



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ**  
**CAMPUS URUÇUÍ**  
**CURSO ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

**FABIANO DE OLIVEIRA SILVA**

**COINOCULAÇÃO COM *BRADYRHIZOBIUM ELKANII* E *AZOSPIRILLUM*  
*BRASILENSE* ASSOCIADA À APLICAÇÃO DE SILÍCIO EM CULTIVARES DE  
FEIJÃO-CAUPI**

**URUÇUÍ**

**2023**

FABIANO DE OLIVEIRA SILVA

COINOCULAÇÃO COM *BRADYRHIZOBIUM ELKANI* E *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*  
ASSOCIADA À APLICAÇÃO DE SILÍCIO EM CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)  
apresentado como exigência parcial para obtenção  
do diploma do Curso de Engenharia agrônômica do  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
do Piauí, Campus Uruçuí.

Orientador: Prof. Dr. Wallace de Sousa Leite

URUÇUÍ

2023

# COINOCULAÇÃO COM *BRADYRHIZOBIUM ELKANI* E *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* ASSOCIADA À APLICAÇÃO DE SILÍCIO EM CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI

Fabiano de Oliveira Silva<sup>1</sup>

Wallace de Sousa Leite<sup>2</sup>

## RESUMO

Plantas cultivadas sob condições de sequeiro e no período de safrinha estão sujeitas a diversos distúrbios morfológicos e fisiológicos. Utilizar práticas que possibilitem o melhor aproveitamento e eficiência de uso da água aliada a maior absorção de nutrientes, como o nitrogênio, são essenciais. O uso de bactérias diazotróficas associadas à aplicação de silício pode atenuar os efeitos deletérios que prejudicam o bom desempenho produtivo do feijão-caupi. Diante disso, o estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da coinoculação com as bactérias *Bradyrhizobium elkani* e *Azospirillum brasilense* combinada com a aplicação de Si no desempenho produtivo de cultivares de feijão-caupi. O estudo foi conduzido na Fazenda Escola do IFPI- campus Uruçuí, no delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas 2 x 4, as parcelas correspondendo as cultivares de feijão-caupi (BRS Novaera e BRS Tumucumaque) recebendo inoculação padrão de *Bradyrhizobium elkanii* e as sub-parcelas constituídas por quatro tratamentos: testemunha, silício, *Azospirillum brasilense* e silício + *Azospirillum brasilense*. Foram avaliados os seguintes caracteres: altura da planta, diâmetro do caule, massa fresca das raízes, massa seca das raízes, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos. A coinoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* aumentou o desempenho da massa fresca das raízes e produtividade de grãos na cultivar BRS Novaera. O uso de *Azospirillum brasilense* isoladamente se mostrou a estratégia mais eficiente no aumento da produtividade de grãos da cultivar em relação ao tratamento controle.

**Palavras-chave:** bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP); elemento benéfico; fixação biológica de nitrogênio; produtividade de grãos; *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

## ABSTRACT

Plants grown under rainfed conditions and in the off-season are subject to several morphological and physiological disorders. Therefore, practices that enable better use and efficiency of water use combined with greater absorption of nutrients, such as nitrogen, are essential. Thus, the use of diazotrophic bacteria associated with the application of silicon can mitigate the harmful effects that harm the good productive performance of cowpea. Therefore, the study aimed to evaluate the effects of coinoculation with the bacteria *Bradyrhizobium elkani* and *Azospirillum brasilense* combined with the application of Si on the productive performance of cowpea cultivars. The study was conducted at the IFPI School Farm - Uruçuí campus, in an experimental design in randomized blocks with four replications, in a 2 x 4 split plot scheme, the plots corresponding to cowpea cultivars (BRS Novaera and BRS Tumucumaque) receiving inoculation pattern of *Bradyrhizobium elkanii* and the sub-plots consisting of four treatments: control, silicon, *Azospirillum brasilense* and silicon + *Azospirillum brasilense*. The following traits were evaluated: plant height, stem diameter, root fresh mass, root dry mass, number of

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrônoma. Instituto Federal do Piauí - campus Uruçuí. E-mail: fabianoagrosilva@yahoo.com.

<sup>2</sup> Doutor em Agronomia - produção vegetal, professor e coordenador de pesquisa e inovação, Instituto Federal do Piauí - campus Uruçuí. E-mail: wallace.leite@ifpi.edu.br

pods per plant, number of grains per pod, thousand-grain weight and grain productivity. Coinoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* increased the performance of fresh root mass and grain yield in the BRS Novaera cultivar. The use of *Azospirillum brasilense* alone proved to be the most efficient strategy in increasing the cultivar's grain productivity in relation to the control treatment.

**Keywords:** plant growth promoting bacteria (PGPB); beneficial element; biological nitrogen fixation; grain productivity; *Vigna unguiculata* (L.) Walp

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (data de apresentação do TCC)

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), é similarmente conhecido em várias regiões do país como feijão verde, feijão-de-corda, feijão-fradinho, feijão miúdo ou ainda feijão macassar (Chemim, 2022). É uma leguminosa de elevada importância social e econômica devido ao seu alto valor nutricional, sendo um importante componente da dieta alimentar dos brasileiros, especialmente, nas regiões Norte e Nordeste, sobretudo pela população da zona rural (Oliveira., *et al* 2021).

No contexto socioeconômico, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) ganha ênfase como uma cultura praticada por pequenos produtores (agricultores familiares), no qual ela possui um papel de fixador de mão de obra no campo, gerando emprego e renda para famílias do meio rural (Sampaio, 2009). Dentro disso, o cultivo do feijão-caupi vem se fortalecendo na região dos cerrados Norte, Nordeste e Centro-Oeste, sendo considerado como uma importante cultura de grãos, onde é incorporado aos sistemas produtivos, onde é cultivado em condições de sequeiro logo após a safra principal, normalmente utilizado após culturas como a soja, ou ainda como cultura principal em algumas regiões (Filho *et al.*, 2011).

A produção brasileira de feijão-caupi no ano agrícola 2022/2023 contabilizando primeira safra, também conhecida como safra das águas, que ocorre durante o período chuvoso, segunda safra, igualmente chamada de safra da seca, que ocorre durante o período sem chuvas e terceira safra, conhecida como safra de inverno, que ocorre no final do período seco e início do período chuvoso, foi de aproximadamente 561,2 mil toneladas de grãos, com uma produtividade média de 466 kg ha<sup>-1</sup>, em uma área plantada de 1.204,8 mil ha<sup>-1</sup>. No Estado do Piauí, a produção de feijão caupi total (1ª, 2ª e 3ª safra) do ano agrícola 2022/2023 foi de 76,4 mil toneladas de grãos, com uma produtividade média de 395 kg ha<sup>-1</sup> em uma área cultivada de 193,3 mil ha<sup>-1</sup> (Conab, 2023).

Ainda que as cultivares de feijão-caupi venham passando por modificações genéticas e tecnológicas para alcançar maiores produtividades (Dutra *et al.* 2012), as baixas médias de produtividades do feijão caupi na região Nordeste e no Brasil de modo geral, não refletem o real potencial produtivo da cultura, visto que essa apresenta potencial produtivo para atingir mais de 6.000 kg ha<sup>-1</sup>. (Alves *et al.*, 2009).

As baixas produtividades da cultura do feijoeiro no Brasil podem ser atribuídas a diversos fatores, como ao uso de sementes com baixa qualidade genética, instalação das lavouras em solos de baixa fertilidade e ainda a ocorrência irregular das chuvas nas regiões produtoras, especialmente na região Nordeste do País (Nascimento *et al.*, 2011).

O adequado suprimento nutricional para as culturas agrícolas são requisitos básicos para que elas expressem seu máximo potencial produtivo, considerando uma condição adequada de sanidade desta (Gonçalves; Catoia; Neto, 2019). No feijão-caupi, um dos nutrientes mais exigidos é o nitrogênio (N) (Xavier *et al.*, 2008). Segundo Zavaschi (2020), para a produção de 1 tonelada de grãos, a cultura extrai do solo cerca de 45-50 kg de nitrogênio, quando inoculado, o feijão pode produzir até 2000 kg ha<sup>-1</sup> de N contribuindo para uma maior produção e redução dos custos produtivos, especialmente, com adubação nitrogenada (Kyei-Boahen *et al.*, 2017).

Um fator que potencialmente pode aumentar o desempenho produtivo do feijão-caupi é a inoculação com *Bradyrhizobium* spp associada à coinoculação com bactérias promotoras de crescimento como as do gênero *Azospirillum* spp, especialmente, *A. brasilense*. Nesse sentido, o uso combinado destas duas bactérias pode ter potencial para promover efeitos benéficos a cultura, através da fixação biológica de nitrogênio bem como estímulo ao maior enraizamento da cultura. Associado ao processo de coinoculação, outro fator que tem potencial para contribuir de forma benéfica para a cultura é a aplicação de silício (Si). Mesmo não sendo considerado um nutriente para as culturas por não atender todos os critérios de essencialidade (Giongo e Bohnen, 2011).

Os benefícios do Si, já têm sido evidenciados, principalmente às culturas consideradas acumuladoras do elemento, como sorgo e milho (Crusciol *et al.*, 2013). De forma análoga, em plantas dicotiledôneas, consideradas não acumuladoras de Si como o feijão-caupi, também se tem observado efeitos benéficos resultantes da aplicação do Si (Mali; Aery, 2008). Leite *et al* (2023) verificaram que esse elemento apresenta efeitos benéficos no feijão-caupi, melhorando a performance fotossintética e aumentando a atividade de antioxidância das plantas, o que demonstra sua ação como mitigador dos efeitos deletérios da restrição. Também, o Si possibilita a indução da resistência a pragas e doenças, redução do efeito tóxico de elementos como

Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), Manganês (Mn), Ferro (Fe) e Sódio (Na) além de influir positivamente na absorção de outros nutrientes como o fósforo (P) (Araújo, 2017; Lana *et al.*, 2006).

Diante disso, o estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da coinoculação com as bactérias *Bradyrhizobium elkani* e *A. brasilense* combinada com a aplicação de Si no desempenho produtivo de cultivares de feijão-caupi.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condição de sequeiro na área experimental da Fazenda Escola do Instituto Federal do Piauí, Campus Uruçuí, localizado na região sul do Piauí, situado nas coordenadas 7°16'32,7"S, 44°30'21,2"O, a 378 metros acima do nível do mar. O clima da região é classificado como Aw, a temperatura média 26,8 °C e a pluviosidade média anual de 999 mm (Climate-data, 2023).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso (DBC) em esquema de parcelas subdivididas com esquema fatorial 2 x 4 com quatro repetições. As parcelas foram compostas por duas cultivares (BRS Novaera e BRS Tumucumaque) com inoculação padrão para ambas as parcelas com *Bradyrhizobium elkanii*, enquanto as sub-parcela foram constituídas de 4 tratamentos: Sem silício e *Azospirillum* (testemunha), com silício, com *Azospirillum brasilense* (Cepas Ab - 5 e Ab - V6) e com silício + *Azospirillum brasilense* (Cepas Ab - 5 e Ab - V6)

Cada sub-parcela foi composta por 4 linhas com espaçamento 0,5 metros e 5 metros de comprimento, as duas linhas externas constituíram a bordadura e como área útil para avaliações as duas linhas centrais de cada sub-parcela desprezando ainda 0,5 m em cada extremidade das linhas. Na tabela 1, são apresentadas algumas características agronômicas das cultivares utilizadas no experimento.

**Tabela 1** - Características agronômicas das cultivares de feijão caupi utilizadas no experimento

| Cultivares      | Tipo de grãos | Porte da Planta | Ciclo de maturação (dias) | PCG (g) <sup>(1)</sup> |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| BRS Tumucumaque | Branco-liso   | Semiereto       | 70                        | 18                     |
| BRS Novaera     | Branco-rugoso | Semiereto       | 70                        | 20                     |

**Fonte:** Adaptado de Rocha, Damasceno-Silva e Menezes-Júnior (2017) <sup>(1)</sup> PCG (g): Peso de 100 grãos.

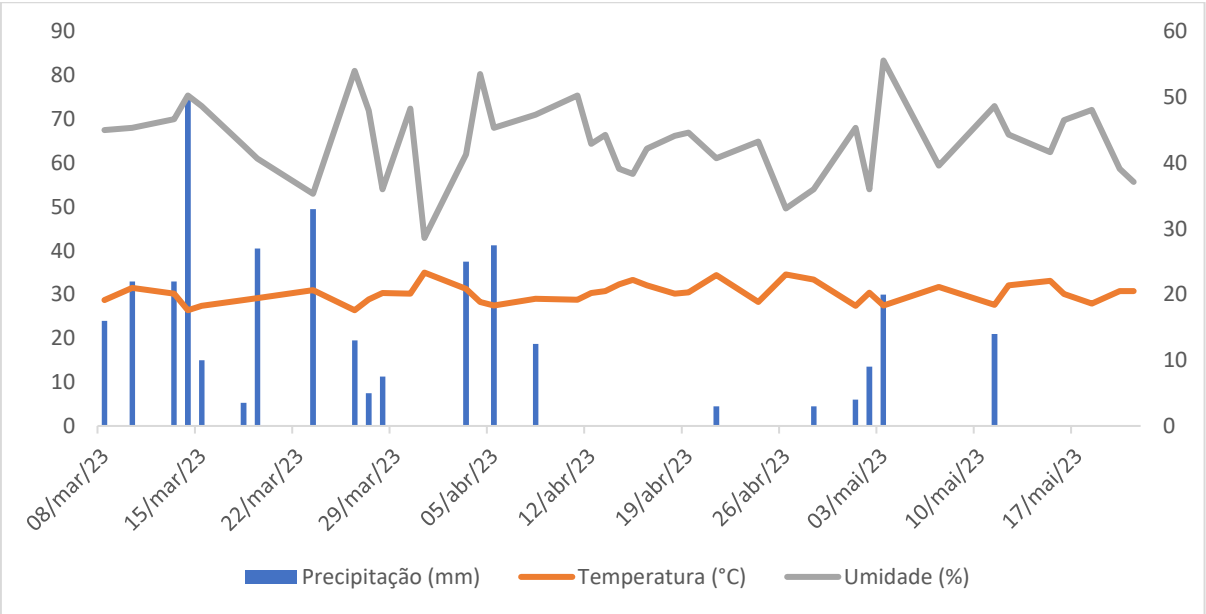
O solo da área experimental foi classificado conforme metodologia da Embrapa (2013), como Latossolo Amarelo Distrófico, determinada na camada de 0 a 20 m cujas características químicas são apresentadas na (Tabela 2).

**Tabela 2** - Resultado da análise química do solo da área experimental.

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

\* (Extrator Mehlich 1)

Os dados edafoclimáticos registrados no período da condução do experimento estão apresentados 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: Silva, (2023).

O preparo do solo na área experimental foi realizado de maneira convencional aplicando-se 1,5 ton de calcário dolomítico (CaCO<sub>3</sub>) visando a correção da acidez do solo e incorporado com grade aradora 4 meses antes da instalação do experimento, no pré-plantio foi usado o formulado 5-30-15 diretamente na linha de semeadura na dose de 230 kg ha<sup>-1</sup>. A semeadura foi realizada de forma manual no dia 09/03/2023 com espaçamento de entre fileiras de 0,5 m e 15 sementes por metro linear, após a emergência foi realizado o desbaste para estabelecer uma densidade de 10 plantas por metro linear correspondendo a uma população de 200 mil plantas por hectare.

O tratamento das sementes utilizadas foi utilizado a dose de 3ml para cada kg de sementes dos seguintes produtos, fungicida/nematicida CERTEZA®N dos grupos químicos Benzimidazol precursor de (Tiofanato-Metílico) e Fenilpiridinilamina (Fluazinam) recomendado para a cultura do feijão para controle de Antracnose (*Colletotrichum*

*lindemuthianum*); Tombamento (*Aspergillus spp.*); Fungo-de-armazenamento (*Penicillium spp.*); Podridão-dos-grãos-armazenados (*Aspergillus flavus*); Podridão-de-fusarium (*Fusarium oxysporum*) e Tombamento (*Rhizoctonia solani*) .

O inseticida Terra Forte® do grupo químico Pirazol recomendado para a cultura do feijão para controle de Vaquinha-verde-amarela (*Diabrotica speciosa*) e Tamanduá-da-soja (*Sternechus subsignatus*) e o complexo de micronutriente CMZ infinity fonte de Cobre (Cu); Molibidênio (Mo) e Zinco (Zn).

O processo de tratamento foi realizado de forma manual, adicionando os produtos em um saco plástico contendo as sementes e homogeneizando até o completo contato delas com o produto. De forma semelhante foi feita a inoculação e coinoculação das sementes, na dose de 60 ml para 50 kg de sementes de para a *Bradyrhizobium elkanii* por meio do produto comercial Biomax e na dose de 100 ml para 25 kg para *A. brasilense* por meio do produto comercial GRAP NOD A L.

O silício usado nos tratamentos, teve como fonte o silicato de potássio (12% de Si) por meio do produto comercial Sifol, com dose padronizada em 3 milimolar (mM), aplicadas aos 20- 45- 60 dias após a emergência (DAE) na dose de 5 ml para 10 litros de água. A adubação de cobertura foi realizada 25 DAE com 45 kg/ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (KCL).

A suplementação de micronutrientes com objetivo de suprir a demanda nutricional da cultura por esses nutrientes foi realizado via foliar com zinco, molibidênio, manganês e cobre utilizando o produto comercial broadacre na dose de 0,5 kg/ha<sup>-1</sup> aos 25 DAE, e cálcio e Boro, utilizando o produto comercial MS-florada na dose de 70g para 15 litros de calda aos 40 DAE. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual aos 15 DAE.

Com relação ao controle de pragas e doenças, foi realizada aplicação aos 25 DAE do inseticida bold, dos grupos químicos Neonicotinoide (Acetamiprido) e Piretroide (Fenpropatrina), na dose 500 ml/ha<sup>-1</sup> (p.c.), indicado ao feijão caupi para controle Mosca-branca (*Bemisia tabaci*), Percevejo marrom (*Euschistus heros*) e Vaquinha-verde amarela (*Diabrotica speciosa*).

As avaliações de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca das raízes (MFR), massa seca das raízes (MSR), foram realizadas aos 45 DAE. A determinação da AP foi realizada através da medição da distância entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal do ramo principal. O DC foi determinado de 3-5 cm acima do colo, utilizando-se de um paquímetro digital para realização da medição.

Já as medidas de MFR e MSR foram avaliadas por meio da retirada das raízes mediante arranquio de 4 plantas das linhas da extremidade de cada sub-parcela, as raízes foram separadas

da parte aérea na base do caule e sua massa pesada, após isso foram levadas à estufa de ventilação forçada a 65 °C, por 72 horas e a MFR, MSR aferida por meio da balança analítica (0,001 g).

Por sua vez, as avaliações de número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e peso de mil grãos PMG (g) foram realizadas aos 70 DAE. A avaliação do NVP se deu por meio da contagem das vagens de 6 plantas de cada sub-parcela e feita a média aritmética. O NGV foi determinado por meio da contagem dos grãos de todas as vagens e dividido pelo total destas para se obter a média. A produtividade foi obtida mediante o arranquio de todas as plantas das duas linhas centrais de cada sub-parcela, desprezando-se 0,5 metros em cada extremidade, totalizando uma linha de 4 metros cada, feita a trilha dos grãos em trilhadora mecânica e os valores de produção encontrados transformada para kg ha<sup>-1</sup>. Já o PMG (g) foi obtido mediante a pesagem de 4 amostras de 1000 sementes e feita a média dos valores encontrados.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para o processamento das análises estatísticas foi utilizado o software computacional SISVAR (Ferreira, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre cultivares para todas as características, exceto para número de vagens por planta (NVP). Quanto aos tratamentos combinados, houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) apenas para as variáveis massa fresca das raízes (MFR), massa seca das raízes (MSR) e peso de mil grãos (PMG). Já a interação cultivares x tratamentos, teve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) apenas para as variáveis diâmetro do caule (DC) e massa fresca das raízes (MFR) (Tabela 3).

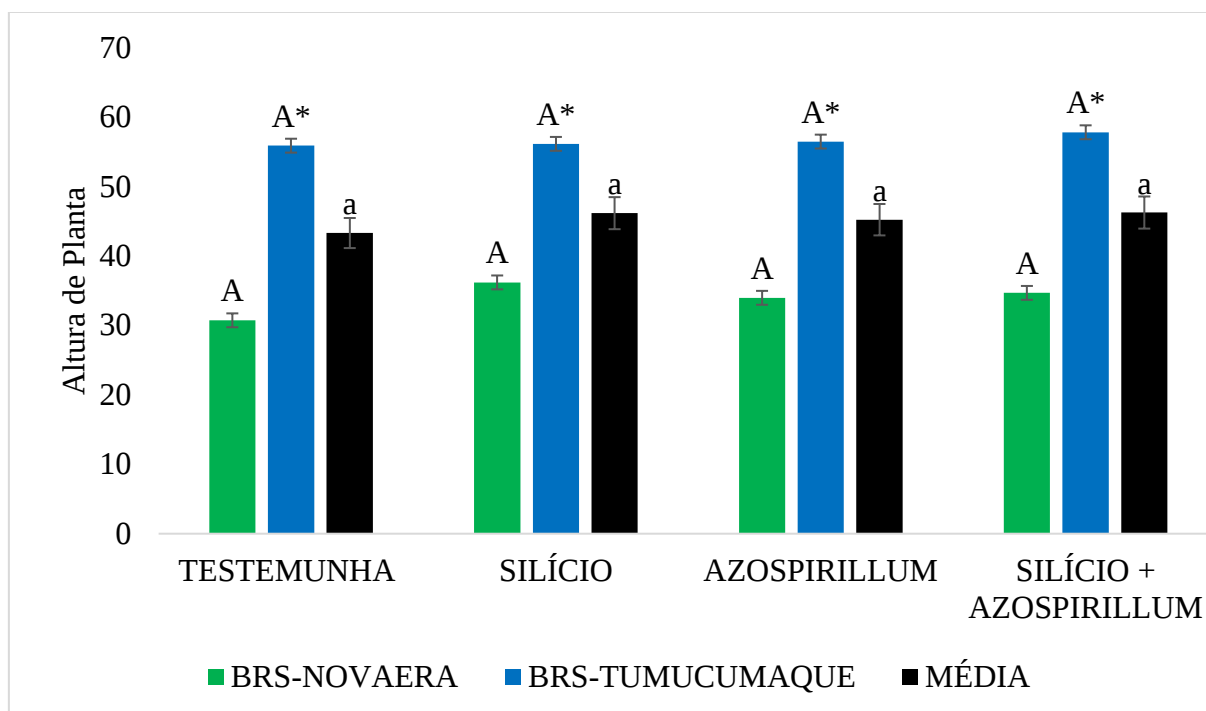
**Tabela 3** - Resumos das análises de variâncias para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca das raízes (MFR), massa seca das raízes (MSR), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), produtividade de grãos (PROD) e peso de mil grãos (PMG) das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Tumucumaque em resposta à coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium elkani* e *Azospirillum brasilense* e à aplicação de silício via foliar.

| FV        | GL | Quadrado Médio        |                    |                    |                    |                    |                     |                         |                       |
|-----------|----|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|
|           |    | AP                    | DC                 | MFR                | MSR                | NVP                | NGV                 | PROD                    | PMG                   |
| TRAT. (T) | 3  | 14,98 <sup>NS</sup>   | 0,35 <sup>NS</sup> | 3,24 <sup>**</sup> | 0,13 <sup>**</sup> | 3,15 <sup>NS</sup> | 0,36 <sup>NS</sup>  | 109021,29 <sup>NS</sup> | 90,27 <sup>*</sup>    |
| CULT. (C) | 1  | 4116,19 <sup>**</sup> | 1,75 <sup>*</sup>  | 3,57 <sup>**</sup> | 0,67 <sup>**</sup> | 3,43 <sup>NS</sup> | 65,72 <sup>**</sup> | 522719,89 <sup>**</sup> | 8414,61 <sup>**</sup> |
| T*C       | 3  | 9,162 <sup>NS</sup>   | 1,37 <sup>**</sup> | 1,81 <sup>*</sup>  | 0,01 <sup>NS</sup> | 0,21 <sup>NS</sup> | 0,3 <sup>NS</sup>   | 89944,9 <sup>NS</sup>   | 13,28 <sup>NS</sup>   |
| ERRO      | 24 | 55,61                 | 0,28               | 0,38               | 0,02               | 1,27               | 0,47                | 52421,89                | 19,9                  |
| CV (%)    |    | 16,49                 | 9,23               | 18,86              | 17,3               | 16,05              | 10,02               | 16,51                   | 2,05                  |

|             |       |      |     |      |      |     |         |         |
|-------------|-------|------|-----|------|------|-----|---------|---------|
| Média Geral | 45,23 | 5,81 | 3,3 | 0,96 | 7,02 | 6,9 | 1387,11 | 2017,78 |
|-------------|-------|------|-----|------|------|-----|---------|---------|

FV: Fonte de Variação; NS: Não significativo; CV: Coeficiente de Variação (%); \* significativo a 1%; \*\* significativo a 5%, pelo teste Tukey.

Para a variável altura de plantas (AP), os tratamentos não foram significativos quando comparados dentro da mesma cultivar como observado (Figura 2). A ausência de resposta do feijão ao silício, como verificado no presente experimento para a variável analisada, corrobora com o observado por Lima *et al* (2011), para o tratamento com silício, onde o autor constatou que a aplicação desse nutriente em feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*) não apresentou respostas quanto ao crescimento da planta e rendimentos de grãos.



**Figura 2** - Altura de plantas das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Tumucumaque em resposta à coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium elkanii* e *Azospirillum brasilense* e à aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre tratamentos dentro da mesma cultivar; (\*) mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo tratamento; letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos através da resposta média das duas cultivares, por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As barras representam a média e o erro padrão da média ( $n = 4$ ).

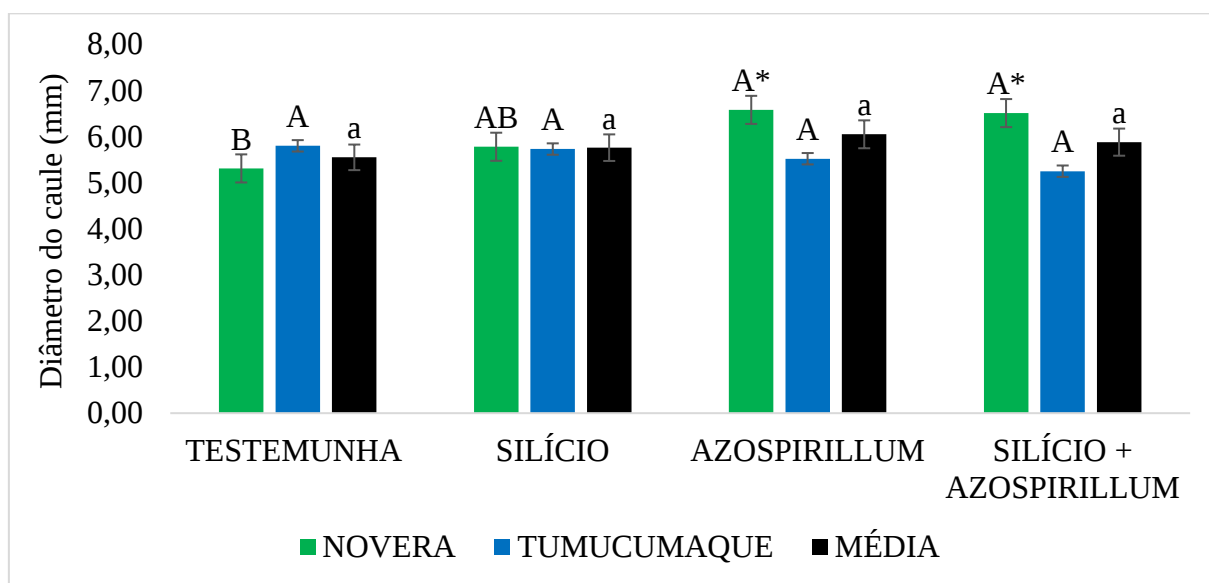
Fonte: Silva, (2023).

No que diz respeito à influência do silício na altura de planta, como abordado por Leite *et al.* (2023) em seu estudo com a cultura do feijão-caupi intitulado "Silicon alleviates drought damage by increasing antioxidant and photosynthetic performance in cowpea", onde os autores avaliaram a ação do silício na mitigação dos estresses causados pela seca nas mesmas cultivares trabalhadas neste experimento, o Si também não resultou em um aumento significativo na altura das plantas.

Quando comparado as cultivares dentro de cada nível de tratamento, a cultivar BRS-Tumucumaque sempre foi superior a cultivar BRS-Novaera, demonstrando ser uma característica genética do material, não sofrendo efeito significativo dos tratamentos. Essa análise de altura de plantas é importante pois serve como um indicativo do desenvolvimento da cultura, de acordo com suas características morfológicas (Araújo, 2019).

Os tratamentos que envolveram a aplicação de *Azospirillum* em conjunto com silício, assim como aquele composto apenas por *Azospirillum*, não apresentaram respostas estatisticamente significativas em relação ao parâmetro de altura das plantas. Em outras leguminosas, como na cultura da soja (*Glycine max*), também já foi observado a falta de efeito significativo da *Azospirillum* na altura das plantas (Flauzino; Ribeiro; Ceccon, 2018).

No que se refere ao diâmetro do caule, ao comparar os tratamentos dentro de cada nível de cultivares, observou-se uma resposta significativa da cultivar BRS-Novaera à inoculação de *Azospirillum* e à combinação de silício e *Azospirillum* (Figura 3). Essa cultivar apresentou um diâmetro de caule maior em comparação com o tratamento suplementado apenas com silício e com o tratamento controle, conforme ilustrado na figura abaixo.



**Figura 3** - Diâmetro do caule das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Tumucumaque em resposta à coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium elkanii* e *Azospirillum brasilense* e à aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre tratamentos dentro da mesma cultivar; (\*) mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo tratamento; letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos através da resposta média das duas cultivares, por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As barras representam a média e o erro padrão da média ( $n = 4$ ).

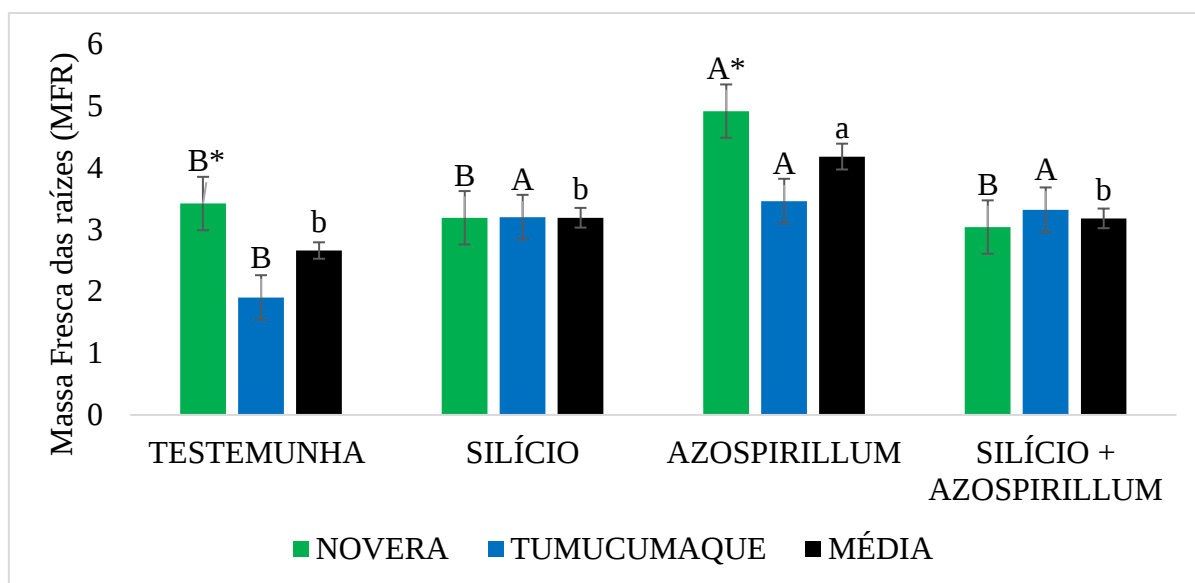
Fonte: Silva, (2023).

Em contrapartida, ao comparar os tratamentos dentro de cada nível de cultivares, a cultivar BRS-Tumucumaque não apresentou resposta estatisticamente significativa. Este resultado se assemelha com o observado por Schossler *et al.* (2016) em um estudo envolvendo a cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) com *Hizobium tropici* e *A. brasilense*, no qual a avaliação do diâmetro do colmo também não revelou respostas significativas.

No tocante a interação tratamento x cultivar, houve diferença significativa entre os dois materiais para os tratamentos *azospirillum* (co-inoculados) e silício + *azospirillum* (co-inoculados + aplicação de silício), sendo novamente observado que a cultivar BRS-Novaera foi superior a cultivar BRS-Tumucumaque, demonstrando uma melhor resposta da cultivar ao parâmetro diâmetro do caule quando inoculado com *Azospirillum brasiliense*.

Por outro lado, não houve resposta significativa para ambas as cultivares quando submetidas apenas a aplicação de silício em relação ao tratamento controle, o que pode ser explicado pelo fato de o silício não ser um elemento essencial para o desenvolvimento e crescimento das plantas, agindo principalmente em condições de estresses bióticos e abióticos, o que não foi observado durante a condução do experimento (Santos *et al.*, 2021).

Para a variável massa fresca das raízes, constata-se efeito significativo dos tratamentos dentro de cada nível de cultivares para as duas cultivares (Figura 4). Para a cultivar BRS-Novaera, o tratamento apenas com *azospirillum* foi superior estatisticamente aos demais, sugerindo que a cultivar BRS-Novaera possui uma melhor resposta a co-inoculação. Souza e Casto (2022) também constataram o efeito significativo da *Azospirillum brasiliense* na massa fresca das raízes em estudos realizados na cultura da soja (*Glycine max*).



**Figura 4** - Massa fresca das raízes das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Tumucumaque em resposta à coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium elkani* e *Azospirillum brasilense* e à aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre tratamentos dentro da mesma cultivar; (\*) mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo tratamento; letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos através da resposta média das duas cultivares, por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As barras representam a média e o erro padrão da média ( $n = 4$ ).

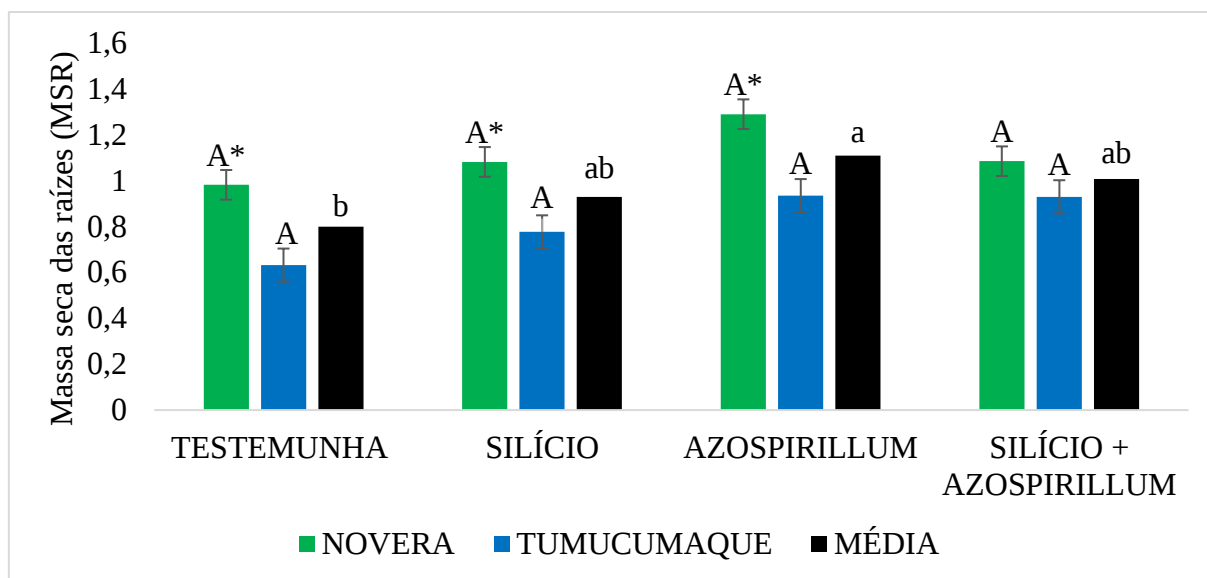
Fonte: Silva, F.O. (2023).

Com base nos resultados obtidos para a cultivar BRS-Tumucumaque, constatou-se um aumento na massa fresca de raízes quando submetida aos tratamentos com silício, *Azospirillum* e silício + *Azospirillum*, em comparação com o tratamento controle. Esses achados sugerem que a aplicação de silício e/ou *Azospirillum* pode ser vantajosa para o crescimento da cultivar BRS-Tumucumaque, indicando que a utilização desses tratamentos pode representar uma estratégia promissora para aprimorar o desempenho dessa cultivar.

No que se refere à interação entre cultivares e tratamentos, não foi observada uma interação significativa para os tratamentos com (silício) e (silício + *Azospirillum*) em ambas as cultivares. Contudo, para o tratamento exclusivo com *Azospirillum*, foi identificada uma interação significativa, na qual a cultivar BRS-Novaera demonstrou superioridade sobre a cultivar BRS-Tumucumaque. No entanto, é importante notar que essa interação também foi observada no tratamento controle, sugerindo que essa diferença pode não ser uma expressão do tratamento, mas possivelmente uma característica genética intrínseca a cultivar.

Para a massa seca das raízes, não se observou uma resposta significativa quando os tratamentos foram aplicados de forma isolada em cada cultivar, ou seja, dentro de cada nível de cultivar (Figura 5). Em um estudo de inoculação de sementes de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) com *A. brasilense*, conduzido por Gitti *et al.* (2012), também não foram verificados efeitos significativos da bactéria na massa seca da planta.

Por outro lado, observou-se uma resposta significativa ao comparar as cultivares dentro de cada nível de tratamento. Entretanto, essa diferença também foi evidenciada no grupo de controle, sugerindo que tal variação pode ser atribuída a uma característica genética inerente à cultivar, e não a um efeito dos tratamentos. Para a interação, tratamentos x cultivares não foi observado resposta significativa.

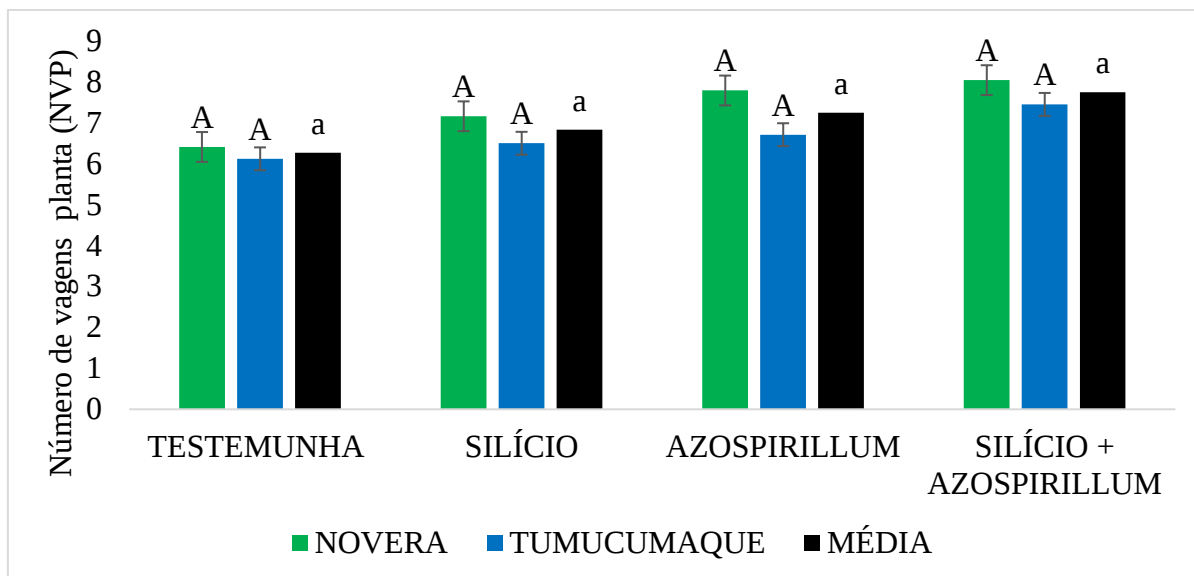


**Figura 5** - Massa seca das raízes das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Tumucumaque em resposta à coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium elkani* e *Azospirillum brasilense* e à aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre tratamentos dentro da mesma cultivar; (\*) mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo tratamento; letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos através da resposta média das duas cultivares, por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As barras representam a média e o erro padrão da média ( $n = 4$ ).

Fonte: Silva, F.O. (2023).

Ao analisar as médias dos tratamentos aplicados às cultivares de feijão-caupi, observa-se que a maior média foi registrada no tratamento que inclui apenas *Azospirillum*, indicando um comportamento positivo da cultura em relação à massa seca das raízes quando co-inoculado. Nascimento *et al.* (2023) também relatam uma resposta positiva do feijão-caupi à co-inoculação com *A. brasilense* e *Bradyrhizobium spp.*

Acerca dos componentes de produtividade, para o número de vagens por planta não foram observadas respostas significativas quando aplicados isoladamente os tratamentos dentro da mesma cultivar, ou quando as cultivares foram comparadas dentro do mesmo tratamento, não havendo também resposta significativa para a interação tratamentos x cultivares (Figura 6).



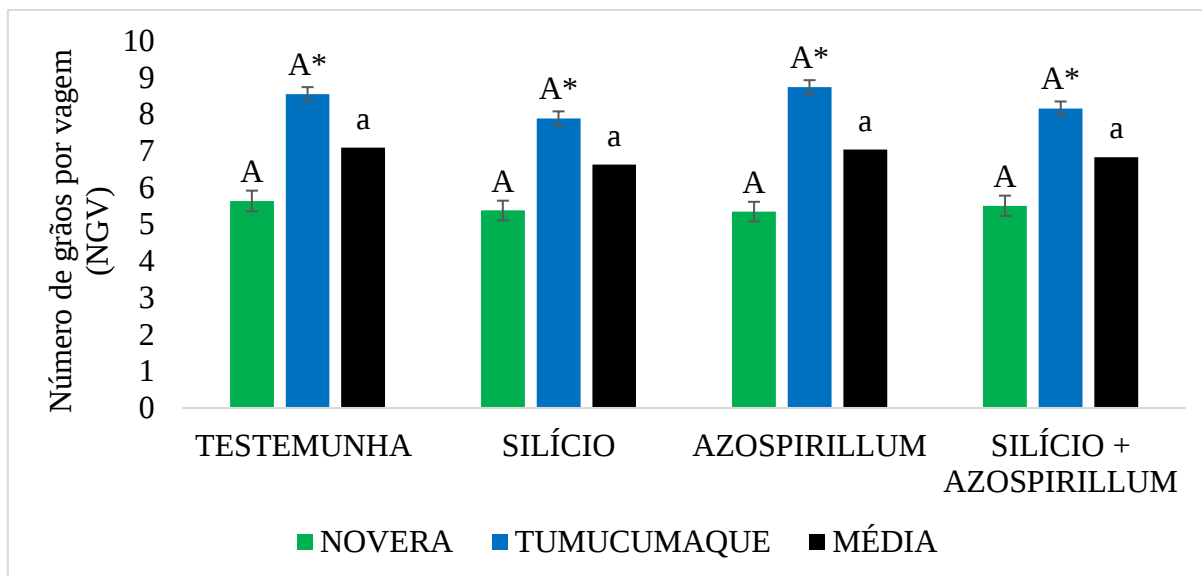
**Figura 6** - Número de vagens por plantas das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Tumucumaque em resposta à coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium elkani* e *Azospirillum brasilense* e à aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre tratamentos dentro da mesma cultivar; (\*) mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo tratamento; letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos através da resposta média das duas cultivares, por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As barras representam a média e o erro padrão da média ( $n = 4$ ).

Fonte: Silva, F.O. (2023).

O número de vagens por planta é uma característica que está diretamente relacionada ao potencial produtivo da cultura, podendo variar de acordo com características da cultivar, ambiente de cultivo e manejo empregado durante o ciclo da cultura (Menezes *et al.* 1997).

Em consonância com os resultados expostos que evidenciam a ausência de resposta do das cultivares de feijão-caupi utilizadas nesse estudo à suplementação com silício, no que se refere à variável de número de vagens por planta, Texeira *et al.* (2008), em seu estudo intitulado "Fontes de Silício em Cultivares de Feijão nas Safras das Águas e da Seca", relatam a falta de resposta do feijão-comum à suplementação com silício para essa mesma variável.

No que se refere ao número de grãos por vagens, não houve resposta significativa para ambos os materiais quando os tratamentos foram comparados dentro da mesma cultivar, conforme observado (Figura 7).



**Figura 7** - Número de grãos por vagens das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Tumucumaque em resposta à coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium elkani* e *Azospirillum brasilense* e à aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre tratamentos dentro da mesma cultivar; (\*) mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo tratamento; letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos através da resposta média das duas cultivares, por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As barras representam a média e o erro padrão da média ( $n = 4$ ).

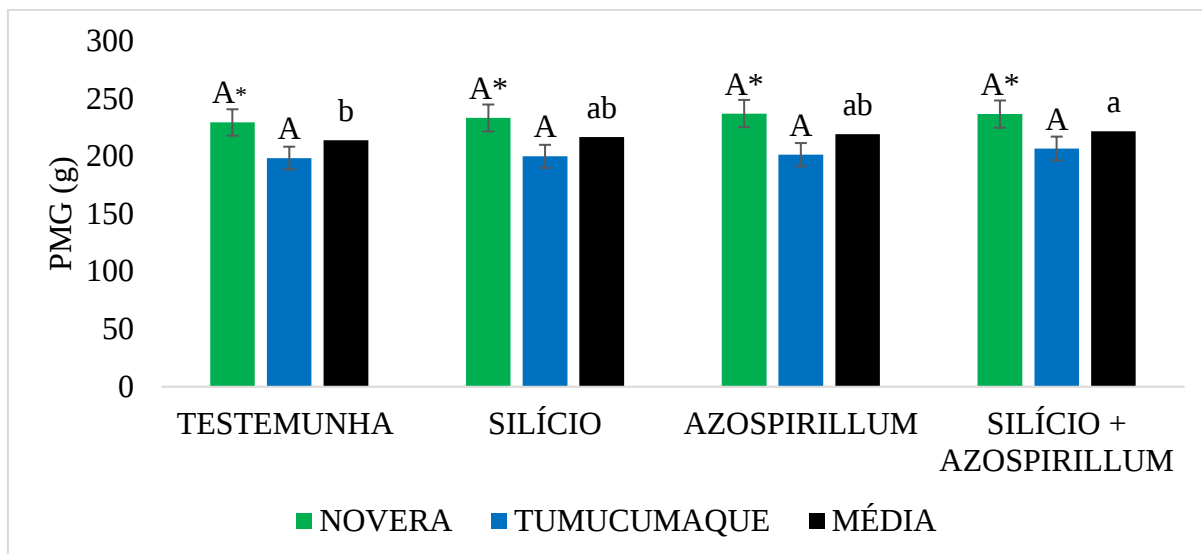
Fonte: Silva, F.O. (2023).

Segundo, Junior; Lemos e Silva (2005), o número de grãos por vagens juntamente com a massa de cem grãos são os componentes de maior influência na produtividade de grãos de cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L). Sendo, portanto, um parâmetro indicativo do potencial produtivo da cultura.

Quando comparados as cultivares dentro do mesmo tratamento, constata-se uma resposta significativa em todos os tratamentos, onde a cultivar BRS-Tumucumaque foi superior em todos, indicando que tal significância não foi oriunda do efeito dos tratamentos, mas sim uma característica genética das cultivares. Veleriano *et al* (2019) também constata essa superioridade.

Esse efeito também foi observado por Sousa (2021), onde novamente a cultivar BRS Tumucumaque apresentou um maior número de grãos por vagens que a Novaera. No tocante a interação tratamentos x cultivares, igualmente não se observou uma resposta significativa.

No que se refere ao peso de mil grãos, não houve resposta significativa entre os tratamentos dentro da mesma cultivar (Figura 8). Indo ao encontro disso, no tocante a ação do silício na variável PMG, Texeira *et al.* (2008) menciona a não resposta da cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L) a suplementação silicatada para a variável em questão.



**Figura 8** - Peso de mil grãos PMG das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Tumucumaque em resposta à coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium elkani* e *Azospirillum brasilense* e à aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre tratamentos dentro da mesma cultivar; (\*) mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo tratamento; letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos através da resposta média das duas cultivares, por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As barras representam a média e o erro padrão da média ( $n = 4$ ).

Fonte: Silva, (2023).

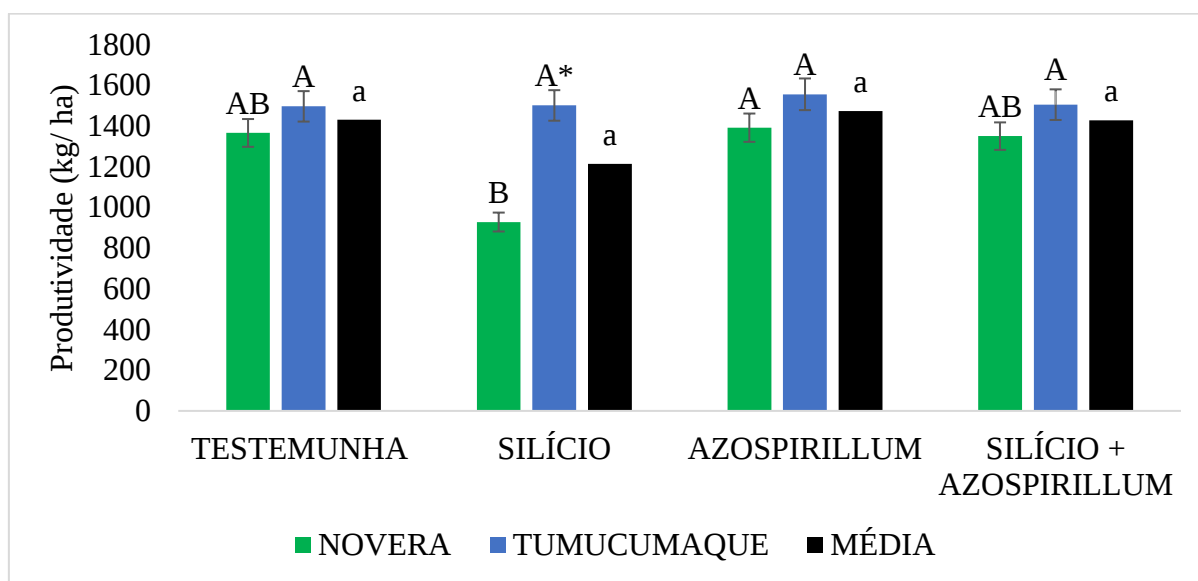
Em concordância com os resultados expostos para a variável PMG, relativos aos tratamentos co-inoculados, Santos (2018), em sua pesquisa intitulada "Co-inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum* na soja como estratégia para aumento de produtividade e redução do uso de nitrogênio", constatou a ausência de influência significativa da co-inoculação sobre a referida variável.

Quando comparadas as cultivares dentro do mesmo tratamento, houve resposta significativa, havendo diferença estatística entre as cultivares. A cultivar BRS-Novaera demonstrou superioridade em relação à BRS-Tumucumaque, independentemente do tratamento aplicado. Esta observação sugere que a superioridade da cultivar BRS-Novaera está associada às suas características genéticas, e não aos efeitos dos tratamentos, conforme anteriormente documentado por Rocha, Damasceno-Silva e Menezes-Júnior (2017). Neste estudo, os autores destacaram que o peso médio cem grãos para a cultivar Novaera foi de 20g, enquanto para a Tumucumaque foi de 18g.

Todavia, quando observado a média dos tratamentos para as duas cultivares de feijão caupi, o tratamento Silício + *Azospirillum* se apresentou superior aos demais, sugerindo que a cultura do feijão caupi tem potencial para aumentar o PMG com a aplicação de silício e a co-

inoculação. Quanto a interação tratamentos x cultivares, não foi observado respostas significativas.

Na avaliação da produtividade, observou-se diferenças significativas apenas para a cultivar BRS Novaera ao comparar os tratamentos dentro do nível de cultivar, onde o tratamento com *Azospirillum* incrementou a produtividade da referida cultivar (Figura 9). Em relação às cultivares dentro do mesmo tratamento, registrou-se uma resposta significativa somente para o tratamento com silício, no qual a cultivar BRS-Tumucumaque demonstrou um desempenho superior.



**Figura 9** – Produtividade de grãos das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Tumucumaque em resposta à coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium elkani* e *Azospirillum brasilense* e à aplicação de silício via foliar. Letras maiúsculas mostram diferenças entre tratamentos dentro da mesma cultivar; (\*) mostram diferenças entre cultivares dentro do mesmo tratamento; letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos através da resposta média das duas cultivares, por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As barras representam a média e o erro padrão da média ( $n = 4$ ).

Fonte: Silva, F.O. (2023).

Contrastando o melhor desempenho da cultivar BRS Tumucumaque frente a Novaera quando suplementadas com silício, Deifel (2017), em seu trabalho intitulado “A avaliação dos efeitos de aplicação de silício na cultura da soja” com doses crescentes de 0 ml ha<sup>-1</sup>, 200 ml ha<sup>-1</sup>, 400 ml ha<sup>-1</sup> e 600 ml/ha<sup>-1</sup> da fonte Supra Sílica contendo 10% de Si, não obteve resposta significativa quanto a produtividade na cultura da soja.

Por outro lado, o melhor desempenho da cultivar BRS Tumucumaque diante da suplementação com silício pode ser atribuída à maior responsividade desta cultivar à aplicação deste nutriente em comparação com a cultivar BRS Novaera quando cultivadas em condições

ideais, ou seja, sem a ocorrência de estresses de natureza biótica ou abiótica, e com a suplementação de silício, por sua vez a cultivar BRS Novaera apresenta uma resposta mais efetiva à aplicação de silício quando submetida a períodos de estresse no decorrer do seu ciclo (Leite *et al.*, 2023).

A produtividade média das duas cultivares 1.259,9 kg ha<sup>-1</sup> e 1.514,9 kg ha<sup>-1</sup> para BRS-Novaera e BRS-Tumucumaque respectivamente, independente do tratamento aplicado, foram acima da média nacional para a cultura que é de 466 kg ha<sup>-1</sup>. Esses valores de produtividade refletem as ótimas condições edafoclimáticas em que o experimento foi conduzido.

#### 4. CONCLUSÕES

A coinoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* promove aumento do desempenho para massa fresca das raízes e produtividade de grãos na cultivar BRS Novaera de feijão-caupi. A *Azospirillum brasilense* isoladamente se mostrou a estratégia mais eficiente no aumento da produtividade de grãos da cultivar em relação ao tratamento controle, do que combinado com o fornecimento de Si.

O silício não melhora o desempenho das características analisadas nas cultivares BRS Novaera e BRS Tumucumaque nas condições do presente estudo.

#### REFERÊNCIAS

- ALVES, J. M. A. *et al.* Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, 2009.
- ARAÚJO, É. Bradyrhizobium sp., Azospirillum brasilense e adubação fosfatada na cultura do feijão-caupi cultivado em ambiente amazônico. **Enciclopédia biosfera**, 2019.
- ARAÚJO, E. D. de. **Silício como atenuador do estresse hídrico em feijão- caupi por meio do mecanismo antioxidante e desempenho agrônômico**. Campina Grande, 2017. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, 2017.
- DEIFELD, J. A. Avaliação dos efeitos de aplicações foliares de Silício na cultura da soja. 2017.
- SOUZA, J. C. de; CASTRO, J. N. de;. Análise de crescimento e desenvolvimento da soja coinoculada com bradyrhizobium e azospirillum brasilense. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 14, n. 1, 2022.
- CHEMIM, F. Conhecendo um pouco o Feijão-caupi. **IBRAFE**, Curitiba, 2022. Disponível em: <https://www.ibrafe.org/artigo/conhecendo-um-pouco-o-feijao-caupi>. Acesso em: 10 ago. 2023.

CLIMATE-DATA. Clima Urucuí: Temperatura, Tempo e Dados climatológicos Urucuí. **Climate-data.org**, 2023. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/piaui/urucui-42385/>>. Acesso em: 10 maio. 2023.

CONAB - BOLETIM DA SAFRA DE GRÃOS. **12º Levantamento - Safra 2022/23**. Conab.gov.br, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 out. 2023.

CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, 2013.

DUTRA, A. S. *et al.* Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi em função da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Humberto Gonçalves dos Santos et al. 3 ed. Ver. Ampl. - Brasília, DF : Embrapa, 2013.

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

FILHO, F. R. F. *et al.* **Feijão-caupi no Brasil: produção**, melhoramento genético, avanços e desafios, 2011.

FLAUZINO, D. S; RIBEIRO, L. M; CECCON, G. Soja associada à inoculação e coinoculação de *bradyrhizobium* e *azospirillum* após cultivos de outono-inverno. **Revista de Agricultura Neotropical**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 47–53, 2018. DOI: 10.32404/rean.v5i1.2001. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/2001>. Acesso em: 25 nov. 2023.

GIONGO, V; BOHNEN, H. Relação entre alumínio e silício em genótipos de milho resistente e sensível a toxidez de alumínio. **Bioscience Journal**, 2011.

GITTI, D. C. *et al.* Inoculação de *Azospirillum* brasileiro em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Agrarian**, 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1297>. Acesso em: 25 nov. 2023.

GONÇALVES, A. S. F; CATOIA, B; NETO S. S. O. Nutrição e produtividade da cultura da soja. **Revista Agronomia Brasileira**, V3, Nº3, 2019. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/laboratoriodematologia/agronomiabrasileira/rab201903.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2023.

KYEI-BOAHEN, S. *et al.* “Growth and Yield Responses of Cowpea to Inoculation and Phosphorus Fertilization in Different Environments.” **Frontiers in Plant Science**, vol. 8. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00646>. Acesso em: 10 ago. 2023.

LANA, R.M. Q. *et al.* Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Revista Biociências**, Uberlândia, MG, v. 2, 2006. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6447>. Acesso em: 25 nov. 2023.

LEITE, W. de. S. *et al.* Silicon alleviates drought damage by increasing antioxidant and photosynthetic performance in cowpea. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 2023.

LIMA, M. de A. *et al.* Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 398-403, 2011.

MALI, M.; AERY, N.C. Efeitos do silício no crescimento de nódulos, produção de matéria seca e nutrição mineral do feijão-caupi ( *Vigna unguiculata* ). **J. Planta Nutr. Ciência do Solo**. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jpln.200700362>. Acesso em: 8 de maio. 2023.

MENEZES, N. L. de. *et al.* Caracterização de vagens e sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 27, n. 3, p. 387–391, jul. 1997.

MUMBACH, G. L. *et al.* Resposta da inoculação com *Azospirillum* brasilense nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017.

NASCIMENTO, E. C. S. do. *et al.* Co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum* brasilense in cowpea under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n1p3-8>. Acesso em: 8 nov. 2023.

NASCIMENTO, S. P. do. *et al.* Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2011.

OLIVEIRA, A. M. C. de. *et al.* Produção de Alimentos Na Base Do Feijão-Caupi (*Vigna Unguiculata*): Importância Nutricional E Benefícios Para a Saúde. **Research, Society and Development**. 2021. Disponível: [ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228114/1/ProducaoAlimentosBaseFeijaoCaupiRSD2021.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228114/1/ProducaoAlimentosBaseFeijaoCaupiRSD2021.pdf), <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.16054>. Acesso em: 10 de maio. 2023.

JUNIOR, E. U. R.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. DA. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, 2005.

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.

SAMPAIO, L. S.; BRASIL, E. C. Exigência nutricional do feijão-caupi. In: **Congresso Nacional De Feijão-Caupi**. 2009.

SANTOS, K. M. M. Co-inoculação de *Azospirillum* brasilense e *Bradyrhizobium japonicum* na soja como estratégia para aumento de produtividade e redução do uso de nitrogênio. 2018.

SANTOS, L. C. dos. *et al.* O papel do silício nas plantas. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**. 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16247. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16247>. Acesso em: 25 nov. 2023.

SOUSA, A. V. A. R. de. **Desempenho agrônomo de cultivares de feijão-caupi de porte ereto e prostrado no cerrado piauiense**. 2021. Disponível em: <http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/627/2/tcc-2021-avarsousa.pdf>. Acesso em: 27 Nov. 2023.

SCHOSSLER, J. H. *et al.* Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum* brasilense. **Scientia Agrária**. 2016.

TEIXEIRA, I. R. *et al.* Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 562-568, 2008.

VALERIANO, T. T. B. *et al.* Desempenho agronômico de cultivares de feijão caupi em função da densidade de plantas. **Revista Inova Ciência & Tecnologia / Innovative Science & Technology Journal**, 2019. Disponível em: <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/507>. Acesso em: 01 dez. 2023.

XAVIER, T. F. *et al.* Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, 2008.

ZAVASCHI, E. Cultura do Feijão e manejo do nitrogênio. **Agroadvance**, 2020. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-manejo-do-nitrogenio-na-cultura-do-feijao/>. Acesso em: 10 ago. 2023.