

**Autor para
correspondência:** Gustavo
Soares Wenneck

E-mail:
gustavowenneck@gmail.c
om

Declaração de Interesses:
Os autores certificam que
não têm nenhum
interesse comercial ou
associativo que
represente um conflito de
interesses em conexão
com o manuscrito

Resposta produtiva de cultivares de feijão em função da aplicação de silício no solo no Centro-Oeste do Paraná.

Mariana Caetano Ocon¹ , Gustavo Soares Wenneck² , Lucas Rogério da Silva Biondaro³ , Gustavo Gonçalves Paiva,⁴ , Guilherme da Silva Munuera⁵ , Felipe Junior Woichik⁶ , Roberto Rezende⁷ , Reni Saath⁸ 

O silício é um elemento benéfico para as plantas com potencial de utilização na agricultura, porém devido a sua classificação como não essencial, os efeitos sobre espécies de interesse agrônomo são limitados. O estudo tem como objetivo analisar a resposta produtiva de cultivares de feijão em função da aplicação de silício no solo, na região centro-oeste do Paraná. O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 7x2, sendo sete cultivares de feijão (IPR Águia, IPR Sabiá, IPR Tangará, IPR Tuiuiú, IPR Curió, IPR Cardeal e IPR Urutau), duas condições de silício (com e sem aplicação) e quatro repetições por tratamento. Na condição de uso de silício no solo foi adotada uma dose 100 kg ha⁻¹ utilizando como fonte óxido de silício, na linha de semeadura. Foi realizada avaliação da produtividade e do teor do silício nos grãos. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott com 5% de significância. A aplicação de silício no solo exerce efeito positivo sobre a produtividade e o teor do elemento nos grãos de feijão, embora a resposta varie de acordo com a cultivar avaliada. A cultivar IPR Curió destacou-se pelo maior rendimento produtivo sob a condição de aplicação de silício, enquanto a cultivar IPR Urutau apresentou melhor desempenho na ausência do elemento, indicando a existência de diferenças genéticas na resposta ao manejo.

Palavras-chave: Ambiente subtropical. Elemento benéfico. *Phaseolus vulgaris* L.

Productive response of bean cultivars to soil-applied silicon in the Central-Western region of Paraná.

Silicon is a beneficial element for plants with potential for agricultural use; however, due to its classification as non-essential, its effects on agronomically important species are limited. The objective of this study was to analyze the productive response of common bean cultivars to soil-applied silicon in the central-western region of Paraná, Brazil. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 7 × 2 factorial scheme, consisting of seven common bean cultivars (IPR Águia, IPR Sabiá, IPR Tangará, IPR Tuiuiú, IPR Curió, IPR Cardeal, and IPR Urutau), two silicon conditions (with and without application), and four replications per treatment. In the silicon treatment, a dose of 100 kg ha⁻¹ was applied at sowing, using silicon oxide as the source. Grain yield and silicon content were evaluated. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using the Scott-Knott test at 5% significance. Soil application of silicon had a positive effect on both grain yield and silicon content in common bean grains, although responses varied among cultivars. The cultivar IPR Curió showed the highest yield under silicon application, whereas IPR Urutau performed better in the absence of the element, indicating the existence of genetic differences in response to management.

Keywords: Subtropical environment. Beneficial element. *Phaseolus vulgaris* L.

¹ Centro Universitário Integrado, Paraná, Brasil. 0009-0003-5455-2687

² Centro Universitário Integrado, Paraná, Brasil. 0000-0002-4151-2358

³ Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola de Campo Mourão, Paraná, Brasil. 0009-0003-8404-4544

⁴ Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola de Campo Mourão, Paraná, Brasil. 0009-0008-5530-8308

⁵ Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola de Campo Mourão, Paraná, Brasil. 0009-0008-9381-4527

⁶ Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola de Campo Mourão, Paraná, Brasil. 0009-0005-9355-8306

⁷ Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil. 0000-0002-6213-1845

⁸ Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil. 0000-0002-6610-2873

INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é caracterizada como uma planta fabaceae, que apresenta o fruto com um formato de vagem com alto teor de proteína vegetal, sendo importante na alimentação humana. Segundo a FAO (2025), o Brasil foi classificado como o segundo país que mais produz feijão no mundo com uma porcentagem de 10,2% da produção mundial, com destaque ao estado do Paraná como o maior estado produtor de feijão no país apresentando rendimento médio de 1.176 kg por hectare (IBGE, 2025).

O silício é um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre, no entanto mesmo não sendo um dos elementos mais essenciais, fornece diversos benefícios de resistência, redução de transpiração e na eficiência fotossintética, através de seu acúmulo na parede exterior da epiderme da planta, possibilitando maior absorção de água, nutrientes e maior aproveitamento do solo, diminuindo o estresse hídrico (Reis et al., 2007). A aplicação de silício em culturas anuais apresenta alguns benefícios, como melhoria do desenvolvimento vegetal, melhor eficiência na utilização de recursos, e incremento produtivo, principalmente em condições ambientais desfavoráveis (Crusciol et al., 2013; Menegale et al., 2015; Wenneck et al., 2022; Wenneck et al., 2024).

Os benefícios da aplicação na cultura estão associados a melhorias na fisiologia vegetal, morfologia e atenuação de condições desfavoráveis como déficit nutricional e estresse hídrico, ocasionando incremento significativo na produtividade (Sarah et al., 2021; Hmood et al., 2022; Costa et al., 2023; Idoudi et al., 2024). Entretanto, fatores genéticos, como diferentes cultivares, podem afetar nas respostas da cultura a aplicação do elemento. Dessa forma, o estudo teve como objetivo analisar a resposta de diferentes variedades de feijão a aplicação de silício no solo.

MÉTODO

O experimento foi desenvolvido no Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola de Campo Mourão, no município de Campo Mourão-PR e as atividades laboratoriais ocorreram no campus do Centro Universitário Integrado. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado, com sete cultivares de feijão (IPR Águia, IPR Sabiá, IPR Tangará, IPR Tuiú, IPR Curió, IPR Cardeal e IPR Urutau), com duas condições de aplicação de silício no solo (com e sem aplicação) e quatro repetições. As parcelas apresentam dimensão de 5 x 2,7 m. Os dados precipitação e temperatura (máxima e mínima) no local do desenvolvimento do estudo são apresentados na Figura 1.

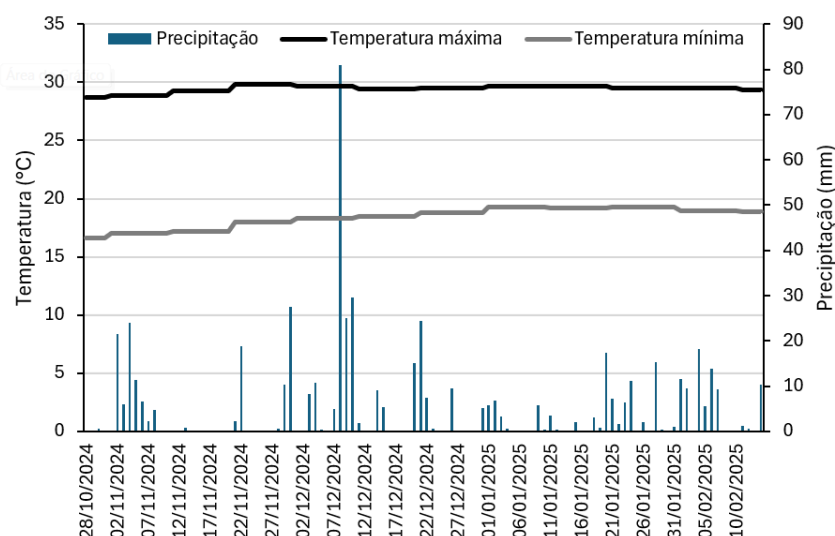


Figura 1. Dados de precipitação e temperatura no local do desenvolvimento do experimento.

Nos tratamentos com aplicação de silício, foram utilizados 100 kg ha⁻¹ de silício, sendo utilizado óxido de silício como fonte do elemento. A semeadura da cultura foi realizada no dia 28 de outubro de 2024, com 16 sementes m⁻¹ com 0,45 m de espaçamento entre linhas. O solo na área é caracterizado como Latossolo vermelho distroférico (Santos et al., 2019). O cultivo foi realizado em sistema sequeiro, sem a intervenção com irrigação. O controle de plantas daninhas foi realizado de forma manual, enquanto o controle de pragas e doenças foi realizado com a utilização de produtos químicos segundo as recomendações técnicas para cultura.

A colheita foi realizada a partir da maturação fisiológica da cultura. A colheita foi realizada com plantas das três linhas centrais, sendo desconsiderado a área de bordadura (0,5 m) das extremidades. As vagens colhidas foram submetidas a debulha manual, sendo determinada a massa em balança semi-analítica.

A umidade dos grãos foi determinada em estufa de circulação de ar (65° C), e os dados de rendimento padronizados em 14% de umidade. Foram coletadas amostras de grãos, para quantificação do teor de silício no material, sendo adotada a metodologia proposta por Silva (2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott com 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora o silício não seja considerado um elemento essencial, que permite que a planta complete seu ciclo com a ausência do elemento no sistema de produção, sua utilização tem demonstrado efeitos positivos no cultivo de feijão, contribuindo com o crescimento vegetal e atividade fotossintética (Sarah et al., 2021). A contribuição do elemento sobre a cultura está associada, principalmente a mitigação de condições adversas de produção (Idoudi et al., 2024).

Conforme dados do estudo, foi verificado efeito significativo da aplicação de silício no solo sobre a produtividade e teor do elemento nos grãos (Tabela 1). O maior rendimento produtivo foi obtido com a cultivar IPR Curió, em condição com aplicação do silício no solo (5.086,80 kg ha⁻¹). Em todas as condições do estudo foi obtido rendimento superior à produtividade média do estado (1.176 kg ha⁻¹) (IBGE, 2023).

Tabela 1. Produtividade e teor de silício nos grãos em cultivares de feijão em função da aplicação do elemento.

Cultivar	Silício	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Teor de silício (mg kg ⁻¹)
IPR Urutau	Sim	3.507,79 bB	10,95 a ^{NS}
	Não	4.452,26 aA	7,17 b
IPR Cardeal	Sim	2.843,97 aC	11,54 a
	Não	1.827,67 bC	7,79 b
IPR Curió	Sim	5.086,81 aA	10,71 a
	Não	4.389,09 bA	7,79 b
IPR Tuiuiú	Sim	3.462,39 aB	12,12 a
	Não	2.651,49 bB	7,79 b
IPR Tangará	Sim	2.391,82 aC	13,44 a
	Não	1.807,40 aC	8,42 b
IPR Sabiá	Sim	3.679,13 aB	11,08 a
	Não	2.613,68 bB	9,45 b
IPR Águia	Sim	1.582,69 aC	13,44 a
	Não	1.368,18 aC	7,93 b
Média		2.976,03	9,97
CV (%)		38,93	22,05

*Letras diferentes, minúscula para aplicação do silício e maiúscula para cultivares, apresentam diferença significativa para o teste de Scott-Knott, com 5% de significância.

As cultivares que obtiveram melhor desempenho, sem aplicação, de silício via solo foram a IPR Urutau (4.452,26 kg ha⁻¹) e Curió (4.389,08 kg ha⁻¹). Hmood et al. (2022) em avaliação da aplicação foliar de silício na cultivar Nebraska, obteve incremento no acúmulo de nutrientes, rendimento e qualidade do feijão. No presente estudo, a aplicação de silício ocasionou incremento relativo de 15,67% na cultivar IPR Sabiá, 32,33% na cultivar IPR Tangará, 30,58% na cultivar IPR Curió e 55,60% na cultivar IPR Cardeal (Tabela 1).

Os resultados positivos sobre a produtividade estão associados às mudanças que o elemento é capaz de ocasionar na estrutura da planta. Conforme Gonzalez-Porras et al. (2024) a aplicação de silício impactam diretamente sobre o conteúdo de pigmentos foliares, nas trocas gasosas e no potencial hídrico da planta, contribuindo em processos metabólicos e fisiológicos, que contribuem com a eficiência de utilização de recursos naturais e impactando sobre a produtividade da cultura.

A aplicação exógena do silício no sistema de produção agrícola ocasionou incremento na concentração do elemento nos grãos de feijão (Tabela 1). Entretanto, não foram

observadas alterações significativas entre as cultivares. A condição de incremento na semente está relacionada ao perfil de distribuição do elemento na planta, sendo a semente um órgão de reserva e dreno forte da planta. Essa condição também foi verificada em espécies olerícolas, em experimentos conduzidos em ambiente produtivo ao adotado no estudo, como couve-flor (Wenneck et al., 2022) e tomate (Wenneck et al., 2024), em que o componente reprodutivo apresentou maior acúmulo do elemento.

O efeito significativo do incremento de silício também tem relação com os teores naturais em solos tropicais, que normalmente são baixos, devido à movimentação do elemento no solo em função do processo de formação do solo. Nessa condição, a aplicação exógena de silício no solo, promove incremento nos teores disponíveis para as plantas (Menegale et al., 2015).

Em condições de solo, Parande et al. (2013) obteve incremento da produtividade do feijão e do peso dos grãos, sendo verificando redução dos efeitos da salinidade sobre o rendimento. O efeito foi positivo também foi verificado para condições de baixa disponibilidade de potássio (Costa et al., 2023).

Toledo et al. (2021), obtiveram incrementos nos componentes de produtividade da cultura do feijão preto, em função da aplicação de 400 kg ha⁻¹ de silício. A dose adotada no estudo é inferior a adotada por Toledo et al. (2021), indicando a possibilidade de análise em doses superiores em estudos futuros.

A cultivar IPR Urutau apresentou melhor desempenho na condição sem silício em relação a condição com aplicação do elemento, enquanto a cultivar IPR Tangará não apresentou diferença significativa entre as condições de aplicação de silício (Tabela 1). Embora as cultivares (IPR Urutau e IPR Tangará) não apresentaram diferenças significativas no rendimento, foi verificado incremento no teor de silício acumulado nos grãos, indicando que há fatores genéticos associados ao manejo do elemento na cultura, sendo este aspecto ainda pouco explorado na literatura.

O incremento no teor de silício nos grãos, mesmo em condições sem variação significativa da produtividade, pode ocasionar benefício nutricional, considerando a importância do feijão na alimentação humana, tornando o grão biofortificado com o elemento. Os resultados do estudo indicam potencial da utilização do silício na manutenção da produtividade da cultura do feijão, principalmente em ambiente subtropical. A adoção do silício no manejo nutricional é uma estratégia para produção de forma sustentável, além de promover a segurança alimentar (Parande et al., 2013; Costa et al., 2023). Entretanto, há a necessidade de novos estudos com o objetivo de analisar a dinâmica da cultura com diferentes fontes e doses.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de silício no solo exerce efeito positivo sobre a produtividade e o teor do elemento nos grãos de feijão, embora a resposta varie de acordo com a cultivar avaliada. A cultivar IPR Curió destacou-se pelo maior rendimento produtivo sob a condição de aplicação de silício, enquanto a cultivar IPR Urutau apresentou melhor desempenho na ausência do elemento, indicando a existência de diferenças genéticas na resposta ao manejo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Centro Universitário Integrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAO. Crops and livestock products. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 01 ago 2025.
2. IBGE. Produção de feijão. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/feijao/br>. Acesso em: 01 ago 2025.
3. REIS, T.H.P.; GUIMARÃES, P.T.G.; FIGUEIREDO, F.C.; POZZA, A.A.A.; NOGUEIRA, F.D.; RODRIGUES, C.R. O silício na nutrição e defesa de plantas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007.
4. CRUSCIOL, C.A.C., PORTUGAL, J.R., BOSSOLANI, J.W., MORETTI, L.G., FERNANDES, A.M., MOREIRA, A., GARCIA, J.L.N., GARCIA, G.L.B., PILON, C., CANTARELLA, H. Dynamics of micronutrient uptake and removal by three modern runner peanut cultivars. *Crops*, v.3, n.2, p.101-115, 2023.
5. MENEGALE, M.L.C.; CASTRO, G.S.A.; MANCUSO, M.A. Silício: interação com o sistema solo-planta. *Journal of Agronomic Sciences*, v.4, p.435-454, 2015.
6. WENNECK, G.S.; SAATH, R.; REZENDE, R. Silicon accumulation in cauliflower grown in a protected environment with different water availability conditions. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 57, p.e02392, 2022.
7. WENNECK, G.S.; SAATH, R.; REZENDE, R.; TERASSI, D.S.; VILA, V.V.; Pereira, G.L. Extraction and accumulation of silicon in tomato grown under different water regimes and application forms. *Ciência e Agrotecnologia*, v.47, p.e005323, 2023.
8. SARAH, M.M.S.; PRADO, R.M.; SOUZA JÚNIOR, J.P.; TEIXEIRA, G.C.M.; DUARTE, J.C.S.; MEDEIROS, R.L.S. Silicon supplied via foliar application and root to attenuate potassium deficiency in common bean plants. *Scientific Reports*, v.11, e.19690, 2021.
9. HMOOD, W.M.; RAGAB, M.E.; YOUSSEF, S.M.; METWALLY, A.A. Effect of Selenium and Silicon Foliar Applications on the Growth and Yield of Common Bean. *Egyptian Journal of Horticulture*, v.49, n.2, p.147-158, 2022.
10. COSTA, M.G.; PRADO, R.M.; SARAH, M.M.S.; SOUZA JÚNIOR, J.P.; SOUZA, A.E.S. Silicon, by promoting a homeostatic balance of C:N:P and nutrient use efficiency, attenuates K deficiency, favoring sustainable bean cultivation. *BMC Plant Biology*, v.23, e.213, 2023.
11. IDOUDI, M.; SLATNI, T.; LAIFA, I.; RHIMI, N.; RABHI, M.; HERNÁNDEZ-APAOLAZA, L.; ZORRIG, W.; ABDELLY, C. Silicon (Si) mitigates the negative effects of iron deficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by improving photosystem activities and nutritional status. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.206, e.108236, 2024.
12. SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.Á.; ARAÚJO-FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. Brazilian Soil Classification System. 5th ed. rev. and exp. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

13. SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ed. rev. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.
14. GONZALEZ-PORRAS, C.V.; TEIXEIRA, G.C.M.; PRADO, R.M.; FERREIRA, P.M.; PALARETTI, L.F.; OLIVEIRA, K.S. Silicon via fertigation with and without potassium application, improve physiological aspects of common beans cultivated under three water regimes in field. *Scientif Reports*, v.14, n.2051, 2024.
15. TOLEDO, C.E.; PIRES, G.J.; NOGUEIRA, J.C.M. Influence of silicone application on black bean agronomic characteristics. *Journal of Plant Nutrition*, v.44, n.14p.2138-2145, 2020.
16. PERANDE, S.; ZAMANI, G.R.; ZAHAN, M.H.S.; GHADERI, M.G. Effects of silicon application on the yield and component of yield in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) under salinity stress. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, v.4, n.7, p.1574-1579, 2013.