

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI SOB APLICAÇÃO FOLIAR DE SILÍCIO NO CERRADO PIAUIENSE

Macijanio Oliveira da Silva (IFPI) – cauru.2020117beag0074@aluno.ifpi.edu.br

Graziela Pereira dos Santos (IFPI) – gazelasantos944@gmail.com

Railson de Oliveira Araujo (IFPI) – railsonaraujo.agrotec16@gmail.com

Lucas Matheus Silva de Oliveira (IFPI) – lucamateus910@gmail.com

Wallace de Sousa Leite (IFPI) – wallace.leite@ifpi.edu.br

Resumo: A aplicação de silício (Si) via foliar surge como uma estratégia de manejo que visa otimizar o desempenho de culturas agrícolas, como o feijão-caupi, sob condições adequadas de cultivo e, sobretudo, em circunstâncias restritivas, devido sua ação potencializadora na maior tolerância a estresses bióticos e abióticos. Nesse sentido, a pesquisa teve como objetivo avaliar doses de silício via foliar nos parâmetros de crescimento e produtividade de grãos de duas cultivares do feijão-caupi. O estudo foi conduzido em campo sob condições de sequeiro, na Fazenda Escola (FAZESC) do IFPI- campus Uruçuí, no delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas 2 x 4, as parcelas correspondendo a duas cultivares de feijão-caupi (BRS Novaera e BRS Tumucumaque) e as subparcelas constituídas por quatro doses de Si (0, 5, 10, 20 g ha⁻¹) aplicadas nos estádios V5, R2 e R3. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta, massa seca da parte aérea, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e a produtividade média de grãos. A produtividade de grãos foi potencializada em 39,17 % na cultivar BRS Tumucumaque quando suplementada com Si a partir de 5 g ha⁻¹. As doses de Si não surtem incremento produtivo para cultivar BRS Novaera. A suplementação com silício é uma estratégia promissora para melhorar o desempenho agrônomico do feijão-caupi na época de safrinha no Cerrado Piauiense, a depender da cultivar.

Palavras-chave: Suplementação de silício, resposta de cultivares, produtividade de grãos.

Abstract: The foliar application of silicon (Si) appears as a management strategy that aims to optimize the yield of agricultural crops, such as cowpea, under adequate growing conditions and, above all, under restrictive circumstances, due to its enhancing action in greater tolerance to, biotic and abiotic stress. In this sense, the research aimed to evaluate foliar silicon doses on the growth parameters and grain productivity of two cowpea cultivars. The study was carried out in the field under rainfed conditions, at the Fazenda Escola (FAZESC) of the IFPI-Uruçuí campus, in an experimental design in randomized blocks with four repetitions, in a scheme of plots subdivided 2 x 4, the plots corresponding to two cowpea bean cultivars (BRS Novaera and BRS Tumucumaque) and the subplots composed of four doses of Si (0, 5, 10, 20 g ha⁻¹) applied in stages V5, R2 and R3. The following variables were evaluated: plant height, dry mass of the aerial part, number of pods per plant, number of grains per pod, mass of 100 grains and average grain productivity. Grain productivity increased by 39.17% in the BRS Tumucumaque cultivar when supplemented with Si starting at 5 g ha⁻¹. Doses of Si do not increase production for the cultivation of BRS Novaera. Silicon supplementation is a promising strategy to improve the agronomic performance of cowpea out of season in the Cerrado Piauiense, depending on the cultivar.

Keywords: Silicon supplementation, cultivar response, grain productivity.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] tem um papel fundamental na segurança alimentar de inúmeros países. No Brasil, é cultivado principalmente nas regiões Norte e Nordeste, mas vem ganhando expressividade nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Possui um alto valor nutricional e está presente a vários séculos na dieta alimentar dos brasileiros, sendo considerado um alimento proteico e energético, e uma importante fonte de renda para agricultores familiares. Sua contribuição socioeconômica se estende desde a população da zona rural, pequenas cidades como também em grandes centros urbanos, estimulando a cadeia produtiva e na manutenção do homem no campo (Vale; Bertini; Borém, 2017).

Na região dos Cerrados, o cultivo de feijão-caupi tem despertado interesse nos produtores, principalmente pelo seu custo competitivo, além da alta qualidade do produto, que proporciona boa aceitação de mercado. Na safra 2021/2022, a cultura do feijão-caupi no Brasil registrou uma produção de 632,2 mil toneladas com uma produtividade média de 491 kg ha⁻¹, e no ano agrícola 2022/2023 um volume de produção de 561,2 mil toneladas de grãos, com uma produtividade média de 466 kg ha⁻¹. No estado do Piauí, a produção alcançada no mesmo ano agrícola foi somente de 76,4 mil toneladas de grãos, com produtividade média de 395 kg ha⁻¹. (Freire Filho *et al.*, 2011; Conab, 2023).

De acordo com Freire Filho *et al.* (2011), a cultura apresenta uma notável capacidade produtiva, com a possibilidade de atingir produtividades superiores a 2.500 kg ha⁻¹. Porém, devido ao baixo nível tecnológico empregado na produção de feijão-caupi pela agricultura familiar, que é responsável por mais da metade do que é produzido, a produtividade é comprometida (Silva *et al.*, 2018a).

O Si é um elemento considerado benéfico, que desempenha funções essenciais como de aprimorar as trocas gasosas, regular a dinâmica estomática, reduzir a transpiração foliar ao formar uma dupla camada de sílica na cutícula da epiderme, fortalece o sistema de defesa antioxidante das plantas, atenua o estresse oxidativo provocado pelo estresse hídrico, auxilia nos impactos ocasionados por estresses bióticos, como os provocados pelas pragas e doenças, e por estresses abióticos, incluindo o hídrico e salino, na redução do efeito tóxico do Al e no melhor aproveitamento de outros nutrientes, como o fósforo (Zhang *et al.*, 2017; Epstein; Bloom, 1853; Camargo, 2016).

O fornecimento de Si pode melhorar o potencial produtivo do feijão-caupi, pois a ação deste promove aumento na atividade antioxidante e no desempenho fotossintético das plantas em condições estressantes, principalmente sob restrição hídrica (Silva *et al.*, 2019; Leite *et al.*, 2023). Silva *et al.* (2018b) observou em seu estudo que as cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Aracé obtiveram aumento no teor de prolina, sob déficit hídrico e suplementadas com Si, o que promoveu maior osmoproteção as plantas.

Na cultura do feijão-caupi e demais cultivadas em regime de sequeiro a disponibilidade de água é um dos fatores ambientais que mais influenciam na produtividade, principalmente nas regiões semiáridas, dessa forma, o elemento Si apresenta-se como uma possibilidade para mitigar esses efeitos, além de outros resultados que possam ser observados (Souza *et al.*, 2004; Bastos *et al.*, 2012). No entanto, estudos em campo sob sequeiro que englobem elementos minerais benéficos para a cultura ainda são incipientes. Nesse sentido, o estudo teve por objetivo avaliar doses de silício via foliar nos parâmetros de crescimento e produtividade de grãos de duas cultivares do feijão-caupi.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no período de março a abril de 2023, em condições de sequeiro, na Fazenda Escola (FAZESC) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí-IFPI, no município de Uruçuí – PI, situado nas coordenadas 7°16'32,7"S, 44°30'21,2"O com altitude de 378 m. Segundo a classificação climática de Köppen, enquadra-se no tipo Aw, característico de clima tropical e inverno seco, com temperatura anual variando de 22 a 37°C, e uma pluviosidade média anual de 1.069 mm.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema de parcelas subsubdivididas 2 x 4, as parcelas correspondendo as duas cultivares de feijão-caupi (BRS Novaera e BRS Tumucumaque), e as subparcelas constituídas por quatro doses de Si (0, 5, 10, 20 g ha⁻¹). As parcelas experimentais foram constituídas por 4 linhas de 5 m, com o espaçamento de 0,5 m entre linhas, e a área útil correspondendo as 2 linhas centrais, desprezando os 0,5 m de cada extremidade, perfazendo uma área de 4 m².

A fonte de Si utilizada foi o Silicato de Potássio (12% de Si), produto comercial Sifol, através de aplicação via foliar conforme as doses pré-determinadas, quando as plantas apresentavam estádios V5, R2 e R3 (Campos *et al.*, 2000). Essas aplicações procedeu-se de

forma manual, com auxílio de um pulverizador costal, no qual as doses representadas em hectare correspondem ao uso de 120 L de calda, mas para execução prática do ensaio e em virtude da área total do experimento ser de 360 m2, foi utilizado um volume de calda de 8 L no preparo de cada uma das doses.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, apresentando os respectivos atributos químicos (Tabela 1), com base na análise de solo realizada nas camadas 0 – 20 cm de profundidade. Diante da necessidade de correção da acidez do solo, foi realizado uma calagem três meses antes do plantio, aplicando-se 1,5 t ha-1 de calcário dolomítico com PRNT 70%.

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental.

pH	M.O	P*	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
CaCl ²	g Kg	mg dm ⁻³	cmol dm ⁻³						%
4,9	18,6	10,5	2,48	0,13	2,7	1,22	4,05	6,53	62

* (Extrator Mehlich 1)

As principais características agronômicas das cultivares de feijão-caupi estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Características agronômicas das cultivares de feijão-caupi utilizadas no experimento.

Cultivares	Tipo de grãos	Porte da Planta	PCG (g)	Ciclo de maturação ⁽²⁾
BRS Tumucumaque	Branco-liso	Semiereto	18	P
BRS Novaera	Branco-rugoso	Semiereto	20	P

Fonte: Rocha, Damasceno-Silva e Menezes-Júnior (2017); PCG: peso de 100 grãos; ⁽²⁾ P: precoce, entre 61 e 70 dias.

Para a implementação do estudo em campo, foi realizado o preparo do solo de maneira convencional e aplicado 230 kg ha-1 do formulado NPK 5-30-15 na adubação de semeadura. Ao passo que, na adubação de cobertura, efetuada aos 21 dias após a emergência (21 DAE), realizou-se a aplicação de 75 kg ha-1 de cloreto de Potássio (KCl) nas linhas de cada subparcela. Durante o desenvolvimento da cultura foram efetuadas duas aplicações de fertilizantes via

foliar, 0,5 kg ha⁻¹ de Broadacre (Cu, Mn, Mo, Zn) e 0,5 kg ha⁻¹ de MS Florada (1 % K₂O, 13% Ca. 8% B).

As sementes foram previamente tratadas com um mix entre os produtos Certeza N® +Terra Forte® +CMZ Infinity. Fungicida, inseticida e micronutrientes (Co, Mo e Zn), respectivamente, na dose de 15 mL para 25 kg de sementes. Também foi realizada a inoculação com *Bradyrhizobium elkanii* utilizando o produto comercial Biomax® (60 mL para 50 kg sementes).

A semeadura foi executada manualmente no dia 17 março de 2023, distribuindo-se 15 sementes por metro linear. No quarto dia após a semeadura ocorreu a emergência das plântulas, e ao 14 DAE foi feito o desbaste, a fim de manter o estande médio de dez plantas por metro, configurando uma população de 200.000 plantas por hectare (Cardoso; Melo; Lima, 2005).

No controle de plantas daninhas empregou-se o método de capina manual aos 13 e 28 DAE. Quanto ao manejo fitossanitário, com base no monitoramento periódico da cultura, efetuou-se duas aplicações de inseticidas, a primeira utilizando 0,5 L ha⁻¹ do produto comercial Bold® (acetamiprido e fenpropatrina), visando controle da mosca branca (*Bemisia tabaci*) e segunda com a mesma dosagem, usando Maxsan® (dinotefuram e piriproxifem) para o controle de Percevejo-marrom (*Euschistus heros*). Somado a isso, realizou-se uma aplicação de 0,3 L ha⁻¹ do fungicida Blavity® (fluxapiroxade e prothioconazol) e utilizou-se 50 g de isca formicida de Mirex – SD (sulfluramida).

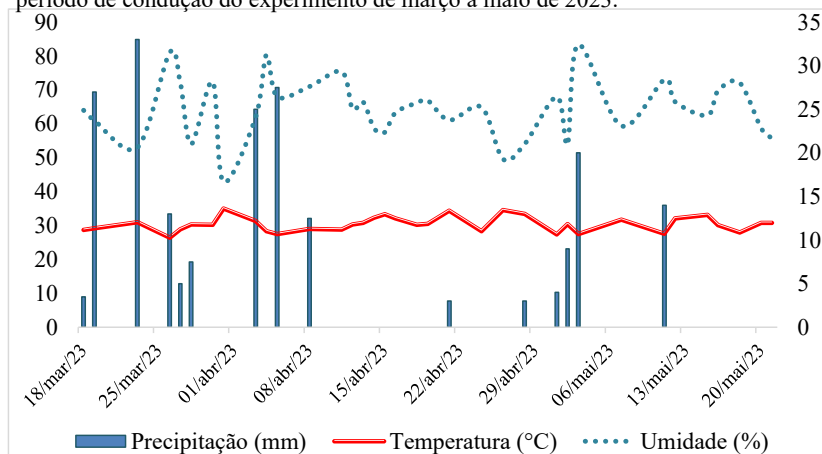
Durante a fase vegetativa da cultura aferiu-se a altura de quatro plantas em cada subparcela, medindo com o auxílio de uma régua graduada e/ou fita métrica, da base do caule até a folha terminal. Em florescimento pleno do feijão-caupi (R2), foram coletados dois trifólios do terço médio superior de cinco plantas aleatórias na área útil das subparcelas, totalizando 30 em folíolos por cultivar, que passaram pelo processo de secagem na estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 h, e posteriormente realizou-se as pesagens de massa seca da parte aérea.

Por ocasião da colheita, coletou-se seis plantas da área útil para a determinação do número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, padronizado para 13%, em base úmida. A produtividade de grãos foi obtida na etapa final em campo, com o arranquio manual e trilha mecanizada das plantas presentes nas duas linhas centrais de cada subparcela, determinando o grau de umidade dos grãos, e padronizando-os para 13%, em base úmida.

Durante o período de condução do ensaio, foram coletados dados de precipitação, advindos de um pluviômetro instalado na área, e de temperatura e umidade relativa do ar,

através de um aparelho Termo-Higrômetro Portátil, da marca AKSO, modelo AK632, encontra-se descritos na Figura 1.

Figura 1 - Dados de precipitação, temperatura média e umidade registrados durante o período de condução do experimento de março a maio de 2023.



Fonte: Santos, G.P. (2023).

Os dados experimentais foram analisados no programa computacional SISVAR (Versão 5.6) e submetidos à análise de variância, com as médias agrupadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Ferreira, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

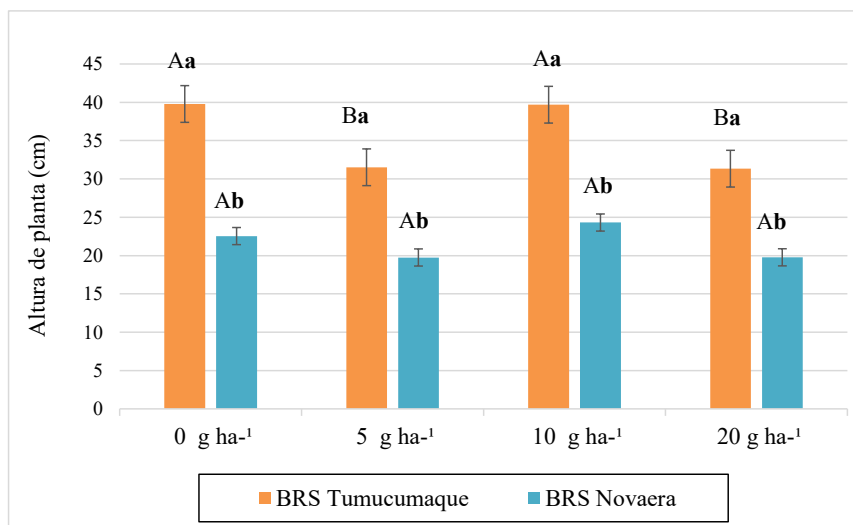
Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para as doses de Si nas variáveis altura de plantas (ALP) e produtividade de grãos (PG) pelo teste F, como observado no resumo da análise de variância (Tabela 3). No tocante à interação entre cultivares e doses de Si, os resultados demonstraram que não houve efeito significativo.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALP), massa seca da parte aérea (MSPA), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG) de cultivares de feijão-caupi em função da aplicação de Si via foliar. Uruçui, PI, 2023.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		ALP	MSPA	NVP	NGV	MCG	PG
Cultivares (C)	1	1.565,201 **	108,155 **	1,0017 ns	19,3908 **	231,931 **	93.328,20 ns
Doses de Si (DS)	3	96,421 **	0,620 ns	1,2029 ns	1,0398 ns	0,464 ns	194.841,05 **
C X DS	3	15,508 ns	0,173 ns	0,6304 ns	0,4416 ns	0,585 ns	11.113,68 ns
Resíduo	24	11,463	1,231	1,3708	0,595	0,70003	22.049,76
CV (%)		11,84	13,89	22,94	12,53	3,51	17,11
Média Geral		28, 59	7,99	5,103	6,15	23,815	868,058

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação (%); **: significativo a 1% pelo teste F; ns : não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Santos, (2023).

Figura 2 - Altura de plantas de cultivares de feijão-caupi avaliadas sob aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre os níveis de Si dentro da mesma cultivar; letras minúsculas mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo nível de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n = 4$).



Fonte: Santos, (2023).

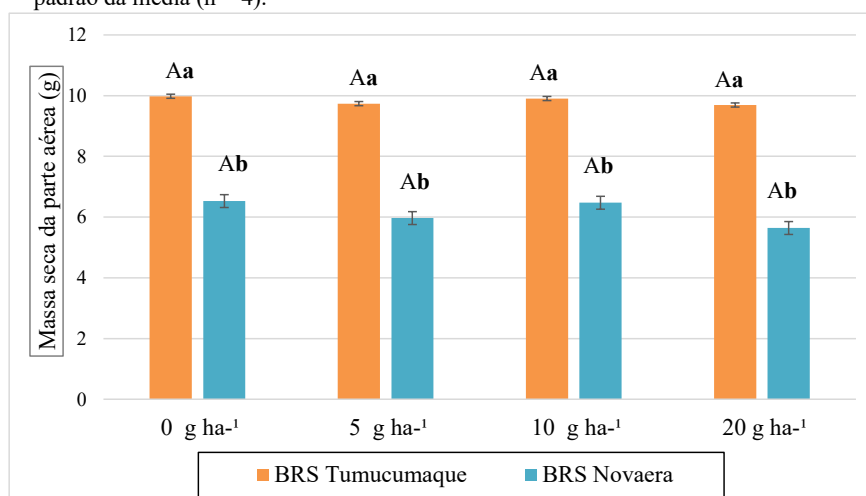
A cultivar BRS Tumucumaque apresentou ALP similar quando o Si foi aplicado na dose de 10 g ha⁻¹ comparado ao não fornecimento do elemento (Figura 2). Além disso, independentemente da suplementação ou não de Si, a cultivar obteve um melhor desempenho quando comparada a BRS Novaera, que não expressou diferenças significativas quanto a presença das doses desse elemento. É possível que as cultivares do estudo não tenham respondido a todas as doses de silício devido às condições favoráveis encontradas em campo para o desenvolvimento da cultura. Além disso, o feijão-caupi é uma planta de ciclo curto, podendo ter neutralizado a resposta do Si absorvido e acumulado durante o crescimento.

A altura é um parâmetro fundamental na avaliação do desempenho das culturas, pois fornece informações relevantes sobre o desenvolvimento das plantas, podendo ser influenciada por vários fatores, incluindo o efeito compensatório por meio dos componentes de rendimento da cultura (Nunes, 2016).

Silva (2018a) obteve um resultado positivo para altura de plantas conduzindo seu estudo em vasos, dispostos à campo, e com o feijão-caupi submetido a estresse hídrico. A

suplementação com Si promoveu a atenuação do déficit hídrico a partir do aumento do crescimento das plantas e desenvolvimento da cultura.

Figura 3 - Massa seca da parte aérea de cultivares de feijão-caupi avaliadas sob aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre os níveis de Si dentro da mesma cultivar; letras minúsculas mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo nível de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n = 4$).



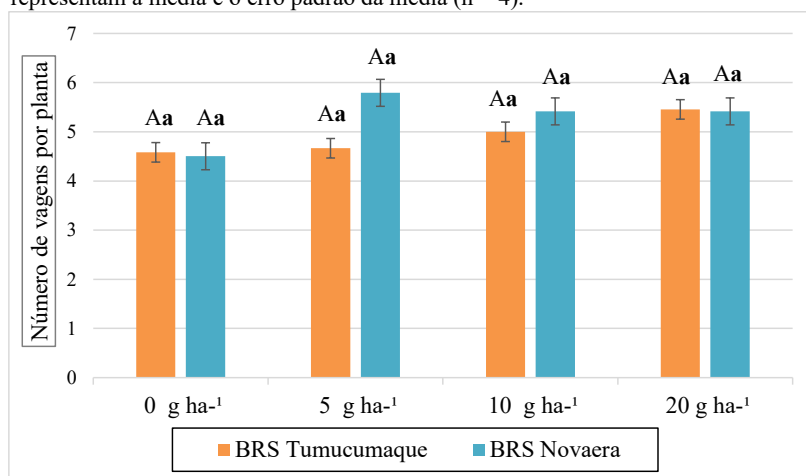
Fonte: Santos, (2023).

Na Figura 3, é possível observar que não houve diferença significativa entre a aplicação de doses crescentes de Si e a dose zero (testemunha) sobre a MSPA em nas cultivares BRS Tumucumaque e BRS Novaera na MSPA. Embora haja variações significativas das cultivares dentro da mesma dose, a resposta de ambas mantém uma uniformidade estatística em todos os tratamentos, sugerindo que esse resultado pode estar relacionado às características genotípicas específicas de cada uma delas e não ao efeito das aplicações de Si em relação a sua ausência.

Avaliando as cultivares de feijão-caupi BRS Rouxinol e Costela de Vaca sob dois regimes hídricos Araújo *et al.* (2023) observou que em condições controladas, a cultivar Costela de Vaca obteve resultados promissores para a massa seca da parte aérea quando houve a pulverização foliar de Si em comparação com quando o elemento não foi aplicado. Esse efeito positivo no desenvolvimento das plantas na presença de silício, pode ser atribuído à sua

contribuição no metabolismo celular, estimulando enzimas essenciais que promovem um aumento significativo na massa seca acumulada. (Ma e Yamaji, 2006).

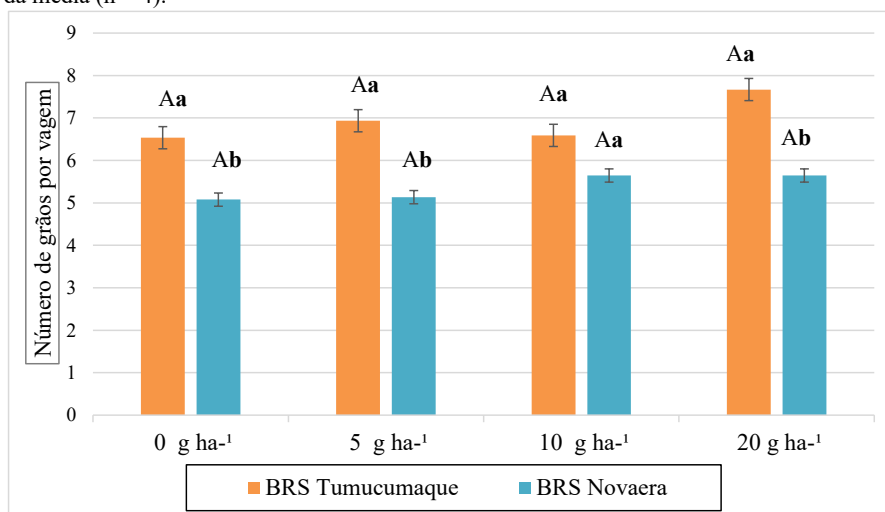
Figura 4 - Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi avaliadas sob aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre os níveis de Si dentro da mesma cultivar; letras minúsculas mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo nível de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n = 4$).



Fonte: Santos, (2023).

Segundo Zilio *et al.* (2011), o número de vagens é estabelecido com base na densidade populacional que a cultura se encontra, pela capacidade de cada planta em produzir flores e pelo sucesso na formação das vagens a partir dessas flores. Como apresentado na Figura 4, as doses de Si não influenciaram a variável NVP, assim como não houve uma diferença entre as cultivares.

Figura 5 - Número de grãos por vagens de cultivares de feijão-caupi avaliadas sob aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre os níveis de Si dentro da mesma cultivar; letras minúsculas mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo nível de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n = 4$).

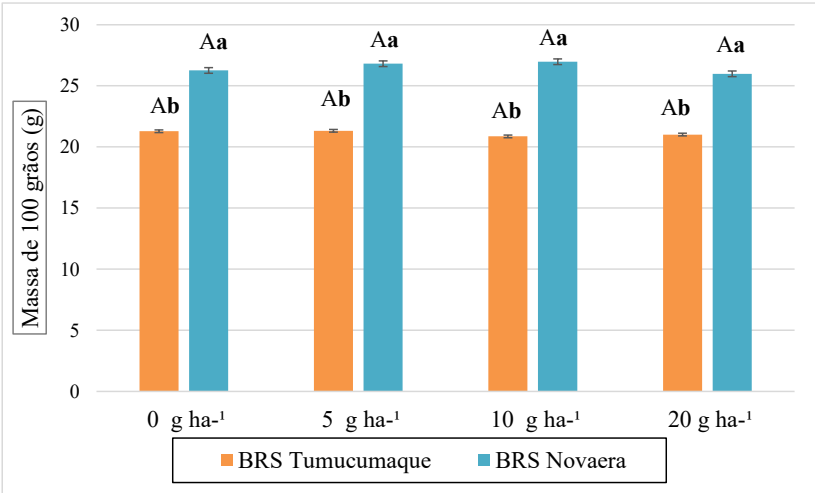


Fonte: Santos, (2023).

Para o caráter NGV (Figura 5), constatou-se que as doses de Si não exerceram um efeito significativo sob as cultivares. A cultivar BRS Tumucumaque no geral apresentou maior NGV, só não foi superior à BRS Novaera na dose de 10 g ha⁻¹. Essa característica pode estar correlacionada com fatores genéticos das cultivares trabalhadas, haja vista que os grãos da BRS Tumucumaque são menores que o da BRS Novaera possibilitando maior número de grãos por vagem.

Semelhante ao que Kappes *et al.* (2008) constatou ao trabalhar com feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) avaliando características morfo-agronômicas de 10 cultivares, ressaltando que a além das características determinadas geneticamente em cada cultivar, o ambiente e as atividades fitotécnicas desenvolvidas durante a instalação e condução da cultura podem influenciar a variável supracitada.

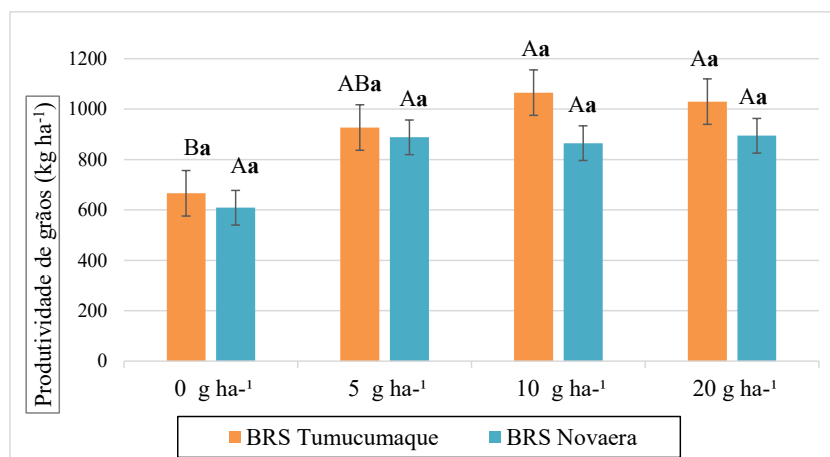
Figura 6 - Massa de 100 grãos de cultivares de feijão-caupi avaliadas sob aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre os níveis de Si dentro da mesma cultivar; letras minúsculas mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo nível de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n = 4$).



Fonte: Santos, (2023).

Na Figura 6, observa-se que as doses de Si não influenciaram a MCG. A BRS Novaera alcançou uma média superior de 26,9 g em comparação com os 21,3 g da BRS Tumucumaque, devido aos seus grãos terem um tamanho maior em relação ao desta última. No estudo conduzido por Sousa (2021), avaliando o desempenho agrônômico de 10 cultivares de feijão-caupi em Uruçuí - PI, incluindo as que estão sendo trabalhadas no presente ensaio, obteve resultados distintos. A cultivar BRS Novaera registrou uma massa de 100 grãos de 23,5 g enquanto a BRS Tumucumaque apresentou um valor de 22 g.

Figura 7 - Produtividade de grãos de cultivares de feijão-caupi avaliadas sob aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre os níveis de Si dentro da mesma cultivar; letras minúsculas mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo nível de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n = 4$).



Fonte: Santos, (2023).

No tocante a PG (Figura 7) houve um impacto direto das diferentes doses de Si na resposta da cultivar BRS Tumucumaque já a partir da menor dose (5 g ha⁻¹), com uma produtividade estimada de 926,945 Kg ha⁻¹, em contraste com a média de 666,032 Kg ha⁻¹ na ausência desse elemento, indicando um incremento de 39,17% na produtividade de grãos em relação ao não fornecimento de Si.

Este é um resultado notável quanto a aplicabilidade prática do estudo, sugerindo que os agricultores podem obter resultados satisfatórios aplicando uma quantidade menor do produto, resultando em uma redução nos custos associados à aplicação de silício na área total de cultivo. De acordo com Freitas *et al.* (2011) o Si pode ser aplicado em conjunto com fungicidas e inseticidas, o que resulta em economia quanto as aplicações, haja vista que o nutriente não necessitaria ser aplicado de forma isolado.

Embora a cultivar BRS Novaera tenha apresentado produtividade de grãos numericamente inferior a BRS Tumucumaque, bem como, não tenha apresentado alteração significativa em função da suplementação de Si, parece haver uma tendência desta cultivar responder progressivamente o aumento do nível de Si aplicado.

Resultados positivos para a produtividade do feijoeiro comum foram obtidos por Naiverth e Simonetti (2015), além do aumento significativo no número de vagens e grãos, e redução da área atacada por pragas, quando a cultura foi submetida a fertilização via foliar com Si, na dose de 0,5 L ha⁻¹ de silicato de potássio.

4 CONCLUSÃO

A suplementação com silício é uma estratégia promissora para melhorar o desempenho agrônomico do feijão-caupi na época de safrinha no Cerrado Piauiense, a depender da cultivar.

A produtividade de grãos foi potencializada em 39,17 % na cultivar BRS Tumucumaque quando suplementada com Si a partir de 5 g ha⁻¹.

As doses de Si não surtem incremento produtivo para cultivar BRS Novaera.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. D.; MELO, A.S., ROCHA, M. S. *et al.* A melhoria da tolerância do silício ao estresse hídrico é dependente da sensibilidade do genótipo e do estágio fenológico. **Jornal de Ciência do Solo e Nutrição de Plantas** 23:1648–1659 (2023). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01126-5>. Acesso em: 8 ago. 2024.

BASTOS, E. A. *et al.* Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, v.1, n.1, p.31-37, 2012.

CAMPOS, F. L., FREIRE FILHO, F. R., LOPES, A. D. A. RIBEIRO, V. Q., SILVA, R. D., ROCHA, M. D. M. (2000). Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, 5(2), 110- 116.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; LIMA, M. G. Ecofisiologia e manejo de plantio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 213-225.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro 2023.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **12º Levantamento Grãos Safra 2021/22** - Setembro 2022.

CAMARGO, M. S. **Efeito do silício na tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos**. 2016.

Código de campo alterado

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Sinauer, 1853.

FERREIRA, D. F. Sisvar: sistema computacional de análise estatística. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FREIRE FILHO, F. R. *et al.* **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios** /Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

FREITAS, Lucas Barbosa de *et al.* Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 58, p. 262-267, 2011.

KAPPES, Claudinei *et al.* Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. *In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO*. 2008. p. 506-509.

KOEPPEN, W.; HENDRICHS PÉREZ, P. R. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**, 1948. Disponível em: <https://fdocumentos.com/document/koeppen1948-climatologia-con-un-estudio-de-los-climas-de-la-tierra.html>. Acesso em: 29 ago. 2023.

LEITE, W. S.; MIRANDA, R. S.; ROCHA, M. M.; DUTRA, A. F., SANTOS, A. S., SILVA, A. C., ... & ALCÂNTARA NETO, F. Silicon alleviates drought damage by increasing antioxidant and photosynthetic performance in cowpea. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 209, n. 6, p. 772-787, 2023.

MA, J. F.; N. YAMAJI. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science** 11 (8):392–7. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.007>.

NUNES, R. T. C. **Qualidade fisiológica e produção de sementes de feijão-caupi submetidas a doses de molibdênio e população de plantas**. Dissertação de Mestrado em fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia) Vitória da Conquista-BA, 2016.

ROCHA, M. M. DAMASCENO-SILVA, K. J.; MENEZES-JÚNIOR, J. A. N. Cultivares. *In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. Feijão-caupi: do plantio a colheita*. Viçosa, MG: UFV, 2017. 267 p.

SILVA, A. C. *et al.* Diagnóstico da produção de feijão-caupi no nordeste brasileiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 2, 2018 (a).

SILVA, D. C. **Aplicação foliar de silício na atenuação de danos de deficiência hídrica em cultivares de feijão-caupi**. 2018 (b).

SILVA, D.C. D.; MELO, A.S.; MELO, Y. L.; ANDRADE, W. L. D.; LIMA, L. M. D.; SANTOS, A. R. Aplicação foliar de silício atenua os efeitos da supressão hídrica em cultivares de feijão-caupi. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, 023019, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-70542 01943023019>. Acesso em: 8 ago. 2025.

SIMONETTI, A. P. M. M.; NAIVERTH, L. E. Incidência de pragas e produtividade da cultura do feijão submetida a adubação foliar com silício. **Revista Thêma et Scientia**, v. 5, n. 1, 2015.

SOUSA, A. V. A. R. de. Desempenho agrônomo de cultivares de feijão-caupi de porte ereto e prostrado no cerrado piauiense. 2021.

SOUZA, R. P. *et al.* Trocas gasosas fotossintéticas, fluorescência da clorofila e algumas alterações metabólicas associadas no feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) durante estresse hídrico e recuperação. **Botânica ambiental e experimental**, v. 51, n. 1, pág. 45-56, 2004.

VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. **Feijão-caupi**: do plantio a colheita. Viçosa, MG: UFV, p. 267, 2017.

ZHANG, Wenjin *et al.* Beneficial effects of silicon on abiotic stress tolerance in legumes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 15, p. 2224-2236, 2017.

ZILIO, Marcio *et al.* Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 429-438, 2011.