

Bioestimulante na germinação de sementes de feijão submetidas à déficit hídrico

Victor Federizzi^{1*}; Thaísa Capato Lima

¹

Curso de Agronomia Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

*vfederizzi@minha.fag.edu.br

Resumo: O bioestimulante é um produto que ajuda no crescimento e na germinação da semente de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), para um melhor desenvolvimento vegetativo da planta. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da aplicação de bioestimulante à base de extrato de algas na germinação de sementes de feijão submetidas ao déficit hídrico induzido por polietilenoglicol, em condições de laboratório. Os experimentos foram realizados no laboratório de germinação do Centro Universitário FAG, em Cascavel-PR, entre 17 e 31 de março de 2025. Utilizaram-se 50 sementes de feijão IPR Urutau por parcela, dispostas em papel germitest. O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×4 , com dois níveis de disponibilidade hídrica (com e sem déficit) e quatro doses de bioestimulante (0, 2, 4 e 6 ml kg⁻¹ de semente), totalizando 32 unidades experimentais com quatro repetições. O déficit hídrico foi simulado com solução de PEG 400; o tratamento sem déficit utilizou água destilada, ambos na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. As sementes germinaram em câmara BOD a 25 °C por sete dias. Avaliaram-se germinação, comprimento da parte aérea e radicular, massa fresca e seca da parte aérea. Os dados foram submetidos à ANOVA, teste de Tukey e regressão (5%), utilizando o software Sisvar. Como resultados, a aplicação de bioestimulante em sementes de feijão IPR Urutau favoreceu a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas nas doses de 2 a 4 ml kg⁻¹, enquanto doses superiores (6 ml kg⁻¹) reduziram o desempenho das plântulas. Destaca-se que o déficit hídrico foi prejudicial para o desenvolvimento do feijão.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris* L.; *Ascophyllun nodosum* L.; *Durvillaea potatorum*.; Germinação.; Déficit hídrico.

Biostimulant in the germination of bean seeds submitted to water deficit

Abstract: The biostimulant is a product that helps in the growth and germination of the bean seed (*Phaseolus vulgaris* L.), for a better vegetative development of the plant. The objective of this study is to evaluate the effects of application of biostimulant based on algae extract in the germination of bean seeds submitted to water deficit induced by polyethylene glycol, under laboratory conditions. The experiment was carried out in the germination laboratory of the FAG University Center, in Cascavel-PR, between 17 and 31 March 2025. We used 50 seeds of IPR Urutau beans per plot, arranged in germitest paper. The design was completely randomized, in factorial scheme 2×4 , with two levels of water availability (with and without deficit) and four doses of biostimulant (0, 2, 4 and 6 mL/kg seed), totaling 32 experimental units with four replicates. The water deficit was simulated with PEG 400 solution; the treatment without deficit used distilled water, both in the proportion of 2.5 times the weight of the paper. Seeds germinated in BOD chamber at 25 °C for seven days. Germination, length of the shoot and root, fresh and dry mass of the shoot were evaluated. The data were submitted to ANOVA, Tukey's test and regression (5%), using Sisvar software. As results, the application of biostimulant in bean seeds IPR Urutau favored germination and initial development of seedlings at doses from 2 to 4 ml kg⁻¹, while higher doses (6 ml kg⁻¹) reduced the performance of the seedlings. It is noteworthy that the water deficit was harmful to the development of beans.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; *Ascophyllun nodosum* L.; *Durvillaea potatorum*.; Germination.; Water deficit.

Introdução

A agricultura moderna enfrenta desafios significativos relacionados à escassez hídrica, especialmente em regiões suscetíveis à variabilidade climática. O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), uma das principais leguminosas cultivadas no Brasil, é particularmente sensível ao déficit hídrico, o que pode comprometer sua germinação e estabelecimento inicial, etapas essenciais para o sucesso da cultura.

A deficiência hídrica reduz o potencial hídrico das células, diminuindo a pressão de turgor e afetando o crescimento celular, o metabolismo e o estabelecimento das plântulas (Viçosi *et al.*, 2017). Durante o cultivo do feijão, o manejo da irrigação é realizado de forma estratégica, dividindo-se o ciclo da cultura em quatro fases principais: da germinação até a emergência floral, do florescimento até a maturação, da maturação até o secamento das vagens, e o período de colheita (Lira *et al.*, 2010). A falha no fornecimento adequado de água em qualquer uma dessas fases pode resultar em queda expressiva da produtividade, evidenciando a importância do manejo hídrico para o sucesso da cultura.

Diante desse cenário, a busca por estratégias que minimizem os efeitos adversos da seca tem ganhado destaque, e os bioestimulantes à base de extrato de algas surgem como uma alternativa promissora. Esses produtos são ricos em compostos bioativos, como fitohormônios (auxinas, citocininas e giberelinas), aminoácidos, polissacarídeos e antioxidantes, que podem favorecer a tolerância ao estresse hídrico, estimulando mecanismos fisiológicos e bioquímicos que aumentam a resiliência das sementes e plântulas (Alcântara, 2015).

Diversas espécies de algas, como *Ascophyllum nodosum*, *Durvillaea potatorum* e *Ecklonia maxima*, têm sido utilizadas na formulação de bioestimulantes para culturas agrícolas (Alcântara, 2015). Aplicados nas sementes ou diretamente no solo, esses produtos favorecem o enraizamento, aumentam o teor de clorofila, potencializam o metabolismo energético e contribuem para o fortalecimento estrutural das plantas. Em condições de estresse hídrico, seu uso tem mostrado efeitos positivos sobre o desenvolvimento inicial das plântulas, prolongando a viabilidade celular e promovendo maior resistência fisiológica (Viçosi *et al.*, 2017; Reis, 2021).

Na prática, o cultivo do feijão utilizando osmoprotetores à base de extrato de *Durvillaea potatorum* durante a safra de inverno proporcionou bons resultados em condições de restrição hídrica (Bastos, 2015). O uso de bioestimulantes ajuda a estimular o crescimento das plantas,

reduzindo os efeitos do estresse e promovendo melhores condições para o estabelecimento da cultura.

Além dos compostos bioativos, extratos de algas frequentemente apresentam macro e micronutrientes, carboidratos e aminoácidos que aumentam a síntese de clorofila e disponibilizam mais energia para as plantas, promovendo maior enraizamento e desenvolvimento inicial (Alcântara, 2015). Entre os principais reguladores presentes, destacam-se a auxina e a giberelina.

A auxina é fundamental para o desenvolvimento vegetal, promovendo alterações na parede celular que favorecem a divisão e o alongamento celular, o que resulta em raízes mais desenvolvidas e dominância apical (Resende, 2022). As giberelinas, por sua vez, estão presentes em todo o ciclo das plantas e participam do alongamento do caule, mobilização de reservas, indução floral, crescimento dos frutos e germinação das sementes (Frasca, 2018).

Diante dessas evidências, o objetivo deste estudo é avaliar os efeitos da aplicação de bioestimulante à base de extrato de algas na germinação de sementes de feijão submetidas ao déficit hídrico induzido por polietilenoglicol, em condições de laboratório.

Materiais e métodos

O ensaio foi realizado no laboratório de germinação de sementes do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG), em Cascavel, Paraná. Foram utilizadas sementes de feijão da variedade IPR Urutau.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (2×4), considerando a presença e a ausência de déficit hídrico e quatro doses de bioestimulante à base de extrato das algas *Ascophyllum nodosum* e *Durvillaea potatorum* (0, 2, 4 e 6 mL por quilo de semente), com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por 50 sementes, dispostas em rolos de papel germitest para a germinação.

Para a aplicação do déficit hídrico, o papel foi umedecido com uma solução de polietilenoglicol (PEG 400) a 2,5 vezes o seu peso. No tratamento sem déficit hídrico, o papel foi umedecido apenas com água destilada, também em quantidade equivalente a 2,5 vezes o seu peso, de acordo com as recomendações das Regras para Análises de Sementes (RAS) (Brasil, 2009).

Após a confecção dos rolos, as sementes foram colocadas para germinar em câmara BOD por sete dias, a 25 °C, com fotoperíodo de 12 horas. Em seguida, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e submetido à secagem em estufa com circulação de ar a 60

°C por 72 horas e, após esse período, foram determinadas as massas secas da parte aérea e da raiz, ambas com auxílio de balança de precisão. As plântulas foram avaliadas quanto às seguintes variáveis: germinação, comprimento da parte aérea e radicular, massa fresca e seca da parte aérea.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade, utilizando o teste de Shapiro-Wilk, e, em seguida, foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para a comparação das médias dos dados qualitativos, utilizou-se o teste de Tukey (5%), enquanto os dados quantitativos foram analisados por meio de análise de regressão (5%), utilizando o software estatístico Sisvar.

Resultados e Discussão

A porcentagem de germinação das sementes de feijão submetidas à déficit hídrico e aplicação de bioestimulante foi influenciada de forma significativa pelas doses de bioestimulantes. Foi observada interação significativa entre a aplicação de déficit hídrico e as doses de bioestimulantes para a variável comprimento de parte aérea (C.P.A), por outro lado, efeito significativo isolado foi observado para os tratamentos quantitativos e qualitativos para a variável comprimento de raiz (C.R) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da ANOVA para as variáveis porcentagem de germinação (%G), comprimento de parte aérea (C.P.A.) e comprimento radicular (C.R.) obtidas a partir de plântulas feijão (*Phaseolus vulgaris*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

Fonte de variação	G.L.	Probabilidade (p-valor)		
		%G	C.P.A. (cm)	C.R. (cm)
Déficit hídrico	1	0,5815 ^{ns}	0,0000*	0,0000*
Doses	3	0,0115*	0,0000*	0,0117*
Def. hídrico x Doses	3	0,9567 ^{ns}	0,0107*	0,8563 ^{ns}
Erro	21			
Total	31			
Média geral		98,8	5,14	8,91
C.V. (%)		1,28	11,84	14,68
Shapiro-wilk		0,0000	0,4248	0,5457

G.L.: Grau de liberdade; C.V.; coeficiente de variação; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste-F; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste-F.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A média do comprimento radicular das plântulas de feijão submetidas à déficit hídrico foi inferior às observadas nas plântulas sem déficit, como pode ser observado na tabela 2. A ocorrência de déficit hídrico exerceu um efeito negativo marcante sobre o crescimento das

raízes das plântulas de feijão, refletindo a sensibilidade do sistema radicular às condições de estresse hídrico nas fases iniciais de desenvolvimento.

A restrição na disponibilidade de água limita processos fisiológicos essenciais, como a divisão e o alongamento celular, além de comprometer a absorção de nutrientes e a atividade hormonal envolvida na formação e expansão das raízes. Como observado neste estudo, a redução do crescimento radicular sob déficit hídrico evidencia a importância do fornecimento hídrico adequado para o estabelecimento inicial das plântulas e o desenvolvimento de um sistema radicular vigoroso, fundamental para a tolerância a estresses abióticos e para o desempenho produtivo futuro da cultura (Colman *et al.*, 2014).

Tabela 2. Médias das variáveis porcentagem de germinação (%G), comprimento de parte aérea (C.P.A.) e comprimento radicular (C.R.) obtidas a partir de plântulas feijão (*Phaseolus vulgaris*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

Doses (ml kg ⁻¹)	%G			C.P.A. (cm)			C.R. (cm)		
	S.D.	C.D.	Médias	S.D.	C.D.	Médias	S.D.	C.D.	Médias
0	97,5	97,5	97,5	4,62 A	2,45 B	3,53	8,50	6,47	7,48
2	100	99,5	99,7	7,30 A	3,80 B	5,55	10,02	7,87	8,95
4	99,5	99,0	99,2	6,12 A	4,70 B	5,41	11,10	8,05	9,57
6	99,0	99,0	99,0	7,65 A	4,50 B	6,07	10,75	8,55	9,65
Médias	99,0 A	98,7 A		6,42	3,86		10,09 A	7,73 B	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não se diferenciam estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

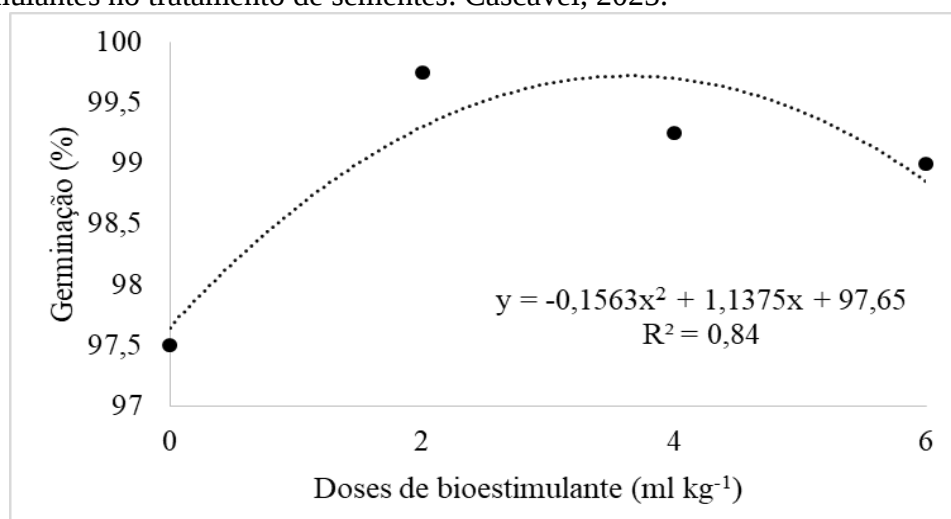
Observa-se que a aplicação do bioestimulante influenciou positivamente a germinação das sementes de feijão da variedade IPR Urutau (Figura 1). A doses estimada de bioestimulante de 4 ml kg⁻¹ proporcionou os maiores percentuais de germinação, superiores a 99%, evidenciando um efeito estimulador claro em comparação à testemunha, que apresentou cerca de 97,5% de germinação. Esses resultados corroboram, em parte, as conclusões de Ramos e Binotti (2012), que verificaram que o uso de bioestimulantes via tratamento de sementes e condicionamento proporcionou sementes de feijão com percentuais de germinação acima de 80% mesmo após quatro meses de armazenamento, evidenciando o potencial dos

bioestimulantes em manter a viabilidade e favorecer o desempenho germinativo ao longo do tempo.

No entanto, os dados obtidos neste estudo contrastam com os resultados de Costa *et al.* (2020), que não observaram incremento significativo nos parâmetros de germinação, altura de plantas, profundidade radicular e quantidade de nós no caule do feijoeiro com o uso de diferentes doses de bioestimulante.

Cabe destacar que a dose mais elevada (6 ml kg⁻¹) resultou em uma leve redução na germinação, embora ainda superior à testemunha. As respostas observadas confirmam a existência de uma faixa de dose adequada, na qual o bioestimulante atua de forma mais eficiente, enquanto doses superiores podem não trazer benefícios adicionais ou até mesmo reduzir o desempenho germinativo, como também alertam Ramos e Binotti (2012), que destacam a importância do equilíbrio hormonal e fisiológico para o bom desempenho das sementes.

Figura 1: Germinação de plântulas de feijão IPR Urutau submetidas às doses crescentes de bioestimulantes no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

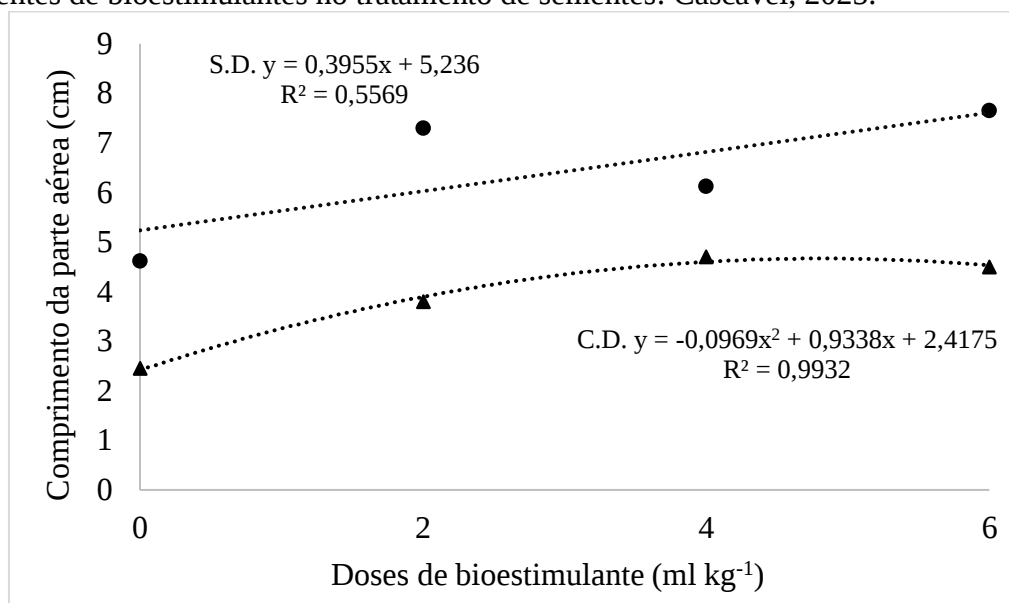
O comprimento da parte aérea das plântulas de feijão IPR Urutau foi influenciado tanto pelas doses de bioestimulante quanto pela condição hídrica (Figura 2). No tratamento com déficit hídrico (C.D.), observou-se um comportamento quadrático, com incremento do comprimento da parte aérea até a dose estimada de 4,8 ml kg⁻¹, seguido de uma leve redução nas doses superiores. O elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9932$) indica um ajuste expressivo do modelo, sugerindo que doses moderadas do bioestimulante atenuaram parcialmente os efeitos do estresse hídrico, favorecendo o alongamento da parte aérea.

Por outro lado, na condição sem déficit hídrico (S.D.), a resposta foi linear crescente, demonstrando um aumento contínuo do comprimento da parte aérea conforme as doses de bioestimulante foram elevadas, com $R^2 = 0,5569$. Esse resultado indica que, em condições adequadas de disponibilidade de água, o bioestimulante contribuiu para estimular o crescimento vegetativo das plântulas, possivelmente por promover maior atividade hormonal (citocininas, auxinas e giberelinas), além de melhorar a absorção de nutrientes e a divisão celular.

Esses resultados corroboram, em parte, os resultados de Canovas *et al.* (2023), que demonstraram que a aplicação de bioestimulantes, como Bioenergy, Transit e a combinação de ambos, promoveu um incremento estatisticamente significativo no desenvolvimento e no comprimento das plântulas de feijão, mesmo sob condições de estresse induzido pelo envelhecimento artificial das sementes.

Entretanto, os resultados contrastam com os obtidos por Ramos e Binotti (2012), que, ao avaliarem o uso de bioestimulantes via tratamento de sementes em cultivares de feijão, não observaram influência significativa na taxa de crescimento relativo das plantas. De forma semelhante, Costa *et al.* (2020) também não identificaram efeitos positivos do bioestimulante sobre variáveis morfológicas como altura de plantas e desenvolvimento radicular.

Figura 2: Comprimento da parte aérea das plântulas de feijão IPR Urutau submetidas à doses crescentes de bioestimulantes no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

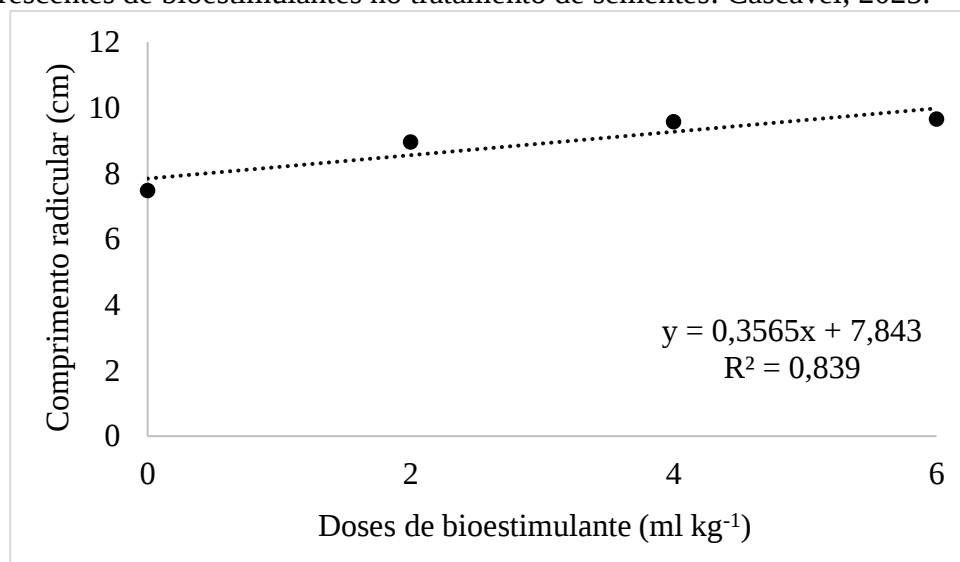
O comprimento da parte radicular das plântulas de feijão IPR Urutau apresentou uma resposta linear crescente em função das doses de bioestimulante aplicadas (Figura 3). Observa-

se que, à medida que a dose do bioestimulante aumentou de 0 para 6 ml kg⁻¹, o comprimento radicular elevou-se de aproximadamente 8 cm para cerca de 10 cm.

Dentro do intervalo de doses testado, não houve saturação do efeito estimulante, o que indica potencial para ganhos contínuos no crescimento radicular com o aumento progressivo das doses do bioestimulante. Esses resultados corroboram os achados de Ramos *et al.* (2022), que verificaram que a aplicação do bioestimulante Bioestimulate® promoveu um maior acréscimo no desenvolvimento radicular do feijoeiro em comparação ao bioestimulante C3®, evidenciando a eficácia de determinados compostos bioativos na estimulação do crescimento das raízes.

Contudo, os resultados diferem dos observados por Oliveira *et al.* (2017), que, ao utilizarem diferentes bioestimulantes — incluindo ácidos húmicos e fúlvicos, extrato simples e alcalino de algas (*Ascophyllum nodosum*) e um regulador vegetal composto por citocinina, giberelina e auxina — constataram que, com exceção do comprimento da raiz central, os bioestimulantes testados não influenciaram significativamente as características avaliadas do sistema radicular do feijão, como massa seca ou a relação entre parte aérea e sistema radicular.

Figura 3: Comprimento da parte radicular das plântulas de feijão IPR Urutau submetidas à doses crescentes de bioestimulantes no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O déficit hídrico influenciou de forma estatisticamente significativa a massa fresca da parte aérea e a massa seca de raiz. No entanto, esse mesmo fator não afetou significativamente a massa fresca de raiz nem a massa seca da parte aérea, sugerindo que essas variáveis não responderam de maneira tão sensível ao estresse hídrico. As doses de bioestimulante aplicadas no tratamento de sementes apresentaram efeito significativo sobre M.F.P.A., M.F.R. e

M.S.P.A, por outro lado a M.S.R. não foi influenciada pelas doses. Não houve interação significativa entre o déficit hídrico e as doses de bioestimulante, o que sugere que o efeito do bioestimulante sobre o crescimento das plântulas ocorreu de forma semelhante tanto na presença quanto na ausência de estresse hídrico (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da ANOVA para massa fresca da parte aérea (M.F.P.A.), massa fresca de raiz (M.F.R.), massa seca da parte aérea (M.S.P.A.) e massa seca de raiz (M.S.R.) obtidas a partir de plântulas feijão (*Phaseolus vulgaris*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

Fonte de variação	G.L.	Probabilidade (p-valor)			
		M.F.P.A. (g)	M.F.R. (g)	M.S.P.A. (g)	M.S.R. (g)
Déficit hídrico	1	0,0000*	0,6387 ^{ns}	0,0631 ^{ns}	0,0002*
Doses	3	0,0011*	0,0282*	0,0297*	0,2875 ^{ns}
Def. hídrico x Doses	3	0,2451 ^{ns}	0,4010 ^{ns}	0,3065 ^{ns}	0,1951 ^{ns}
Erro	21				
Total	31				
Média geral		0,7141	0,1228	0,1695	0,0143
C.V. (%)		6,17	18,31	7,27	14,48
Shapiro-wilk		0,1403	0,6883	0,6557	0,0926

G.L.: Grau de liberdade; C.V.; coeficiente de variação; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste-F; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste-F.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A análise das médias evidencia que, independentemente da dose de bioestimulante utilizada, as plântulas cultivadas em condição sem déficit hídrico (S.D.) apresentaram maior massa fresca da parte aérea (M.F.P.A.) em comparação àquelas submetidas ao estresse hídrico (C.D.), o que reforça a sensibilidade da parte aérea à limitação hídrica nos estágios iniciais de desenvolvimento. Esse efeito é estatisticamente confirmado, já que as médias gerais da M.F.P.A. se diferenciaram pelo teste de Tukey, sendo superiores nas plântulas sem déficit (Tabela 4).

Tabela 4. Médias das variáveis massa fresca da parte aérea (M.F.P.A.) e massa fresca de raiz (M.F.R.) obtidas a partir de plântulas feijão (*Phaseolus vulgaris*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

Doses (ml kg ⁻¹)	M.F.P.A. (g)			M.F.R. (g)		
	S.D.	C.D.	Médias	S.D.	C.D.	Médias
0	0,7095	0,6050	0,6573	0,0943	0,1059	0,10001
2	0,7916	0,6396	0,7156	0,1404	0,1174	0,1289
4	0,7531	0,6877	0,7204	0,1295	0,1367	0,1331
6	0,8309	0,6957	0,7633	0,1345	0,1235	0,1290

Médias	0,7713 A	0,6570 B	0,1247	0,1209
--------	----------	----------	--------	--------

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não se diferenciam estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

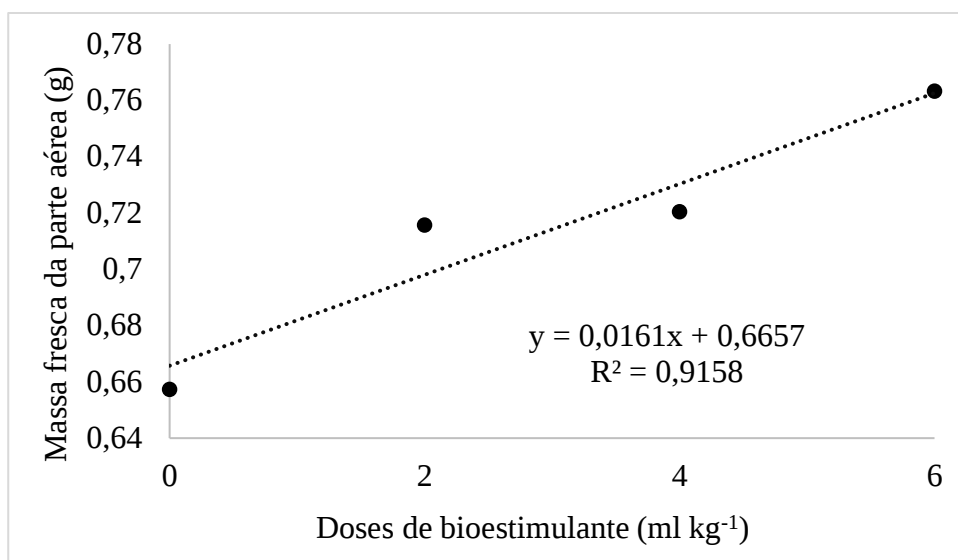
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A figura 4 traz um aumento linear na massa fresca da parte aérea das plântulas de feijão IPR Urutau com o incremento das doses de bioestimulante. Os valores de massa fresca aumentaram de aproximadamente 0,66 g na ausência do bioestimulante para cerca de 0,77 g na dose máxima de 6 ml kg⁻¹. A equação de regressão ($y = 0,0161x + 0,6657$) e o elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9158$) sugerem uma forte correlação entre as variáveis, evidenciando que o bioestimulante contribui significativamente para o aumento da biomassa da parte aérea das plântulas.

Esse aumento pode ser explicado fisiologicamente pela atuação dos fitormônios e outras substâncias bioativas presentes no bioestimulante, que favorecem a divisão e expansão celular, intensificam a fotossíntese e otimizam o metabolismo das plantas. A maior massa fresca observada está relacionada a uma maior hidratação tecidual e a uma capacidade aumentada de síntese de compostos estruturais e metabólicos, fatores essenciais para o crescimento vigoroso das plântulas. Esse comportamento sugere que o bioestimulante promoveu o desenvolvimento vegetativo inicial, resultando em plântulas com maior capacidade fotossintética e potencial de estabelecimento. A tendência linear observada indica que, no intervalo de doses testado, não houve efeitos fitotóxicos ou limitações fisiológicas, permitindo ganhos constantes na massa fresca à medida que a dose foi aumentada.

Os resultados obtidos corroboram com os achados de Ramos *et al.* (2022), que observaram um efeito quadrático do bioestimulante nas variáveis de emergência, desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea, com doses próximas de 0,2 ml kg⁻¹ apresentando o maior incremento nas variáveis analisadas. Além disso, o estudo de Oliveira *et al.* (2017), que utilizou bioestimulantes como ácidos húmico e fúlvico, extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*), e reguladores vegetais com citocinina, giberelina e auxina, também indicou efeitos positivos na parte aérea e nas raízes das plantas em comparação ao controle, reforçando a importância dos bioestimulantes no aprimoramento do desenvolvimento das plântulas.

Figura 4: Massa fresca da parte aérea das plântulas de feijão IPR Urutau submetidas à doses crescentes de bioestimulantes no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

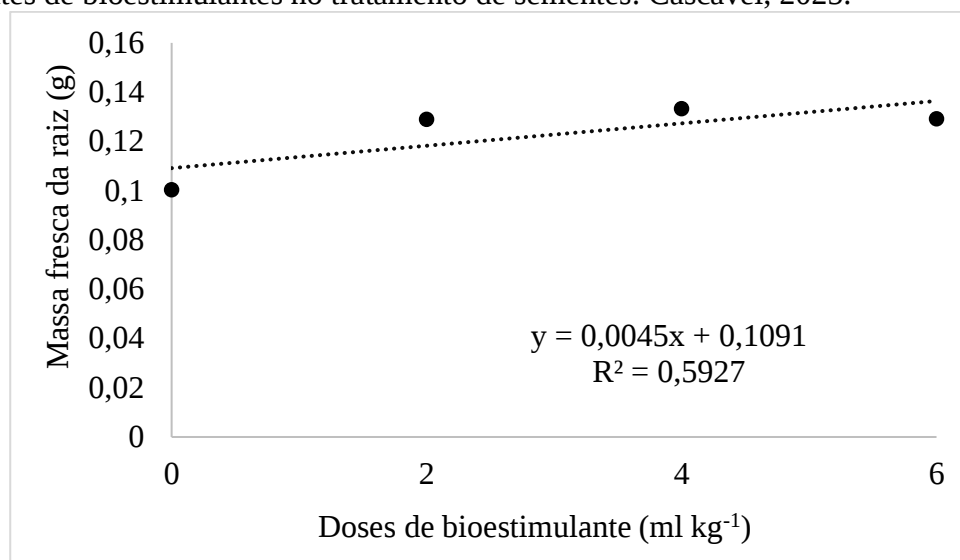
Na figura 5 observa-se uma tendência de aumento da massa fresca da raiz das plântulas de feijão IPR Urutau com o incremento das doses de bioestimulante. A massa fresca variou de aproximadamente 0,11 g na dose zero para cerca de 0,14 g nas doses de 2 a 4 ml kg⁻¹, com uma leve redução observada na dose de 6 ml kg⁻¹. A equação de regressão ($y = 0,0045x + 0,1091$) e o coeficiente de determinação moderado ($R^2 = 0,5927$) indicam uma relação positiva, embora com uma variação considerável entre os pontos experimentais, sugerindo que a resposta do sistema radicular ao bioestimulante foi menos consistente em comparação com a parte aérea.

Do ponto de vista fisiológico, o aumento inicial na massa fresca da raiz pode ser explicado pelo estímulo nos processos de divisão celular e alongamento das células radiculares, favorecidos por fitormônios presentes no bioestimulante, como auxinas e citocininas. Esse estímulo resulta em um sistema radicular mais desenvolvido, o que é vantajoso para a absorção de água e nutrientes. No entanto, a leve queda observada na dose mais alta pode indicar um efeito de saturação ou desequilíbrio hormonal, o que, fisiologicamente, pode comprometer a eficiência metabólica e limitar o crescimento radicular.

Dessa forma, as doses intermediárias (2 a 4 ml kg⁻¹) parecem ter promovido o melhor desenvolvimento da biomassa radicular, enquanto a dose mais elevada não resultou em ganhos adicionais, sugerindo a existência de um limite fisiológico para os benefícios do bioestimulante nas raízes.

Esses resultados estão em linha com o estudo de Canovas *et al.* (2023), que, ao investigarem o uso de bioestimulantes no tratamento de sementes, não encontraram efeitos estatisticamente significativos sobre a germinação, a velocidade de germinação, o vigor ou a massa seca das plântulas em comparação com o grupo controle.

Figura 5: Massa fresca da raiz das plântulas de feijão IPR Urutau submetidas à doses crescentes de bioestimulantes no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Para a massa seca da parte aérea o teste de Tukey não apresentou diferença estatística entre as médias. Já para a massa seca de raiz, houve diferença significativa entre as condições de cultivo, sendo que as plântulas sob déficit apresentaram maior acúmulo de biomassa nessa parte da planta. Esse resultado pode indicar uma adaptação das plântulas ao estresse, priorizando o crescimento radicular na tentativa de buscar mais água no solo. As doses de bioestimulante, por outro lado, não influenciaram de forma expressiva essa variável, sugerindo que, nesse caso, a condição hídrica teve um papel mais relevante que o tratamento de sementes (Tabela 5).

Tabela 5. Médias das variáveis massa seca da parte aérea (M.S.P.A.) e massa seca de raiz (M.S.R.) obtidas a partir de plântulas feijão (*Phaseolus vulgaris*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

Doses (ml kg ⁻¹)	M.S.P.A. (g)			M.S.R. (g)		
	S.D.	C.D.	Médias	S.D.	C.D.	Médias
0	0,1657	0,1536	0,1596	0,0123	0,0144	0,0133
2	0,1780	0,1635	0,1707	0,0113	0,0174	0,0143
4	0,1867	0,1728	0,1798	0,0138	0,0170	0,0154
6	0,1648	0,1710	0,1679	0,0132	0,0152	0,0142
Médias	0,1738	0,1652		0,0126 B	0,0160 A	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não se diferenciam estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

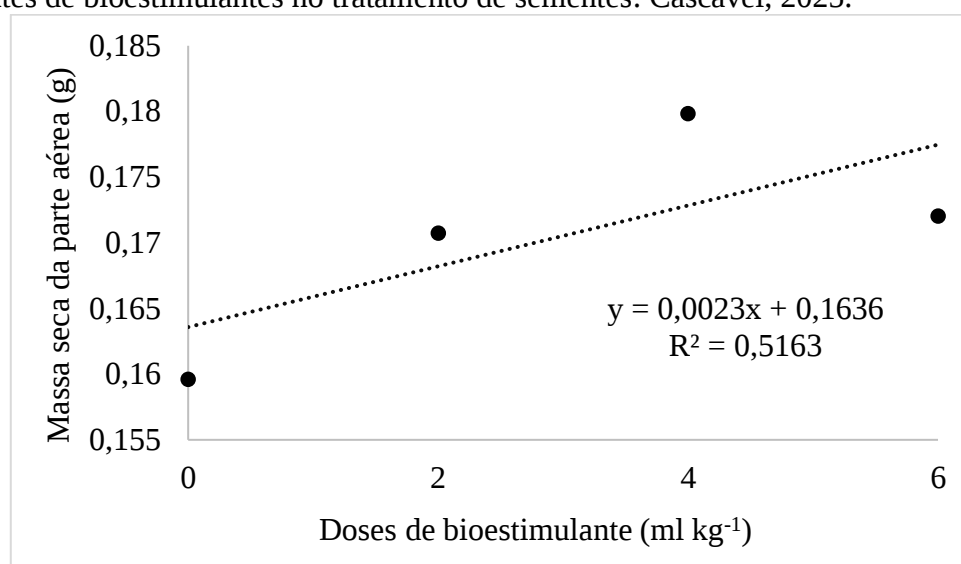
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A figura 6 revela uma tendência de aumento na massa seca da parte aérea das plântulas de feijão IPR Urutau com a elevação das doses de bioestimulante aplicadas às sementes. Observa-se que a massa seca aumentou de aproximadamente 0,16 g na dose zero para cerca de 0,18 g nas doses de 4 ml kg⁻¹, com um leve decréscimo na dose de 6 ml kg⁻¹. A equação de regressão ($y = 0,0023x + 0,1636$) e o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,5163$) sugerem uma relação positiva moderada entre as variáveis, indicando que o bioestimulante influenciou o acúmulo de biomassa na parte aérea de forma positiva, embora com uma certa variabilidade entre os dados experimentais.

No entanto, como observado no desenvolvimento radicular, a dose mais elevada (6 ml kg⁻¹) não resultou em ganhos adicionais de biomassa aérea, o que sugere um possível efeito de saturação ou leve estresse fisiológico causado pelo excesso de compostos bioativos. As doses intermediárias (2 a 4 ml kg⁻¹) parecem representar a faixa ótima para promover o desenvolvimento da parte aérea das plântulas de feijão IPR Urutau, maximizando o acúmulo de biomassa sem efeitos adversos.

Esses resultados estão em consonância com o estudo de Souza e Lazaretti (2024), que observaram que o tratamento com 2 ml de Stimulate® kg⁻¹ de sementes promoveu a maior translocação de massa seca tanto para a raiz quanto para a parte aérea das plantas de feijão. Isso sugere que a dose intermediária de bioestimulante pode ser eficaz para maximizar o crescimento e o desenvolvimento das plântulas, promovendo uma distribuição equilibrada de biomassa entre as partes aérea e radicular.

Figura 6: Massa seca da parte aérea das plântulas de feijão IPR Urutau submetidas à doses crescentes de bioestimulantes no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Conclusão

A aplicação de bioestimulante em sementes de feijão IPR Urutau favoreceu a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas nas doses de 2 a 4 ml kg⁻¹, enquanto doses superiores (6 ml kg⁻¹) reduziram o desempenho das plântulas. Em condições de déficit hídrico, observou-se um incremento significativo nos resultados, especialmente com a aplicação da dose de 6 ml kg⁻¹. Contudo, a dosagem de 6 ml kg⁻¹ não é recomendada, considerando possíveis efeitos adversos ou limitações agronômicas associadas ao seu uso.

Referências bibliográficas

ALCÂNTARA, Alana dos Santos Azevedo. **Características agronômicas do feijoeiro em função de doses de silício e bioestimulante**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2015.

BASTOS, F. J de C. **Feijoeiro cultivado sob aplicação de osmoprotetores à base de extratos de algas e supressão de irrigação**. Rio Verde-GO, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

CANOVAS, F. A.; RODRIGUES, M. A.; SILVA, A. R. A da. Influência do uso de bioestimulantes na germinação e no desenvolvimento de plântulas de milho (*Zea mays* L.). **Revista Agronomia Brasileira**, [S. l.], v. 7, 2023. Artigo publicado em: 08 dez. 2023. e-ISSN 2594-6781.

COLMAN, B. A.; NUNES, C. M.; MASSON, G. L.; BARBOSA, R. H.; NUNES, A. S. Indução de tolerância ao estresse hídrico na germinação de sementes de feijão-caupi. **Comunicata Scientiae**, v.5, n. 4, p. 449-455, 2014.

COSTA, C. A.; FRANCO, P. Y. S.; SOUZA, A. R. Diferentes doses de bioestimulante no tratamento de sementes de feijão. **Anais do 3º Simpósio de TCC**, das faculdades FINOM e Tecsoma. 2020; 104-114

FRASCA, L. L de M. **Bioestimulantes no crescimento e desempenho agronômico do feijão-comum de ciclo superprecoce**. Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, 2018.

LIRA, M. A.; LIMA, J. M. P.; SOBRINHO, E. E.; CHAGAS, M. C. M. Feijão Macassar: do plantio a colheita. Natal: **EMPARN**, 28p.; v.9, il. 2010.

OLIVEIRA, S. M de; UMBURANAS, R. C.; PEREIRA, R. G.; SOUZA, L. T de; FAVARIN, J. L. Bioestimulantes via tratamento de sementes na promoção de crescimento de raízes de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v. 10, n. 3, p. 109-114, 2017.

RAMOS, A. R.; BINOTTI, F. F da S. Uso do bioestimulante na qualidade fisiológica de sementes e no crescimento relativo em cultivares de feijão. *In: Encontro de ensino, pesquisa*

e extensão – EPEX, 3, 2012, Dourados. Anais [...]. Dourados: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2012.

RAMOS, A. T.; ASSIS, K. C de C.; LIVRAMENTO, D. E do. Influência do tratamento de sementes de feijão nas características de germinação e desenvolvimento inicial de plântulas. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 17, e56111738714, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i17.38714>.

REIS, M. A. M dos. **Bioestimulante como estratégia ao déficit hídrico em feijoeiro comum**. Jaboticabal-SP, 2021.

RESENDE, L. P. **Influência de bioestimulante e reguladores de crescimento na produtividade do feijoeiro comum**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2022.

SOUZA, T. G de; LAZARETTI, N. S. Uso de diferentes doses de Stimulate® na cultura de feijão. **Revista Cultivando o Saber**, edição especial, p. 117, 2024.

VIÇOSI, K. A.; FERREIRA, A. A. S.; OLIVEIRA, L. A. B. de; RODRIGUES, F. Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, Suplemento 1, p. 36-42, dez. 2017.