



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, NATURAIS E LETRAS - CCANL**  
**CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**A INFLUÊNCIA DE *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* NA PRODUTIVIDADE DE  
FEIJÃO-CAUPI**

Estreito – MA  
2025

M827i

Morais, Maria Fernanda Sousa

A Influência de *Bacillus Subtilis* e *B. Lincheniformis* na produtividade de feijão-caupi. Maria Fernanda Sousa Moraes. – Estreito, MA, 2025.

18 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Estreito, MA, 2025.

1. Agricultura familiar. 2. Bactérias benéficas. 3. Inoculantes biológicos. 4. *Vigna unguicula*. 5. Estreito - MA. I. Título.

CDU 633.33:005.61 (812.1)

MARIA FERNANDA SOUSA MORAIS

**A INFLUÊNCIA DE *Bacillus subtilis* e *B. lincheniformis* NA PRODUTIVIDADE DE  
FEIJÃO-CAUPI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão como requisito básico para a conclusão do Curso de Engenharia Agrônômica do Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras.

**Orientador:** Dr. Deucleiton Jardim Amorim

**Coorientadora:** Profa. Dra. Ruth Araújo Abreu


Estreito – MA  
2025

# A INFLUÊNCIA DE *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão como requisito básico para a conclusão do Curso de Engenharia Agrônoma do Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras.


Data de aprovação: 21/07/2025

## BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 DEUCLEITON JARDIM AMORIM  
Data: 21/07/2025 09:36:59-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Dr. Deucleiton Jardim Amorim  
Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – UNESP

Documento assinado digitalmente  
 THATYANE PEREIRA DE SOUSA  
Data: 21/07/2025 11:33:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Thatyane Pereira dos Santos  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

Documento assinado digitalmente  
 RAIANARA ANDRADE DOS SANTOS  
Data: 21/07/2025 14:15:26-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Raianara Andrade dos Santos  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	8
2.1 Tratamentos .....	9
2.2 Preparo das sementes .....	9
2.3 Delineamento experimental .....	10
2.4 Avaliações .....	10
2.5 Análise estatística.....	10
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	11
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	15
<b>5 LITERATURA CITADA</b> .....	15

**A influência na produtividade de feijão caupi com inoculação de *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis*<sup>1</sup>**

Maria Fernanda Sousa Morais<sup>1</sup>; Deucleiton Jardim Amorim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual da Região Tocantina Do Maranhão; Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras, Av. Brejo do Pinto, S/N, 65975-000. Estreito, Maranhão. E-mail: maria.morais@uemasul.edu.br.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Av. Universitária, 3780, 18610-034, Botucatu, SP. Brazil. E-mail: deucleiton.jardim@unesp.br.

**The influence on cowpea productivity with inoculation of *Bacillus subtilis* and *B. licheniformis***

**ABSTRACT:** Cowpea production is of agricultural importance to Brazil, particularly in the country's semiarid region. This study evaluated the effect of inoculating cowpea seeds with *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis*, isolated and combined with chemical fertilizer, and its influence on development and productivity. The experiment was conducted in Estreito, Maranhão, using heirloom seeds of the Sempre Verde variety, using a randomized complete block design with four treatments and six replicates. Leaf number, plant height, flowering onset, and productivity were evaluated. Data were subjected to the Shapiro-Wilk test, ANOVA, and Tukey's test at a 5% significance level. The fertilizer and inoculant treatment performed best across all variables, highlighting the effectiveness of the combination of inputs. In the experiment, the use of inoculant alone was not superior to the use of fertilizer alone in terms of plant productivity. However, the combined use of inoculant and fertilizer produced 18.95% more yields than the treatment using fertilizer alone and 123.27% more than the treatment using inoculant alone. Thus, it is concluded that the combined application of inoculants and fertilizers enhances the development and productivity of cowpea, being a promising alternative for small producers in the region. However, the use of inoculant alone did not significantly increase plant productivity.

**Keywords:** agricultural production; biological inoculants; family farming; *Vigna unguiculata*

---

<sup>1</sup> Trabalho de conclusão de Curso redigido de acordo com as normas da Revista Brasileira de Ciências Agrárias

**Resumo:** A produção de feijão-caupi possui importância agrícola para o Brasil e principalmente para região semiárida do país. Este estudo avaliou o efeito da inoculação de sementes de feijão-caupi com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*, isoladas e combinadas com fertilizante químico, e sua influência no desenvolvimento e produtividade. O experimento foi conduzido em Estreito-MA, com sementes crioulas da variedade Sempre Verde, utilizando delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e seis repetições. Dessa forma, foram avaliadas o número de folhas, a altura das plantas, o início da floração e a produtividade. Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, ANOVA e teste de Tukey a 5% de significância. O tratamento com fertilizante e inoculante teve o melhor desempenho em todas as variáveis analisadas, destacando a eficiência da combinação entre os insumos. No experimento o uso isolado do inoculante não foi superior ao uso isolado do fertilizante em relação a produtividade das plantas, entretanto o uso conjunto de inoculante e fertilizante produziu 18,95% a mais que o tratamento com uso isolado do fertilizante e 123,27% a mais que o tratamento que foi utilizado apenas o inoculante. Dessa forma, conclui-se que a aplicação conjunta de inoculantes e fertilizantes potencializa o desenvolvimento e a produtividade do feijão-caupi, sendo uma alternativa promissora para pequenos produtores da região, porém o uso apenas do inoculante não apresentou capacidade significativa de aumentar a produtividade das plantas.

**Palavras-chave:** agricultura familiar; bactérias benéficas; inoculantes biológicos; *Vigna unguiculata*

## INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) também conhecido como feijão de corda, feijão-macassar é uma leguminosa de importância socioeconômica no Brasil, especialmente nas regiões norte e nordeste, pois representa fonte de renda e segurança alimentar para os pequenos agricultores (Santos et al., 2023; Ceccon et al., 2020). Na safra de 2023/2024 a produção nacional de feijão caupi alcançou 691,8 mil toneladas de grãos com área destinada ao plantio de 1.275,7 mil hectares, sendo o Nordeste a responsável por produzir 476,6 mil toneladas de grãos em uma área plantada de 1.063,2 mil hectares, aproximadamente 59% da produção nacional (Conab, 2024). O Maranhão, por exemplo, destinou uma área de 47 mil hectares para cultura e sua produtividade estimada foi de 30,6 mil toneladas (Conab, 2024).

O feijão-caupi tem sua origem no continente africano e foi trazido ao Brasil pelos portugueses durante a colonização, ainda no século XVI, e posteriormente se espalhou por

todas as regiões do país (Rocha et al., 2016; Embrapa, 2022). O feijão-caupi se tornou muito popular entre pequenos agricultores e na agricultura familiar pela facilidade de manejar e por gerar renda, isso se dá por diversos processos de melhoramento genético na espécie (Barros et al., 2021).

Apesar da rusticidade do feijão-caupi e tolerância ao estresse hídrico, a espécie possui uma produtividade limitada em solos com baixa fertilidade como os encontrados no semiárido do país, exigindo assim uso de fertilizantes (Souza et al., 2024). Nesse contexto, o uso intensivo de fertilizantes químicos ocasiona maiores custos para produção, comprometendo a sustentabilidade e degradando os solos (Domeignoz-Horta et al., 2025). Uma alternativa para esse cenário é o uso de inoculantes biológicos, que promovem o desenvolvimento vegetal de forma sustentável (Xavier et al., 2021).

Entre os microrganismos mais promissores nos estudos com uso de produtos biológicos na agricultura, estão as rizobactérias que são promotoras de crescimento de plantas (PGPRs), com destaque para *Bacillus subtilis* e *Bacillus lincheniformis*. Essas bactérias possuem múltiplos mecanismos capazes de estimular o desenvolvimento vegetal, como fitormônios (ácido indolacético), sideróforos, enzimas antifúngicas e solubilização de fósforo (Khosro et al., 2024; Hasanuzzaman et al., 2022), também contribuem para osmorregulação, aumentando assim a tolerância das plantas ao estresse hídrico (Carnietto et al., 2025).

Vários estudos apontam benefícios no uso de sementes inoculadas com *Bacillus ssp.*, destacando melhoras no vigor inicial, absorção de nutrientes e nos rendimentos de diversas culturas como milho, soja e arroz (Embrapa, 2022). Pesquisas com a inoculação de rizobactérias em sementes de milho, tem apresentado melhorias significantes na produtividade e adaptação a solos diversos, com ótimas respostas ao estresse hídrico (Akhtar et al., 2020). A ação conjunta de *B. subtilis* e *B. lincheniformis* tem se mostrado eficaz,

ampliando a atividade dos metabólicos benéficos e aumentando a resistência a estresses bióticos e abióticos (Hasanuzzaman et al., 2023; Xiang et al., 2023).

Apesar dos avanços, há poucos estudos relacionados com a aplicação desses inoculantes em culturas específicas como é o caso do feijão-caupi tipo Sempre Verde, principalmente sob condições de campo em especial a região do semiárido. A escassez de estudos com essa cultivar aliados ao potencial máximo que essas bactérias podem alcançar, sugerem a necessidade de pesquisas que explorem o uso da biotecnologia integrado ao manejo agrícola da região.

Portanto, as contribuições que se espera com o uso de produtos biológicos, favorecendo os grandes produtores agrícolas, pequenos e médios, o uso de bactérias garante benefícios a produtividade, garantindo melhores produtos, maior lucratividade e menor desperdícios de insumos. O uso de inoculantes biológicos no auxílio da produção agrícola mostra a expansão tecnológica e genética contribuindo para facilitar a vida do agricultor com pouca ou nenhuma assistência, levando a ele a oportunidade e disposição de acesso a novas técnicas agronômicas.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar os benefícios da inoculação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* em sementes de feijão-caupi em campo sob condições adversas, e entender a ação que essas bactérias tem no desenvolvimento e produtividade das plantas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no município de Estreito, localizado no sul do Maranhão, em uma área pertencente ao campus da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – CCANL. As sementes utilizadas correspondem ao feijão-caupi do tipo Sempre Verde adquiridas em uma feira livre no município de Carolina, no Maranhão. O inoculante utilizado foi o Quartzo Surface um nematicida microbiológico com nome

técnico e com ingrediente ativo *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*, com registro 317 no MAPA e registrado pela empresa FMC. Para os tratamentos, foram aplicados o inoculante *B. subtilis* e *licheniformis*. As sementes foram imersas em água com o inoculante por 30 minutos e, em seguida, deixadas para secar por 2 horas. A dosagem utilizada foi de 1,5g do inoculante para 1kg de sementes, com volume de água suficiente para molhar todas as sementes, mas sem excesso de água.

Na área experimental foi realizada análise química e física do solo. Os parâmetros físico-químicos obtidos foram: pH (CaCl<sub>2</sub>): 4,2; M.O (g/kg): 9,8; P (mg/dm<sup>3</sup>): 1,5; K(cmol/dm<sup>3</sup>): 0,03; CTC (cmold/m<sup>3</sup>): 2,75; Classe Textural: Média. Com base nesses valores, foi realizado a calagem com calcário dolomítico com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 100% aplicado segundo necessidade do solo, além de adubação com fertilizante da fórmula NPK 4-14-8 aplicados segundo recomendado para cultura.

### **Tratamentos**

Para avaliar o efeito da inoculação com as bactérias na produção de feijão, foi estabelecido 4 tratamentos, sendo eles, sementes sem fertilizante e sem inoculante (T1), semente com fertilizante e sem inoculante (T2), semente com fertilizante e com inoculante (T3) e sementes sem fertilizante e com inoculante (T4). O plantio foi realizado em linhas de com utilização de 3 sementes por cova.

### **Preparo das sementes**

A inoculação e plantio foram realizados no dia 28 de novembro de 2024 aos 43 dias após a calagem. A semeadura ocorreu no final da tarde, visando evitar que sol forte não prejudicasse a ação das bactérias. Além disso, houve registro de chuva na madrugada do dia

seguinte a semeadura, o que favoreceu a germinação. No dia 5 de dezembro, foi observada a germinação de todas as sementes plantadas e no dia 16 de dezembro de 2024 realizado o desbaste das plantas, deixando assim apenas uma planta por cova.

Aos 42 dias após o plantio ocorreu o florescimento e em seguida com 46 dias de plantio a emissão das vargens. Em 24 de janeiro de 2025 já se observava início do amadurecimento de algumas vargens. A primeira colheita foi realizada manualmente dia 29 de janeiro de 2025, 2 meses após o plantio.

### **Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento em blocos casualizados, com 6 blocos, onde cada bloco teve 4 tratamentos com seis repetições. Cada repetição consistiu em 2 metros linear de plantio, com densidade de 12 plantas por metro linear e espaçamento entre as linhas de 1m, totalizando 576 plantas no total. As plantas foram avaliadas e observadas desde sua semeadura até colheita. A irrigação foi realizada por aspersão, ligada duas vezes ao dia com temporizador eletrônico, somando 2 horas diárias, fornecendo diariamente entre 3 e 5 litros de água por metro quadrado o que é exigido pela cultura.

### **Avaliações**

As variáveis analisadas no experimento foram a quantidade de folhas por plantas, emissão de flores, tamanho das plantas antes do florescimento e a produtividade em g produzido pelas plantas de cada tratamento. As plantas foram medidas em campo e as sementes pesadas em balança de precisão, o experimento exigiu o acompanhamento das plantas durante todo seu desenvolvimento.

## **Análise estatística**

Os dados foram analisados conforme os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias (Shapiro-Wilk), apontando assim normalidade para altura de planta e produtividade e fora da normalidade as quantidades de folhas e florescimento das plantas. Aos tratamentos que não apresentaram normalidade foi utilizado o teste de Kruskal Wallis ( $p < 0.05$ ), nos tratamentos com normalidade utilizaram-se a análise de variância (ANOVA) e o teste F, com propósito de verificar diferenças significativas no modelo, tendo diferenças significativas foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância. O software InfoStat foi utilizado para realização das análises estatísticas.

## **RESULTADOS**

Com aplicação dos inoculantes e fertilizantes as plantas tiveram efeitos significativos na altura e produtividade (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de variância (ANOVA)

Variáveis	QM	F	P - Valor
Altura das plantas (cm)	68,21	18,99	< 0,0001
Produtividade (g)	3,59	16,68	< 0,0001

Em relação à altura, as plantas com fertilizante inoculadas ou não, foi superior em relação aos demais tratamentos, com média de 30,76 cm para o tratamento com uso de fertilizante e inoculante, 29,07 cm para o tratamento com fertilizante e sem inoculante, enquanto os tratamentos sem fertilizante tiveram as menores médias com 25,05 cm para tratamento sem fertilizante e com inoculante e 23,55 cm para tratamento sem fertilizante e sem inoculante (Tabela 2).

Tabela 2 –Altura das plantas e produtividade do feijão-caupi submetidos a diferentes tratamentos com fertilizante e inoculante biológico Médias  $\pm$  erro padrão.

Tratamentos	Altura das plantas (cm)	Tratamentos	Produtividade (g)
Sem fertilizante/ sem inoculante	23,55 $\pm$ 0,77 a	Sem fertilizante/ com inoculante	74,50 $\pm$ 11,32 a
Sem fertilizante/ com inoculante	25,05 $\pm$ 0,77 a	Sem fertilizante/ sem inoculante	76,00 $\pm$ 11,32 a
Com fertilizante/ sem inoculante	29,07 $\pm$ 0,77 b	Com fertilizante/ sem inoculante	139,83 $\pm$ 11,32 b
Com fertilizante/ com inoculante	30,76 $\pm$ 0,77 b	Com fertilizante/ sem inoculante	166,33 $\pm$ 11,32 b

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A produtividade também foi superior nos tratamentos com presença de fertilizantes, com médias de 166,33 g para o tratamento com fertilizante e inoculante, 139,83 g no tratamento com fertilizante e sem inoculante, 76,00 g no tratamento sem fertilizante e sem inoculante e 74,40 g no tratamento sem fertilizante e com inoculante (Tabela 3).

Tabela 3 – Quantidade média de folhas de feijão-caupi submetido a diferentes tratamentos com inoculantes, fertilizantes, ausência e as suas combinações.

Tratamentos	Médias
Sem fertilizante/sem inoculante	8,50 a
Sem fertilizante/ com inoculante	9,92 a
Com fertilizante/ sem inoculante	10,67 a
Com fertilizante/com inoculante	20,92 b

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p \geq 0.05$ )

O uso do inoculante teve grande influência na produção de folhas pelas plantas com médias de 20,92 para o tratamento com uso de inoculante e fertilizante, 10,67 para o tratamento sem uso de fertilizante e com inoculante, 9,92 com fertilizante sem inoculante e 8,50 para o tratamento sem fertilizante e sem inoculante (Gráfico 1).

O uso do inoculante não contribui significativamente para o florescimento das plantas, com médias de 5,50 para plantas com utilização de fertilizante e inoculante, 8,50

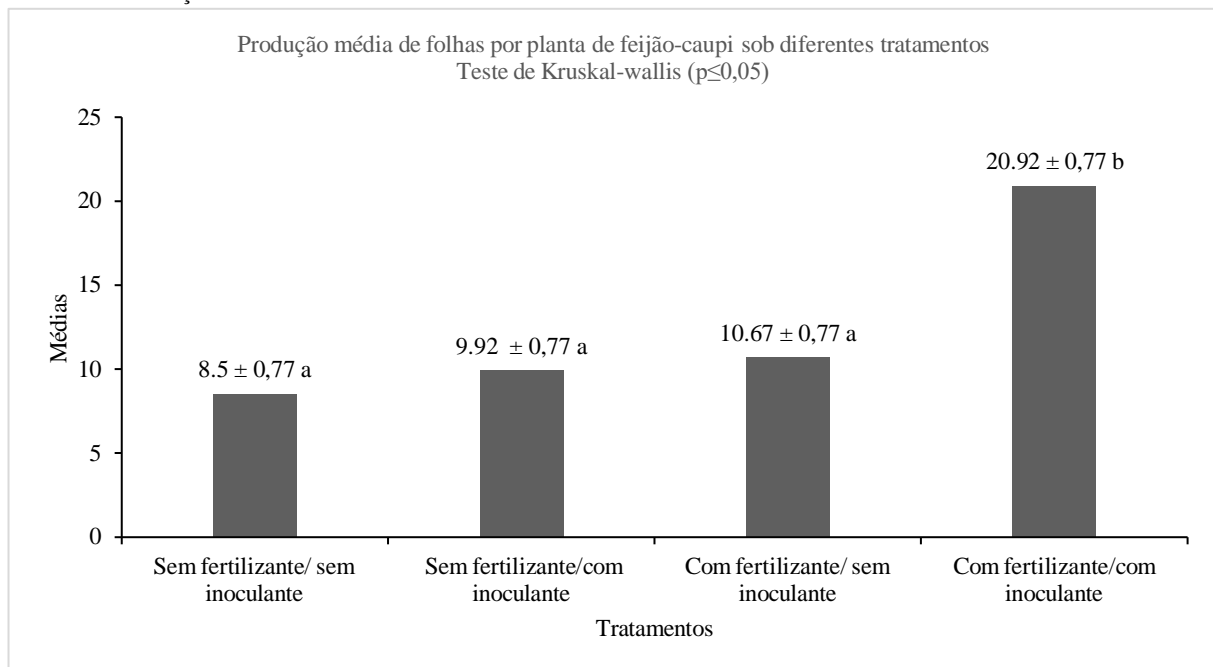
para plantas com fertilizante e sem inoculante, 18,00 para plantas sem fertilizante e com inoculante e 18,00 para plantas sem inoculante e sem fertilizantes (Gráfico 2).

Tabela 4 - Florescimento das plantas

Tratamentos	Médias
Sem fertilizante/sem inoculante	18,00 a
Sem fertilizante/com inoculante	18,00 a
Com fertilizante/ sem inoculante	8,50 b
Com fertilizante/com inoculante	5,50 b

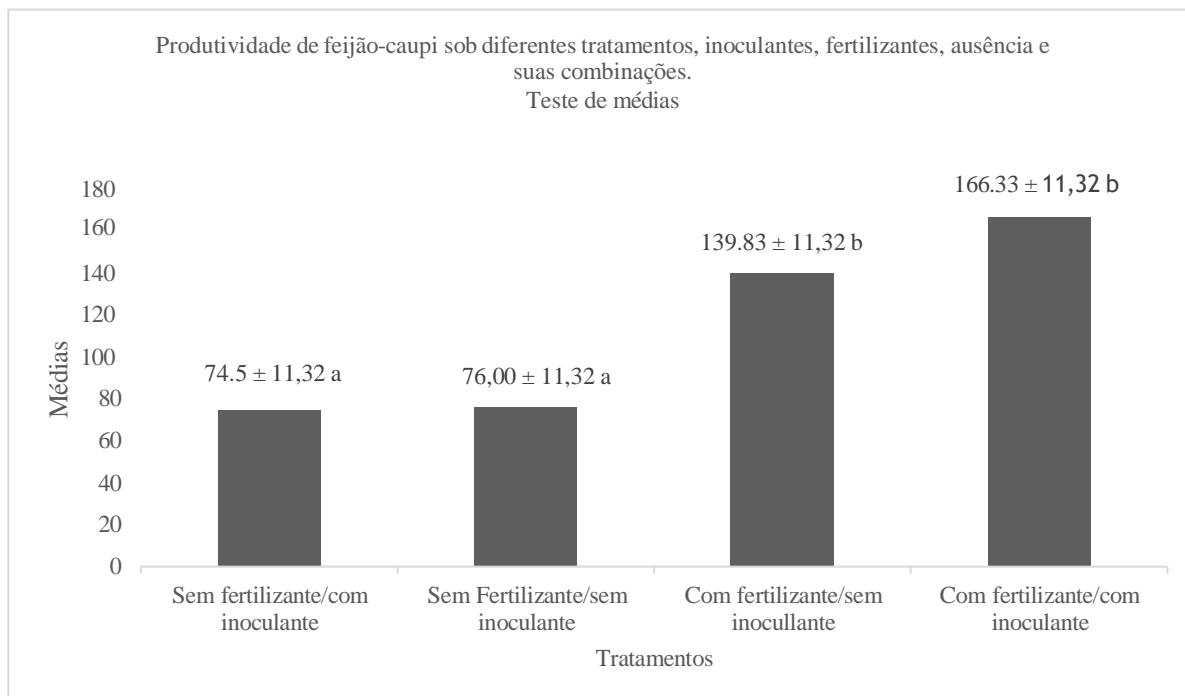
Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p \geq 0,05$ )

Gráfico 1 – Comparativos da produção de folhas de feijão-caupi sob diferentes tratamentos inoculantes, fertilizantes, ausência e as suas combinações.



Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p \geq 0,05$ )

Gráfico 2 – Comparativos de médias da produtividade de feijão-caupi sob diferentes tratamentos inoculantes, fertilizantes, ausência e as suas combinações.



Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

## DISCUSSÃO

Os resultados do uso dos inoculantes biológicos *Bacillus subtilis* e *B. lincheniformis* evidenciaram resultados positivos no desenvolvimento das plantas de feijão-caupi, havendo melhorias significantes na altura, quantidade de folhas por planta, florescimento e produtividade, principalmente quando se utilizou em conjunto com fertilizantes.

Essas bactérias e o uso de fertilizantes se mostraram eficientes no crescimento vegetal, aumentando significativamente a altura das plantas. Algumas espécies do gênero *Bacillus* podem contribuir para o desenvolvimento tanto da parte área das plantas, como também podem melhorar a absorção de nutrientes e o enraizamento (Hungria et al., 2010). estudos semelhantes com inoculação de *B. lincheniformis* em sementes de milho tiveram aumentos impactantes das alturas das plantas, chegando a aumentar até 15% o tamanho das plantas em comparação com plantas não inoculadas (Akhtar et al.; 2020).

A emissão de folhas pelas plantas foi positivamente influenciada pelo uso dos inoculantes e do fertilizante. Essa resposta pode estar totalmente ligada a estímulos fisiológicos promovidos pelas bactérias, como produção de citocininas, aumento na absorção de fosforo, e ativação de vias de crescimento (Hasanuzzaman et al., 2022). Outros fatores, como crescimento da área foliar da planta, influenciam diretamente a capacidade

fotossintética da planta, portanto contribui para aumentos significativos na produtividade final da cultura (Oliveira et al., 2023).

Em relação ao florescimento das plantas, foi observado a emissão mais precoce das flores nos tratamentos com fertilizante e inoculante. Estudos mostram que os microrganismos promotores de crescimento (PGPRs) podem acelerar a expressão de genes que tenham relação com os processos fenológicos, por meio da regulação hormonal e diminuição do estresse oxidativo (Dobbelaere et al., 2003; Xiang et al., 2023). Fator esse, que é benéfico em regiões com ciclo curto que é o caso do semiárido do Maranhão.

A produtividade do feijão-caupi do tipo sempre verde, teve diferenças marcantes entre os tratamentos, onde as plantas com inoculantes e fertilizantes produziram 18,95% a mais que o tratamento que se utilizou apenas fertilizante e 123,27 % a mais que o tratamento que se utilizou apenas o inoculante, apontando assim o uso combinado do fertilizante e inoculantes como melhor tratamento. A ação conjunta entre a adubação química e os PGPRs tem apontado melhoras na eficiência do uso de nutrientes e aumento da resistência das plantas contra estresses abióticos (Bashan et al., 2014; Khoso et al., 2024).

Dessa forma, o tratamento que combinou o uso de fertilizantes e dos inoculantes foi superior em todas as variáveis analisadas. Essa combinação é vista em diversos trabalhos recentes, como uma estratégia eficiente, de baixo custo e sustentável para pequenos e médios produtores (Almeida et al., 2024).

## CONCLUSÃO

O uso das bactérias *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* na planta de feijão é eficiente quando utilizadas juntamente com os fertilizantes, potencializando o uso desses fertilizantes pelas plantas. Dessa forma, é necessário mais estudo em relação a influência dessas bactérias na produção de feijão-caupi na região sul do Maranhão.

## LITERATURA CITADA

Almeida, L. C. O.; Santos, H. L.; Nogueira, C. H. C.; Carnietto, M. R. A.; Silva, G. F.; Boaro, C. S. F.; Silva, M. A. Plant Growth-Promoting Bacteria Enhance Survival, Growth, and Nutritional Content of Sugarcane Propagated through Pre-Sprouted Seedlings under Water Deficit. *Agriculture*, Basel, v. 14, n. 2, p. 189, 2024. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020189>.

- Andrade Júnior, A. S. de et al. Sistemas de produção: cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Embrapa Meio-Norte, Teresina, dez. 2002. <https://core.ac.uk/reader/15446650>. 2 jun. 2025.
- Akhtar, S. S.; Amby, D. B.; Hegelund, J. N.; Fimognari, L.; Großkinsky, D. K.; Westergaard, J. C.; Müller, R.; Moelbak, L.; Liu, F.; Roitsch, T. *Bacillus licheniformis* FMCH001 increases water use efficiency via growth stimulation in both normal and drought conditions. *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 11, p. 297, 07 abr. 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00297>.
- Barros, B. G. A.; Martins, A. L. P.; Santos, E. E. D. S.; Silva, E. D. D. Proveito do melhoramento genético na cultura do feijão-caupi. *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente*, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 41, 2021. <https://doi.org/10.51189/rema/1370>.
- Bashan, Y., De-Bashan, L. E., Prabhu, S. R., & Hernandez, J. P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*, Dordrecht, nov. 2013. 378(1–2), 1–33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>.
- Carnietto, M. R. A.; Santos, H. L.; Ferreira, L. S.; Silva, G. F.; Silva, M. A. Soil texture affects the efficiency of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* in the physiological and biochemical modulation of sugarcane tolerance to water deficit. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 225, p. 109997, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2025.109997>.
- Castelletti, C. H. M.; Costa, A. F. da. Feijão-caupi: alternativa sustentável para os sistemas produtivos. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, Recife, v. 18, n. 1, p. 1-2, jan./jun. 2013. <https://doi.org/10.12661/pap.2013.001>.
- Ceccon, G.; Correa, A. M.; Alvarez, R. C. F. Feijão-caupi na agricultura familiar. *Tecnologias para a agricultura familiar*. 4. ed. rev. e atual. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2020. p. 67-70. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1165488>. 2 jun. 2025.
- Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. Décimo segundo levantamento da safra 2023/2024. Brasília, 2024. 117 p. <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2023-2024/boletim-da-safra-de-graos>. 2 jun. 2025.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., & Okon, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Abingdon: Reino Unido, 2003. 22(2), 107–149. <https://doi.org/10.1080/713610853>.
- Domeignoz-Horta, L. A. et al. Microbial inoculants in sustainable agriculture: advancements, challenges, and future directions. *Plants*, Basel, México. v. 14, n. 2, p. 191, 2025. <https://doi.org/10.3390/plants14020191>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Feijão-caupi. Agência de Informação Embrapa. Brasília, DF, 2022. <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/fejao-caupi#:~:text=Abertura&text=O%20fej%C3%A3o%2Dcaupi%2C%20Vigna%20unguiculata,sistema%20de%20busca%20por%20palavra>. 04 jul. 2025.

- Embrapa. Bactérias aumentam a produtividade do arroz, feijão e milho. Embrapa, 2022. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/72141773/bacteria-increase-rice-bean-and-corn-crop-yields>. 4 jul. 2025.
- Hasanuzzaman, M. et al. Insight into the mechanism of salt-induced oxidative stress tolerance in soybean by the application of *Bacillus subtilis*: coordinated actions of osmoregulation, ion homeostasis, antioxidant defense, and methylglyoxal detoxification. *Antioxidants*, Basel: Suíça. v. 11, p. 1856, 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox11101856>.
- Hungria, M., Campo, R. J., Mendes, I. C., & Graham, P. H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* L. Merr.) in South America. In *Nitrogen Fixation in Crop Production* (pp. 43–93). **ASA-CSSA-SSSA**, Madison: Estados Unidos, 2010. [https://www.researchgate.net/publication/283628866\\_Contribution\\_of\\_biological\\_nitrogen\\_fixation\\_to\\_the\\_N\\_nutrition\\_of\\_grain\\_crops\\_in\\_the\\_tropics\\_the\\_success\\_of\\_soybean\\_Glycine\\_max\\_L\\_Merr\\_in\\_South\\_America](https://www.researchgate.net/publication/283628866_Contribution_of_biological_nitrogen_fixation_to_the_N_nutrition_of_grain_crops_in_the_tropics_the_success_of_soybean_Glycine_max_L_Merr_in_South_America). 3 jul. 2025.
- Khoso, M. A. et al. Impact of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on plant nutrition and root characteristics: current perspective. *Plant Stress*, Amsterdã: Países Baixos, 2024. v. 11, p. 100291. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667064X23002087>. 2 jun. 2025.
- Oliveira, C. E. D. S., Jalal, A., Aguilar, J. V., de Camargos, L. S., Zoz, T., Ghaley, B. B., Abdel-Maksoud, M. A., Alarjani, K. M., AbdElgawad, H., & Teixeira Filho, M. C. M. Yield, nutrition, and leaf gas exchange of lettuce plants in a hydroponic system in response to *Bacillus subtilis* inoculation. *Frontiers In Plant Science*, 2023, *14*, 1248044. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1248044>.
- Zem, A. C.; Azevedo, T. Biológicos, manejo integrado e aumento de produtividade. *Revista Cultivar*, Pelotas, v. 22, n. 2, p. 34–37, jun. 2020. <https://revistacultivar.com.br/artigos/biologicos-manejo-integrado-e-aumento-de-produtividade>. 2 jun. 2025.
- Rocha, M. M. et al. Feijão-caupi: melhoramento genético para o avanço da cultura. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 2016. p.11. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1047752>. 1 jun. 2025.
- Rocha, M. M., Silva, K. J. D., & Freire Filho, F. R. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 2011. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916831/feijao-caupi-no-brasil-producao-melhoramento-genetico-avancos-e-desafios>. 2 jun. 2025.
- Santos, M. M. dos; Oliveira, P. A.; Rodrigues, V. S. Comportamento do feijão-caupi com aplicação de fontes de fósforo e bactéria *Bacillus subtilis* nos solos do Cerrado no Tocantins. *Revista Cultivar*, Pelotas, 2023. <https://revistacultivar.com.br/artigos/comportamento-do-feijao-caupi-com-aplicacao-de-fontes-de-fosforo-e-bacteria-bacillus-subtilis-nos-solos-do-cerrado-no-tocantins>. 2 jun. 2025.
- Souza, H. A.; Lima Neto, A. J.; Pompeu, R. C. F.; Guedes, F. L.; Tonucci, R. G.; Cavalcante, A. C. R.; Natale, W.; Valladares, G. S.; Escobar, M. E. O.; Rodrigues, H. C. A.; Freitas de Andrade, H. A.; Oliveira Júnior, J. O. L.; Sagrilo, E. Critical levels and fertility classes of soils with high-activity clay in the Brazilian semi-arid region. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*,

Viçosa, MG, v. 48, e0230154, 2024.  
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/b5bkv5fwZSxrkBPr8ccY97S/> .04 jul. 2025.

Shavrukov, Y.; Kurishbayev, A.; Jatayev, S. et al. Early flowering as a drought escape mechanism in plants: how can it aid wheat production? *Frontiers in Plant Science*, [S.l.], v. 8, p. 1950, 2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5698779/>. 19 jun. 2025.

Xavier, G. R.; Rumjanek, N. G.; Guedes, R. E. Impactos da fixação biológica de nitrogênio na produção de feijão-caupi. *Embrapa Agrobiologia*, dez. 2021. <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao-caupi/producao/manejo-do-solo-e-adubacao/fixacao-biologica-de-nitrogenio/impactos>. 04 jul. 2025.

Xiang, H.; He, Y.; Wang, X. et al. Identification and characterization of siderophilic biocontrol strain SL-44 combined with whole genome. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, p. 62104–62120, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26272-2> 25 jun. 2025. 9 jun. 2025.