostas aos diferentes tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores médios (cm) $\pm$ desvio-padrão das mudas de feijão após oito semanas de exposição aos tratamentos.

Tratamentos	Medições (semanas)							
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
<i>Spirulina</i>	9,22 $\pm$	15,56	18,88	20,16	20,74	21,78	21,92	22,08
0,10%	0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00
<i>Spirulina</i>	8,88 $\pm$	15,36	19,42	20,42	21,30	22,34	22,52	22,66
0,15%	0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00
<i>Spirulina</i>	8,00 $\pm$	13,08	19,02	20,00	21,30	21,94	22,10	21,96
0,5%	0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00
Água	8,78 $\pm$	13,22	14,12	15,78	16,54	17,38	17,20	17,60
	0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00

Fonte: Próprio autor.

A comparação do crescimento entre os tratamentos, da 1^a até a 8^a semana de medição, evidenciou diferenças estatisticamente significativas nas 3^a, 6^a, 7^a e 8^a semanas, com valores de $F=3,726$ ($p=0,0332$), $F=3,556$ ($p=0,0382$), $F=3,841$ ($p=0,0302$) e $F=3,529$ ($p=0,0391$), respectivamente, obtidos por meio do teste ANOVA *one-way*.

No Quadro 1 apresentam-se os resultados do teste de comparação de Tukey, que possibilitaram identificar diferenças estatisticamente significativas no crescimento entre os diferentes tratamentos.

Quadro 1 – Diferenças entre as médias do crescimento e valores de q obtidos no teste de Tukey, ao longo das oito semanas de medição.

Tratamentos/Medições		Diferenças entre as médias; q			
		<i>Spirulina</i> 0,10%	<i>Spirulina</i> 0,15%	<i>Spirulina</i> 0,5%	Água
<i>Spirulina</i> 0,10%	1 ^a		0,34; 0,53 ^{ns}	1,22; 1,90 ^{ns}	0,44; 0,68 ^{ns}
	2 ^a		0,20; 0,15 ^{ns}	2,48; 1,95 ^{ns}	2,34; 1,84 ^{ns}
	3 ^a		-0,54; 0,43 ^{ns}	-0,14; 0,11 ^{ns}	4,76; 3,87 ^{ns}
	4 ^a		-0,26; 0,20 ^{ns}	0,16; 0,12 ^{ns}	4,38; 3,50 ^{ns}
	5 ^a		-0,56; 0,48 ^{ns}	-0,56; 0,48 ^{ns}	4,20; 3,64 ^{ns}
	6 ^a		-0,56; 0,53 ^{ns}	-0,16; 0,15 ^{ns}	4,40; 4,19 ^{ns}
	7 ^a		-0,60; 0,56 ^{ns}	-0,18; 0,16 ^{ns}	4,72; 4,40*
	8 ^a		-0,58; 0,53 ^{ns}	0,12; 0,11 ^{ns}	4,48; 4,15 ^{ns}
<i>Spirulina</i> 0,15%	1 ^a			0,88; 1,37 ^{ns}	0,10; 0,15 ^{ns}

	2 ^a			2,28; 1,79 ^{ns}	2,14; 1,68 ^{ns}
	3 ^a			0,40; 0,32 ^{ns}	5,30; 4,31*
	4 ^a			0,42; 0,33 ^{ns}	4,64; 3,71 ^{ns}
	5 ^a			0,00; 0,00 ^{ns}	4,76; 4,13 ^{ns}
	6 ^a			0,40; 0,38 ^{ns}	4,96; 4,72*
	7 ^a			0,42; 0,39 ^{ns}	5,32; 4,96*
	8 ^a			0,70; 0,64 ^{ns}	5,06; 4,69*
<i>Spirulina</i> 0,5%	1 ^a				-0,78; 1,21 ^{ns}
	2 ^a				-0,14; 0,11 ^{ns}
	3 ^a				4,90; 3,98 ^{ns}
	4 ^a				4,22; 3,37 ^{ns}

	5 ^a				4,76; 4,13 ^{ns}
	6 ^a				4,56; 4,34*
	7 ^a				4,90; 4,57*
	8 ^a				4,36; 4,04 ^{ns}

q= valor do teste de comparação de Tukey; *p<0,05; ns = não significativo.

Fonte: Próprio autor.

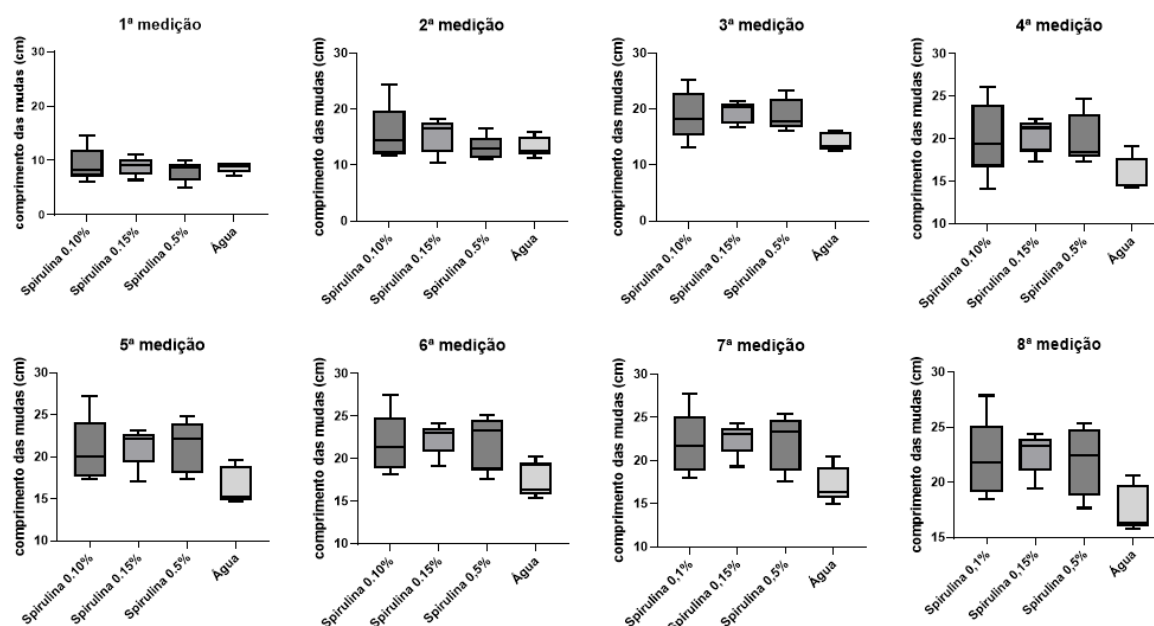
A comparação entre a média de crescimento das mudas expostas ao controle negativo (água de torneira) e à solução de *Spirulina* 0,10% revelou diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) apenas na 7^a semana, indicando maior crescimento das mudas tratadas com *Spirulina* 0,10% em relação ao controle (Quadro 1).

Da mesma forma, a comparação entre a solução de *Spirulina* 0,15% e a água demonstrou diferenças significativas ($p<0,05$) nas 3^a, 6^a, 7^a e 8^a semanas, evidenciando que a *Spirulina* 0,15% promoveu maior crescimento em comparação ao controle (Quadro 1).

Já a análise da solução de *Spirulina* 0,5% em relação à água indicou diferenças significativas ($p<0,05$) apenas nas 6^a e 7^a semanas, confirmando tendência semelhante, isto é, maior crescimento das mudas tratadas com *Spirulina* 0,5% em relação ao controle (Quadro 1).

Na Figura 1 observa-se o crescimento médio, o desvio-padrão e os valores máximos e mínimos das mudas de feijão ao longo das semanas de medição, após a exposição aos diferentes tratamentos, ilustrando os resultados descritos anteriormente.

Figura 1 – Crescimento médio, desvio-padrão e valores máximos e mínimos das mudas de feijão durante as oito semanas de medição, em função dos diferentes tratamentos.



Fonte: Próprio autor.

Os resultados não permitiram confirmar a hipótese de que soluções de *Spirulina platensis* em baixas ou altas concentrações exercem efeito positivo sobre o desenvolvimento vegetativo inicial de *Phaseolus vulgaris*, contudo estudos prévios destacam o potencial de microalgas como fontes de macro e micronutrientes, além de compostos reguladores do crescimento (Silva et al., 2020; Oliveira & Martins, 2022). Por outro lado, os estudos desenvolvidos por Ferreira et al. (2019) observaram limitações no crescimento de plântulas expostas a concentrações excessivas de substâncias orgânicas, evidenciando a existência de um ponto ótimo de concentração, acima do qual compostos podem interferir na absorção de água e nutrientes, reduzindo o vigor vegetativo.

Ademais, em estudos conduzidos com outras espécies vegetais observa-se que a romãzeira apresentou incremento significativo de crescimento (Ramalho, 2022), enquanto, no caso do alface, não foram verificados resultados expressivos (Oliveira et al., 2024). Tais diferenças reforçam a hipótese de que a eficácia da *Spirulina* como bioestimulante vegetal está diretamente relacionada às características fisiológicas específicas de cada espécie.

Entre as limitações do estudo destacam-se o número reduzido de repetições e a curta duração do período de avaliação, fatores que limitam a extrapolação dos resultados para os diferentes tratamentos usados.

Portanto, o experimento permitiu concluir que a exposição das mudas de feijão às diferentes soluções de *Spirulina* não promoveu os efeitos esperados sobre o crescimento. Para conclusões mais robustas, recomenda-se a repetição do experimento utilizando outras concentrações da solução de *Spirulina*.

Cabe destacar que não foi possível estender as medições até a 10ª medição planejada, uma vez que, a partir da 8ª semana, as mudas de feijões passaram a direcionar maior parte de sua energia metabólica para o desenvolvimento das vagens. Esse redirecionamento fisiológico comprometeu o crescimento vegetativo, uma vez que a prioridade das plantas deixou de ser a expansão em altura e formação de folhas, concentrando-se na fase reprodutiva.

A análise do número de folhas também não foi realizada, em decorrência do fato dos resultados obtidos com a comparação das médias do crescimento em altura das mudas de feijão não terem demonstrado valores estatisticamente significativos.

CONCLUSÃO

O experimento permitiu concluir que a exposição das mudas de feijões às diferentes soluções de *Spirulina platensis* não resultou nos efeitos esperados sobre o crescimento. Para a obtenção de conclusões mais consistentes, recomenda-se a repetição do ensaio, bem como a realização de novos experimentos com diferentes concentrações da solução.

REFERÊNCIAS¹

- ALVAREZ, V. H. et al. Microalgae as biofertilizers: A review. *Journal of Applied Phycology*, v. 31, p. 1-13, 2019. DOI: 10.1007/s10811-019-01960-4.
- BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. *Handbook of Plant Nutrition*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.
- FERREIRA, R. S. et al. Potential of *Spirulina platensis* for environmental protection and sustainable agriculture: A review. *Journal of Applied Phycology*, v. 35, p. 123-135, 2023.
- GONÇALVES, J.; FREITAS, J.; SILVA, P. Microalgae as biofertilizers: A sustainable way to improve soil fertility and plant growth. *Sustainability*, v. 15, n. 16, p. 12413, 2023. DOI: 10.3390/su151612413.
- KHAN, M. I. R. Algal biofertilizers and their role in sustainable agriculture: A review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 15, n. 7, p. 1235-1245, 2018.
- MARKOU, G.; NERANTZAKIS, M.; GEORGOPOULOS, D. Microalgae for biofertilization: Perspectives and challenges. *Bioresource Technology Reports*, v. 14, 100666, 2021. DOI: 10.1016/j.biteb.2021.100666.
- MARTINI, D. Co-cultivation of microalgae and plants in hydroponic systems: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 10, p. 9236-9245, 2017.
- MIRANDA, J. R. et al. Advances in microalgae-based biofertilizers: Production, application, and challenges. *Science of The Total Environment*, v. 922, 166138, 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.166138.
- OLGUIN, E. J. The potential of microalgae for sustainable agriculture. *Bioresource Technology*, v. 107, p. 372-378, 2012.
- OLIVEIRA, R. A.; JUNQUEIRA, D. I.; SANTOS, R. F. Biofertilizante à base de microalgas testado na germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. *Acta Biologica Brasiliensia*, v. 7, n. 2, p. 151-168, 2024. DOI: 10.18554/acbiobras.v7i2.8011.
- RAMALHO, R. F. Desempenho fisiológico de romãzeira tratadas com aplicações foliares de microalgas. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.
- STADEN, J. F. The use of microalgae extracts in agriculture: Production methods and applications. *Algal Research*, v. 1, n. 1, p. 45-53, 2006.
-

APÊNDICE

Neste apêndice estão disponibilizadas várias fotos que ilustram os diversos momentos do desenvolvimento do experimento.









