

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA

CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA - CCCh

CURSO DE AGRONOMIA

**DENILSON DOS SANTOS SILVA**

**CULTIVO DE FEIJÃO CAUPI, CV. GUARIBA, EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE  
BIOINSUMOS NO LESTE MARANHENSE**

CHAPADINHA - MA

2022

**DENILSON DOS SANTOS SILVA**

**CULTIVO DE FEIJÃO CAUPI, CV. GUARIBA, EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE  
BIOINSUMOS NO LESTE MARANHENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Agronomia da Universidade  
Federal do Maranhão como requisito para  
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Mariléia Barros  
Furtado

CHAPADINHA - MA

2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Dos Santos Silva, Denilson.

CULTIVO DE FEIJÃO CAUPI, CV. GUARIBA, EM FUNÇÃO DA  
APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS NO LESTE MARANHENSE / Denilson Dos  
Santos Silva. - 2022.

35 p.

Orientador(a): Mariléia Barros Furtado.

Curso de Agronomia, Universidade Federal do Maranhão,  
Universidade Federal do Maranhão, 2022.

1. Análise econômica. 2. Organismos benéficos. 3.  
Vigna unguiculata (L.). I. Barros Furtado, Mariléia. II.  
Título.

**DENILSON DOS SANTOS SILVA**

**CULTIVO DE FEIJÃO CAUPI, CV. GUARIBA, EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE  
BIOINSUMOS NO LESTE MARANHENSE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em:

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Profa. Dra. Mariléia Barros Furtado  
(Orientadora)**

Professora do Curso de Agronomia, CCCh, UFMA

---

**Prof. Dr. Nítalo André Farias Machado**

Professor do Curso de Engenharia Agrícola, CCCh, UFMA

---

**Prof. Dr. José Roberto Brito Freitas**

Professor do Curso de Agronomia, CCCh, UFMA

## **DEDICATÓRIA**

À toda a minha família, dedico!

## AGRADECIMENTOS

À **Deus**, por tudo que tem me proporcionado na minha vida, mostrando-se que sempre é fiel as minhas orações. Guiando meus passos e sempre colocando pessoas boas na minha vida, me dando a certeza que está do meu lado para que eu possa chegar aos meus objetivos.

Aos meus pais, **Benedito Pereira da Silva** e **Edilene dos Santos Silva**, pelo amor pelo apoio, carinho, paciência. Impossível não me emocionar nesse momento por saber que tudo que sou e onde eu chegar é graças a vocês dois. Mãe como sou grato pelas vezes que a senhora foi uma mulher firme e disciplinadora.

Imensa gratidão aos meus irmãos e sobrinhos, **Breno dos Santos Silva**, **Denis dos Santos Silva** e **Walquíria** e sobrinhos **Grazielle**, **Glaucon** e **Douglas**, sou muito feliz por saber que quando estava chegando a minhas férias a alegria sempre era mesma em me receber de volta ao nosso lar, especial meu irmão **Breno** moramos boa parte juntos durante esse longo período que foi a faculdade, partilhando de tudo e um sempre ao lado outro.

Imensa gratidão aos meus amigos que convivemos aos períodos iniciais da faculdade onde morei em república juntamente com **Eduardo de Jesus**, **Rafael Bandeira** e **Marcelo Sousa**, onde cada uma era de cidade de família diferentes com culturas diferente, nunca vou esquecer dos nossos momentos de diversão das gargalhadas e boas histórias partilhadas com vocês.

É uma profunda felicidade fala de uma pessoa que se chama **Maria das Dores**, mas conhecida com **Tia Dorzinha** e **tio Francisco**, apesar de não serem meus parentes de laços sanguíneos, mas tem um carinho por mim da mesma forma que é com seus filhos, agradeço a **Tia Inês Arouche** em nome de toda família que costumo dizer que também me acolheram como parente. Gratidão aos meus amigos **José Matheus** em Nome de toda sua família pela amizade e companheirismo, e amigo **Paulo Roberto** por vulgo **Ceará**, outra pessoa que tenho como irmão em nome toda sua família meu amigo **Lucas Cardoso**.

Agradeço a minha orientadora, **Marileia Barros Furtado**, pela orientação e acolhimento ao grupo **PROCEMA**, meu grupo de pesquisa, a todos e imensa gratidão a cada um de vocês que contribuíram nas análises e no decorrer do meu experimento, aqui meu ciclo está se encerrando, mas brevemente serão vocês.

Agradeço a todos que me ajudaram durante essa empreitada a toda equipe das fazendas e empresa onde tive a oportunidade de estagiar, **Fazenda Cristina** do grupo **Rocha** em Vitorio Freire- MA em nome do meu amigo João Marcos Bandeira, por cada aprendizado agregou muito na minha carreira, também agradeço a todos da equipe **AGROMAR** por terem abertos as portas.

A todos **professores** do campus Centro de Ciências de Chapadinha - CCCh. Onde tem a frase de Isaac Newton que diz, “Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro dos gigantes”.

## RESUMO

O uso de bioinsumos representa uma alternativa ao uso de fertilizantes nitrogenados e também podem atuar como promotores de crescimento de plantas. Diante disso, objetivou-se avaliar a atuação de diferentes bioinsumos na cultura do feijão-caupi na Mesorregião do Leste Maranhense. O estudo foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados, comparando os seguintes tratamentos: C: Controle (sem inoculação); B: Inoculação com *Bradyrhizobium* sp.; BT: Inoculação com *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* sp.; BB: Inoculação com *Bradyrhizobium* sp. + *Bacillus subtilis* sp.; BTB: Inoculação com *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* sp. + *Bacillus megaterium* sp. O estudo avaliou a massa seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar (IAF), teor de clorofila, produtividade de grãos e análise econômica. O tratamento com *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* promoveu maior MSPA aos 30 DAE (dias após a emergência) em relação à testemunha. A utilização de bioinsumos promoveu maior IAF aos 15 e 30 DAE em relação à testemunha. O teor de clorofila não foi influenciado pela utilização de dos bioinsumos utilizados. Conclui-se que a coinoculação com *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* sp. promoveu melhor desempenho da parte aérea de feijão-caupi nas condições do presente estudo. A utilização de bioinsumos, inoculados ou coinoculados no feijão caupi, cv. Guariba, não promoveu aumento na produtividade de grãos. O feijão-caupi quando coinoculado com os bioinsumos *Bradyrhizobium* sp. + *Bacillus subtilis* sp. proporcionou maior receita líquida ao produtor.

**Palavras-chave:** análise econômica; organismos benéficos; *Vigna unguiculata* (L.).



## ABSTRACT

The use of biosums represents an alternative to the use of nitrogen fertilizers and can also act as plant growth promoters. Therefore, the objective was to evaluate the performance of different biosumos in cowpea crop in the East Maranhense Mesoregion. The study was conducted in a randomized block design, comparing the following treatments: C: Control (without inoculation); B: Inoculation with *Bradyrhizobium* sp.; BT: Inoculation with *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* sp.; BB: Inoculation with *Bradyrhizobium* sp. + *Bacillus subtilis* sp.; BTB: Inoculation with *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* sp. + *Bacillus megaterium* sp. The study evaluated shoot dry mass (MSPA), leaf area index (INA), chlorophyll content, grain yield and economic analysis. Treatment with *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* promoted higher MSPA at 30 DAE (days after emergence) in relation to *temunha* test. The use of biosumos promoted higher INA at 15 and 30 DAE in relation to the control. Chlorophyll content was not influenced by the use of biosumos used. It was concluded that coinoculation with *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* sp. promoted better performance of shoots of cowpea under the conditions of the present study. The use of biosumos, inoculated or coinoculated in cowpea, cv. Guariba, did not promote an increase in grain yield. Cowpea when coinoculated with *Bradyrhizobium* sp biosumos. + *Bacillus subtilis* sp. provided higher net revenue to the producer.

**Keywords:** beneficial organisms; economic analysis; *Vigna unguiculata* (L.).

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1. Objetivo Geral .....	13
2.2. Objetivos Específicos .....	13
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
3.1. Feijão-Caupi: Aspectos culturais e socioeconômicos .....	14
3.2 Bioinsumos.....	15
3.3. Inoculação ecoinoculação no feijão-caupi .....	17
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma leguminosa de grande importância socioeconômica para a região nordeste, sendo cultivada em grande parte por pequenos produtores rurais. O seu amplo cultivo se deve a sua alta rusticidade, boa qualidade e boa adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas, mas apresenta baixa produtividade (DESRAVINES et al., 2022). O feijão-caupi constitui-se na principal cultura de subsistência da região, sendo também, uma das alternativas de alimento para a população de baixa renda do nordeste brasileiro (ROCHA, 2019).

Em geral, as variedades de feijão-caupi apresentam ciclo curto, com boa capacidade de fixar nitrogênio atmosférico em simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio. Dentre as variedades de feijão-caupi, a BRS Guariba se destaca pela resistência ao acamamento e ao porte ereto, o que facilita a colheita, já que as vagens ficam posicionadas acima da folhagem (GONÇALVES et al., 2009).

A baixa produtividade do feijão-caupi na região meio-norte do Brasil se dá, principalmente, ao baixo uso de insumos agrícolas. Como forma de elevar a produtividade desta cultura no estado, baixar os custos de produção e elevar a renda do produtor rural, vislumbra-se à possibilidade de exploração da fixação biológica de nitrogênio (FBN) através da prática da inoculação das sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio.

Tradicionalmente, é comum o tratamento químico de sementes como forma de controlar os agentes fitopatogênicos presentes no solo e nas sementes das culturas. Porém, a utilização de bioinsumos para tratamentos biológicos tem aumentado bastante, em virtude, principalmente, do melhor desempenho das plântulas e maior produtividade das culturas (MACHADO et al., 2006).

A utilização de tratamento biológico tem se mostrado uma alternativa interessante, tendo em vista que sua utilização pode favorecer ainda mais a fixação biológica de nitrogênio, reduzir o uso dos produtos químicos e redução de microrganismos danosos à cultura, resultando em maiores produtividades. O emprego de bioinsumos é interessante, pois diz respeito à introdução de microrganismos antagonistas que atuam para conter as doenças e estimular o crescimento vegetal (PELZER *et al.*, 2011).

Nesse contexto, o emprego de bioinsumos assume grande importância, pois permite obter cultivos mais sustentáveis, reduzindo o uso de agrotóxicos e contribuindo com a preservação do meio ambiente. Assim, para a cultivar BRS Guariba existem poucas informações a respeito do emprego de bioinsumos. Com base no exposto, a presente proposta

de trabalho enfatiza avaliar as respostas produtivas e socioeconômica da cultivar BRS Guariba submetida ao emprego de diferentes bioinsumos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a atuação de diferentes bioinsumos na cultura do feijão-caupi, cv. BRS Guariba, cultivado em solo do leste maranhense.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- a) Analisar o desempenho dos bioinsumos sobre o crescimento da parte aérea das plantas de feijão-caupi;
- b) Verificar a atuação dos bioinsumos sobre a produtividade de grãos de feijão caupi;
- c) Fazer uma análise econômica da atuação dos diferentes bioinsumos sobre a produtividade da cultura.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Feijão-Caupi: Aspectos culturais e socioeconômicos

O feijão-caupi é uma leguminosa originária do continente africano, pertencente à família *Fabacea*, considerada como uma das mais versáteis e nutritivas entre as espécies cultivadas, apresentando grande plasticidade à adaptação em diferentes ambientes (SINGH et al., 2002; GUALTER, 2010). É considerada a principal leguminosa cultivada por pequenos e médios produtores das regiões norte e nordeste do Brasil (FREIRE FILHO et al. 2011; SOUSA et al. 2020).

Esta leguminosa pode ser cultivada em qualquer tipo de solo, apresentando melhores resultados associados à matéria orgânica; e bom desempenho em temperaturas entre 18 e 30 °C (CÂMARA e FREIRE FILHO, 2001). Em relação ao consumo de água, a cultura do caupi possui bom desenvolvimento em regiões com precipitação média de 250 a 500 mm anuais, tendo em vista que produz satisfatoriamente sem a necessidade de irrigação com precipitação de 300 mm anuais distribuídos regularmente durante seu ciclo vegetativo (CÂMARA e FREIRE FILHO, 2001; ALMEIDA, 2008; BASTOS et al., 2017).

Em suas raízes pode haver a formação de nódulos que em associação com bactérias fixadoras de nitrogênio (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, entre outras), fixam o nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>) e convertem em amônia, sendo incorporada em diversas formas de nitrogênio orgânico para posterior utilização pelas plantas (HUNGRIA et al., 2001; SAWADA et al., 2003; ZUFFO et al., 2022).

De acordo com Dourado Neto e Francelli (2000), durante o seu desenvolvimento o feijão-caupi apresenta duas fases distintas, denominadas de fase vegetativa e fase reprodutiva. Na primeira fase ocorre o desdobramento das folhas primárias e vai até o aparecimento dos botões florais. Na segunda fase ocorre a emissão dos botões florais, o enchimento das vagens e a maturação das sementes.

O feijão-caupi, também denominado de feijão-de-corda, feijão-macassar ou feijão da colônia, é uma excelente fonte de proteínas (23% a 25% em média), carboidratos (62% em média), lipídios (2% em média), minerais (Fe, Zn e P), vitaminas, tiamina e riboflavinas (ROCHA, et al., 2017; ALFA et al., 2020; GOMES et al., 2022). Por seu valor nutritivo, o caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos, verdes ou secos, sendo destinado ao consumo humano *in natura*, na forma de conserva ou desidratado; além de poder ser utilizado como forragem verde, feno, silagem, farinha para alimentação animal e ainda como adubação verde e proteção do solo (SILVA & FREIRE FILHO, 1999; ROCHA et al., 2017).

Nesse contexto, o feijão-caupi assume grande importância na segurança alimentar da população, sobretudo na população do Maranhão, despontando-se também como uma cultura atrativa para o agronegócio do estado. Segundo a CONAB (2022), o Maranhão apresentou uma produtividade média de feijão-caupi de 559 kg/ha na safra 2020/2021, sendo 17,35% maior que a produtividade média nacional (462 kg/ha), porém, abaixo das produtividades alcançadas por outros estados, como Tocantins (1.114 kg/ha), Goiás e Roraima (ambos com 1.200 kg/ha) e Distrito Federal (1.240 kg/ha).

O estado do Maranhão é o segundo maior produtor de feijão-caupi do Nordeste, ficando atrás somente do estado da Bahia (CONAB, 2022). Diante desse cenário, o caupi é uma cultura de grande importância econômica e social para a população maranhense, tendo em vista que desempenha função de destaque socioeconômico pelo grande volume de mão-de-obra que pode gerar no campo e na cidade.

### **3.2 Bioinsumos**

A palavra bioinsumo vem da etimologia “insumo de origem biológica” (VIDAL et al., 2020). De forma geral, bioinsumos são produtos específicos naturais à base de microrganismos (bactérias, fungos, vírus e outros) ou mesmo macrorganismos (ácaros, insetos e nematoides), que são utilizados para diversas finalidades, como o crescimento de plantas, solubilização de nutrientes, manejo de pragas e doenças e até mesmo na suplementação animal.

Devido a sua ampla utilização e complexidade para os sistemas produtivos, não existe um conceito tão amplo na literatura que abrange todo o escopo que envolve a demanda de seu uso. No Brasil, o termo bioinsumo é comumente usados como sinônimo de produtos biológicos, bioprodutos, agente biológico de controle e outros termos, ocultando seu grande potencial de aplicação em diversas áreas.

Mas, em 2020, foi lançado o Programa Nacional de Bioinsumos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, instituído pelo Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, propondo o conceito amplo, como segue: “bioinsumo é todo produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos”.

No Brasil, é utilizado para fins de controle biológicos de uma população ou atividade biológica de outro organismo vivo considerado nocivo e, como promotores de crescimento vegetal. A utilização de bioinsumos como controle biológico tem ganhado força uma vez que o uso de produtos químicos (inseticidas, fungicidas e outros) por apresentarem controle temporário, necessitam assim de mais aplicações para controle de pragas e doenças (SILVA e CARNEIRO, 2017). Já o bioinsumos utilizados como agentes biológicos são capazes de se estabelecer, colonizar e se reproduzir no ecossistema (ÁVILA, et al., 2015).

Com base no exposto, os bioinsumos tem se mostrado alternativa eficiente no controle de fitopatógenos e por promoverem aumento significativo no rendimento de biomassa e na produtividade das culturas. Assim, os microrganismos atuam de acordo com suas ações, tendo em vista que há diversos grupos selecionados como potenciais agentes de controle biológicos e grupos promotores de crescimento vegetal (SCHURT et al., 2017).

Nesse sentido, um dos grupos de microrganismos mais utilizados como biocontrole são os fungos do gênero *Trichoderma* sp., devido a atuarem de forma eficiente antagonicamente contra uma série de fungos patogênicos (BROTMAN et al., 2010). Sua ação ocorre por meio de associações ou não dos mecanismos de parasitismos, antibiose e competição por nutrientes e substratos, além de produzirem substância que eleva sua capacidade hiperparasita, competitiva e eficiência no controle, indutores de crescimentos vegetal e resistência contra diversos patógenos (CHAGAS JUNIOR et al., 2012).

Além deste, os grupos promotores de crescimento, os então conhecidos RPCP ou rizobactérias promotoras de crescimento plantas, estimulam o crescimento vegetal, são importantíssimas no controle de compostos nocivos às plantas, no aproveitamento mais eficiente de fertilizantes e por produzirem substâncias que promovem o crescimento vegetal (PELZER et al., 2011; SCHURT et al., 2017). Dentre as diversas espécies estudadas, pode-se citar algumas como: *Bradyrhizóhium* sp., *Bacillus subtilis* sp. e *Bacillus megaterium* sp. (MELO, 2009; SCHURT et al., 2017).

De acordo com Vieira Júnior et al. (2013), a utilização de bioinsumos é uma estratégia de ampla importância, pois contribui tanto para diminuir os custos quanto para melhorar os rendimentos da produção agrícola, com rápido retorno econômico. Atualmente, o emprego de com combinação de diferentes grupos vem sendo amplamente utilizado, em vista de potencializar seus efeitos.



### 3.3 Inoculação e coinoculação no feijão-caupi

A inoculação é entendida como um processo por meio do qual bactérias fixadoras de N são adicionadas às sementes antes da semeadura. O devido processo é realizado com um produto chamado de inoculante. Assim, a FBN é manipulada, pelo uso de inoculante à base de estirpes selecionadas e adaptadas às condições edafoclimáticas (CASSINI e FRANCO, 2006; GUALTER, 2010).

Segundo Chagas Júnior et al. (2010), o uso de inoculantes é recomendado quando não existe nos solos microrganismos competitivos e eficientes em fixar N, adaptado as condições edafoclimáticas locais, ou ainda quando o número desses microrganismos é muito baixo. Com base nisso, é de fundamental importância o uso de estirpes selecionadas quanto à eficiência competitiva e adaptação as condições edafoclimáticas onde serão impostas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). Além disso, de acordo com Bashan et al. (2014), a eficácia do inóculo e uma tecnologia de aplicação adequada são aspectos predominantes para o sucesso da técnica.

Além da nutrição nitrogenada, a inoculação com microrganismos fixadores de N pode trazer outros benefícios, como a produção de substâncias promotoras de crescimento que estimulam o crescimento vegetal, sendo importante ferramenta no controle biológico de fitopatógenos, além de atuarem como rizoremediadoras na degradação de compostos nocivos às plantas e no aproveitamento mais eficiente de fertilizantes (PELZER *et al.*, 2011; SCHURT *et al.*, 2017).

Nesse sentido, a utilização desses insumos em substituição aos produtos químicos tem crescido nos agroecossistemas, uma vez que a inoculação de sementes com bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> tem como estratégia o aumento da produtividade em campo e assim diminuir as aplicações de fertilizantes nitrogenados (COSTA et al., 2014).

A comercialização dos inoculantes podem ser sob várias formas, podendo ser em pó, para aplicação sobre a superfície das sementes, líquida para aplicação em sulco no plantio ou mesmo como granulados para também serem colocados diretamente no sulco de cultivo, ao lado ou abaixo das sementes (STEPHENS e RASK, 2000).

Muitas vezes, a inoculação de rizóbios no solo resulta em nodulação ineficaz, devido a competitividade das populações nativas existentes na rizosfera, e dessa forma, se torna importante que a inoculação seja feita usando a estirpe de rizóbio apropriada para a variedade a ser cultivada, de modo que garanta que a bactéria esteja presente no solo em número suficiente para assegurar boa infecção radicular e eficaz fixação de nitrogênio (ASARC e CLEYET-MAREL, 1986; TILAK et al., 2006).

Nesse sentido, os resultados inconsistentes encontrados em campo podem ser explicados devido à utilização de inoculantes de apenas um isolado. Assim, como forma de contornar tal situação é a utilização de diferentes microrganismos para que atuem de forma combinada para o aumento do desempenho da cultura.

A inoculação mista ou co-inoculação é uma técnica que consiste no emprego de combinações de diferentes microrganismos com intuito de se produzir um efeito sinérgico para superar os resultados produtivos obtidos com os mesmos microrganismos quando utilizados de forma isolada (FERLINI, 2006).

Avaliando o efeito da co-inoculação de *Bradyrhizobium* sp. e *Bacillus subtilis* sp. sobre a leitura de clorofila do feijão-caupi, Araújo et al. (2010) verificaram maior média (61) ao tratamento co-inoculado, sendo semelhante ao tratamento com fertilização de NPK (60).

Sousa (2021) avaliando a produtividade de grãos da cultivar BRS Guariba submetido a diferentes fontes de nitrogênio (N-mineral, *Rhizobium* e *Rhizobium* + *Azospirillum*), verificou que a coinoculação (*Rhizobium* + *Azospirillum*), promoveu maior produtividade (380,86 kg ha<sup>-1</sup>), sendo 32,86% maior que o tratamento controle (255,72 kg ha<sup>-1</sup>).

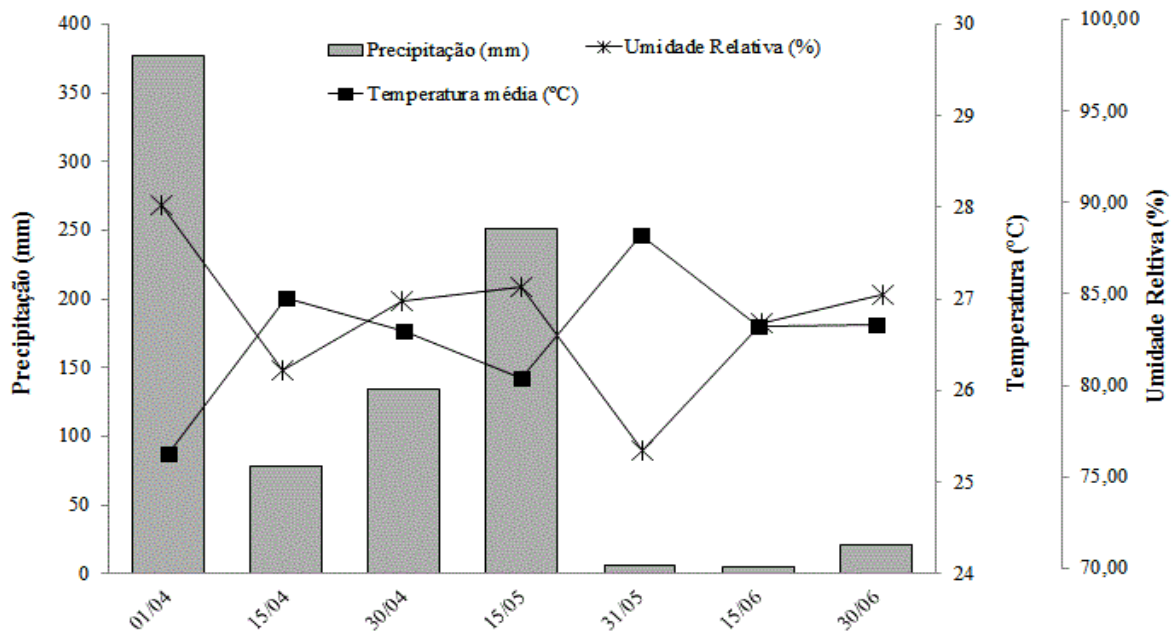
Segundo Hungria et al. (2013), os efeitos promovidos pela co-inoculação de *Bradyrhizobium* sp. e bactérias promotoras de crescimento vegetal parecem ser influenciados por sinais específicos entre os genótipos bacterianos envolvidos e os genótipos e espécies vegetais hospedeira. Assim, necessita-se de mais estudos para maior compreensão dos seus efeitos e interações entre microrganismos de modo que possam aumentar o desempenho da cultura.

De modo geral, fica entendido que a coinoculação pode aumentar o desempenho e produtividade da cultura. De acordo com Barbaró et al. (2009), em seu estudo relatam que os tratamentos co-inoculados além de apresentarem diferenças numéricas nos valores de produtividade apresentam também significância econômica nos tratamentos co-inoculados.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado e conduzido no Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão (CCCh/UFMA), no município de Chapadinha, situado a 03°44'30" S de latitude e 43°21'37" O de longitude e 105 m de altitude. Segundo a classificação Köppen, o clima da região é do tipo Aw', clima tropical úmido, com inverno seco e verão chuvoso (ALVARES *et al.*, 2013).

O gráfico referente à quantidade de chuva acumulada quinzenalmente, temperatura média e umidade relativa na cidade de Chapadinha – MA durante o experimento, é apresentada na Figura 1.



**Figura 1** - Médias mensais de temperatura, umidade relativa e acúmulo mensal da precipitação pluviométrica durante o período experimental. Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico (LAd) e de textura franco-arenosa de acordo com Santos *et al.* (2018), com as características químicas mostradas na Tabela 1. O preparo do solo ocorreu de forma tradicional (aração e gradagem). Para a correção da acidez do solo, foi utilizado calcário com PRNT de 100%, com dosagem pré-determinada com base nos resultados obtidos da análise de solo e a exigência de saturação de base da cultura de 50% (CFSEMG, 1999).

**Tabela 1** - Atributos químicos do solo da área experimental na camada de 0 – 20 cm.

pH	P	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	SB	Al <sup>+3</sup>	H+Al	CTC	M.O.	V	M
CaCl <sub>2</sub>	Mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						g/kg	%		
4,5	6,2	1,1	0,43	1,1	1,58	0,3	2,56	4,14	13,2	38,1	16,4

Foi adotado um delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro blocos, cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em: Controle (sem inoculação); B: Inoculação com *Bradyrhizobium* sp.; BT: Inoculação com *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* sp.; BB: Inoculação com *Bradyrhizobium* sp. + *Bacillus subtilis* sp.; BTB: Inoculação com *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* sp. + composto contendo *Bacillus megaterium* sp. Cada repetição foi representada por uma parcela com dimensão de 3,5x5 m, totalizando 17,5 m<sup>2</sup>. A área experimental foi de 350 m<sup>2</sup> (14x25 m), dividida em 20 parcelas.

A cultivar utilizada foi a BRS guariba. As sementes foram inoculadas conforme recomendação dos fabricantes. Foram semeadas duas sementes por cova em espaçamento de 0,70x0,20 cm. As adubações foram realizadas nas proporções 20:80:30 kg/ha de N:P:K, sendo aplicado posteriormente 30 kg/ha de N. Os tratos culturais realizados no presente trabalho consistiram de capinas manuais para manter a área livre de daninhas.

As variáveis analisadas foram: matéria seca da planta, índice de área foliar, clorofila e produtividade de grãos. As coletas ocorreram aos 15 e 30 dias após a emergência (DAE), sendo realizadas amostragens aleatórias e representativas, em de duas plantas na área útil de cada parcela. As plantas foram retiradas cuidadosamente do solo com auxílio de enxadas.

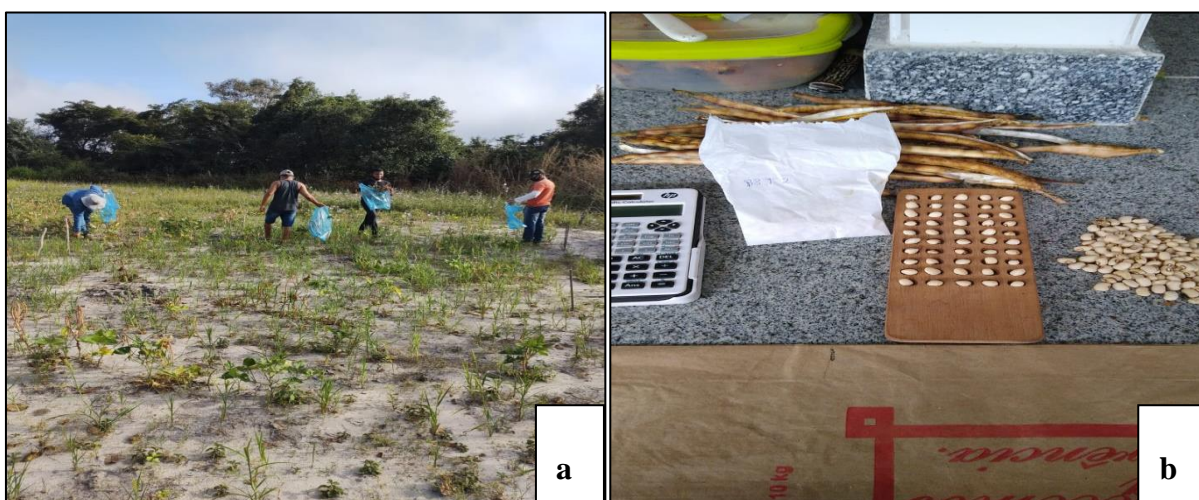
Para mensuração do índice de análise foliar, as plantas foram levadas ao laboratório para serem retiradas as folhas para posterior escaneamento. Após escaneadas, as folhas foram submetidas à análise da área foliar com a utilização do programa “Image J” (RASBAND, 2011). O índice de área foliar foi obtido pela relação entre a área foliar (m<sup>2</sup>) da planta e o espaço ocupado por ela no campo (0,04 m<sup>2</sup>). Para a determinação da massa seca da parte aérea, os materiais vegetais coletados foram colocados em sacos de papel devidamente identificados, pesados e levados à estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até atingir peso constante.

O monitoramento do teor de clorofila foi realizado por meio do medidor eletrônico ClorofiLOG<sup>®</sup> produzido pela FALKER, sendo realizados semanalmente durante todo o ciclo da cultura, tomando-se folhas de três plantas marcadas em cada parcela (Figura 2a e 2b).



**Figuras 2. a** - Coleta de plantas e folhas de feijão-caupi para realização da análise de clorofila; **b** - e análise das folhas no escâner com o programa “Image J”.

Aos 65 dias após a emergência do feijão-caupi, no final do experimento, foi avaliada a produtividade de grãos mediante colheita em 4 m<sup>2</sup> da área útil de cada parcela. Para isso, foi estimada, inicialmente, a umidade dos grãos pelo método de estufa a 105 °C, cujas amostras consistiram de 50 g de sementes inteiras, colocadas para secar por 24 horas. Após, as amostras foram pesadas em balança semi-analítica e os valores obtidos foram ajustados para 13% de umidade (BRASIL, 2009). Todos os dados foram transformados para t ha<sup>-1</sup> de grãos.



**Figuras 4. a** - Coletas e **b** - avaliação da produtividade de grãos do feijão-caupi.

A análise econômica foi realizada para mensurar o custo da produção utilizando bioinsumos na cultura do feijão-caupi. Considerou-se o valor da saca de 60 kg de R\$ 131,00 em novembro de 2022, de acordo com a CONAB (2022).

Assim, para a análise da viabilidade econômica, considerou-se o valor da receita bruta e os custos da produção conforme descrito por Da Costa Gaspar et al. (2018). A receita líquida foi obtida mediante a fórmula:

$$RL = RB - C \quad (1)$$

Em que: RL = Receita Líquida;

RB = Receita Bruta;

C = Custos.

Quanto a obtenção dos custos, considerou-se apenas as dosagens dos bioinsumos aplicada por hectare, como pode-se observar na Tabela 2:

**Tabela 2** – Custos de doses de bioinsumos por hectare.

Bioinsumo	Dose/ha	Custo (ha)
<i>Bradyrhizobium</i>	50 ml	R\$ 10,00
<i>Trichoderma</i>	200 g	R\$ 112,50
<i>Bacillus subtilis</i>	50 ml	R\$ 112,50
<i>Bacillus megaterium</i>	50 ml	R\$ 109,95

Para a análise estatística, os dados coletados foram digitalizados e organizados em planilhas do *Microsoft Excel* e, posteriormente, foram submetidos aos testes de normalidade e a análise de variância. A comparação de médias foi realizada pelo teste Tukey a 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SAS® (Edition University, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), versão 9.0 (2002).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que os bioinsumos não promoveram efeito ( $P>0,05$ ) sobre a massa seca da parte aérea (MSPA) do feijão-caupi aos 15 DAE.

**Tabela 3** - Massa seca da parte aérea (MSPA), índice de área foliar (IAF), clorofila e produtividade de grãos do feijão-caupi sem e com inoculantes.

Variáveis	Tratamento					<sup>6</sup> CV (%)	P-Valor
	<sup>1</sup> C	<sup>2</sup> B	<sup>3</sup> BT	<sup>4</sup> BB	<sup>5</sup> BTB		
15 DAE							
MSPA (g planta <sup>-1</sup> )	0,50	0,52	0,50	0,44	0,44	51,22	0,9840
IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	0,07 b	0,08 a	0,08 a	0,09 a	0,08 a	0,09	0,0011
30 DAE							
MSPA (g planta <sup>-1</sup> )	5,48 b	17,45 ab	24,38 a	19,05 ab	16,01 ab	57,09	0,0419
IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	0,08 b	0,10 a	0,11 a	0,11 a	0,11 a	12,83	0,0003
65 DAE							
Clorofila (%)	49,08	51,26	52,35	52,58	53,14	6,58	0,4401
Produtividade (kg/ha)	1601,36	1464,07	1764,11	1996,21	1954,46	34,20	0,6883

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. <sup>1</sup>C: controle, <sup>2</sup>B: *Bradyrhizobium*, <sup>3</sup>BT: *Bradyrhizobium* + *Trichoderma* sp., <sup>4</sup>BB: *Bradyrhizobium* + *Bacillus subtilis* sp., <sup>5</sup>BTB: *Bradyrhizobium* + *Trichoderma* sp. + *Bacillus megaterium* sp., <sup>6</sup>CV: coeficiente de variação.

Houve efeito significativo ( $P<0,05$ ) dos bioinsumos sobre o índice de área foliar (IAF) do feijão-caupi aos 15 DAE, verificando-se que os tratamentos inoculados promoveram melhores desempenho de IAF (Tabela 3). Isso pode ser explicado, pelo fato de que os bioinsumos proporcionam propriedades essenciais para o pleno desenvolvimento da cultura de interesse. O aumento da área foliar é um indicativo de incremento da atividade fotossintética, e, no geral, espera-se que o maior percentual de área foliar proporcione maior captação luminosa e conseqüentemente aumento da fotossíntese.

Os bioinsumos possuem diversas finalidades indo desde ao aumento da geminação, controle de doenças, promoção de crescimento, aumento do rendimento das plantas e desenvolvimento de raízes, além de melhorar a absorção de nutrientes das plantas, tornando-a mais fortalecida a fatores bióticos (VITERBO et al., 2005; PERAZZOLLI et al., 2008; VINALE et al., 2008).

A massa seca da parte aérea variou de 5,48 a 24,38 g planta<sup>-1</sup> aos 30 DAE. Houve diferenças significativas ( $P<0,05$ ) para o *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* sp. que foi superior aos demais tratamentos, promovendo aumento de 18,90 g planta<sup>-1</sup> em relação ao tratamento controle. De acordo com Chagas et al. (2017), além do controle biológico, a

utilização do fungo *Trichoderma* sp. têm sido referido como promotores de crescimento vegetal devido a habilidade que possuem na solubilização de fosfatos e outros minerais, bem como pela produção de auxinas, que segundo Taiz e Zeiger (2013), são substâncias que apresentam propriedades em induzir a alongação celular nos vegetais superiores.

Assim, fungos do gênero *Trichoderma* sp. promovem desenvolvimento de várias culturas de importância, podendo promover aumento de até 300% no crescimento de plantas, contudo, os efeitos benéficos no aumento da produção de matéria seca podem variar de acordo com o isolado de *Trichoderma* e a cultura (TAVARES, 2009; BROTMAN et al. 2010; SILVA et al., 2011).

Em seu estudo, Chagas Junior et al. (2014) avaliando o efeito da inoculação de *Bradyrhizobium* sp. e *Trichoderma* sp. na semente e no solo sobre a massa seca total (MST) do feijão-caupi no cerrado, obtiveram maior média de 14,40 g, sendo 1,70 g maior que o tratamento com adubação nitrogenada e, 11,00 g maior que o tratamento controle, respectivamente.

Aos 30 DAE, o IAF diferiu significativamente ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos avaliados, sendo os tratamentos inoculados detentores das maiores médias (Tabela 3). Desse modo, observa-se resposta positiva dos bioinsumos sobre o IAF em relação ao tratamento controle, tendo em vista que os devidos microrganismos atuam também no crescimento vegetal, no que se refere, ao desenvolvimento da área foliar do feijão-caupi.

A ausência de N suprime o crescimento vegetal e a deficiência desse nutriente pode reduzir a eficiência de diversas características agrônômicas da planta, como a área foliar (CHAPIN, 1980). Os efeitos da inoculação obtidos no IAF refletiram na MSPA como observado na Tabela 3, tendo em vista que são medidas correlacionadas, uma vez que a velocidade de acumulação de matéria seca do feijão-caupi depende do seu índice de área foliar (SUMMERFIELD et al., 1985).

Não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) dos bioinsumos sobre o teor de clorofila (Tabela 3)., contudo, o feijão-caupi quando inoculado com *Bradyrhizobium* + *Trichoderma* sp. + *Bacillus megaterium* sp. apresentou maior teor de clorofila (53,14%), sendo 4,06% maior que o tratamento controle (49,08%). A interação desses microrganismos pode favorecer a FBN, aumentando assim o teor de N disponível para a planta e, conseqüentemente, maior conteúdo de N nas folhas, o que contribui no aumento do teor de clorofila, tendo em vista que o N é constituinte da molécula de clorofila (ARAÚJO et al., 2010).

De forma semelhante, a produtividade de grãos não foi influenciada ( $P > 0,05$ ) pelos bioinsumos (Tabela 3). No entanto, a combinação de *Bradyrhizobium* sp. + *Bacillus subtilis*



sp. promoveu maior produtividade de 1996,21 kg/ha, sendo 532,14 kg/ha maior que a menor produtividade (1464,07 kg/ha), obtida quando inoculado com *Bradyrhizobium* sp. Nesse caso, observa-se que o *Bacillus subtilis* sp. pode ter influenciado positivamente a fixação de N<sub>2</sub> pelo *Bradyrhizobium* sp., aumentando a produtividade de grãos do feijão-caupi.

Lanna Filho et al. (2010) afirmam que o *Bacillus subtilis* sp. é um promotor de crescimento de plantas, tendo inclusive potencialidades para o incremento da produtividade, bem como a redução de doenças. Embora não houve efeito significativo (P>0,05) a alta produtividade obtida com *Bradyrhizobium* sp. + *Bacillus subtilis* sp. no presente estudo foi superior à média do maranhão (580 kg/ha) do Nordeste (460 kg/ha) e do Brasil (491 kg/ha) (CONAB, 2021).

De acordo com as produtividades obtidas em cada tratamento, foram estimados a receita bruta (RB) e receita líquida, como pode-se observar na Tabela 4.

**Tabela 4** – Análise econômica de produtividade do feijão-caupi sem e com bioinsumos

Tratamentos	PDTV (kg/ha)	RB (R\$)	C (R\$)	RL (R\$)
Controle	1601,36	R\$ 3.496,30	R\$ -	R\$ 3.496,30
<i>Bradyrhizobium</i>	1464,07	R\$ 3.196,55	R\$ 10,00	R\$ 3.186,55
<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Trichoderma</i>	1764,11	R\$ 3.851,64	R\$ 112,50	R\$ 3.739,14
<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	1996,21	R\$ 4.358,39	R\$ 112,50	R\$ 4.245,89
<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Trichoderma</i> + <i>Bacillus megaterium</i>	1954,46	R\$ 4.267,24	R\$ 109,95	R\$ 4.157,29

<sup>1</sup>PDTV: produtividade; <sup>2</sup>RB: receita bruta; <sup>3</sup>C: custos; <sup>4</sup>RL: receita líquida; <sup>5</sup>B: *Bradyrhizobium*, <sup>6</sup>BT: *Bradyrhizobium* + *Trichoderma* sp., <sup>7</sup>BB: *Bradyrhizobium* + *Bacillus subtilis* sp., <sup>8</sup>BTB: *Bradyrhizobium* + *Trichoderma* sp. + *Bacillus megaterium* sp.

Considerando os gastos com os insumos, o bioinsumo composto de *Bradyrhizobium* sp. + *Bacillus subtilis* sp. promoveu maior receita líquida (RL) de R\$ 4.245,89, que correspondeu à 24,95% maior em relação à obtida no tratamento isolado de *Bradyrhizobium* sp. (menor RL). Observa-se que, embora a utilização de *Bradyrhizobium* sp. + *Bacillus subtilis* sp. apresentou maior custo (R\$ 112,50) para sua aplicação, foi possível obter maior retorno econômico.

De modo geral, observa-se que os tratamentos coinoculados obtiveram maiores receita devido a maiores produtividades médias de grãos obtidas nesses tratamentos. Tais resultados comprovam o efeito sinérgico dos bioinsumos que superou a produtividade do *Bradyrhizobium* sp. de quando utilizado de forma isolada, refletindo assim na rentabilidade do sistema.

## 6 CONCLUSÃO

A coinoculação com *Bradyrhizobium* sp. + *Trichoderma* sp. promoveu melhor desempenho da parte aérea de feijão-caupi nas condições do presente estudo.

A utilização de bioinsumos, inoculados ou coinoculados no feijão caupi, cv. Guariba, não promoveu aumento na produtividade de grãos.

O feijão-caupi quando coinoculado com os bioinsumos *Bradyrhizobium* sp. + *Bacillus subtilis* sp. proporcionou maior receita líquida ao produtor.

## REFERÊNCIAS

- ALFA, A. A.; TIJANI, K. B.; OMOTOSO, O. D. et al. Nutritional values and medicinal health aspects of brown, brown-black and white cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) grown in Okene, Kogi state, Nigeria. **Asian Journal of Advanced Research and Reports**, v. 14, p. 114-124, 2020. DOI: 10.9734/AJARR/2020/v14i430348.
- ALMEIDA, A. L. G. **Diagnóstico da fertilidade dos solos cultivados com feijão-caupi e eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio para o estado do Piauí**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2008.
- ALMEIDA, C. A. J. **Análise da Inoculação e adubação nitrogenada em duas variedades de feijão-caupi**. 2018. p.38. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2018.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ANDRADE JUNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SILVA, M. V. P. et al. Índice de satisfação da necessidade de água do feijão-caupi sob sistema de cultivo convencional e plantio direto. **Rev. Soc. Bras. Agrometeorologia**, v. 26, n. 1, p. 201-211, 2018. DOI: 00.0000/S0000-000X0000000000000000.
- ARAÚJO, A. S. F.; CARNEIRO, R. F. V.; BEZERRA, A. A. C. et al. Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N<sub>2</sub> e o crescimento das plantas. **Ciência rural**, v. 40, p. 182-185, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000249>.
- ARAÚJO, A. S. F.; CARNEIRO, R. F. V.; BEZERRA, A. A. C.; ARAÚJO, F. F. Co-inoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em -caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N<sub>2</sub> e o crescimento das plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, p.182-185, 2010.
- BÁRBARO, I. M.; CENTURION, M. A. P. C.; GAVIOLI, E. A. et al. Análise de cultivares de soja em resposta à inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 342-349, 2009.
- BÁRBARO, I. M.; MACHADO, P. C.; BÁRBARO JÚNIOR, L. S. et al. da. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e coinoculação. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 5, n. 1, 2009.
- BÁRBARO, I. M.; MACHADO, P. C.; BÁRBARO JUNIOR, L. S. et al. Produtividade da soja em resposta á inoculação padrão e co-inoculação. *In: Colloquium Agrariae*. ISSN: **1809-8215**. 2009. p. 01-07.
- BARBOSA, N.; PORTILHA, E.; BUENDIA, H. F.; et al. Genotypic differences in symbiotic nitrogen fixation ability and seed yield of climbing bean. **Plant and Soil**, v. 48, p. 223-239, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3665-y>.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; NOGUEIRA, C. C. P. **Cultivo do Feijão-Caupi**. 2 ed. EMBRAPA, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161199/1/SistemaProducaoCaupiCapituloIrrigacao.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2022.

BIANCARDI, L. **Coinoculação com bactérias e uso de micronutrientes via sementes no desempenho da soja**. 2018. p. 44. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Manejo de Culturas Anuais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2018.

BORGES, P. R. S.; SABOYA, R. C. C.; SIEBENEICHLER, S. C.. **Crescimento de feijão-caupi de hábito indeterminado inoculado com estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio**. Embrapa Cerrados, 2008. Disponível em: [http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio\\_pc210/trabalhos\\_pdf/00454\\_trab2\\_ap.pdf](http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio_pc210/trabalhos_pdf/00454_trab2_ap.pdf). Acesso em: 13 nov. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Determinação do grau de umidade. *In*: BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. Cap. 7, p. 307-323. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_\\_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf). Acesso em: 27 nov. 2022.

BROTMAN, Y.; GUPTA, K. J.; VITERBO, A. *Trichoderma*. **Current Biology**, v. 20, p. 390-391, 2010.

CÂMARA, JA da S.; FREIRE FILHO, F. R. **Cultivo do feijão caupi**. 1 ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte – Documentos, p. 32, 2001. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/64620>. Acesso em: 05 ago. 2022.

CARVALHO, D. D. C.; MELO, S. C. M.; JÚNIOR, M. L. et al. Biocontrol of seed pathogens and growth promotion of common bean seedlings by *Trichoderma harzianum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 822-828, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000800006>.

CARVALHO, E. A. **Avaliação agronômica da disponibilização de nitrogênio à cultura de Feijão sob sistema de semeadura direta**. 2002. p.63. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 2002.

CARVALHO, M. A. C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 445-450, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000300006>.

CASSINI, S. T. A. et al. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. *In*: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds). **Feijão**, 2ed. Viçosa: UFV, p. 143-159, 2006.

CASSINI, S.T.A.; FRANCO, M.C. **Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos**. *In*: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Eds). **Feijão**: 2 ed. Viçosa: UFV, 2006, p.143-159.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, A. N. et al. Efetividade de rizóbios e caracterização fenotípica dos isolados que nodulam feijão-caupi em solos da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 489-494, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000300002>.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R. et al. Eficiência agronômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 709-714, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000400027>.

CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; SOARES, L. P. et al. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p. 97-102, 2017. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v4i3.1529>.

CHAPIN, F. S. The mineral nutrition of wild plants. **Annual review of ecology and systematics**, v. 11, p. 233-260, 1980.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos: 10º Levantamento – Safra 2021/22**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 09 ago. 2022.

DA COSTA GASPAR, J.; FURTADO, M. B.; SILVA, W. J. S. et al. Impacts of residual phosphorus on the production of cowpea in the Cerrado region. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 4, p. 645-658, 2018. DOI: 10.4236/ajps.2018.94051.

DA SILVA, F. G.; SUASSUNA, J. F.; LEÃO, J. M. et al. Inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* associada à adubação nitrogenada na produção do feijão-caupi em solo florestal. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e47511932151-e47511932151, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32151>.

DESRAVINES, R. P.; BEZERRA NETO, F.; LIMA, J. S. S. et al. Optimized production of immature cowpea under green manuring in a semi-arid environment. **Revista Caatinga**, v. 35, p. 606-617, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n311rc>.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, p. 385, 2000.

FERLINI, H. A. Co-Inoculación en Soja (*Glycine max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. Artículos Técnicos – Agricultura. 2006. Disponível em: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/co-inoculacion-en-soja-t26446.htm>. Acesso em: 05 set. 2022.

FERREIRA, E. P.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R. et al. Nodulação e produção de grãos em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) inoculado com isolados de rizóbio. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 27-35, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M. et al. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. 1. ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE), 2011, p.84. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/916831/1/feijaocaupi.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2022.

GALVÃO FILHO, J. B. Poluição do ar. **ECP–Engenharia, Consultoria e Planejamento**. Disponível em: <https://www.consultoriaambiental.com.br/pdf/pdf-35.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2022.

GOMES, C. D. L.; SÁ, J. M.; GODOY, M. S. et al. Bioactivity of plant extracts from caatinga on cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 541-546, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n7p541-546>.

GOMES, D. P.; FRANÇA, E. G.; SANTANA, C. C. S. et al. Tratamento Alternativo de Sementes de Feijão caupi Produzido no Maranhão. **Cadernos de Agroecologia**, v. 17, n. 2, 2022.

GONÇALVES, J. R. P.; FONTES, J. R. A.; DIAS, M. C. et al. **BRS Guariba-nova cultivar de feijão-caupi para o Estado do Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2009. p. 26. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/685025/1/ComTec762009.pdf>. Acesso em: 07 set. 2022.

GRANADOS, C.J. B.; PÉREZ, A. B. P.; CODOVI, U. A.; SANZ, M. Q.; RODRÍGUEZ, Y. G.; NÁPOLES, F. M.; VALDÉS, A. M. Efecto de la inoculación com *Bradyrhizobium* sp. y *Trichoderma harzianum* em triticales (X. *Triticosecale Wittmack*), em condiciones de estrés por sequía. **Pastos y Forrajes**, v.39, n.1, p.19-26, 2016

GUALTER, R. M. R. **Efeito da inoculação com diferentes estirpes de rizóbio na nodulação, fixação biológica de nitrogênio e na produtividade em feijão-caupi**. 2010. p. 72. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

GUEDES, G. N. **Eficiência agrônômica de inoculantes em feijão-caupi no município de Pombal – PB**. 2009. p.44. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2009.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A. et al. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature reviews microbiology**, v. 2, n. 1, p. 43-56, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Teresina: Embrapa Soja, 2001. p. 48. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/459673/1/circTec35.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2022.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with *rhizobia* and *azospirilla*: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0771-5>.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ANDRADE, D. S. et al. Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas de grãos. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S. et al. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Lavras: UFLA, p. 597-620, 1999.

- HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A.T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v. 65, n. 2-3, p. 151-164, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00084-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00084-2).
- LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R.S.C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010.
- MACHADO, J. C.; WAQUIF, J. M.; SANTOS, J. P. J. W. et al. Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas. Sementes: inovações tecnológicas no cenário nacional. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 76-87, maio/jun. 2006.
- MARKS, B. B.; MEGÍAS, M.; NOGUEIRA, M. A. *et al.* Biotechnological potential of rhizobial metabolites to enhance the performance of *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* inoculants with soybean and maize. **AMB Express**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1186/2191-0855-3-21>.
- MATSUO, O.; ZUCARELI, C.; HORÁCIO, E. H. et al. Co-inoculation of *Anabaena cylindrica* and *Azospirillum brasilense* during initial growth and chloroplast pigments of corn. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 97-102, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n2p97-102>.
- MELO, I. S. Controle biológico. **Comunicação Técnica Embrapa**. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura\\_e\\_meio\\_ambiente/arvore/CON-TAG01\\_2\\_210200792813.htm.l](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CON-TAG01_2_210200792813.htm.l). Acesso em: 05 set. 2022.
- MELO, S. R.; ZILLI, J. É. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1177-1183, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000900016>.
- MOAT, Albert G.; FOSTER, John W.; SPECTOR, Michael P. (Ed.). **Microbial physiology**. 3 ed. New York: Wiley Liss, p. 437-461, 1996.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, p. 729, 2006.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, p. 626, 2002.
- MURO-PASTOR, A. M.; BRENES-ÁLVAREZ, M.; VIOQUE, A. A combinatorial strategy of alternative promoter use during differentiation of a *heterocystous cyanobacterium*. **Environmental microbiology reports**, v. 9, n. 4, p. 449-458, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12555>.
- NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Diversity and adaptability of soybean and cowpea rhizobia in tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 5-6, p. 889-895, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00205-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00205-2).
- PELZER, G. Q.; HALFELD-VIEIRA, B. A.; NECHET, K. L. *et al.* Mecanismos de controle da murcha-de-esclerócio e promoção de crescimento em tomateiro mediados por rizobactérias. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 2, p. 95-103, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762011000200005>.

PELZER, G. Q.; HALFELD-VIEIRA, B. A.; NECHET, K. L. *et al.* Mecanismos de controle da murcha-de-esclerócio e promoção de crescimento em tomateiro mediados por rizobactérias. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 2, p. 95-103, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762011000200005>.

PERAZZOLLI, M.; DAGOSTIN, S.; FERRARI, A.; *et al.* Induction of systemic resistance against *Plasmopara viticola* in grapevine by *Trichoderma harzianum* T39 and benzothiadizole. **Biological Control**, v.47, p.228-234, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.08.008>.

RASBAND, W. **Image J documentation**. Disponível em: <https://imagej.nih.gov/>. Acesso em: 05 out. 2022.

ROCHA, E. N. **Inoculação de *Bacillus subtilis* e tratamento químico em sementes de feijão Caupi e feijão comum: lotes, tempo de exposição e doses**. 2019. f.115. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2019.

ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; MENEZES JUNIOR, J. A. N. **Cultivo do Feijão-Caupi: Importância Econômica**. Sistema de Produção Embrapa. Disponível em: [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducao6\\_1galceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=9109&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=10506](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=9109&p_r_p_-996514994_topicoId=10506). Acesso em: 01 ago. 2022.

RODRIGUES, A. C.; ANTUNES, J. E. L.; MEDEIROS, V. V.; BARROS, B. G. F.; FIGUEIREDO, M. V. B. Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas e *Bradyrhizobium* sp. Em caupi. **Biosci. J.**, v. 28, p. 196-202, 2012.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAIVER, G. R. *et al.* Fixação biológica do nitrogênio. *In*: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa, p. 281-335, 2005.

SAWADA, H.; KUYKENDALL, L. D.; YOUNG, J. M. Changing concepts in the systematics of bacterial nitrogen-fixing legume symbionts. **The Journal of general and applied microbiology**, v. 49, n. 3, p. 155-179, 2003. DOI: <https://doi.org/10.2323/jgam.49.155>.

SCHURT, D. A.; SEABRA, S. S. S.; SILVA, A. A. *et al.* Tratamentos químicos e biológicos de sementes para controle da mela do feijão-caupi. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 3, n. 1, p. 30-36, 2017.

SILVA, J. A. N.; CECCON, G.; ROCHA, E. C. *et al.* Produtividade de feijão-caupi e braquiária com inoculação nas sementes, em cultivo solteiro e consorciado. **Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 44-46, 2016.

SILVA, K. J. D. *et al.* **A cultura do Feijão-Caupi no Brasil**. 1 ed. Teresina, PI: Embrapa



SILVA, S.M. S.; FREIRE FILHO, F. R. **Proteínas de feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]: caracterização e aplicação nutricional**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. Documentos, 1999. p. 20. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35890/1/Doc44.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2022.

SILVA, V. N.; GUZZO, S. D.; LUCON, C. M. M. et al. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1609-1618, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001200005>.

SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B. et al. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B. et al. (Ed). **Challenges and opportunities for enhancing Sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, p. 287-300, 2002.

SANTOS H. G, JACOMINE P.K. T, ANJOS L.H.C, OLIVEIRA V. A LUMBRERAS J. F, COELHO M. R, ALMEIDA J. Á, Cunha T.J.F. E, Oliveira J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, EMBRAPA, 2018. 356 p.

SOUSA, D. **Fontes de nitrogênio no desenvolvimento radicular de cultivares de feijão-caupi**. 2021. p.28. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2021.

SOUSA, P. J. O. P.; FERREIRA, D. P.; SOUSA, D. P. et al. Trocas gasosas do Feijão-Caupi cultivado no Nordeste Paraense em resposta à deficiência hídrica forçada durante a fase reprodutiva. **Rev. bras. meteorol.**, v. 35, p. 13-22, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786351029>.

SOUZA, L. P. **Feijão-caupi inoculado com diferentes estirpes de rizóbio irrigado com água salina**. 2018. f. 64. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2018.

SOUZA, J. S.; MARTINS, A. F.; PEDROSA, L. M. Importância de bactérias fixadoras de nitrogênio no cultivo do feijão-caupi *vigna unguiculata* l.(walp). **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 9, 2021.

SUMMERFIELD, R.J.; PATE, J.S.; ROBERTS, E.H. The physiology of cowpea. In: SINGH, S. R.; RACHIE, K. O. (Ed). **Cowpea research, production and utilization**. Great Britain: A. Wiley-Interscience Publication, 1985. P65-102.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2013.

TAVARES, G. M. **Podridão do pé do mamoeiro: infestação em solos de cultivo, controle alternativo com indutores de resistência e *Trichoderma* e avaliação dos mecanismos de defesa envolvidos**. 2009. p.113. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

TEIXEIRA, I. R.; LOPES, P. R.; SOUSA, W. S.; TEIXEIRA, G. C. S. Response of common bean to *Rhizobium* reinoculation in topdressing. **Ver. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 274-282, 2022.

VERISSIMO, M. A. A. **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. Ed. 1. Florianópolis: CIDASC, p. 382-409, 2020.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M. A. A. **Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável**. In: GINDRI, D. M.; MOREIRA, P. A. B.;

VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERT, E.L. et al. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.72, p.80-86, 2008.

VITERBO, A.; HAREL, M.; HORWITZ, B.A. et al. *Trichoderma* mitogen-activated protein kinase signaling is involved in induction of plant systemic resistance. **Applied and Environmental Microbiology**, v.71, n. 10 p.6241-6246, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.71.10.6241-6246.2005>

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A. et al. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 1, 2006.

ZHANG, F.; DASHTI, N.; HYNES, R. K. et al. Plant growth promoting rhizobacteria and soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] nodulation and nitrogen fixation at suboptimal root zone temperatures. **Annals of Botany**, v. 77, n. 5, p. 453-460, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0055>.

ZUFFO, A. M.; RATKE, R. F.; STEINER, F. Agronomic characteristics of soybean cultivars with late-season nitrogen application in supplementation to the inoculation of *Bradyrhizobium* spp. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 46, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246022521>.