



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS – DTCS III**  
**COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

**MÁRIO ADRIANO RIBEIRO ALMEIDA**

**INFLUÊNCIA DE MICRORGANISMOS NO CRESCIMENTO E**  
**DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO-CAUPI**

**Juazeiro – BA**  
**2025**

**MÁRIO ADRIANO RIBEIRO ALMEIDA**

**INFLUÊNCIA DA DE MICRORGANISMOS NO CRESCIMENTO E  
DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO-CAUPI**

Monografia apresentada a Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB/DTCS, campus III, colegiado de Engenharia Agrônômica, como um dos pré-requisitos do componente curricular “Trabalho de conclusão de curso – TCC”.

Orientador: Prof. Dr. Aleksandro Ferreira da Silva

**Juazeiro – BA  
2025**

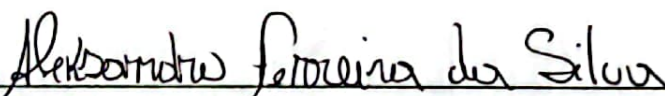
**MÁRIO ADRIANO RIBEIRO ALMEIDA**

**INFLUÊNCIA DE MICRORGANISMOS NO CRESCIMENTO E  
DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO-CAUPI**

Trabalho de conclusão de curso aprovado como pré-requisito parcial à obtenção ao grau de Bacharel em Engenharia Agrônoma no curso de graduação em Engenharia Agrônoma do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade do Estado da Bahia.

Aprovado em 14/01/2025

**BANCA EXAMINADORA**



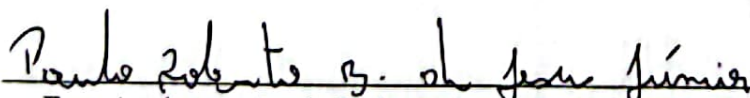
Prof. Dr. Aleksandro Ferreira da Silva (Presidente/Orientador)

Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - III



Prof. Dr. Emanuel Ernesto Fernandes Santos (primeiro examinador)

Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – III



Eng. Agrônomo Paulo Roberto Barbosa de Jesus Junior (segundo examinador)

Juazeiro BA  
2025

## RESUMO

O feijão-caupi é uma leguminosa amplamente cultivada em todo o território nacional sob cultivo de sequeiro e irrigado. No semiárido brasileiro, seu cultivo tem sido praticado principalmente por pequenos agricultores em áreas dependentes de chuva e com baixa tecnificação. Embora seja uma cultura rústica, o uso de adubação pode incrementar a sua produtividade. Porém, se feita de maneira inadequada, pode gerar impactos ao meio ambiente. Uma maneira de contornar esse problema é a utilização de microrganismos promotores de crescimento de plantas. Visto isso, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência de microrganismos no crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 7 tratamentos (T1: *Azospirillum brasilense*, T2: *Pseudomonas fluorescens*, T3 *Bacillus pumilus*, T4: *Bacillus amyloliquefaciens*, T5: *Trichoderma hazianum*, T6: *Bacillus subtilis*, T7: Controle.) com 4 repetições. O experimento foi colhido na Fase de prefloração (aos 42 dias do plantio) para avaliação. As variáveis analisadas constaram de: altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), fitomassa seca da parte aérea (FSPE), fitomassa fresca de raiz (FFR), fitomassa seca de raiz (FSR), volume fresco de raiz (VFR), volume seco de raiz (VSR), massa seca de nódulos (MSN) e número de nódulos (NN), para avaliar a interação dos microrganismos com a nodulação natural. Os dados foram submetidos à análise de variância no programa estatístico Agroestat, e as médias comparadas a 5% de probabilidade no teste Tukey. O tratamento T1 (inoculado com *Bacillus subtilis*) mostrou influência no crescimento e desenvolvimento do feijão caupi, sendo o microrganismo com mais destaque nas variáveis.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal, bioinsumos, agricultura sustentável.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Raízes de plantas de feijão Caupi sendo lavadas em água corrente com auxílio de peneira .....	10
--	----

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Características químicas do solo Neossolo flúvico cultivado com feijão sob inoculação de microrganismos. Juazeiro Ba 2025 .....9
- Tabela 2:** Altura de planta (AP) aos 15 dias após a inoculação (DAI), Altura final de plantas (AFP) e diâmetro do caule (DC) de plantas de feijão-caupi cultivar BRS Acauã inoculadas em vaso, Juazeiro BA, 2025.....11
- Tabela 3:** Fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de plantas de feijão-caupi cultivar BRS Acauã inoculadas em vaso. Juazeiro BA, 2025....12
- Tabela 4:** Fitomassa fresca da raiz (FFR) em gramas, fitomassa seca da raiz (FSR) em gramas, volume fresco da raiz (VFR) e volume seco da raiz (VSR) de plantas de feijão-caupi cultivar BRS Acauã inoculadas em vaso, Juazeiro BA, 2025. ....14
- Tabela 5:** Valores de Número de nódulos (N. Nódulos) e massa seca de nódulos (MS. Nódulos) de plantas de feijão caupi cultivar BRS Acauã inoculadas em vaso. Juazeiro BA, 2025.15

## **Sumário**

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>16</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>17</b>

## INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma planta da família Fabaceae, originário da África, e trazido para o Brasil junto com o movimento de colonização. A cultura adaptou-se bem as condições climáticas e atualmente é bastante cultivada em todo o território nacional (De Sousa *et al.*, 2021). Com interesse nos seus grãos ricos em proteínas, minerais como ferro, zinco e magnésio, fibras alimentares e capacidades antioxidantes a cultura se tornou um componente chave na dieta de muitos brasileiros (Gomes *et al.*, 2024).

Segundo o levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na safra de 2023/2024 estimou-se uma produção de 696 mil toneladas, sendo o Norte/Nordeste responsável por 578 mil toneladas e detentores das maiores áreas cultivadas. Em termos de produtividade, os maiores rendimentos são alcançados pelo centro sul, passando dos 1000 kg ha<sup>-1</sup>

As regiões Norte e Nordeste tem médias de produtividade próximas a 400 kg ha<sup>-1</sup>. Embora a produtividade seja baixa, o Nordeste é detentor das maiores áreas plantadas. Essa baixa produtividade é reflexo da falta de acesso dos produtores a técnicas que incrementem a produção como o uso da irrigação e adubação do solo (Andrade *et al.*, 2023).

Para muitas cultivares de feijão-caupi, essa grande diferença na produtividade é devida não somente ao material genético, mas também ao não uso de irrigação. Enquanto áreas de sequeiro a média gira em torno de 400 kg ha<sup>-1</sup> em áreas irrigadas essa produtividade fica na faixa dos 1000 kg ha<sup>-1</sup> (De Souza *et al.*, 2022). O uso de correção do solo e adubação, além de fornecer nutrientes as plantas, facilitam a sua absorção e desenvolvimento (De Moura Guerra *et al.*, 2020).

A correção do solo reduz a acidez, aumentando o pH para um faixa onde a disponibilidade de todos os nutrientes esteja disponível no máximo possível e com uso de adubos minerais pode proporcionar ainda mais a disponibilidade de nutrientes (Rosa *et al.*, 2020). Contudo, além elevar os custos de produção, uma vez que o Brasil ainda tem muita dependência de outros países por matéria-prima (Pereira; Diniz; Rezende 2020), o uso de fertilizantes também causa impactos ambientais.

Se a adubação for feita de forma inadequada pode haver toxidez nas plantas, acúmulo de sais no solo, desequilíbrio nutricional e, em condições de chuvas intensas, contaminação de fontes de água (De Souza *et al.*, 2023).

O manejo da adubação é uma prática que requer cuidados devido ao grande dinamismo dos elementos no solo. Um dos elementos mais dinâmicos no solo é o nitrogênio (N). Quanto maior a quantidade do elemento acrescentada ao solo, mais intensa serão as reações do ciclo. Dependendo das condições do meio, o elemento poderá ser convertido em formas assimiláveis pelas plantas ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) ou não, como o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) que é um gás poluente contribuinte do efeito estufa (De Oliveira, 2024).

Assim como o nitrogênio, o fósforo (P) também tem sua importância como macronutriente para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Porém, dependendo das condições de solo, o P pode ser indisponibilizado para as plantas. Em pH elevado pode reagir com cálcio e em pH ácido pode precipitar com elementos como o ferro e alumínio (Rossi *et al.*, 2020).

Uma alternativa para aumentar o aproveitamento dos adubos e por consequência diminuir a quantidade necessária, seria utilizar de técnicas como a inoculação de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCPs), que em associação proporcionam uma série de benefícios aos vegetais (Porto *et al.*, 2022).

Dentre os mais diversos benéficos está a fixação biológica de nitrogênio (FBN) que pode ser utilizada de maneira a contornar os efeitos negativos da desnitrificação. Na FBN o nitrogênio atmosférico ( $\text{N}_2$ ) é convertido em formas assimiláveis pelas plantas (Silva; Freire, 2024). Existem também microrganismos capazes de aumentar a disponibilidade de fósforo por meio da solubilização do P adsorvido para forma de ortofosfato que é assimilável pelas plantas (Cosmo, 2022).

Além da capacidade de realizar a FBN e solubilizar nutrientes, os MPCPs também possuem a capacidade de induzir a produção de fito hormônios como auxinas, giberelinas, ácido abscísico e o etileno que influenciam diretamente nos processos fisiológicos que ocorrem dentro da planta. Também produzem sideróforos e antibióticos promovendo indução de resistência a doenças. Com isso, são capazes de promover crescimento da parte aérea, raízes e frutos e até induzir o processo de germinação (Goulart, 2024).

Para fazer uso dos MPCPs é preciso compreender que a interação do microrganismo com a planta depende da relação entre eles, visto que isto varia de espécie para espécie. Diante do exposto, o trabalho objetivou avaliar a influência de microrganismos no crescimento e desenvolvimento do feijão caupi.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade do Estado da Bahia - DTCS/UNEB, campus III, Juazeiro - Bahia. Foram utilizados vasos com capacidade para 5,0 kg de solo. O solo utilizado foi um Neossolo Flúvico coletado no campo experimental DTCS/UNEB, na camada 0-0,20 m, com as seguintes características:

**Tabela 1:** Características químicas do solo Neossolo flúvico cultivado com feijão sob inoculação de microrganismos. Juazeiro Ba 2025

pH	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	T	t	V	m	CE	PST
H <sub>2</sub> O	mg kg <sup>-1</sup>	-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----						-----%-----		dS/m	%			
6,2	7,6	0,17	0,01	1,6	0,37	0	0,48	2,15	2,63	2,15	82	0	0,34	0,3

peneirado, na malha de abertura de 6 mm, para eliminar pedaços de rochas e fragmentos maiores de matéria orgânica e adicionado aos vasos. Com base na análise foi realizada uma adubação de fundação com o fertilizante super fosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), de acordo com as recomendações do Manual de Recomendação de Adubação para o Estado do Pernambuco, para a cultura.

O esquema de condução do trabalho foi em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 7 tratamentos utilizando 6 produtos comerciais cedidos pelo Laboratório de Microbiologia do Solo do DTCS/UNEB (LAMISO), cada um dos seguintes microrganismos inoculados (T1: *Azospirillum brasilense*, T2: *Pseudomonas fluorescens*, T3 *Bacillus pumilis*, T4: *Bacillus amyloliquefaciens*, T5: *Trichoderma hazianum*, T6: *Bacillus subtilis*, T7: Controle.), com 4 repetições. Todos os tratamentos foram inoculados após o desbaste das plântulas, que ocorreu aos 4 dias após a semeadura. Por planta foram utilizados 2,0 mL de inoculante. A cultivar de feijão-caupi utilizada foi a BRS Acauã. Foram semeadas quatro (4) sementes por vaso após a emergência foi realizado o desbaste mantendo duas plantas/vaso.

A irrigação foi feita com base na determinação da capacidade de vaso. Cinco vasos foram colocados em caixa d'água preenchida com 2/3 da altura do vaso por 24 horas para atingir a saturação. Logo em seguida foram retirados para que o excesso de água fosse drenado e, a partir disso, realizou-se a pesagem dos vasos em sua capacidade de vaso. As irrigações foram realizadas subtraindo o peso do vaso na sua capacidade máxima de retenção de água pelo peso do vaso verificado diariamente. A diferença verificada correspondia ao volume de água (mL) para reposição para que o solo retornasse à capacidade de vaso.

Aos quinze dias após a inoculação foi realizada determinação da altura das plantas. O experimento foi conduzido até o período da pré floração da cultura. Aos 42 dias o experimento foi colhido e determinado: fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em balança de precisão, comprimento da planta (CP) com auxílio de uma trena e diâmetro do caule (DC) utilizando de um paquímetro digital. O sistema radicular foi separado da parte aérea e lavado em água corrente com auxílio de uma peneira (figura 2).



Figura 1: Raízes de plantas de feijão Caupi sendo lavadas em água corrente com auxílio de peneira.

Com relação ao sistema radicular foram avaliados: fitomassa fresca de raiz (FFR), fitomassa seca de raiz (FSR), avaliados em balança de precisão, volume de raiz fresca (VRF) e volume de raiz seca (VRS), avaliados em proveta. Com os nódulos destacados da raiz, foram quantificados a massa seca de nódulos (MSN) e número de nódulos (NN), para avaliar os efeitos dos microrganismos inoculados sobre a nodulação natural, pois, nenhum deles é nodulante. Para as variáveis que necessitaram de secagem, estas foram submetidas a estufa de circulação forçada de ar a 68°C até obtenção de peso constante (aproximadamente 72 horas).

Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas adotando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade fazendo-se uso do programa computacional Agroestat.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das avaliações da altura das plantas - aos quinze dias após a inoculação (DAI) e por ocasião da colheita final, e o diâmetro do caule estão na Tabela 2. Foi observado que aos

na primeira avaliação, 15 DAI apresentaram diferença estatísticas sendo que apenas o tratamento T6 (*Bacillus subtilis*), apresentou diferença estatística em relação tratamento T7 (controle) e o T4 (*Bacillus amyloliquefaciens*). Para o diâmetro do caule, os tratamentos T3 (*Bacillus pumilus*) T5 (*B. subtilis*) e T6 (*Trichoderma harzianum*) deferiram do T7 (controle), não deferindo dos demais tratamentos para essa variável

**Tabela 2:** Altura de planta (AP) aos 15 dias após a inoculação (DAI), Altura final de plantas (AFP) e diâmetro do caule (DC) de plantas de feijão-caupi cultivar BRS Acauã inoculadas em vaso, Juazeiro BA, 2025.

Tratamentos	AP 15 DAI	AFP	DC
T1: <i>Azospirillum brasilense</i>	27,00 ab	150,75 a	4,9 ab
T2: <i>Pseudomonas fluorences</i>	26,50 ab	148,50 a	5,1 ab
T3 <i>Bacillus pumilus</i>	28,75 ab	169,00 a	5,4 a
T4: <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	26,00 b	146,75 a	4,9 ab
T5: <i>Trichoderma hazianum</i>	32,00 ab	147,75 a	5,3 a
T6: <i>Bacillus subtilis</i>	39,75 a	164,25 a	5,7 a
T7: Controle	25,00 b	139,75 a	4,1 b
CV	13,5	43,0	8,6

Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

O feijão-caupi é uma planta de crescimento indeterminado, ou seja, seu crescimento não para quando chega o período de produção, porém é nesse momento que uma planta com maior porte resultará em uma planta com volume de produção maior devido a uma maior quantidade de reservas que a mesma irá conter (Souza *et al.*, 2023). A quantidade de reserva acumulada pela planta ainda irá influenciar no ponto de colheita de grão, dada as condições que elas apresentarem pode provocar desuniformidade no ponto de colheita dos grãos já que os mesmos necessitam de estarem no ponto de maturação, em seu máximo de acúmulo de reserva para serem colhidos e quem irá determinar esse ponto é a planta que vai translocar as reservas para os grãos (Miguel *et al.*, 2023). Um desarranjo no tamanho das plantas dentro de uma área pode trazer desuniformidade no momento da colheita.

Um maior acúmulo de reservas pelas plantas também é um importante fator no nível de estresse que a planta suporta. Quanto melhor o estado nutricional melhor será o desempenho quando submetidos a estresses (Sousa *et al.*, 2024). Em situações de plantio de sequeiro, em que a única situação existente para o agricultor é a irregularidade das chuvas, uma planta que se desenvolva mais rapidamente como demonstrado pelo tratamento com *B. subtilis*, representa uma planta com maior capacidade de estabelecimento no campo caso ocorra uma possível estiagem.

O porte da planta é indicativo do estado nutricional que também é ponto chave não só na produção e tolerância a estresses, mas também na resistência a pragas e doenças. Plantas menos nutridas são mais susceptíveis ao ataque de pragas e doenças, acentuando ainda mais os efeitos deletérios no crescimento e desenvolvimento da planta e no volume de produção.

Almeida (2022) observou que a inoculação de microrganismos proporcionou as plântulas um vigoroso crescimento inicial devido um aumento na absorção de água e nutrientes e aumento na produção de fitohormônios como auxinas e citocininas. Isto condiz com o que foi observado no presente estudo, uma vez que, por mais que a altura final não tenha apresentado diferença entre os tratamentos, no crescimento inicial do vigna a inoculação com *B. subtilis* apresentou maior tamanho.

Para a variável de fitomassa fresca da parte aérea os tratamentos não apresentaram diferença estatística. Já em relação a fitomassa seca da parte aérea, o tratamento em que o *B. subtilis* foi inoculado apresentou diferença em relação aos tratamentos T2 (*Pseudomonas fluorescens*), T4 (*Bacillus amyloliquefaciens*), T5 (*Trichoderma harzianum*) e T7 (controle), com diferença de 23%, na FSPA para o controle. Os tratamentos que receberam a inoculação com *B. pumilus* e *A. brailense* não diferiram estatisticamente do tratamento com *B. subtilis* para essa mesma variável, Tabela 4.

**Tabela 3:** Fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de plantas de feijão-caupi cultivar BRS Acauã inoculadas em vaso. Juazeiro BA, 2025.

Tratamentos	FFPA	FSPA
<b>T1: <i>Azospirillum brasilense</i></b>	60,75 a	17,38 ab
<b>T2: <i>Pseudomonas fluorescens</i></b>	62,25 a	16,59 bc
<b>T3 <i>Bacillus pumilus</i></b>	65,25 a	18,10 ab
<b>T4: <i>Bacillus amyloliquefaciens</i></b>	60,50 a	16,66 bc
<b>T5: <i>Trichoderma harzianum</i></b>	66,00 a	17,01 bc
<b>T6: <i>Bacillus subtilis</i></b>	57,75 a	19,51 a
<b>T7: Controle</b>	54,50 a	14,84 c
<b>CV</b>	9,15	6,32

Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

A fitomassa da parte aérea de planta é uma variável que serve de indicativo da atividade fisiológica da planta. Quando há alterações nas condições em que as plantas estão submetidas, há uma mudança nas condições de disponibilidade de água e disponibilidade de nutrientes. Estas alterações podem fazer com que a planta passe a ter comprometimento no seu

metabolismo e, em situações deletérias isto pode reduzir a resposta do crescimento da planta (Tagliaferre *et al.*, 2013).

Não houve diferença estatística ente os tratamentos, para massa fresca da parte aérea pode estar atribuído ao sistema de manejo do fornecimento de água e nutrientes, onde as inoculações e o tratamento do controle receberam condições de desenvolvimento adequadas.

Carvalho *et al.* (2013) testando lâminas de irrigação e fertilização do solo, em pinhão manso, observaram a ocorrência de incremento no crescimento das plantas em função do aumento da lâmina de irrigação, mostrando que as mesmas se desenvolvem melhor quando a umidade no solo se encontra em faixas ótimas.

Em relação a fitomassa seca da parte aérea não foi observada diferença nos tratamentos T1 – (*Azospirillum braslenses*) T3 (*Bacillus pumilus*) e do T6 (*Bacillus subtilis*) muito provavelmente está relacionado a uma boa simbiose entre os microrganismos e as plantas de feijão caupi, promovendo maior aporte de matéria seca dado a capacidade de induzir a síntese de fitohormônios na planta.

A síntese desses hormônios está associada a transformação de nutrientes, como a ureia em amônio e solubilização no caso do fosfato, promovendo assim maior disponibilidade de nutrientes as plantas, elementos essenciais na atividade fotossintética, divisão celular e produção de adenosinas (Zucareli *et al.*, 2013).

Santos *et al.* (2024) testando épocas de aplicação de *B. subtilis* juntamente com fontes de fósforo observou que a aplicação combinada de *B. subtilis* e NPK no estágio vegetativo V4 alcançou a maior média para número de vagens por planta e para produtividade, atribuindo isto a maior tempo para estabelecimento da bactéria e promoção da síntese de fitohormônios e solubilização de fosfato.

Wasmuth *et al.* (2024) Avaliando diferentes doses em duas formas de inoculação de *A. brasilense* demonstrou que o aumento na dose de inoculante proporcionou maior fitomassa seca da parte aérea de plantas de feijão comum.

Isto corrobora com o destaque desses tratamentos em relação ao controle na fitomassa seca, sendo associado a uma boa capacidade desses três microrganismos em se associar com a espécie vegetal em questão (feijão-caupi).

Em relação a massa fresca da raiz o tratamento com T2- *Pseudomonas fluorences* mostrou desempenho menor em relação ao tratamento com T6 - *Bacillus subtilis*, porém, com relação a massa seca da raiz, T2- *Pseudomonas fluorences* mostrou melhores resultados juntamente com o tratamento do *Azospirillum brasilense* em comparação aos demais Tabela 5.

Com relação ao volume seco da raiz, o tratamento com *Trichoderma harzianum* não diferiu dos demais tratamentos de inoculação, no entanto, teve diferença significativa do tratamento controle.

**Tabela 4:** Fitomassa fresca da raiz (FFR) em gramas, fitomassa seca da raiz (FSR) em gramas, volume fresco da raiz (VFR) e volume seco da raiz (VSR) de plantas de feijão-caupi cultivar BRS Acauã inoculadas em vaso, Juazeiro BA, 2025.

Tratamentos	FFR	FSR	VFR	VSR
<b>T1: <i>Azospirillum brasilense</i></b>	20,00 ab	2,25 a	21,50 a	4,00 ab
<b>T2: <i>Pseudomonas fluorences</i></b>	17,75 b	2,10 a	19,50 a	4,50 ab
<b>T3 <i>Bacillus pumilis</i></b>	19,25 ab	1,75 b	20,50 a	4,50 ab
<b>T4: <i>Bacillus amyloliquefaciens</i></b>	18,75 ab	2,04 b	19,25 a	4,75 ab
<b>T5: <i>Trichoderma harzianum</i></b>	20,50 ab	2,05 b	19,75 a	5,75 a
<b>T6: <i>Bacillus subtilis</i></b>	24,25 a	2,14 b	25,75 a	4,50 ab
<b>T7: Controle</b>	18,75 ab	1,74 b	20,00 a	3,00 b
<b>CV</b>	5,5	0,79	6,64	2,03

Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

O crescimento e desenvolvimento do sistema radicular é ligado a disponibilidade de água e nutrientes no solo, sendo que na maioria das espécies a maior concentração das raízes absorventes se localizam nos primeiros 20cm de profundidade, pois é a zona onde a matéria orgânica está sendo transformada e sendo mineralizada por agentes de decomposição (Santi *et al.*, 2024).

A presença de microrganismos na região muito próxima a raiz da planta tem grande influência nessa transformação, pois muitos deles são agentes de mineralização, transformando diretamente moléculas ou liberando substâncias como sideróforos que alteram as ligações dos elementos no solo (Raimam, 2023).

Com a inoculação de microrganismos nas plantas de feijão é preciso atentar-se para a eficiência simbiótica entre os dois, uma vez que naturalmente o solo pode possuir microrganismos capazes de estabelecer simbiose com a planta e com isto mitigar a ação do microrganismo introduzido devido uma maior capacidade de atividade e competição (Saccon, 2023).

Na fitomassa fresca da raiz e no volume desse material ainda fresco apenas o *B. subtilis* que apresentou diferença da *P. fluorences* no volume fresco da raiz. Isso condiz com o que foi observado por Barbosa *et al.* (2024) que estudando o controle de *Meloidogyne sp.* em alface onstatou que o *B. subtilis* além de ser capaz de controlar o patógeno ainda foi capaz de promover maior massa fresca associando ao aporte de água na raiz.

Porém, após a retirada da umidade, a *P. fluorences* e o *A. brasilense* mostrou diferença do controle negativo na fitomassa seca Barros *et al.* (2023) relata que a inoculação de *A. brasilense* juntamente com estirpes de *Bradyrhizobium* mostrou potencial em incrementar no acúmulo de biomassa em plantas de feijão caupi demonstrando demonstrando boa relação da bactéria com as plantas de feijão caupi.

No volume seco o *Trichoderma hazianum* mostrou diferença do controle negativo demonstrando efeitos benéficos resultante da simbiose que para Pedro *et al.* (2012) está relacionado a uma serie de mecanismos entre eles o aumento na absorção e translocação de nutrientes pelas plantas.

Na avaliação dos efeitos sobre a nodulação os tratamentos não apresentaram diferença estatística Tabela 5.

**Tabela 5:** Valores de Número de nódulos (N. Nódulos) e massa seca de nódulos (MS. Nódulos) de plantas de feijão caupi cultivar BRS Acauã inoculadas em vaso. Juazeiro BA, 2025.

Tratamentos	N. Nódulos	MS. Nódulos
<b>T1: <i>Azospirillum brasilense</i></b>	92,25 a	0,3866 a
<b>T2: <i>Pseudomonas fluorences</i></b>	113,50 a	0,3702 a
<b>T3 <i>Bacillus pumilus</i></b>	76,50 a	0,3236 a
<b>T4: <i>Bacillus amyloliquefaciens</i></b>	91,00 a	0,3605 a
<b>T5: <i>Trichoderma hazianum</i></b>	96,50 a	0,3964 a
<b>T6: <i>Bacillus subtilis</i></b>	117,75 a	0,3940 a
<b>T7: Controle</b>	79,50 a	0,2977 a
<b>CV</b>	65,67	0,22

Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

O feijão-caupi é conhecido como uma planta capaz de formar nódulos quando se associam a microrganismos que produzam proteínas que sirvam como sinalizadores para a formação de nódulos. Bactérias do gênero *Bradyrhizobium* são um exemplo, e as mesmas ainda

são capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio e beneficiar o crescimento das plantas (Wangthaisong *et al.*, 2023).

microrganismos que são capazes de formar nódulos ainda necessitam de ter a capacidade de competir com a população de espécies de microrganismos habitantes do solo seja por recursos ou sítios de trocas nas raízes das plantas (Leite *et al.*, 2022). Na cultura do feijão-caupi já existe recomendações de cepas de rizóbios para realização de FBN. A coinoculação com mais de uma espécie diferente pode influenciar negativamente o desempenho dos mesmos devido a uma incompatibilidade entre os dois (Nascimento *et al.*, 2023).

A não diferença para todas as variáveis de nodulação pode ser assimilada a uma compatibilidade entre os microrganismos inoculados e a bactérias nodulantes, pois por mais que não tenha ocorrido diferença positiva também não houve negativa, e nenhuma das espécies inoculadas são conhecidas como nodulantes.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nas condições em que o experimento foi conduzido, os tratamentos T1, T3 e T6, inoculados com *Azospirillum brasilense*, *Bacillus pumilus* e *Bacillus subtilis*, respectivamente, foram mais efetivos em contribuir com o incremento de fitomassa aérea seca do feijão-caupi.

Os microrganismos mais efetivos em promover maior fitomassa seca de raiz do feijão-caupi foram o *Azospirillum brasilense* (T1) e *Pseudomonas fluorescens* (T2).

A inoculação de microrganismos na cultura do feijão-caupi surge como resposta a busca por uma agricultura mais sustentável e menos dependente de insumos químicos industrializados.

## REFERÊNCIAS

Almeida, S. C. M. Seleção de bactérias diazotróficas não simbióticas solubilizadoras de fosfatos. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), 2022. 42 f. Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Rio Largo. 2022.

ANDRADE, M. F.; SIQUEIRA, T. da S.; SOUZA, J. C. G. de; CARVALHO, L. H. M.; SILVA, M. A. D. da; SIMPLÍCIO, J. B. Fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi em resposta à inoculação com *Bradyrhizobium* e diferentes doses de molibdênio. *Delos: Desarrollo Local Sostenible*, [S.L.], v. 16, n. 45, p. 1748-1759, 21 ago. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.55905/rdelosv16.n45-017>.

BARBOSA, J. A.; PAULA, C. P. de; ESTIMÉ, R. B.; MARQUES, R. B.; VENEGA, R. de S.; RODRIGUES, C. S.; SOUSA, A. S. de; CHAGAS JÚNIOR, A. F. *Bacillus subtilis* no controle do nematóide da galha em alface. *Observatório de La Economía Latinoamericana*, [S.L.], v. 22, n. 9, p. 6859, 25 set. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.55905/oelv22n9-171>.

BARROS, B. G. A.; PASSOS, P. P. dos; JESUS JÚNIOR, P. R. B. de; FÉLIX, A. T. R.; OLIVEIRA, A. dos S.; CASSIMIRO, N. de S.; MARTINS, L. M. V. A co-inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium spp.* promove crescimento em feijão-caupi no Semiárido Baiano. *Scientific Electronic Archives*, [S.L.], v. 17, n. 5, p. 1, 28 ago. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.36560/17520241968>.

CARVALHO, C. M. de; VIANA, T. V. de A.; MARINHO, A. B.; LIMA JÚNIOR, L. A. de; VALNIR JÚNIOR, M. Pinhão-manso: crescimento sob condições diferenciadas de irrigação e de adubação no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.L.], v. 17, n. 5, p. 487-496, mai. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662013000500004>.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira: 11º Levantamento - Safra 2023/2024. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, p. 31. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>

COSMO, L. Uso de bioestimuladores na solubilização de fósforo no solo. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), 34 f. Universidade Norte do Paraná -

UNOPAR, Ponta Grossa. 2023. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/cogna/pages/home/>.

GUERRA, A. M. N. de M.; SILVA, M. G. M.; EVANGELISTA, R. S.; SANTOS, E. B. dos. Parcelamento de doses de K<sub>2</sub>O sobre a produção de feijão-caupi. *Scientia Plena*, [S.l.], v. 16, n. 8, 2020. doi: 10.14808/sci.plena.2020.089901. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/5466>. Acesso em: 5 set. 2024.

DE OLIVEIRA, F. F. Fixação biológica de nitrogênio e emissões de gases de efeito estufa em cultivos irrigados de gramíneas e leguminosas no Semiárido. 2024. 96 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2024.

DE SOUSA, I. S. F.; FERREIRA, C. M. Aspectos histórico-culturais do arroz e do feijão na sociedade brasileira. In: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Arroz e feijão**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. p. 47.

DE SOUZA, P. J. O. P.; RAMOS, T. F.; FIEL, L. C. S.; NUNES, H. G. G. C.; FARIAS, V. D. S.; SOUSA, D. de P. Partição de assimilados no feijão-caupi irrigado por gotejamento em Castanhal-PA. *Irriga*, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 64-78, 28 mar. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2022v27n1p64-78>.

DE SOUSA, J. T. M.; SOUSA, G. G. de; SILVA, E. B. da; VIANA, T. V. de A.; FREIRE, M. H. da C.; SIMPLÍCIO, A. Á. F. Desempenho agrônômico de genótipos de amendoim sob estresse salino e diferentes formas de adubação. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 1-17, 30 jun. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2023v16n2e9707>.

FERNANDES, J. P. T.; NASCENTE, A. S.; CARVALHO, P. C. de F.; DOMINSCHEK, R.; SANTOS, F. L. de S.; MORAES, A. de; BIER, V. A.; SILVA, D. C. Microrganismos promotores de crescimento de plantas - Trichoderma e Azospirillum: otimizando a cultura do milho em sistemas integrados de produção agropecuária. *Contribuciones A Las Ciencias Sociales*, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 1, 29 fev. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.55905/revconv.17n.2-386>.

GOMES, F. O.; SILVA, I. C. V.; FRANCO, L. J. D.; HASHIMOTO, J. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. de M. Chemical and mineral composition of the raw and cooked

immature grains of cowpea genotypes. *Revista Caatinga*, [S.L.], v. 37, p. 1-9, 2024. doi: 10.1590/1983-21252024v37i11727rc.

GOULART, R. C. da S. Produção de fitormônios por cepas do fungo *Aspergillus niger*. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2024.

LEITE, R. de A.; MARTINS, L. C.; FERREIRA, L. V. S. F.; BARBOSA, E. S.; ALVES, B. J. R.; ZILLI, J. E.; ARAÚJO, A. P.; JESUS, E. da C. Co-inoculation of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* promotes growth and yield of common beans. *Applied Soil Ecology*, [S.L.], v. 172, p. 104356, abr. 2022. doi: 10.1016/j.apsoil.2021.104356.

MIGUEL, J. A. de C.; TEIXEIRA, R. de K. S.; ABREU, Â. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, E. A. de. Variability among common bean lines for maximum dry matter accumulation in the grains. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [S.L.], v. 58, p. 1-25, 2023. doi: 10.1590/s1678-3921.pab2023.v58.03180.

NASCIMENTO, E. C. S. do; SOUZA, A. R. de; NASCIMENTO, R. do; SILVA, A. A. R. da; BEZERRA, C. V. de C.; LIMA, R. F. de; GUIMARÃES, R. F. B.; BATISTA, M. C. Co-inoculation with *Bradyrhizobium spp.* and *Azospirillum brasilense* in cowpea under salt stress. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 3-8, jan. 2023. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v27n1p3-8.

PEDRO, E. A. de S.; HARAKAVA, R.; LUCON, C. M. M.; GUZZO, S. D. Promoção do crescimento do feijoeiro e controle da antracnose por *Trichoderma spp.* *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [S.L.], v. 47, n. 11, p. 1589-1595, nov. 2012. doi: 10.1590/s0100-204x2012001100005.

PEREIRA, B. O. H.; DINIZ, D. A.; REZENDE, C. F. A. Adubação organomineral e mineral no desempenho agrônômico do milho e alterações químicas do solo. *Brazilian Journal of Development*, [S.L.], v. 6, n. 8, p. 58694-58706, 2020. doi: 10.34117/bjdv6n8-325.

PORTO, E. M. V.; TEIXEIRA, F. A.; FRIES, D. D.; JARDIM, R. R.; AMARO, H. T. R.; SANTOS FILHO, J. R. dos; SANTOS, J. P. dos; JESUS, F. M. de; SILVA, H. S.; VIEIRA, T. M. <sup>1</sup> Microrganismos promotores de crescimento de plantas como mitigadores do estresse hídrico em pastagens: uma revisão narrativa. *Research, Society and Development*, [S.L.], v. 11, n. 11, p. 3, 31 ago. 2022. doi: 10.33448/rsd-v11i11.34029.

RAIMAM, M. P.; SILVA, L. L. A complexa e dinâmica rede de respostas químicas na rizosfera. In: [ORGANIZADOR(ES)], Ciências agrárias: limites e potencialidades em pesquisa - Volume 2. [S.l.]: Editora Científica Digital, 2023, p. 12-28. doi: 10.37885/230613535.

ROSA, W. B.; DUARTE JÚNIOR, J. B.; COSTA, A. C. T. da; LANA, M. do C.; QUEIROZ, S. B.; PEREGO, I.; ABRAÃO, P. C. Desempenho agrônômico e viabilidade econômica da adubação nitrogenada e molíbdica no feijão comum / Agronomic performance and economic viability of nitrogen and molybdc fertilization in common beans. *Brazilian Journal of Development*, [S.L.], v. 6, n. 9, p. 65815-65831, 2020. doi: 10.34117/bjdv6n9-129.

ROSSI, A. C. M.; KUSANO, D. M.; LOPES, F. de S.; SILVA, M. A. C. da. Distribuição vertical de fósforo no solo proveniente do superfosfato triplo. *Research, Society and Development*, [S.L.], v. 9, n. 10, p. 1, 10 out. 2020. doi: 10.33448/rsd-v9i10.8894.

SACCON, S. dos S. Fixação biológica e desenvolvimento do feijão em resposta à inoculação com duas estirpes de *Rhizobium tropici*. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, [S.L.], v. 9, p. e022007, 2022. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rbic/article/view/563>. Acesso em: 6 jan. 2025.

SANTI, A. L.; GUTHEIL, A.; CONTI, A. F. de; BORGES, M. A. F.; PIETROSKI, J. P. M.; SCHARDONG, V. E.; ROSSI, E. Diagnóstico da variabilidade espacial e vertical da fertilidade do solo. *Brazilian Journal of Development*, [S.L.], v. 10, n. 10, p. 73524, 10 out. 2024. doi: 10.34117/bjdv10n10-029.

SANTOS, M. M. dos; SOUSA, A. da C.; FIDELIS, R. R.; MONTELO, A. B.; SANTOS, M. G. dos; RIBEIRO, R. R.; AGUIAR, R. W. de S.; SANTOS, W. F. dos. Comportamento de feijão-caupi em função da aplicação de fontes de fósforo em associação com a bactéria *Bacillus subtilis*. *Observatório de La Economía Latinoamericana*, [S.L.], v. 22, n. 10, p. 6981, 3 out. 2024. doi: 10.55905/oelv22n10-018.

SILVA, F. C. da; FREIRE, F. J. (Org.). Inovação e desenvolvimento em cana-de-açúcar: manejo, nutrição, bioinsumos, recomendação de corretivos e fertilizantes. Brasília, DF; Recife: Embrapa; Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2024. cap. 11, p. 387-412.

SOUZA, T. M. A. de; SOUTO, L. S.; DUTRA FILHO, J. de A.; SANTOS, C. S. de A.; SILVA, L. de A.; PEIXOTO, T. D. C.; SÁ, F. V. da S. Cowpea growth and production under water stress and soil mulching. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.L.], v. 28, n. 3, p. 1, mar. 2024. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v28n3e271643

SOUZA, J. V. L. de; SIMPLÍCIO, J. B.; ORESCA, D.; SOUZA, J. C. G. de; JÚNIOR, B. C.; OLIVEIRA, A. C. de. Desenvolvimento inicial do feijão-caupi em resposta à fertilização nitrogenada e molibdênica. *Revista Geama*, v. 9, n. 1, p. 11-17, 2023. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/4241>. Acesso em: 20 de Dez de 2024.

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T. J.; SANTOS, L. da C.; SANTOS NETO, I. J. dos; ROCHA, F. A.; PAULA, A. de. Características agronômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. *Revista Ceres*, [S.L.], v. 60, n. 2, p. 242-248, abr. 2013. doi: 10.1590/s0034-737x2013000200013.

WANGTHAISONG, P.; PIROMYOU, P.; SONGWATTANA, P.; WONGDEE, J.; TEAMTAISONG, K.; TITTABUTR, P.; BOONKERD, N.; TEAUMROONG, N. The Type IV Secretion System (T4SS) Mediates Symbiosis between *Bradyrhizobium* sp. SUTN9-2 and Legumes. *Applied and Environmental Microbiology*, [S.L.], v. 89, n. 6, p. 32, 28 jun. 2023. doi: 10.1128/aem.00040-23.

WASMUTH, A. T.; VERSARI, L. R.; PEREIRA, K. G. S.; MOURA, J. V. B. de; SABINO, D. C. C.; PEREIRA, C. S. Diferentes formas de aplicação de *Azospirillum brasilense* na cultura do feijão comum. *Scientific Electronic Archives*, [S.L.], v. 17, n. 6, p. 1, 22 out. 2024. doi: 10.36560/17620241997.

ZUCARELI, C.; BARZAN, R. R.; SILVA, J. B. da; CHAVES, D. P.; Associação de fosfatos e inoculação com *Bacillus subtilis* e seu efeito no crescimento e desempenho produtivo do feijoeiro. *Revista Ceres*, [S.L.], v. 65, n. 2, p. 189-195, mar. 2018. doi: 10.1590/0034-737x201865020011.