

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CRISLAINE EMÍDIO VIEIRA

META-ANÁLISE DA COINOCULAÇÃO DE RIZÓBIOS E *BACILLUS* PROMOTORES DO  
CRESCIMENTO VEGETAL EM LEGUMINOSAS GRANÍFERAS.

CURITIBA

2021

CRISLAINE EMIDIO VIEIRA

META-ANÁLISE DA COINOCULAÇÃO DE RIZÓBIOS E *BACILLUS* PROMOTORES DO  
CRESCIMENTO VEGETAL EM LEGUMINOSAS GRANÍFERAS.

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial  
à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Glaciela Kaschuk

Coorientador: Prof. Dr. André Carlos Auler

CURITIBA

2021

Vieira, Crislaine Emidio

Metanálise da co-inoculação de rizóbios e *bacillus* promotores do crescimento vegetal em leguminosas graníferas. / Crislaine Emidio Vieira. – Curitiba, 2021

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientadora: Glaciela Kaschuk. Coorientador: André Carlos Auler.

1. Nitrogênio - Fixação. 2. Rizobio. 3. Leguminosa - Inoculação. I. Kaschuk, Glaciela. II. Auler, André Carlos. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

## TERMO DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA DO SOLO -  
40001016014P4

### TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA DO SOLO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **CRISLAINE EMÍDIO VIEIRA** intitulada: **META-ANÁLISE DA COINOCULAÇÃO DE RIZÓBIOS E BACILLUS PROMOTORES DE CRESCIMENTO VEGETAL EM LEGUMINOSAS GRANÍFERAS**, sob orientação da Profa. Dra. GLACIELA KASCHUK, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 28 de Maio de 2021.

Assinatura Eletrônica

28/05/2021 14:17:20.0

GLACIELA KASCHUK

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

28/05/2021 11:47:37.0

VOLNEI PAULETTI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

28/05/2021 11:40:21.0

SONIA PURIN DA CRUZ

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA)

Assinatura Eletrônica

28/05/2021 17:34:12.0

PEDRO HENRIQUE RIBOLDI MONTEIRO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO  
JEQUITINHONHA E MUCURI)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5648 - E-mail: [pgcisolo@ufpr.br](mailto:pgcisolo@ufpr.br)

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 94220

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>  
e insira o código 94220

A Deus, por ter me concedido essa oportunidade e aos meus filhos, Gustavo Dietrich Joaquim e Rebeca Dietrich Joaquim que me amaram mesmo nos momentos de distância.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Paraná (UFPR), à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Solo, pela oportunidade e voto de confiança, ao corpo docente, direção e administração, por todo apoio e aprendizado recebido.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo, código de financiamento 001.

Ao professor Dr. André Carlos Auler, pela coorientação, recomendações, auxílio nas análises estatísticas dos dados, com paciência e disposição.

À minha orientadora, Dra. Glaciela Kaschuk, por acreditar no meu potencial, por toda dedicação para me ensinar, companheirismo, ensinamentos e correções. Meu eterno exemplo de profissional.

Ao meu amado marido Uelinton Henrique de Lima Joaquim, por ter me apoiado, acreditado e ter feito muitas vezes o impossível para que nós chegássemos até aqui.

Gustavo Dietrich Joaquim e Rebeca Dietrich Joaquim que nasceram prontos para enfrentar essa empreitada junto a mim, sendo sempre calma e doce, transbordando amor, afeto, coragem e força.

Aos meus sogros, Sandra José de Lima Cruz e Paulo Ferreira da Cruz e meus pais, Laura Dietrich Vieira e Israel Emidio Vieira, por terem cuidado de meu filho, Gustavo, enquanto eu viajava para estudar. Aos meus tios, Joel Emidio Vieira e Geni Coval Vieira; Seir Joaquim e Cleusa Regina da Silva Joaquim, por terem me acolhido em suas casas durante essa fase.

Na vida há certas coisas que são da mãe, outras da mulher.

A mãe tem um filho.

A mulher tem um parto.

A mãe quer presenciar todo pequeno e grande momento.

A mulher pode, muitas vezes, desejar dar continuidade à carreira, aos estudos, a projetos pessoais.

A mãe quer colocar a cria embaixo do braço e parar o mundo para protegê-la.

A mulher ainda carrega sonhos individuais. De aprendizado, de conquista, de novas experiências.

A mãe pode até anunciar que está completa.

A mulher quer mais. Quer muito mais. Quer saber de outros assuntos, quer mais conversas interessantes e mais surpresas de tirar o ar.

Você compreende?

A mãe e a mulher coexistem e se misturam. Não dá para tirar uma da outra.

No espaço onde habita o coração da mãe, já existia, muito antes, a alma de uma mulher.

E é importante que as pessoas entendam que ela não foi, não irá e não precisa ir embora.

Desistir nunca vai ser uma opção!

@a.maternidade

## RESUMO

A co-inoculação de rizóbios com bactérias promotoras de crescimento vegetal tem sido proposta como uma alternativa técnica para melhorar os processos de aquisição de nutrientes e de crescimento vegetal, inclusive, frente aos estresses bióticos e abióticos. Os rizóbios são bactérias do solo gram negativas que induzem à formação de nódulos em leguminosas, e, em simbiose com as hospedeiras, realizam a fixação biológica de nitrogênio. As bactérias de solo do gênero *Bacillus* são gram positivas e, quando estão associadas à rizosfera das plantas, atuam nos processos de solubilização de P, pela produção de ácidos orgânicos e fosfatases, no controle biológico, pela produção de toxinas inseticida, antibióticos e antifúngicos, e na promoção do crescimento vegetal, pela produção de fitohormônios, entre outros. A presença simultânea e ação desses dois grupos de bactérias na rizosfera das leguminosas poderiam acarretar em incrementos significativos no crescimento vegetal e no rendimento de grãos. O presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito da co-inoculação de rizóbios e *Bacillus* em leguminosas graníferas sobre a fixação biológica de nitrogênio, o acúmulo de N na planta, a massa seca de parte aérea e raiz, número e massa de nódulos, e o rendimento de grãos de leguminosas graníferas cultivadas em vasos e campo, através de uma metaanálise de dados da literatura. A base de dados teve origem em uma biblioteca criada com artigos encontrados através das bases de dados “Web of Science” e “Google Scholar” utilizando as palavras-chave em inglês “legume”, “coinoculation” e “*Bacillus*”, e, suas respectivas palavras traduzidas em português. Para a metaanálise, foram selecionados apenas artigos que tenham sido publicados em periódicos que realizam revisão aos pares, e, que tenham reportado experimentos conduzidos com pelo menos uma leguminosa granífera, e a inclusão dos tratamentos de inoculação somente com rizóbio e co-inoculação de rizóbio com pelo menos uma estirpe de *Bacillus*. Os dados garimpados nos artigos foram: média, desvio padrão e número de repetições. A estimativa de resposta foi obtida pela razão das médias de tratamento sobre o controle. O controle foi representado pelo resultado da planta inoculada somente com rizóbio, e o tratamento foi o resultado obtido pela planta coinoculada com rizóbio e alguma bactéria do gênero *Bacillus*. A metaanálise foi baseada em 94 artigos, sendo 6 deles, com amendoim, 10, com feijão caupi, 18, com feijão comum, 2, com feijão fava, 4, com feijão guandu, 7, com feijão mungo e moyashi, 3, com ervilha, 11, com grão-de-bico, 3, com lentilha e 26, com soja. A metaanálise mostrou que a co-inoculação de rizóbios e *Bacillus* aumentou significativamente ( $p < 0,001$ ): a nodulação de amendoim, ervilha, feijão mungo, grão de bico e lentilha (incrementos de 14% a 80%); a fixação biológica de nitrogênio em feijão comum (22,1%); o N acumulado na planta em caupi, feijão mungo e grão de bico (de 5% a 42%); a massa seca da parte aérea e da raiz em feijão mungo, grão de bico, lentilha e soja (de 6% a 52%); e, o rendimento de grãos em caupi (de 20 a 30%) e grão de bico (de 12 a 17%). Além disso, a metaanálise mostrou que a co-inoculação não diminuiu valor de nenhuma das variáveis das leguminosas graníferas avaliadas. Portanto, os resultados permitem concluir que a co-inoculação de rizóbios com *Bacillus* é uma técnica recomendável universalmente para promover o aumento da produtividade de leguminosas graníferas. Contudo, é preciso enfatizar que os estudos selecionados tendem a incluir estirpes de *Bacillus* promissoras como bactéria promotora de crescimento, e que a extrapolação desta conclusão para outros tipos de *Bacillus* deve ser cautelosa.

**Palavras-chave:** fixação biológica de nitrogênio; inoculação; promoção do crescimento de plantas; produtividade; rizobactéria.

## ABSTRACT

Co-inoculation of rhizobia with plant growth-promoting bacteria has been proposed as a technical alternative to improve nutrient acquisition and plant growth processes. Rhizobia are gram-negative soil bacteria that induce the formation of nodules in legumes and, in symbiosis with the hosts, carry out biological nitrogen fixation. Soil bacteria of the *Bacillus* genus are gram positive and, when associated with the rhizosphere of plants, act in the processes of solubilization of P, by the production of organic acids and phosphatases, in biological control, by the production of insecticidal, antibiotic and antifungal toxins, and in the promotion of plant growth, through the production of phytohormones, among others. The co-inoculation for the additive action of these two groups of bacteria in the rhizosphere of legumes could lead to significant increases in plant growth and grain yield. The present work aimed to verify the effect of co-inoculation of rhizobia and *Bacillus* in grain legumes on biological nitrogen fixation, N accumulation in the plant, shoot and root dry mass, number and mass of nodules, and the grain yield of grain legumes grown in pots and field, through a meta-analysis of literature data. The database originated from a library created with articles found through the databases "Web of Science" and "Google Scholar" using the keywords in English "legume", "coinoculation" and "*Bacillus*", and their respective words translated into Portuguese. For the meta-analysis, only articles that have been published in peer-reviewed journals, and that have reported experiments conducted with at least one grain legume, and the inclusion of inoculation treatments with rhizobia and rhizobia co-inoculation were selected with at least one strain of *Bacillus*. The data gathered in the articles were: mean, standard deviation and number of repetitions. The response estimate was obtained by the ratio of the treatment means over the control. The control was represented by the result of the plant inoculated only with rhizobia, and the treatment was the result obtained by the plant co-inoculated with rhizobia and some bacteria of the genus *Bacillus*. The meta-analysis was based on 94 articles, 6 with peanuts, 10 with cowpea, 18 with common beans, 2 with fava beans, 4 with pigeon pea, 7, with mung beans and moyashi, 3 with peas, 11, with chickpeas, 3, with lentils and 26, with soy. The meta-analysis showed that rhizobia and *Bacillus* co-inoculation significantly increased ( $p < 0.001$ ): peanut, mung bean, chickpea and lentil nodulation (increments from 14% to 80%); biological nitrogen fixation in common bean (22,1%); the N accumulated in the plant in peanuts, cowpea, mung beans and chickpeas (from 5% to 42%); shoot and root dry mass in mung beans, chickpeas, lentils and soybeans (from 6% to 52%); and, the grain yield in cowpea (20 to 30%) and chickpeas (12 to 17%). Furthermore, the meta-analysis showed that co-inoculation did not decrease the value of any of the variables of the grain legumes evaluated. Therefore, the results allow us to conclude that the co-inoculation of rhizobia with *Bacillus* is a universally recommended technique to increase the productivity of grain legumes. However, it must be emphasized that the selected studies tend to include promising *Bacillus* strains as growth-promoting bacteria, and that extrapolation of this conclusion to other types of *Bacillus* should be further investigated.

**Keywords:** biological nitrogen fixation; inoculation; promoting plant growth; productivity; rhizobacteria

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE RIZÓBIOS E *Bacillus* EM AMENDOIM (*Arachis hypogea*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS. 43
- FIGURA 2 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM ERVILHA (*Pisum sativum*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS. 45
- FIGURA 3 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS, CAMPOS E O VALOR MÉDIO ENTRE OS DOIS LOCAIS. 47
- FIGURA 4 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS E DE CAMPO. 49
- FIGURA 5 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE RIZÓBIOS E *Bacillus* EM FEIJÃO-FAVA (*Vicia faba*) EM EXPERIMENTOS DE CAMPO E DE VASOS. 51
- FIGURA 6 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM FEIJÃO GUANDU (*Cajanus cajan*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS E DE CAMPO. 52
- FIGURA 7 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM FEIJÃO MUNGO (*Vigna radiata*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS E DE CAMPO 54
- FIGURA 8 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM FEIJÃO PRETO (*Vigna mungo*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS. 56
- FIGURA 9 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS E DE CAMPO. 57
- FIGURA 10 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM LENTILHA (*Lens culinaris*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS. 58

FIGURA 11 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM SOJA (*Glycine max*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS E DE CAMPO.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E <i>Bacillus</i> ) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA AMENDOIM ( <i>Arachis hypogea</i> )	82
TABELA 2 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E <i>Bacillus</i> ) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA ERVILHA ( <i>Pisum sativum</i> )	82
TABELA 3 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E <i>Bacillus</i> ) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO CAUPI ( <i>Vigna unguiculata</i> ).	83
TABELA 4 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E <i>Bacillus</i> ) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO COMUM ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	85
TABELA 5 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E <i>Bacillus</i> ) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO FAVA	86
TABELA 6 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO e <i>Bacillus</i> ) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO GUANDU ( <i>Cajanus cajan</i> )	87
TABELA 7 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E <i>Bacillus</i> ) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO MUNGO ( <i>Vigna radiata</i> )	87
TABELA 8 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO e <i>Bacillus</i> ) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO PRETO ( <i>Vigna mungo</i> )	88
TABELA 9 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E <i>Bacillus</i> ) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA GRÃO-DE-BICO ( <i>Cicer arietinum</i> )	88
TABELA 10 -MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E <i>Bacillus</i> ) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA LENTILHA ( <i>Lens culinaris</i> )	88

TABELA 11 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL  
(RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA  
METANÁLISE PARA A CULTURA SOJA (*Glycine max*)

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AIA	-	Ácido Indol-Acético
Al	-	Alumínio
ADP	-	Adenosina Difosfato
ATP	-	Adenosine Triphosphate
BPCP	-	Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas
Ca	-	Cálcio
Co	-	Cobalto
CONAB	-	Companhia Nacional de Abastecimento
DNA	-	Ácido Desoxirribonucleico
EMBRAPA	-	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FBN	-	Fixação Biológica de Nitrogênio
Fe	-	Ferro
FNs	-	Fator <i>Nod</i>
H	-	Hidrogênio
ha	-	Hectare
K	-	Potássio
kg	-	Quilogramas
LCOs	-	Lipo-Quito-Oligossacarídeos
Mg	-	Magnésio
mg	-	Miligramas
Mo	-	Molibdênio
NO <sub>3</sub>	-	Nitrato
MPCP	-	Microrganismos Promotores do Crescimento Planta
MSP	-	Microrganismo Solubilizador de Fosfato
N	-	Nitrogênio
N <sub>2</sub>	-	Gás Nitrogênio
NADPH	-	Fosfato de Dinucleotídeo De Adenina
NH <sub>3</sub>	-	Nitrogênio Amoniacal
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	Amônio
P	-	Fósforo
PGPR	-	Plant Growth-Promoting Rhizobacteria

pH	-	Potencial de Hidrogênio
RNA	-	Ácido Ribonucleico
Si	-	Silício
Ve	-	Emergência
V2; V3	-	Nós após O Primeiro Nó

## LISTA DE SÍMBOLOS

$CV$	-	Coeficiente de Variação
$n$	-	Número Amostral
$\%$	-	Porcentagem
$lr$	-	Taxa de Resposta
$NC_{ij}^C$	-	Número Total de Repetições dos Dados do Grupo Controle
$NE_{ij}^E$	-	Número Total de Repetições dos Dados do Grupo Experimental
$SD \frac{\quad}{x}$	-	Desvio Padrão da Média
$SD_{ij}^C$	-	Desvio Padrão dos Dados do Grupo Controle
$SD_{ij}^E$	-	Desvio Padrão dos Dados do Grupo Experimental
$SE \frac{\quad}{x}$	-	Erro Padrão
US\$	-	Dólar (Moeda Eua)
$v$	-	Variação
$\underline{x}$	-	Média
$\underline{x}_{ij}^C$	-	Média do Grupo Controle
$\underline{x}_{ij}^E$	-	Média do Grupo Experimental

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>17</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 LEGUMINOSAS (FABACEAE) .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 LEGUMINOSAS GRANÍFERAS.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.1 AMENDOIM .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2 ERVILHA .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.3 FEIJÃO CAUPI.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.4 FEIJÃO COMUM.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.5 FEIJÃO-FAVA .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.6- FEIJÃO GUANDU .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.7 FEIJÃO MUNGO .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.8 FEIJÃO PRETO.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.9 GRÃO-DE-BICO .....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.10 LENTILHA.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.11 SOJA .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3 INOCULAÇÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.1 INOCULAÇÃO DE RIZÓBIOS EM LEGUMINOSAS.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4 CO-INOCULAÇÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>2.4.1 BACILLUS: UMA ALTERNATIVA DE CO-INOCULAÇÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>58</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção de grãos no Brasil cresceu consideravelmente no decorrer das últimas décadas, quando comparada a outros países. A produção brasileira bate recordes ano após ano, por apresentar fatores abióticos favoráveis, além de possuir elevados investimentos em tecnologia, melhoramento genético e biotecnologia sendo empregados nas lavouras (BARONI et al., 2017). Esse cenário coloca o Brasil como o maior produtor de soja do mundo, com cerca de 124.845 milhões de toneladas de grãos e uma área cultivada de cerca de 36.950 milhões de hectares na safra 2019/20 (HIRAKURI, 2020). Entre culturas de leguminosas graníferas, outras além da soja, se destacam no cenário nacional por estarem se expandindo em extensão de áreas cultivadas, ocorrendo produções na entressafra ou safrinha, que tem despertado o interesse dessas espécies. Outro fator determinante é que essas culturas têm migrado para novas regiões de interesse que anteriormente não eram cultivadas, como o nordeste brasileiro.

No Brasil, há uma vasta diversidade de leguminosas cultivadas que variam em grau de importância, iniciando com a soja que é uma *commodity* de importância mundial até as culturas de subsistência como feijão caupi, feijão comum, feijão fava, feijão guandu, feijão mungo, feijão preto, ervilha, grão de bico e lentilha. Todas essas culturas possuem importância econômica e social, principalmente por constituírem a base da alimentação popular. Ainda tem a cultura do amendoim, que além de uso alimentar, tem aplicação medicinal (SILVA et al., 2019).

As plantas, e em especial as leguminosas, apresentam uma alta demanda por nitrogênio (N). Este nutriente é a base para o crescimento e desenvolvimento das plantas (PERDIGÃO et al., 2011), fazendo parte de aminoácidos, molécula de clorofila e nas proteínas de inúmeras enzimas que estão associadas ao crescimento, desenvolvimento e processos vitais como fotossíntese e respiração (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006). A compreensão dos processos microbiológicos entre plantas e microrganismos possibilita a recuperação do solo, além de manejo e práticas sustentáveis mais adequadas que reduzem a aplicação de fertilizantes, principalmente a nitrogenada (EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL, 2019).

Os fertilizantes nitrogenados são obtidos da reação do hidrogênio (H) com o gás nitrogênio (N<sub>2</sub>), os quais são submetidos a condições de alta pressão e temperatura, resultando na síntese da amônia (NH<sub>3</sub>) (ERISMAN et al., 2008). Quando este nutriente está presente em quantidade adequada no solo tende a favorecer o aumento produtivo de culturas leguminosas (ARAÚJO et al., 2004).

A reposição do N no sistema agrícola é realizada por diversos processos como a utilização das descargas elétricas naturais, a Fixação Biológica de Nitrogênio, mas principalmente, pelo uso de fertilizante nitrogenado, com cerca de 40% de inserção no sistema, promovendo assim, um consumo de energia fóssil implicando no aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE) do solo (DOBBIE; SMITH, 2003; SAMSON et al., 2005). Dessa forma, é muito importante estimular o uso de fontes alternativas de nitrogênio em ambiente natural, para realizar a nutrição de plantas, como a exemplo, os microrganismos capazes de fixar o N<sub>2</sub> e os produtores de hormônios de crescimento vegetal que atuam de maneira importante nas interações solo/ planta.

As plantas têm influência direta nas propriedades físicas e químicas da rizosfera, pois essa é a região de contato entre a raiz e o solo. Neste, ocorre a liberação de cerca de 25% de fotoassimilados brutos e matéria orgânica, ainda definem os exsudatos presentes na comunidade microbiana rizosférica que realiza um processo de mutualismo onde a planta libera alimento para os microrganismos e em troca esses auxiliam no desenvolvimento do ciclo da planta (KLOEPPER; SCHROTH, 1978). Essa interação entre as raízes e microrganismos auxilia na disponibilização de nutrientes e água para a planta (JÚNIOR; SILVA, 2006).

Na região da rizosfera, encontram-se presentes as bactérias diazotróficas (rizóbio) ou bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN), que realizam simbiose com leguminosas, e as bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP). A fixação biológica de nitrogênio (FBN), consiste no processo onde a nitrogenase presente nos bacteroides converte o N atmosférico em amônia. A soja cultivada no Brasil, por exemplo, obtém toda a demanda nitrogenada a partir da FBN, sem necessidade de aplicação de adubos nitrogenados (NOGUEIRA e HUNGRIA, 2013).

A associação de rizóbios com bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) podem aumentar os efeitos benéficos sobre a produção das culturas. Esse uso conjunto de microrganismos potencializa o sinergismo desses microrganismos com o solo e a planta. Os habitantes do solo, no caso, como os rizóbios (bactérias simbiotes) e os *Bacillus* e *Pseudomonas* (bactérias de vida livre), são os gêneros mais estudados por estarem presentes e serem isolados de regiões adjacentes das raízes das plantas (ARAÚJO, 2008). A presença dos microrganismos depende dos fatores físicos e químicos do solo (matéria orgânica, pH, textura, nutrientes) e fatores ambientais (clima e plantas) (MARILLEY; ARAGNO, 1999).

Algumas cepas de *Bacillus* podem apresentar antagonismo atuando no controle biológico de patógenos os suprimindo na rizosfera através da produção de b-1,3-

glucanase, ácido cianídrico, antibióticos e sideróforos (COELHO et al., 2007). O gênero *Bacillus* apresenta essa característica de micoparasitismo, pois produz enzimas hidrolíticas que degradam a parede celular de alguns microrganismos (ZAGO et al., 2000). Os *Bacillus* atuam promovendo o crescimento vegetal através de diversos mecanismos de ação como a produção de fito hormônios de crescimento (principalmente auxinas) e solubilização de fosfato (COELHO et al., 2007).

O presente trabalho busca, por meio de meta-análise, avaliar como a co-inoculação de microrganismos com diferentes mecanismos de ação de promoção do crescimento vegetal podem potencializar o desempenho simbiótico dos rizóbios nas principais leguminosas graníferas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 LEGUMINOSAS (FABACEAE)

As plantas leguminosas pertencem à família botânica Fabaceae, que reúne cerca de 19.400 espécies em 730 gêneros, sendo essa uma das maiores famílias das angiospermas (COSTA, 2012). As leguminosas podem se apresentar como plantas arbustivas, herbáceas e arbóreas que possuem grande capacidade de adaptação às diversas condições ambientais e climáticas (SOUZA, 2008). Apesar da quantidade de gêneros e espécies, essa família apresenta uma característica geral comum que as colocam dentro de um único grupo, a presença de frutos do tipo vagem (COSTA 2012).

As leguminosas são destinadas à alimentação humana e animal devido ao seu valor nutricional, pois possuem na composição dos grãos vitaminas, minerais e proteínas essenciais (MUDRYJ et al., 2014). Apresentam grande potencial produtivo e, por esse motivo, são destinados à aplicação em sistemas agrícolas e de interação (PEREIRA et al., 2011, MONTEIRO et al., 2019), como matéria-prima na formação de adubos verdes e na recuperação de pastagens degradadas exercendo um importante papel no ponto de vista ecológico (PERIN et al., 2003; COSTA, 2012; CREWS; PEOPLES, 2005) e no auxílio do enriquecimento dos solos, especialmente em relação ao nitrogênio (N) (BORTOLINI et al., 2000). Outra característica que as tornam tão importantes se deve ao fato de apresentarem capacidade de realizar interação simbiótica com bactérias diazotróficas (rizóbios) (NOGUEIRA e HUNGRIA, 2013).

A simbiose consiste na interação entre duas espécies que vivem em conjunto, esta relação ocorre entre plantas leguminosas e rizóbios, que em sinergismo, realizam o processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) no solo (HUNGRIA; MENDES, 2013), que ocorre em estruturas específicas denominadas nódulos. Os microrganismos entram em contato com os pelos radiculares das raízes da planta, realizando associação e posteriormente a formação dos nódulos que realizam conversão do nitrogênio atmosférico em formas assimiláveis pelas plantas, proporcionando um aumento de biomassa, além de promover o incremento do elemento nitrogênio no solo, favorecendo assim, a fertilidade local e, conseqüentemente, contribui com a cultura subsequente (KERMAN et al., 2017).

A simbiose pode ser visualizada, verificando a presença de nódulos no sistema radicular, e a viabilidade é comprovada pela coloração rósea devido à ação da leg-hemoglobina, confirmando o processo de FBN (HUNGRIA et al., 2007). Esta interação

entre plantas leguminosas e rizóbios pode ser responsável por cerca de 20-25% do N que entra no ciclo de N no ecossistema (MONTEIRO et al., 2019).

A taxa de N proporcionada pela FBN dispensa o uso de adubos nitrogenados de origem industrial, os quais necessitam de um elevado grau tecnológico e energético, além de um alto custo de produção (JÚNIOR, 2011). Entre outros benefícios frente ao uso de adubos nitrogenados na agricultura se encontra a redução da emissão de gases poluentes pela volatilização do N e a contaminação de leitos de rios que causam a eutrofização da água (VALENTIM et al., 2009).

## 2.2 LEGUMINOSAS GRANÍFERAS

As espécies leguminosas graníferas são a base da fonte alimentar para humanos e para animais, e em alguns casos, é a única fonte de proteína, por esse motivo servem como matéria prima para diversos produtos industriais e alimentícios (BARCELLOS et al., 2008; MACIEL et al., 2013). No Brasil, as leguminosas graníferas mais produzidas são a soja (*Glycine max* L.), todas as variedades de feijão, grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), lentilha (*Lens culinaris* Medikus) e amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (VIEIRA; VIEIRA 1996). Porém, quando se trata do cenário mundial, existem outras culturas graníferas de interesse da população. Por isso, este trabalho de pesquisa foi realizado com as leguminosas graníferas mais utilizadas no mundo para alimentação humana e animal, as quais serão apresentadas, em ordem alfabética, trazendo informações sobre as espécies que serão analisadas.

### 2.2.1 AMENDOIM

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma oleaginosa de hábito arbustivo, que produz frutos subterrâneos, originária da América do Sul e consumida mundialmente por possuir alto valor nutritivo e calórico, rico em lipídios (óleos), proteínas, vitaminas e sais minerais como zinco e ferro (MACEDO, 2010). O Brasil é o 12º maior produtor de amendoim, na safra de 2019/20 apresentou uma produção de 557,5 mil toneladas em uma área total de 160,5 mil hectares, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021).

A inoculação de espécies consideradas bactérias promotoras do crescimento de plantas dos gêneros *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Streptomyces* e *Burkholderia* em amendoim viabilizaram o crescimento da massa radicular da cultura,

com isso, houve uma resposta positiva do efeito da inoculação sobre a formação de nódulos, proporcionando um favorecimento no aumento da FBN (TILAK et al., 2006)

A cultura tem grande relevância por ser componente do sistema de rotação em canaviais e em renovação de pastagens, melhorando a qualidade do solo através da ampla ação das raízes que ocupam maior volume de solo e promovem a descompactação e aeração do solo (FERRARINETO, 2011). Ainda possui a capacidade de realizar simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, que fixam nitrogênio atmosférico (AZEVEDO, 2010), promovendo assim, maior disponibilidade de N e outros nutrientes para a cultura subsequente (VALENTIM et al., 2009). Um aspecto interessante é que o amendoim devido à simbiose, não precisa de adubação nitrogenada durante a semeadura, como as demais culturas agrícolas não-leguminosas (ANCHESCHI, 2018).

Estudos que envolvem a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio e as bactérias de vida livre com esta cultura são realizados, visando o aumento da produção de biomassa e produtividade em grãos (MATHIVANAN; JAYARAMAN, 2019). A limitação do uso de inoculante na cultura do amendoim ocorre devido à baixa expressão produtiva no território brasileiro quando comparados a soja e ao feijão, somado a isso ainda existe uma falta de tecnologias de aplicação de inoculantes, a falta de conhecimento sobre isolados recomendados, bem como a escassez de produtos específicos para esta cultura (FERNANDES; REIS, 2008). Afinal, o amendoim tem capacidade de formar simbiose com vários rizóbios presentes no solo, sendo que cerca de 433 isolados de rizóbios comprovaram a capacidade de nodular com esta espécie (STAMFORD et al., 2007).

A inoculação é um procedimento que favorece a formação de nódulos e o estabelecimento da simbiose precocemente. Estudos realizados com a inoculação de diferentes estirpes de rizóbios em amendoim forrageiro cv. Amarelo indicaram que a estirpe SEMIA 6439 promoveu maior desenvolvimento radicular (MUNIZ et al., 2016). Esses dados foram semelhantes aos valores alcançados quando a cultura foi manejada apenas com adubação nitrogenada mineral, evidenciando, dessa forma, a importância da inoculação (MUNIZ et al., 2016). A efetividade na formação de nódulos e na FBN foi considerada positiva com a aplicação de bactérias nativas do gênero *Rhizobium*, ainda foram isoladas de nódulos presentes em plantas de amendoim bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Burkholderia* (LIMA, 2020).

A utilização de bactérias nodulantes em conjunto com a adubação nitrogenada na cultura do amendoim aumentou o teor de N foliar quando aplicados em cobertura, proporcionando uma concentração do nutriente nitrogênio com variação de 30-45 g.kg<sup>-1</sup>

no conteúdo da planta (CORREIA et al., 2012). Além disso, o número e a massa de nódulos por planta aumentaram quando a cultura foi inoculada com *Bradyrhizobium*, indicando a maior quantidade de células vivas para infecção do sistema radicular (BETTIOL et al., 2019).

Alguns trabalhos na literatura evidenciam a utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal na co-inoculação com microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico (BOLONHEZI et al., 2020). Além dos rizóbios, as bactérias promotoras do crescimento de plantas em especial do gênero *Bacillus* podem ser inoculados na cultura do amendoim, que já comprovaram a capacidade de facilitar o processo de nodulação das raízes das plantas (LIMA, 2020), além de promoverem o crescimento vegetal, através da produção de reguladores de crescimento, hormônios, solubilização de fosfato e outros nutrientes (MATHIVANAN; JAYARAMAN, 2019).

A técnica da biotecnologia microbiana da co-inoculação perfaz um sinergismo entre microrganismos distintos, que podem ser de bactérias do tipo rizóbio (aquelas que fazem simbiose com leguminosas) aplicadas em interação com bactérias promotoras do crescimento de plantas (aquelas que são associativas, por possuir vida livre e não formam simbiose). Em função disso, a FBN apresenta maior eficiência comprovada através da co-inoculação em espécies como o amendoim, em que incrementou o crescimento de raiz, da massa seca de parte aérea, na maior quantidade de nódulos e no aumento do teor de N foliar das plantas (LIMA, 2020).

A co-inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio suplementadas com molibdênio, no cultivo de amendoim na região de cerrado, com as espécies *B. japonicum* e *Azospirillum brasilense*, comprovaram que essa técnica é eficiente pois elevou o número de nódulo por planta em 265% e o peso seco dos nódulos em cerca de 180% por planta, quando comparados ao tratamento controle sem inoculação, indicando o efeito sinérgico potencial que estas duas rizobactérias possuem para melhorar a formação dos nódulos radiculares em plantas leguminosas (SANTOS et al., 2017).

A co-inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* aplicadas com a finalidade de promover a porcentagem de germinação e a velocidade de emergência das plântulas de amendoim não demonstraram efeitos positivos para essas variáveis analisadas. Por outro lado, a combinação promoveu maior número de nódulos radiculares (SILVA et al., 2017).

## 2.2.2 ERVILHA

A ervilha (*Pisum sativum* L.) é uma espécie originária do oriente médio, com maior produção na Índia, Afeganistão e Etiópia. Este grão foi introduzido na alimentação humana por povos nômades na época pré-cristã durante o império romano e grego (HIRATA, 2006). A chegada da ervilha em solo brasileiro ocorreu através dos colonizadores portugueses que introduziram essa cultura na região sul do Brasil (COUTO, 1989). A espécie adaptou-se muito bem nas regiões que apresentam características semelhantes à procedência natural, variando do clima temperado, com concentração principalmente nas regiões sul especialmente no estado do Rio Grande do Sul, logo a cultura se tornou uma opção de uso na entressafra no período de inverno nas regiões do planalto central (COUTO, 1989).

A cultura apresenta duas variedades: trepadeira e rasteira, as quais não necessitam de muita umidade, são resistentes a geadas leves, desenvolvem-se melhor em solos bem drenados e de baixa acidez. Em termos nutricionais, a ervilha possui vitamina A, B e C e sais minerais como ferro e cálcio, possuem baixo teor calórico, e de alto teor nutricional, sendo consumida seca ou verde (OLIVEIRA, 2020). O início dos estudos de melhoramento genético com ervilhas começou a ser realizado em meados de 1955 visando maior produção e melhor qualidade dos grãos (HIRATA, 2006).

A cultura da ervilha, por ser uma leguminosa, possui um alto valor nutricional, por isso, é destinada para alimentação humana na forma *in natura* ou industrializada, podendo ser também destinada à alimentação animal, além da utilização como matéria prima para a adubação verde (HIRATA, 2006). Em países da Europa é muito comum o uso dos grãos na formulação de rações devido ao teor de proteínas (TOMM; LIMA, 2000).

O uso de BPCP demonstrou benefícios para o desenvolvimento e promoção do crescimento de plantas, além de aumentar a taxa germinativa (ZHANG et al., 1997), pode favorecer ainda a disponibilidade de nutrientes (LIFSHITZ et al., 1987). A co-inoculação utilizando *Enterobacter* spp., *Pseudomonas* spp. e *Bacillus* em plantas de ervilha induziram a resistência contra fungos patogênicos (CASTEJON-MUNOZ; OYARZÚN, 1995).

A co-inoculação de *B. thuringiensis* e *R. leguminosarum* em ervilha apresentou resultados positivos para crescimento, nodulação e ainda elevou o peso da biomassa da parte aérea das plantas quando comparado à inoculação simples de *R. leguminosarum* (MISHRA et al., 2009).

### 2.2.3 FEIJÃO CAUPI

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) é uma leguminosa muito utilizada na região Nordeste do Brasil, onde é considerada uma fonte de alimento básico às famílias de baixa renda, essa espécie é comumente denominada de macassar ou feijão-de-corda. Geralmente a espécie é cultivada por pequenos e médios produtores. Essa leguminosa granífera apresenta teores altos de fibras, minerais, carboidratos e proteínas vegetais além de apresentar baixo custo, o que favorece o consumo deste grão (FROTA et al., 2008). Devido à alta produção e consumo nas regiões Norte e Nordeste do Brasil é considerada como uma espécie de grande importância socioeconômica (FREIRE-FILHO, 2009).

A cultura do feijão caupi apresentou uma produção total de 712,6 mil toneladas, durante a safra 2019/20, que foram produzidas em 1.307,8 mil hectares de área cultivada de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2021). O estado do Mato Grosso é o maior produtor de feijão caupi do Brasil com valores produtivos de 1.074 mil kg.ha<sup>-1</sup>, perfazendo uma produção duas vezes maior que a média nacional. Segundo os dados do mesmo órgão, os estados que mais semearam esta variedade de feijão foram Ceará e Piauí, semeando cerca de 588,6 mil hectares, ocupando uma área total de 380,4 e 208,2 mil hectares, respectivamente (CONAB, 2021).

A tecnificação do feijão caupi tem elevado a produção em grandes áreas, pois reduz os custos do cultivo e produção, tornando mais viável na região do cerrado, sendo adotado na safrinha. Para alcançar um patamar de alta produtividade é importante utilizar cultivares com material genético melhorado, o que aumenta o potencial produtivo, além de ampliar a capacidade de adaptação de cultivo desta espécie (SILVA-JUNIOR, 2012).

O feijão caupi apresenta rusticidade e se adapta muito bem ao clima das regiões árida e semiárida, além de apresentar tolerância a solos com salinidade, baixa fertilidade e estresse hídrico (FREIRE-FILHO et al., 2005), sendo uma cultura indicada para regiões com características adequadas como o estado do Mato Grosso que permite desenvolver uma safrinha.

Técnicas de inoculação com rizóbios aplicadas em leguminosas são bem conhecidas e estudadas, pois apresentam resultados positivos em relação à produtividade e o custo-benefício para a agricultura. A aplicação de diferentes cepas de *Bradyrhizobium* na produção do feijão-caupi se mostraram eficientes no incremento da produtividade, principalmente com maior rendimento em grãos (COSTA et al., 2011), assim como esses outros resultados semelhantes foram encontrados na literatura (ZILLI et al., 2006; SOUZA, 2007; ALMEIDA et al., 2010).

Há cerca de trinta anos, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) vem desenvolvendo novas cultivares resistentes a pragas e doenças, que apresentam maturidade fisiológica de grau precoce a semi-precoce e porte ereto, semi-ereto e semi-prostrado, que se adaptam muito bem às regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (FREIRE-FILHO et al., 2009).

#### 2.2.4 FEIJÃO COMUM

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a principal fonte alimentar dos brasileiros, rico em proteína (SILVA et al., 2017), carboidratos, ferro, além de possuir elevado teor de lisina (aminoácido essencial) e vitaminas do complexo B (KELLER et al., 2016). O Brasil é considerado o terceiro maior produtor de feijão do mundo (FAO, 2019). A produção total de feijão na safra 2019/20 foi de 509,5 mil toneladas, e uma área cultivada de cerca de 338,6 mil hectares (CONAB, 2021). Na safra 2021, é estimada uma expansão da área cultivada, e para a segunda safra, um aumento na produção em cerca de 1.457,4 mil toneladas (ou 1,45 milhões de toneladas), pois a implantação de áreas irrigadas e investimentos em tecnologia colaboraram para esta evolução (CONAB, 2021).

O fator climático, durante o desenvolvimento da cultura e a época de colheita podem estimular ou limitar a produção. Por isso, a inclusão de tecnologias no sistema de produção, como a adoção de sistemas de irrigação e a adubação adequada às culturas, são considerados fatores fundamentais para alcançar bons índices de produtividade (BARBIERI et al., 2013). O feijão é uma leguminosa considerada exigente em termos nutricionais, devido à arquitetura do sistema radicular, que é curto e superficial, além de apresentar um ciclo produtivo considerado rápido (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994; ALMEIDA et al., 2007).

Nesse sentido, fica evidente que os nutrientes devem ser direcionados próximo às raízes, em tempo e condições adequadas. A adubação nitrogenada destaca-se como fonte prioritária na cultura do feijão (ARMENTA-BOJORQUEZ et al., 2016), pois o fornecimento de nitrogênio está relacionado, principalmente, com a produção de sementes, onde a falta deste pode afetar negativamente o desenvolvimento do embrião e dos órgãos de reserva, influenciando diretamente na produtividade (BARBOSA et al., 2012; DIAS et al., 2017).

A produtividade do feijoeiro está diretamente relacionada ao processo metabólico do N, por isso, a FBN se torna uma prática interessante, além de sustentável, pois é compreendido que o excesso de fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo pode

trazer prejuízos ao ambiente e à comunidade de microrganismos presentes na rizosfera das plantas (FERREIRA et al., 2010). Essa captação do N para o processo da FBN ocorre de forma natural, realizada por bactérias diazotróficas presentes no solo, em especial para essa cultura as espécies do gênero *Rhizobium* (BARBOSA e GONZAGA, 2012), as quais colonizam a rizosfera dessa leguminosa, promovendo a formação dos nódulos radiculares (SILVA, 2011). O processo da FBN reduz o N gasoso presente na atmosfera tornando-o uma fonte assimilável que é prontamente disponibilizado para as plantas.

Trabalhos na literatura evidenciam a importância da FBN para a cultura do feijão, gerando ganho de produtividade, no caso da inoculação desta espécie com *R. tropici* foi determinada a capacidade de substituir os fertilizantes nitrogenados viabilizando um ganho produtivo de 20 kg.ha<sup>-1</sup> na semeadura, sem demais perdas em produtividade pela alteração da fonte do nitrogênio (BARROS, 2016). O efeito positivo do *R. tropici* também foi constatado nas inoculações de variadas cultivares, as quais permitiram a substituição de fertilizantes nitrogenados nas doses 20 e 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N (SANTANA et al., 2018). Entretanto, a FBN sozinha não é capaz de suprir totalmente a demanda nutricional do elemento nitrogênio para a cultura do feijão, sendo necessário um manejo nutricional complementar (MATOSO e KUSDRA, 2014).

Além da adubação, outro fator que influencia direta ou indiretamente as culturas e o desempenho da mesma durante o ciclo de produção, são as associações que estas fazem com outros organismos benéficos presentes no solo (LIMA, 2020). Dentre esses, é possível afirmar a associação com BPCP (BASHAN; HOLGUIN, 1998), destacando as espécies do gênero *Bacillus*. Esses microrganismos têm a capacidade de fornecer substâncias que promovem o desenvolvimento vegetal, sintetizando hormônios reguladores de crescimento vegetal como o ácido-indol-acético, giberelinas, citocininas, etileno, aminoácidos além da solubilização do fósforo e outros nutrientes (GONZÁLES-LÓPEZ, 2005).

As rizobactérias do gênero *Bacillus* podem estimular a nodulação da FBN (LIMA, 2020). A espécie *Bacillus subtilis* aumenta a nodulação em leguminosas quando co-inoculada com *Rhizobium* (ARAÚJO, 2008). A co-inoculação de *Bacillus* com *Rhizobium* além de aumentar o número de nódulos estimulou a quantidade de N e fósforo acumulado no feijão, quando comparado a aplicação do organismo nodulante sozinho, sendo os valores 14,31 e 14,6 mg.planta<sup>-1</sup> (*Rhizobium*) contra 31,03 e 19,25 mg.planta<sup>-1</sup> (*Rhizobium* e *Bacillus*), respectivamente. Essa mesma técnica e estirpes de microrganismos também comprovaram a eficiência no aumento em produtividade de

grãos, quando comparado somente a inoculação com *Rhizobium* (YADEGARI et al., 2010; STAJKOVIC et al., 2011).

É evidente, nesse sentido, que a técnica da co-inoculação de microrganismos promotores de crescimento de plantas, com as espécies de *Bacillus* e as espécies do gênero *Rhizobium* podem proporcionar inúmeros benefícios às plantas leguminosas, em especial ao feijão, com a redução da nutrição mineral nitrogenada, além de elevar o desenvolvimento das plantas e aumentar a quantidade de nódulos nas raízes (BASTOS, 2016).

### 2.2.5 FEIJÃO-FAVA

O Feijão-fava (*Vicia faba* L.) é conhecido também como feijoad, fava-belém, fava-terra, bongue e feijão espadinho (OLIVEIRA et al., 2004), a origem e domesticação desta cultura ocorreu nas regiões da América Central e Sul (MELO, 2005). Plantas de alta diversidade genética e potencial produtivo que apresentam pouca exigência de umidade, são tolerantes ao calor e se desenvolvem melhor em regiões secas e quentes (OLIVEIRA et al., 2004). A faveira ainda desempenha um papel muito importante dentro da agricultura devido à alta floração que favorece a estimulação de insetos polinizadores (VELOSO et al., 2016).

A cultura é de grande importância na região Nordeste do Brasil pois se adapta muito bem às condições edafoclimáticas da região, além de ser uma das principais alternativas econômicas, pois fortalece a agricultura familiar apresentando grande importância de cunho social, gerando renda e segurança alimentar, por possuir alto teor de proteína (AZANI et al., 2017).

### 2.2.6- FEIJÃO GUANDU

O feijão guandu (*Cajanus cajan* L.) é uma das espécies de leguminosas mais apreciadas devido ao valor nutricional que possui, sendo a sexta leguminosa mais cultivada (JUNIOR, 2012). O múltiplo uso desta espécie é considerado como uma das características principais da cultura, sendo consumida, em virtude dos compostos bioativos presentes nos grãos, folhas e raízes (OSMAN et al., 2021).

O feijão guandu é uma leguminosa capaz de formar nódulos ativos e eficientes na fixação de nitrogênio. Esta espécie realiza simbiose com bactérias diazotróficas, principalmente espécies do gênero *Rhizobium* (STANFORD et al., 2007). Sendo assim,

também, é uma planta passível a ser exposta as técnicas de inoculação, bem como a co-inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas (FREIRE-FILHO, 2009).

A eficiência da inoculação conjunta (co-inoculação) em plantas de feijão guandu, adotando cepas de BPCP e de *Rhizobium* spp., proporcionaram um aumento nos parâmetros vegetativos, no teor de clorofila e em uma quantidade maior de nódulos nas raízes, com destaque às espécies do gênero *Bacillus* à inoculação com rizóbios, determinando que essa técnica é promissora para aumentar a eficiência da FBN (FREIRE FILHO, 2009).

### 2.2.7 FEIJÃO MUNGO

O feijão mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) é uma espécie nativa da Ásia, sendo a Índia o maior produtor (FARIA-NETO, 2018). É conhecido popularmente como: feijão moyashi ou feijão verde (SILVA et al., 2019), é muito empregada na alimentação humana, como farinha ou sendo utilizadas na forma de sementes germinadas ou brotações (VIEIRA, 2001).

O moyashi é a brotação do feijão que apresenta coloração esbranquiçada devido à ausência de iluminação, esse ambiente escuro faz parte do processo de germinação das sementes (SCHARDONG et al., 2013). A produção desta cultura no Brasil se concentra no estado de Minas Gerais, apresentando uma produção de cerca de 2000 kg.ha<sup>-1</sup> (VIEIRA et al., 2011).

### 2.2.8 FEIJÃO PRETO

O feijão preto (*Vigna mungo* (L.) Hepper) é uma leguminosa de porte ereto, é considerada uma espécie herbácea de rápido crescimento, apresentando flores amarelas e sementes com coloração mosqueada a preta (JANSEN, 2006). Possui alta plasticidade na adaptação a outras regiões do planeta, desde que situadas em regiões tropicais (COUTO, 1989). Essa espécie também é conhecida por outros nomes comuns: feijão da China ou feijão preto (FARIA-NETO, 2018). No Brasil é denominado feijão preto por conta da coloração das sementes. O consumo do feijão preto ocorre principalmente em países como China e Índia, por ser um alimento rico em proteínas, carboidratos, fibras e lipídios (FIGUEIRA, 2008).

O feijão preto é uma cultura que apresenta alto potencial produtivo, e ciclo considerado curto, com cerca de 50 dias, por esse motivo tem como melhores períodos

de cultivo recomendado os meses de outubro e novembro, desse modo é possível realizar até cinco colheitas, sendo as duas primeiras as mais produtivas.

### 2.2.9 GRÃO-DE-BICO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é a terceira leguminosa mais produzida no mundo, com cerca de 17,8 milhões de hectares cultivados em 46 países (FAO, 2019). Predominantemente, a produção concentra-se em regiões de clima semiárido, como o subcontinente Indiano e Marrocos, principalmente, sendo a região do Mediterrâneo o maior consumidor do grão (SILVARAMAIAH, et al., 2007).

É uma leguminosa que possui grande importância na dieta humana, devido à alta qualidade nutricional que apresenta, tendo um elevado teor de minerais como potássio, zinco, ferro, cálcio, magnésio, fósforo, carboidratos, vitaminas, além de ácidos benéficos ao organismo, como o ácido linoleico e oleico (KUMAR et al., 2019). Além disso, o grão de bico é considerado uma cultura sustentável, pela habilidade em interagir simbioticamente com bactérias fixadoras de N (MAMTA et al., 2020).

A co-inoculação aplicada à cultura do grão-de-bico com espécies de *Bacillus*, viabilizou um aumento de 270% na nodulação, 192% na biomassa da parte aérea e 242% na produtividade de grãos, quando comparado às plantas controle que não foram inoculadas. Evidenciando, dessa forma, que a cultura pode contribuir com as práticas de manejo de adubação, de forma sustentável e que a co-inoculação traz vantagens para o cultivo (BENJELLOUN et al., 2021).

### 2.2.10 LENTILHA

A lentilha (*Lens esculenta* L.) é uma espécie originária da região do mediterrâneo e da Ásia, naturalmente é uma planta tolerante à seca e a temperaturas frias (SING; PRASAD, 2014), sendo a Turquia e a Índia os maiores produtores mundiais deste grão. A cultura é considerada uma fonte de fibras, proteínas, amido além de minerais como ferro, sódio, cálcio, cobre, entre outros (NEVES et al., 1998). É adotada na alimentação humana e na alimentação animal, além de ser utilizada na produção agrícola como fonte de adubação verde (KAUER et al., 2015).

A utilização da técnica de co-inoculação tem sido aplicada na cultura da lentilha, sendo que o uso da combinação das bactérias nodulantes em sinergismo com as bactérias promotoras do crescimento de planta, aumentando a taxa germinativa, taxa fotossintética

e o crescimento de plantas, aumentando ainda o potencial de mobilização de nutrientes insolúveis, além da produção de sideróforos que possibilita a maior disponibilidade de ferro na rizosfera das raízes e absorção pelas plantas (MISHRA et al., 2009). A aplicação de bactérias do gênero *Rhizobium* em co-inoculação com bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas* na produção de lentilha resultaram em uma interação positiva, em que houve favorecimento no aumento da nodulação e no crescimento das plantas (KANNA; SHARMA, 2011).

### 2.2.11 SOJA

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta herbácea originária da região oriental da Ásia, considerada a principal oleaginosa cultivada no mundo e é empregada na alimentação humana (óleo de soja, leite de soja, molho de soja, entre outros) e animal (rações) (AZEVEDO, 2010).

A cultura da soja está entre as maiores atividades agrícolas, ocupando o quarto lugar entre os produtos mais consumidos e produzidos mundialmente (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). Na safra 2019/20 esta cultura apresentou um crescimento de 4,1% na área plantada no Brasil totalizando 36,949 mil hectares, acompanhando as expectativas de crescimento das safras anteriores já a produção de soja chegou a 124.844,8 mil toneladas (ou 124,8 milhões de toneladas) (CONAB, 2021).

O excelente desempenho do Brasil elevou o país ao patamar de maior produtor do grão, este desempenho ocorre pelo avanço do melhoramento genético e os altos investimentos em aportes tecnológicos. O aumento anual recorrente das áreas cultivadas ocorre pela alta demanda do mercado internacional, o que somadas ao alto valor do preço tornam essa *commodity* atrativa (CONAB, 2021).

A soja é considerada uma das cinco maiores fontes de proteína, com cerca de 36 a 42% nos grãos, além de ser uma rica fonte de sais minerais como: cálcio, magnésio, fósforo e vitaminas (VIEIRA et al., 1999). Por conta dessa disponibilidade de proteínas na constituição do grão a demanda por N no desenvolvimento da cultura é maior, pois, para produzir uma tonelada de grãos de soja é necessário 80 kg de N (HUNGRIA et al., 2001).

Os trabalhos desenvolvidos no Brasil sobre FBN na cultura da soja servem de referência para outros países devido aos bons resultados em pesquisas **aplicadas** que possibilitaram selecionar estirpes que conseguem suprir a demanda de N em cultivares de alto rendimento (HUNGRIA; MENDES, 2007). A inoculação da soja com

*Bradyrhizobium* pode oferecer um incremento na produtividade que gira em torno de 30% (HUNGRIA; MENDES 2007).

A aplicação da inoculação em soja com base nas espécies recomendadas de *Bradyrhizobium* tem como resultado o aumento na produtividade. Em que, a proporção do volume de grãos tende a aumentar de maneira proporcional ao acréscimo da dosagem do inoculante, sendo determinado por Filho et al. (2018) que as doses ideais são de 8 a 10, para cada 50 Kg de sementes. Segundo Muller, Sun e Schunurer (2013), a inoculação destas bactérias nas plantas pode ainda agregar uma economia no ciclo produtivo, devido ao fato que a FBN garante que as plantas recebam um aporte suficiente do elemento N conforme a exigência da cultura em que é aplicada, é possível com essa prática reduzir os custos de produção. Quando essa exigência de N por parte das culturas não é atendida, torna-se um fator limitante para grandes produtividades por demandar de maior quantidade de adubos nitrogenados (FORNASIERE FILHO, 2007; FARINELLI et al., 2010).

O desenvolvimento de pesquisas que almejam melhorar o potencial genético da cultura da soja tem como objetivo elevar a produtividade, a resistência das plantas a doenças e pragas e a maior eficiência de uso dos nutrientes (ZILLI et al., 2006). A baixa absorção de N na cultura da soja diminui progressivamente o potencial produtivo, pois a falta deste elemento afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento das raízes e folhas, afetando ainda a translocação de fotoassimilados e reduzindo o processo da fotossíntese, o que resulta em uma baixa produtividade (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A fim de suprir a demanda de N necessária é indicada a adoção da técnica de inoculação visando aumentar a disponibilidade deste elemento a planta através do processo da FBN, além de potencializar a absorção desse nutriente. A inoculação recomendada como padrão determina que seja realizada a mistura do inoculante com a semente em um período de até 24 horas antes de ser realizado o plantio (HUNGRIA et al., 2001). Após a germinação das sementes inoculadas, ocorre a infecção dos pelos radiculares formando os nódulos e de acordo com a quantidade de nódulos formados pode ocorrer o fornecimento de N suprido pela FBN (ARAÚJO, 1999). Outra técnica considerada como eficiente é a co-inoculação que tem sido estudada e empregada nos sistemas de produção, comprovando que é possível obter benefícios para a cultura da soja, entre eles o aumento significativo da absorção de N (HUNGRIA et al., 2013).

### 2.3 INOCULAÇÃO

### 2.3.1 INOCULAÇÃO DE RIZÓBIOS EM LEGUMINOSAS

A produção sustentável visa a redução do uso dos adubos nitrogenados. Por esse motivo, são empregadas diversas estratégias com a finalidade de aplicar tecnologias que atuam na criação tradicional, na engenharia genética e na biotecnologia microbiana (TANG et al., 2017). A interação dos microrganismos e as plantas tornam a biotecnologia microbiana uma estratégia de menor poluição ambiental, oferecendo assim, um efeito positivo nas relações econômicas, sociais e ambientais (REIS, 2007; TANG et al., 2017). Essas interações têm como objetivo fundamental proporcionar maiores taxas de produtividade às culturas, bem como maior resistência aos estresses biótico e abiótico (MONTEIRO et al., 2021).

Os microrganismos do solo podem atuar de diferentes formas na planta, no caso das bactérias promotoras do crescimento de plantas os benefícios podem ocorrer através do aumento de tamanho e abundância dos pelos radiculares, especialmente as raízes secundárias, que por consequência vão resultar em um maior volume radicular, ampliando a possibilidade de formar nodulações através do favorecimento causado pelo maior volume radicular ou sítios de infecção, o que favorece a FBN (RATZ, 2017). Na cultura da soja, por exemplo, o emprego de inoculantes permite a redução no uso de fertilizantes nitrogenados, possibilitando, assim, uma economia anual que pode alcançar os quatorze bilhões de reais no Brasil (HUNGRIA et al., 2013).

O solo é o ambiente de interação entre as plantas e os microrganismos, esse meio em comum apresenta a capacidade de influenciar no crescimento vegetal e microbiano, através da multiplicação, sobrevivência e até na atividade metabólica presente no ecossistema (MONTEIRO et al., 2021). No solo, principalmente nas regiões próximas às raízes das plantas, há uma alta concentração de microrganismos, quando comparadas às demais regiões, por esse motivo, essa camada é denominada como rizosfera, a qual é definida como sendo a porção de solo que sofre a influência das raízes (HILTNER, 1904). Devido à complexidade e diversidade dessa camada, a rizosfera não possui forma e tamanho mensuráveis, entretanto, apresenta um gradiente químico, biológico e físico que muda radicalmente e longitudinalmente ao redor da raiz (MONTEIRO et al., 2021).

A rizosfera é um ambiente que abriga uma ampla variedade de microrganismos, destes as bactérias, por exemplo, não só colonizam a rizosfera ou o rizoplano, mas também, algumas possuem a capacidade de colonizar os tecidos internos das plantas, sendo essas denominadas bactérias endofíticas, as quais estabelecem relações benéficas promovendo o desenvolvimento do vegetal por meio de respostas fisiológicas e

nutricionais das plantas cultivadas, auxiliando, dessa forma, no aumento da produtividade agrícola (COMPANT et al., 2010; FUKAMI et al., 2017; ULLAH et al., 2019). As rizobactérias presentes no solo podem realizar a FBN, entretanto ainda podem atuar na solubilização dos fosfatos (P), na produção de fitormônios, e no crescimento de raízes que facilitam a absorção de água e outros nutrientes (HUNGRIA et al., 2010; YOUSUF et al., 2012; SPOLAOR, et al., 2016; GADHAVE et al., 2018).

A eficiência da colonização das células microbianas nas raízes está relacionada à troca de sinais entre os simbiossiontes, já que a liberação de exsudados pelas raízes das plantas induz a expressão de genes, por exemplo, os genes *nod* em *Rhizobium*, que estão envolvidos no processo de nodulação (REDMOND et al., 1986; PERRET et al., 2000).

Os genes *nod* desencadeiam um estímulo nos pêlos radiculares, permitindo a aproximação das bactérias. Em seguida, o pêlo radicular curva-se em resposta às substâncias liberadas, criando um canal de infecção, esse processo faz com que as bactérias se multipliquem e invadam o interior das células vegetais do córtex, dando início a formação dos nódulos, pois essas células do córtex também se multiplicam, até que o bacteroide seja envolvido tornando-se um dos componentes do nódulo (SANTOS; REIS, 2008). O nódulo é uma extensão do tecido vegetal, que possui conexões com o sistema vascular da planta, viabilizando a translocação do nitrogênio fixado pelo microrganismo simbiote para o resto da planta.

Os nódulos são considerados estruturas especializadas porque dão condições adequadas à sobrevivência dos bacteroides, bem como protegem a viabilidade funcional das nitrogenases que são as enzimas responsáveis pela fixação de N (LOPES, 2002; MOREIRA; SIQUEIRA, 2008). Logo, nestes nódulos ocorrem a redução do N atmosférico (N<sub>2</sub>) em nitrogênio amoniacal (NH<sub>3</sub>), pela atividade da enzima nitrogenase, que é disponibilizado para o hospedeiro, o qual, em contrapartida, retribui suprindo o bacteroide com compostos orgânicos garantindo a sobrevivência das bactérias e a atividade enzimática de FBN (MOREIRA; SIQUEIRA, 2008; MUNIZ et al., 2012).

A enzima nitrogenase necessita de componentes estruturais, principalmente de metais como o Fe e/ou Mg em quantidade necessária para a realização das atividades funcionais, bem como de micronutrientes como molibdênio (Mo) e cobalto (Co), em que todos têm papel fundamental no processo de fixação de nitrogênio (TAIZ; ZEIGER, 2004). A aplicação direta destes elementos nas sementes tem apresentado problemas, pois afeta a sobrevivência das bactérias devido à formulação salina e pH baixo, esse problema afeta diretamente a nodulação e o processo de FBN (BÁRBARO et al., 2009; HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

A planta simbiote produz leg-hemoglobina, e essa proteína é responsável pelo transporte controlado do oxigênio, sendo considerada a principal responsável por dar aos nódulos uma coloração avermelhada no interior quando este está ativo (LOPES, 2002). Essa leg-hemoglobina serve como um meio de driblar o paradoxo da sensibilidade da enzima nitrogenase a alta concentração do oxigênio, por isso, se encontra no interior dos nódulos. Essa estrutura é considerada especializada, pois ela serve como um órgão regulador da quantidade de oxigênio exigido para garantir o suprimento necessário para manter a atividade respiratória dos bacteroides, sem que ocorra a entrada em excesso do oxigênio que inviabilize a funcionalidade da nitrogenase (PESSOA et al., 2001).

A formação de nódulos em condições de campo pode ser verificada a partir do estágio VE após a emergência, e o período de FBN se inicia no estágio V2, que vai aumentando conforme a atividade em estágios posteriores (POTAFOS, 2006). Ainda, a FBN dos nódulos ocorre com maior rapidez, oferecendo um incremento na massa seca dos nódulos (DASHTI et al., 1998; SINGH; RAO, 1979).

Os microrganismos benéficos às plantas têm sido empregados como inoculantes em diversas culturas, em vários países, como uma alternativa aos fertilizantes químicos (SANTOS, 2011). Alguns estudiosos da área acreditam que em um futuro não tão distante, a agricultura se apoie no uso de microrganismos para certos manejos culturais, visto que as pesquisas e as tecnologias do setor avançam, tanto que a inoculação com mais de um microrganismo, ou seja, a técnica de co-inoculação tem sido mais explorada (HUNGRIA; CAMPOS; NOGUEIRA, 2012).

A inoculação de bactérias diazotróficas e/ou bactérias promotoras de crescimento de plantas tem demonstrado eficiência produtiva e ecológica para a produção agrícola (FIGUEIREDO et al., 2010). Entretanto, esse método de inoculação com base em um único microrganismo já é bem conhecido e aplicado, despertando o interesse em trabalhar com inoculantes baseados na associação entre esses tipos de bactérias idealizado o sinergismo complementar em benefício às plantas (HUNGRIA; CAMPOS; NOGUEIRA, 2012).

## 2.4 CO-INOCULAÇÃO

A co-inoculação ou inoculação mista é uma técnica que consiste em utilizar a associação de diferentes microrganismos com o objetivo de realizar combinações que potencializam o efeito sinérgico desses microrganismos de forma complementar, em que

os resultados benéficos obtidos pela co-inoculação sejam superiores aos apresentados na inoculação de um único microrganismo (FELINI, 2006; BÁRBARO et al., 2009).

O processo de co-inoculação é uma forma eficiente de aplicação de inoculantes que podem substituir os insumos convencionais, utilizando microrganismos promotores do crescimento de plantas que atuam na disponibilidade dos nutrientes, proporcionando também, maior absorção de moléculas importantes sintetizadas através das atividades formadoras de metabólitos secundários, considerados como hormônios reguladores do crescimento de plantas, os quais atuam de forma positiva sobre a fisiologia das plantas (FERLINI, 2006; BÁRBARO et al., 2008).

Os efeitos causados pela co-inoculação de bactérias promotoras do crescimento de plantas e rizóbios variam de acordo com as estirpes bacterianas utilizadas e com os genótipos da planta hospedeira, as quais realizam a sinalização para o ambiente com uma finalidade específica (OLIVEIRA et al., 2003). Essa técnica de co-inoculação ainda possibilita a planta uma resistência sistêmica induzida, na qual ocorre um aumento na capacidade de resposta de defesa das células das plantas, quando esta é desafiada por patógenos (CONRATH et al., 2006).

O efeito aditivo do uso desses microrganismos pode também auxiliar na resistência a eventos abióticos como estresse salino, hídricos e outros que podem acarretar baixa produção da cultura (SILVA, 2020; MONTEIRO et al., 2021). Diante disso, a literatura evidencia que microrganismos promotores do crescimento de plantas estimulam o aumento produtivo através de metabólitos secundários produzidos por essas bactérias, as quais podem influenciar na expressão de genes *nod* (LUGTENBERG et al., 2013), sendo este, um efeito benéfico para as bactérias diazotróficas que estimulam a formação de nódulos, bem como as plantas leguminosas (DROGUE et al., 2013).

#### 2.4.1 *BACILLUS*: UMA ALTERNATIVA DE CO-INOCULAÇÃO

As bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* são consideradas bactérias promotoras do crescimento de plantas e recebem essa denominação por habitar e colonizar a rizosfera promovendo o crescimento vegetal, ao passo que são beneficiadas pelos exsudatos liberados pelas plantas (AHEMAD e KIRBRET, 2014; KANG et al., 2019). O *Bacillus* apresenta a capacidade de potencializar os efeitos positivos do rizóbio, os quais foram testados em meio de cultura para verificar se existe a possibilidade de agirem de forma complementar por meio da interação. Essa interação ficou comprovada e permitiu inferir que esses microrganismos podem atuar na rizosfera promovendo a

nodulação, e consecutivamente estimulando o processo simbiótico que favorece a FBN (LI; ALEXANDRE, 1988).

A promoção do crescimento realizada por estas bactérias ocorre através do incremento na taxa de germinação das sementes depositadas no solo, com ações sobre a disponibilidade e absorção dos nutrientes, promovendo o acúmulo de biomassa e crescimento em altura, favorecendo melhor qualidade às plantas e maior produtividade (RATZ, 2017).

As bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* compreendem cerca de 95% dos microrganismos presentes na rizosfera, sendo as bactérias Gram positivas mais abundantes neste microambiente (PRASHAR et al., 2013; SIVASAKTHI et al., 2014). Além de favorecer o crescimento das plantas, através da produção de substâncias promotoras do crescimento de plantas (NELSON, 2014), às bactérias do gênero *Bacillus* são ótimas candidatas para a formação de inoculantes, pois possuem a capacidade de esporular, o que aumenta o potencial de sobrevivência quando submetidas à exposição a produtos químicos utilizados na agricultura (MENDIS et al., 2018).

A atuação das bactérias do gênero *Bacillus*, além de exercer benefícios, supracitados, também está na capacidade de realizar a fixação biológica de nitrogênio (AHMAD; KIBRET, 2014), tanto de forma simbiótica, quanto assimbiótica (GUPTA, 2004). A relação destas bactérias presentes na rizosfera com a FBN ocorre pelo fato de que algumas espécies de *Bacillus* possuem os genes *nif* (DING et al., 2005), que codificam as proteínas responsáveis pela FBN (MASEPOHL; KLIPP, 1996).

Os microrganismos que produzem metabólitos considerados promotores do crescimento, como as espécies do gênero *Bacillus* que possuem efeitos sinérgicos com FBN e a planta (FILGUEIRAS; MENESES, 2015), também têm a capacidade de realizar a dissolução de estruturas celulares (denominadas lises), o que permite atuar sobre o controle biológico de outros microrganismos considerados patogênicos (OLIVEIRA et al., 2020). Algumas espécies de *Bacillus* produzem antibióticos que atuam na supressão de agentes patogênicos, através da secreção de enzimas do tipo amilolítica e proteolítica (OLIVEIRA et al., 2020).

As espécies de *Bacillus* possuem a habilidade de promover a fixação de nitrogênio em diversas culturas (IDRIS et al., 2007; OMAR et al., 1996; TANG et al., 2017; PADDA et al., 2016). Outro fato interessante desse grupo de microrganismos é a habilidade que possuem em serem empregados como um componente de co-inoculantes, perfazendo a associação com espécies de *Rhizobium*, as quais promoveram, em conjunto, maior aporte de raiz e número de nódulos produzidos em feijão (PETERSEN et al., 1996),

amendoim (TURNER et al., 1991) e soja (BAI et al., 2003; HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAÚJO, 2013; LI et al., 2008).

A co-inoculação de rizóbio e BPCP pode otimizar o processo de FBN, dependendo da combinação e das estirpes utilizadas nessa interação, pois deve existir um sinergismo entre esses microrganismos (CATELLAN, 1996). Este fato foi comprovado em experimentos onde foi realizada a co-inoculação da soja utilizando *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum/elkanii* que elevaram a taxa de nodulação e produção de grãos (ARAÚJO; HUNGRIA, 1999). A co-inoculação em leguminosas graníferas como o feijão caupi e plantas arbustivas no caso a leucena, inoculadas com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium*, verificaram que essa associação aumentou a produção da matéria seca da parte radicular das plantas (ARAÚJO et al., 2010). Por outro lado, a co-inoculação utilizando espécies dos gêneros *Bacillus*, *Enterobacter* e *Paenibacillus*, todas essas estirpes são produtoras de AIA, sem a presença de BFN produziram maior quantidade de matéria seca da parte aérea e raiz de feijão caupi (COSTA et al., 2013).

A aplicação da co-inoculação sobre o crescimento da cultura da alfafa demonstrou o potencial desta técnica através do efeito positivo observado no incremento da biomassa das plantas inoculadas, quando comparadas a plantas não inoculadas com a mistura de rizóbios e BPCP (LU et al., 2020). Por outro lado, na cultura da soja Zeffa et al. (2020), através da adoção da técnica de co-inoculação com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bacillus* spp., além de outras promotoras de crescimento resultaram no aumento do número de nódulos (11,40%), na massa dos nódulos (6,47%), no volume de raiz (12,84%), além do acréscimo no teor de N e na produtividade de grãos. Evidenciando, dessa forma, a importância da incorporação de *Bacillus* como uma alternativa viável na co-inoculação de leguminosas.

Experiências negativas frente a técnica de co-inoculação geralmente são ligadas a incompatibilidade entre os microrganismos associados ou a ineficiência na colonização das raízes (OLIVEIRA et al., 2003). A co-inoculação de estirpes do gênero *Bacillus* e *Enterobacter* que possuem a capacidade de produzir AIA foram aplicadas na cultura da soja, porém, não foram descritos efeitos positivos de carácter benéfico (LI et al., 2008). A co-inoculação com microrganismos promotores do crescimento de plantas e rizóbios em plantas de soja não apresentou aumento produtivo (OLIVEIRA et al., 2003).

## 2.5 PRODUTOS BIOLÓGICOS BASEADOS NA CO-INOCULAÇÃO

A interação entre microrganismos e plantas é complexa, pois as respostas destas relações são influenciadas por diversos fatores, por isso, as pesquisas sobre os produtos biológicos comerciais continuam em desenvolvimento, principalmente no que se refere à eficiência do produto, à viabilidade do organismo e ao veículo adotado para esses microrganismos (MONTEIRO et al., 2017).

No ano de 2016, os produtos biológicos movimentaram cerca de 787,7 milhões de dólares, as estimativas para 2022 é que esse valor alcance aproximadamente 1,5 bilhões de dólares (GRAND VIEW RESEARCH, 2018). O mercado global de saúde animal e agricultura prospecta para 2025 que o setor de insumos biológicos deve ultrapassar os 8 bilhões de dólares, evidenciando o aumento crescente de pesquisas com essas tecnologias no campo. A base da agricultura futuramente será baseada na utilização de microrganismos, principalmente aqueles que promovem o crescimento vegetal e fixam o nitrogênio, reduzindo e até mesmo substituindo a adubação mineral pela biológica (LAKSHMANAN et al., 2014).

Os inoculantes destinados ao meio agrícola reúnem uma grande gama de produtos, os quais são destinados a diversos ramos agropecuários, entre eles: a pecuária, a silvicultura e a própria agricultura (CARDOSO et al, 2018). Os de produção vegetal são utilizados com base na biotecnologia microbiana, a qual estimula o desenvolvimento das plantas e interfere de forma positiva em resposta ao ataque de patógenos, além de potencializar a produtividade, promovendo maior absorção dos nutrientes, aumentando a disponibilidade de água, entre outros benefícios (FERREIRA et al., 2011).

Os produtos biotecnológicos baseados em microrganismos utilizados como inoculantes e recomendados para cada cultura em específico, são disponíveis ao mercado após a liberação perante o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), esses estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Relação de produtos biotecnológicos ou inoculantes comerciais disponíveis no mercado.

Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Duravel	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> MBI600	Basf S. A.	Amendoim, feijão, feijão caupi, grão de bico, lentilha e soja	22718	Pó molhável (WP)	Bactericida biológico, pulverizações preventivas de utilização em parte aérea e radicular.	Bactericida de ação protetora. Por meio da produção de lipopeptídeos ele atua na membrana celular das estruturas reprodutivas dos fungos fitopatogênicos provocando sua ruptura e posterior deformação. Compete ainda por espaço e nutrientes na superfície dos vegetais assim como no solo junto ao sistema radicular.
Eco-shot	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> cepa D-747	Iharabras S. A. Industria química	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	26616	Grânulos dispersíveis em água (WG)	Bactericida biológico de aplicação foliar e em frutos pós colheita	Fungicida Microbiológico. Age destruindo as membranas e paredes celulares dos fungos patogênicos.
Eficaz Nema	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> isolado SIMBI BS 10	Simbiose Indústria e Comercio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos Ltda.	Soja	22018	Suspensão concentrada (SC)	Tratamento de sementes em pré-plantio.	Nematicida microbiológico. Atua no controle de <i>Pratylenchus brachyurus</i> nematoide das lesões radiculares.
Nemacontrol	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> isolado SIMBI BS 10	Simbiose Indústria e Comercio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos Ltda.	Soja	12016	Suspensão concentrada (SC)	Tratamento de sementes em pré-plantio.	Nematicida microbiológico. Atua no controle de <i>Pratylenchus brachyurus</i> nematoide das lesões radiculares.
<b>Continua...</b>							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
No-nema	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> isolado BV03	Biovalens Ltda.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	34518	Suspensão concentrada (SC)	Aplicação no tratamento de sementes em sulco e irrigação.	Nematicida microbiológico. Competição por espaço e nutrientes no solo, proporciona proteção à planta por formação de biofilme.
PFC-Control	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> isolado SIMBI BS 10	Simbiose Industria e Comércio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos Ltda.	Soja	08318	Suspensão concentrada (SC)	Tratamento de sementes em pré-plantio.	Nematicida microbiológico. Atua no controle de <i>Pratylenchus brachyurus</i> nematoide das lesões radiculares.
Quartzo SC	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> isolado IBSBF 3236	Laboratório de Bio Controle Farroupilha Ltda.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	30918	Suspensão concentrada (SC)	Aplicação via pulverização em pós emergência.	Fungicida microbiológico.
Sonata	<i>Bacillus pumilus</i> linhagem QST 2808	Bayer S. A.	Feijão, feijão vagem.	04311	Suspensão concentrada (SC)	Aplicação preventiva em pulverização.	Fungicida Microbiológico Atua no metabolismo celular levando à destruição das células e à morte do patógeno. Impede a germinação dos esporos do fungo nas plantas formando uma barreira física entre os esporos e a superfície da folha, colonizando os esporos do fungo. Compete por espaço e nutrientes com os patógenos, especialmente onde os nutrientes são raros como nas superfícies das folhas.
Continua...							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Biobac	<i>Bacillus subtilis</i> Y1336	Arysta Lifescience do Brasil Industria Química e Agropecuária S. A.	Feijão, feijão vagem, amendoim e ervilha.	26816	Pó Molhável (WP)	Tem ação de contato podendo ser aplicado em bandeja de mudas, pulverização foliar e/ou no solo, conforme o alvo a controlar.	Como fungicida/ bactericida atua no parasitismo direto e morte do patógeno; competição por nutrientes e espaço na superfície foliar e no solo junto ao sistema radicular. Como nematicida microbiológico apresenta alta capacidade de competição no solo, colonizando o sistema radicular das culturas, onde alimenta-se de exsudados radiculares, com formação de biofilme protetor da raiz.
Rizos	<i>Bacillus sibtillis</i> UFPEDA 764	Lallemand soluções agrobiológicas LTDA	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	12118	Suspensão concentrada (SC)	É destinado ao tratamento de sementes, via líquida no sulco de plantio ou via pulverização em pós emergência.	Nematicida microbiológico. Para o manejo do nematoide das galhas <i>Meloydogine</i> spp. o nematoide das lesões radiculares <i>Pratilenchus</i> spp. e para os nematoides do cisto <i>Heterodera glycines</i> . Coloniza a rizosfera das raízes.
Rizos OG	<i>Bacillus sibtillis</i> UFPEDA 764	Lallemand soluções agrobiológicas LTDA	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	15116	Suspensão concentrada (SC)	Aplicação em tratamento de sementes e via foliar.	Nematicida microbiológico. Eficaz no controle de fitonematoides no solo, incluindo o nematoide <i>Meloydogine javanica</i> nematoide das galhas e <i>Pratylenchus brachyurus</i> nematoide das lesões.
...Continua							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Biobaci	<i>Bacillus subtilis</i> BV09	Biovalens Ltda.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	36118	Suspensão concentrada (SC)	A aplicação deve ser realizada através de pulverizador costal ou tratorizado.	Nematicida microbiológico com ação de contato, recomendado para o controle dos alvos biológicos <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Meloidogyne exigua</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Meloidogyne paranaenses</i> . Apresenta grande capacidade de competição no solo, colonizando o sistema radicular das culturas. Utiliza os exsudatos radiculares como fonte de alimentação, formando um biofilme protetor em torno da raiz. Somado à proteção fornecida pelo biofilme, durante o crescimento e desenvolvimento bacteriano são secretados metabólitos com ação nematicida.
Serenade	<i>Bacillus subtilis</i> linhagem QST 713	Bayer S. A.	Feijão, feijão vagem, amendoim, ervilha, soja.	03911	Suspensão concentrada (SC)	Utilizado em aplicação de pulverização preventiva.	Fungicida bactericida microbiológico. Os lipopeptídeos produzidos atuam na membrana celular das estruturas reprodutivas do fungo, provocando sua deformação e produzindo rupturas. O <i>Bacillus subtilis</i> também age por competição de espaço e nutrientes na superfície vegetal da planta e no solo junto ao sistema radicular.
...Continuação							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Able	<i>Bacillus thuringiensis</i> subespécie Kurstaki	Sipcam Nichino Brasil S. A.	Soja, feijão, amendoim, ervilha,	02789	Suspensão Concentrada dispersível em óleo	O produto deve ser utilizado exclusivamente em aplicações na parte aérea das plantas, sendo necessária a aplicação preventiva em pragas que perfuram os frutos ou formam galerias nas folhas e hastes.	Inseticida Biológico (por ingestão). Específico para controle lagartas (estágio larval de lepidópteros). Após a praga ingerir as toxinas presentes neste produto, ocorre a reação destrutiva das células epiteliais do intestino médio, ocasionando ruptura do tecido e desencadeando o processo de infecção generalizada (septicemia) e morte.
Agree	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i> GC-91	Bio controle Métodos de Controle de Pragas Ltda.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	06095	Pó molhável (WP).	Aplicação via pulverização visando a cobertura uniforme da planta.	Inseticida Microbiológico. Auxilia no controle de lagartas resistentes a outras moléculas, diminuindo futuramente a pressão de seleção de indivíduos na área de produção.
Bac-Control Max WP	<i>Bacillus thuringiensis, Berliner</i>	Vectorcontrol Industria e Comercio de Produtos Agropecuários Ltda.	Amendoim, soja, feijão,	1917	Pó molhável (WP).	Aplicação via pulverização visando a cobertura uniforme da planta.	Inseticida microbiológico. Na cultura do amendoim atua no controle da lagarta-da-soja ( <i>Anticarsia gemmatilis</i> ), Curuquerê-da-couve ( <i>Mocis lapites</i> ). Na cultura da soja atua no controle da lagarta-da-soja, falsa-medideira-da-couve ( <i>Trichoplusia ni</i> ) e lagarta-da-espiga-do-milho ( <i>Helicoverpa</i> spp.). Na cultura do feijão controla lagarta-da-soja.
Bac-Control Max EC	<i>Bacillus thuringiensis</i> subspecie Kurstaki cepa CCT 1306	Vectorcontrol Indústria e Comercio de Produtos Agropecuários Ltda.	Destinada a cultura da soja podendo ser utilizada em culturas de ocorrência do alvo biológico.	30518	Concentração emulsionável (EC).	Aplicação terrestre ou foliar. Inseticida de ação por ingestão indicado para o controle de pragas.	Inseticida microbiológico. Soja lagarta-da-espiga-do-milho ( <i>Helicoverpa zea</i> ).
...Continua							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Bac-Control WP	<i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Berliner</i>	Vectorcontrol Indústria e Comercio de Produtos Agropecuários Ltda.	Destinado a amendoim e soja.	0458791	Pó molhável (WP).	Pulverização prezando cobertura de toda a planta sempre no início do aparecimento das pragas.	Inseticida biológico, de ação por ingestão. Na cultura do amendoim atua no controle da lagarta-da-soja ( <i>Anticarsia gemmatalis</i> ), Curuquerê-da-couve ( <i>Mocis lapites</i> ). Na cultura da soja atua no controle da lagarta-da-soja, falsa-medideira-da-couve ( <i>Trichoplusia ni</i> ) e lagarta-da-espiga-do-milho ( <i>Helicoverpa</i> spp.).
BTControl	<i>Bacillus thuringiensis</i> variedade kurstaki, cepa HD-1 (CCT 1306)	Simbiose Indústria e Comércio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos Ltda.	Apresenta eficiência agrônômica comprovada no controle de pragas na cultura da soja podendo ser destinada a todas as culturas as quais ocorram.	4816	Suspensão Concentrada (SC)	Aplicação em pós emergência via pulverização foliar.	Inseticida microbiológico destinado ao controle de pragas.
Costar	<i>Bacillus thuringiensis</i> , variedade kurstaki, cepa SA-12	Iharas S. A. Indústria Química.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	22316	Granulado dispersível (WG).	Utilizado em pulverizações no solo ou foliar em infestações iniciais de lagartas que atacam folhas e partes reprodutivas das culturas.	Inseticida microbiológico com ação por ingestão.
DIPEL ES-NT	<i>Bacillus thuringiensis</i> , variedade kurstaki, linhagem HD-1	Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico. Com eficiência comprovada para as culturas da soja, feijão, feijão vagem e ervilha.	5917	Suspensão concentrada (SC)	Aplicação pode ser realizada via foliar sendo de forma aérea ou terrestre utilizando pulverizador tratorizado visando a cobertura total da planta.	Inseticida biológico para controle dos alvos biológicos. Atua por ingestão de parte da planta, causando ruptura na parede estomacal das larvas. Após a ingestão as larvas cessam a ingestão em alguns minutos reduzindo os danos as culturas.
...Continua							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Dipel WG	<i>Bacillus thuringiensis</i> , variedade kurstaki, linhagem HD-I 32.000	Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda.	Ervilha, feijão, amendoim, feijão vagem, soja são culturas destinadas. Pode também ser aplicada a outras culturas de ocorrência do alvo biológico.	004707	Granulado Dispersível (WG)	Deve-se observar que ocorra uma total cobertura das folhas, no tratamento.	Inseticida biológico a base de <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt), que atua como disruptor das membranas do aparelho digestivo das lagartas de Lepidópteros. Atua destruindo a parede estomacal das lagartas, ou seja, começa a agir após a ingestão.
Dipel WP	<i>Bacillus thuringiensis</i> , variedade kurstaki, linhagem HD-1	Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda.	Destinada a cultura da soja podendo ser utilizada em culturas de ocorrência do alvo biológico.	00858901	Pó molhável (WP)	É de fundamental importância que a tecnologia de aplicação permita uma boa cobertura das plantas. A aplicação é realizada via foliar.	Inseticida microbiológico de ação por ingestão, causando ruptura na membrana do sistema digestivo (mesêntero) das larvas (lagartas) de lepidópteros. Após a ingestão as larvas cessam a atividade de alimentação em algumas horas, interrompendo os danos na cultura.
Dipel	<i>Bacillus thuringiensis</i> , variedade kurstaki, linhagem HD-I	Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda.	Amendoim, ervilha, feijão, feijão vagem e soja.	00291	Suspensão Concentrada (SC)	Pode ser aplicado em forma de pulverização, utilizando equipamentos convencionais de aplicação aérea ou terrestre, utilizando-se um volume de água adequado para assegurar uma boa cobertura.	Inseticida biológico de ingestão atua destruindo a parede estomacal das lagartas, ou seja, começa agir após a ingestão.
Helymax EC	<i>Bacillus thuringiensis</i> , Berliner	Ballagro Agro Tecnologia Ltda.	Soja	31217	Concentrado Emulsionável (EC)	Aplicação foliar presando aplicação uniforme e cobertura total da planta.	Inseticida microbiológico, de ação por ingestão indicado para o controle de pragas. Com eficiência comprovada para a cultura da soja Broca-grande-do-fruto ( <i>Helicoverpa zea</i> )
...Continua							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Helymax WP	<i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Berliner</i>	Ballagro Agro Tecnologia Ltda.	Pode ser utilizada em qualquer cultura com ocorrência do alvo biológico citado em bula. Com eficiência agrônômica comprovada para as culturas do amendoim e soja.	02617	Pó Molhável (WP)	Aplicação via foliar prezando a cobertura total da planta.	Inseticida microbiológico destinado ao controle de pragas.
Javelin WG	<i>Bacillus thuringiensis</i> subspecie kurstaki cepa AS-11	Mitsui & Co (Brasil) S. A.	Feijão, ervilha, lentilha, amendoim e soja.	23017	Granulado dispersível (WG)	Aplicação foliar podendo ser realizada terrestre ou de forma aérea.	Inseticida microbiológico. Destinado ao controle das larvas de lepidópteros pela ingestão.
Tarik-EC	<i>Bacillus thuringiensis</i> , subspecie kurstaki, cepa CCT 1306	Vectorcontrol Industria e Comercio de Produtos Agropecuários Ltda.	Soja	39517	Concentrado Emulsionável (EC)	Aplicação via foliar.	Inseticida microbiológico, de ação por ingestão. No controle da lagarta-helicoverpa ( <i>Helicoverpa armigera</i> ).
Tarik WP	<i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Berliner</i>	Vectorcontrol Industria e Comercio de Produtos Agropecuários Ltda.	Soja	2517	Pó Molhável (WP)	Realizar pulverização via foliar.	Inseticida biológico.
Thuricide SC	<i>Bacillus thuringiensis</i> variedade kurstaki cepa SA-12	Mitsui & Co (Brasil) S. A.	Indicado para uso em todas as culturas com ocorrência dos alvos biológicos.	39017	Suspensão concentrada (SC)	A técnica de aplicação a ser utilizada pode ser terrestre ou aérea, pulverização foliar sobre a cultura.	Inseticida microbiológico de ação por ingestão.
...Continua							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Thuricide	<i>Bacillus thuringiensis</i> , variedade kurstaki (Berliner), Cepa HD-1	Bio Controle – Métodos de Controle de Pragas Ltda.	Eficiência agrônômica comprovada para as culturas do amendoim e soja. Pode ser utilizado para o controle biológico em qualquer cultura na qual ocorram.	01608491	Pó Molhável (WP)	Aplicação deve ser realizada por equipamentos terrestres por meio de pulverização.	Inseticida microbiológico. Realiza controle de lagartas de várias espécies de lepidópteros, por não ter ação de contato não oferece nenhum perigo para insetos benéficos. Atua por ingestão, provocando a paralisia do canal digestivo das lagartas, dentro de uma a quatro horas após a ingestão.
Winner Max EC	<i>Bacillus thuringiensis</i> subespécie kurstaki, cepa CCT 1306	Vectorcontrol Indústria e Comercio de Produtos Agropecuarios Ltda.	Eficiência agrônômica comprovada para a cultura da soja.	6618	Concentrado Emulsionável (EC)	Aplicação utilizando pulverizador de forma a permitir uma perfeita cobertura da planta.	Inseticida microbiológico, de ação por ingestão. Controla na soja da lagarta-helicoverpa ( <i>Helicoverpa armigera</i> ).
Onix OG	<i>Bacillus methylotrophicus</i> UFPEDA 20	Laboratório de Bio Controle Farroupilha.	Recomendado o uso para todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	15216	Suspensão concentrada (SC)	Aplicação pode ser realizada no tratamento de sementes, via sulco de plantio ou diretamente no pulverizador.	Nematicida microbiológico eficiente no controle de <i>Meloidogyne javanica</i> (nematóide das galhas) e <i>Pratylenchus brachyurus</i> (nematóide das lesões).
Votivo Prime	<i>Bacillus firmus</i> linhagem I-1582	Laboratório de Bio Controle Farroupilha.	Recomendado o uso para todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	32717	Suspensão concentrada para tratamento de sementes (FS)	Nematicida para tratamento de sementes.	Nematicida microbiológico de contato para controle do nematóide das lesões ( <i>Pratylenchus brachyurus</i> ) e nematóide de galhas ( <i>Meloidogyne javanica</i> ).
Votivo	<i>Bacillus firmus</i> cepa I-1582	Laboratório de Bio Controle Farroupilha.	Soja	22816	Tratamento de sementes (FS)	Indicado para tratamento de sementes.	Nematicida microbiológico de contato para o tratamento de sementes, indicado para o controle das pragas
...Continue							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Presence	<i>Bacillus subtilis</i> linhagem FMCH002(DSM32155) + <i>Bacillus licheniformis</i> linhagem FMCH001	FMC Química do Brasil Ltda.	Eficiência agronômica comprovada para a cultura da soja, podendo ser recomendado para qualquer cultura com ocorrência dos alvos biológicos.	1817	Pó dispersível em água para tratamento de sementes para preparação de pasta em água (WS)	Deve ser aplicado exclusivamente via tratamento de sementes.	Nematicida microbiológico para tratamento de sementes que atua por contato. Alta capacidade de competição no solo onde colonizam o sistema radicular das culturas desde o início de seu desenvolvimento. Alimentam-se dos exsudados radiculares e formam um biofilme protetor ao redor da raiz.
Quartzo	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus licheniformis</i>	FMC QUÍMICA DO BRASIL LTDA.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	0317	Pó para preparação de pasta em água (WS)	Aplicação durante o plantio, transplante de mudas, durante ciclo de cultivo e após colheita em sulco ou cova.	Nematicida microbiológico, que atua por contato. Têm alta capacidade de competição no solo onde colonizam o sistema radicular das culturas, alimentando-se dos exsudados radiculares e formando um biofilme protetor ao redor da raiz. Durante o desenvolvimento bacteriano são secretados metabólitos secundários com efeito nematicida e nematostático que atuam de forma a limitar o desenvolvimento dos nematoides. Diminuição na viabilidade de ovos, paralisia e mortalidade de juvenis e redução da atratividade da raiz.
Duo	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	AGRIVALLE Agrícola Vale do Araguaia Ltda.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.				Fertilizante Organomineral Foliar. Atuação de controle via contato.
...Continua							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
PROFIX	<i>Bacillus subtilis</i> , cepa ATCC 6051 + <i>Bacillus licheniformis</i> , cepa ATCC 12713 + <i>Paecilomyces lilacinus</i> ( <i>Purpureocillium lilacinum</i> ), cepa: CPQBA 040-11 DRM	AGRIVALLE Agrícola Vale do Araguaia Ltda.	Soja e qualquer cultura com ocorrência do alvo	38119	Pó Molhável (WP)	Aplicação no sulco de plantio e tratamento de sementes.	Nematicida microbiológico com eficácia comprovada para o controle de nematoides na cultura da soja para nematoide-das-galhas ( <i>Meloidogyne incognita</i> ) e nematoide-das-lésões ( <i>Pratylenchus brachyurus</i> ).
Biosubtilin	<i>Bacillus subtilis</i>	Biotech International Ltd.		Produzido e comercializado na Índia.	Formulação líquida.	Indicado para tratamento de sementes.	Competição por espaço e nutrientes, antibiose e degradação da parede celular. Ativo contra murchas causadas por <i>Fusarium</i> , <i>Verticillium</i> e bactérias; damping-off causado por <i>Pythium</i> ; manchas foliares causadas por <i>Cercospora</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Ascochyta</i> , <i>Macrophomina</i> , <i>Myrothecium</i> , <i>Ramularia</i> , <i>Xanthomonas</i> e <i>Erysiphe polygoni</i> em cereais.
Cease	<i>Bacillus subtilis</i> QST 713	BioWorks, Inc. 100 Rawson Road Suite 205 Victor, NY 14564.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	Registrado e comercializado nos EUA e México.	Formulação líquida.	Pulverização, irrigação (gotejamento e aspersão) ou aplicação aérea.	Contém um grupo de compostos antibacterianos e antifúngicos naturais com múltiplos modos de ação sobre os patógenos.
Kodiak	<i>Bacillus subtilis</i> GBO3	Growth Products Ltd., PO BOX 1252, Westmoreland Ave., White Plains, NY, 10602, EUA (COMPANION..., 2009; DESAI et al., 2002).	Com eficiência agrônômica comprovada para as culturas do amendoim, feijão, soja e ervilha.	Registrados e comercializados nos EUA.	Formulação em pó.	Aplicação pode ocorrer por tratamento de sementes, banho (slurry) ou mistura semissólida.	Induz a resistência, o aumento na absorção de nutrientes, a antibiose (produção de iturina que ocasiona a ruptura da parede celular de patógenos), a competição e a promoção de crescimento.
...Continua							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Companion	<i>Bacillus subtilis</i> GBO3	Growth Products Ltd., PO BOX 1252, Westmoreland Ave., White Plains, NY, 10602, EUA (COMPANION..., 2009; DESAI et al., 2002).	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	Registrados e comercializados nos EUA.	Formulação líquida e em pó.	Aplicação pode ser combinada com fungicidas.	Induz a resistência, o aumento na absorção de nutrientes, a antibiose (produção de iturina que ocasiona a ruptura da parede celular de patógenos), a competição e a promoção de crescimento.
HiStickN/T	<i>Bacillus subtilis</i> MBI 600 + <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Becker Underwood, 801 Dayton Ave., PO BOX 667, Ames, IA 50010, EUA	Soja	Registrados e comercializados nos EUA e no Canadá.	Formulação em pó solúvel.	Aplicação em tratamento de semente ou banho (slurry).	Coloniza o sistema radicular de plântulas. Quando aplicado nas sementes, a bactéria se mantém viável durante o período de estocagem, multiplicando-se após a semeadura das sementes. Os mecanismos de ação são a competição e a promoção de desenvolvimento do sistema radicular
FZB24	<i>Bacillus subtilis</i> - FZB24	ABiTEP GmbH - Gesellschaft für AgroBioTechnische Entwicklung und Produktion, Glienicke Weg 185 D-12489 Berlin, Alemanha.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	Comercializado na Alemanha.	Formulação líquida, em pó e em grânulos dispersíveis.	Aplicação no solo em sulco ou tratamento de semente.	Estimula o crescimento das plantas, aumenta o rendimento e induz resistência contra estresses e infecção por fitopatógenos. No solo, nenhuma atividade direta contra fitopatógenos foi observada.
Rhizo Plus	<i>Bacillus subtilis</i> FZB24	ABiTEP GmbH - Gesellschaft für AgroBioTechnische Entwicklung und Produktion, Glienicke Weg 185 D-12489 Berlin, Alemanha.	Recomendado para o controle de patógenos de solo em diversas culturas.	Fabricado e comercializado na Alemanha.	Formulação de grânulo dispersivo em água.	Aplicação deve ser realizado no solo.	Recomendado para o controle de patógenos de solo em diversas culturas. Estimula o crescimento das plantas, aumenta o rendimento e induz resistência contra estresses e ataques de fitopatógenos. No solo, nenhuma atividade direta contra fitopatógenos foi observada.
...Continua							

...Continuação							
Marca Comercial	Microrganismo	Titular do Registro	Cultura	Nº do Registro	Tipo de formulação	Finalidade	Atuação do microrganismo
Sublic	<i>Bacillus</i> spp.	ELEP Biotechnologies- Via Merendi 6/8, 20010 Cornaredo (MI), Itália.	Destinado a todas as culturas com ocorrência do alvo biológico.	Comercializado na Itália.	Formulação de suspensão aquosa.	Aplicação é feita diretamente no solo, por imersão de raízes ou por nebulização.	Age no controle de podridões radiculares, murchas e tombamento ( <i>Bothytis</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Macrophomina</i> , <i>Phomopsis</i> e <i>Pyhium</i> ).
Yield Shield	<i>Bacillus pumilus</i> GB34	Yield Shield® é produzido pela Bayer CropScience LP. P.O. Box 12014, 2 T.W. Alexander Drive Research Triangle Park, North Carolina 27709.	Soja	Registrado e comercializado nos EUA.	Formulação em pó molhável.	Tratamento de sementes ou aplicação durante a semeadura.	Recomendado para o controle de podridões radiculares causadas por <i>Rhizoctonia solani</i> e <i>Fusarium</i> . Age na competição, parasitismo, indução de resistência e promoção de crescimento.

Fonte: EMATER-DF (2018); EMBRAPA (2012); ADAPAR (2021).

De acordo com a Tabela 1, existe disponibilidade de produtos biotecnológicos comerciais, baseados nas técnicas de inoculação e co-inoculação. Por isso, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de metanálise sobre o tema exposto, utilizando os resultados encontrados por diversas combinações de rizóbio e *Bacillus* nas culturas graníferas do amendoim, ervilha, feijão-caupi, feijão comum, feijão fava, feijão guandu, feijão mungo, feijão preto, grão de bico e lentilha, buscando definir quais são as melhores combinações possíveis para os parâmetros produtivos analisados.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho ocorreu através da interpretação de cálculos de metanálise baseados em pesquisas que envolvem a co-inoculação de microrganismos que apresentam diferentes mecanismos de ação na promoção de crescimento de plantas em relação à inoculação individual de rizóbios em leguminosas graníferas.

A metanálise foi calculada com base na compilação de dados obtidos a partir de artigos científicos, teses e dissertações universitárias e outras publicações, de origem nacional e internacional. A pesquisa das publicações foi realizada por meios eletrônicos nas páginas do Google Scholar, com as seguintes palavras-chave: “microrganismos promotores do crescimento de plantas (MPCP)”, “co-inoculação”, “*Bacillus*”, “Rizóbio”, “leguminosa”, “*Bradyrhizobium*”, “soja”, “feijão comum”, “feijão caupi”, “feijão mungo”, “feijão preto”, “feijão guandu”, “feijão fava”, “amendoim”, “ervilha”, “grão-de-bico”, “lentilha”, e seus respectivos nomes científicos, sendo os termos pesquisados em inglês.

A avaliação foi constituída por uma análise sobre a disponibilidade de dados obtidos, tendo como um primeiro critério de exclusão de trabalhos aqueles que apresentassem falta de dados exigidos como fundamentais para o desenvolvimento da metanálise. O segundo critério de exclusão adotado foi que os estudos deveriam contemplar ao menos três amostras, mesmo que houvesse três repetições analíticas. Os parâmetros considerados como variáveis adotadas para a avaliação foram: número de nódulos, teor de N na parte aérea, massa seca de parte aérea e raiz, fixação biológica de N e rendimento (BNF) em experimentos de casa de vegetação e em campo.

A metanálise realizada utilizou as seguintes informações: ( $\mu$ ) = média; ( $SD\mu$ ) = desvio padrão da média; (n) = número de repetições. Nos casos em que o desvio padrão não foi apresentado, realizamos a Equação  $SD\mu = \frac{CV\%}{100} \cdot \mu$  para desvio padrão ( $SD\mu$ ) utilizando coeficiente de variação (CV%), onde:

$$\begin{aligned} \mu &= \text{Média} \\ CV\% &= \text{Coeficiente de variação} \\ SD\mu &= \text{Desvio padrão} \end{aligned}$$

Quando não havia o valor do desvio padrão para o cálculo, foi utilizado o erro padrão ( $SE\mu$ ) e o número de repetições (n) para calcular o desvio padrão utilizando a equação  $SD\mu = SE\mu \sqrt{n}$ , onde:

$$\mu = \text{Média}$$

$CV\%$  = Coeficiente de variação  
 $SE\mu$  = Erro padrão  
 $SD\mu$  = Desvio padrão  
 $n$  = Número de repetições

Onde não foram calculados o  $SE\mu$  e  $CV\%$ , calculou-se a variabilidade de todos os trabalhos coletados ( $CV\%$ ). Nos casos em que um dado elemento, por exemplo, massa seca da parte aérea em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura de interesse foram avaliados mais de uma vez durante o experimento, todos os dados foram considerados.

As médias e os desvios padrão que representam o controle e o grupo experimental foram organizados em colunas nas planilhas do Microsoft Excel<sup>®</sup>. O controle é definido como inoculado somente com Rizóbio e o tratamento experimental é a co-inoculação dos dois microrganismos juntos (Rizóbio + *Bacillus*).

Em seguida, realizou-se o cálculo da taxa de resposta ( $lr$ ) e a variação ( $v$ ) nas mudanças dos controles para os grupos experimentais de acordo com GUREVITCH; HEDGES (2001).

Se o resultado da razão de resposta  $lr$  for negativo, indica que a co-inoculação apresenta piora no potencial produtivo. Nos casos em que o resultado for positivo, a co-inoculação contribuiu para o aumento do potencial produtivo. Em alguns artigos de metaanálise encontrados na literatura, os valores de  $lr$  são retornados ao seu número natural e tratados em forma de percentagem.

Por fim, os dados analisados foram correlacionados em forma de gráfico, determinando, assim, o impacto da co-inoculação nas variáveis respostas para as combinações e culturas de leguminosas graníferas. A compreensão sobre a metanálise ocorre através do cálculo da taxa da resposta-Log, a qual é obtida pela razão das médias dos tratamentos co-inoculados com rizóbios e *Bacillus* e comparados aos tratamentos inoculados somente com rizóbio. Os valores maiores que zero significam efeitos positivos, enquanto os valores menores que zero significam efeitos negativos da co-inoculação.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das metanálise foram determinantes para confirmar o efeito da técnica de co-inoculação, bem como o efeito responsivo à aplicação. As variáveis consideradas pontos chave para considerar que a técnica resultou em respostas positivas de

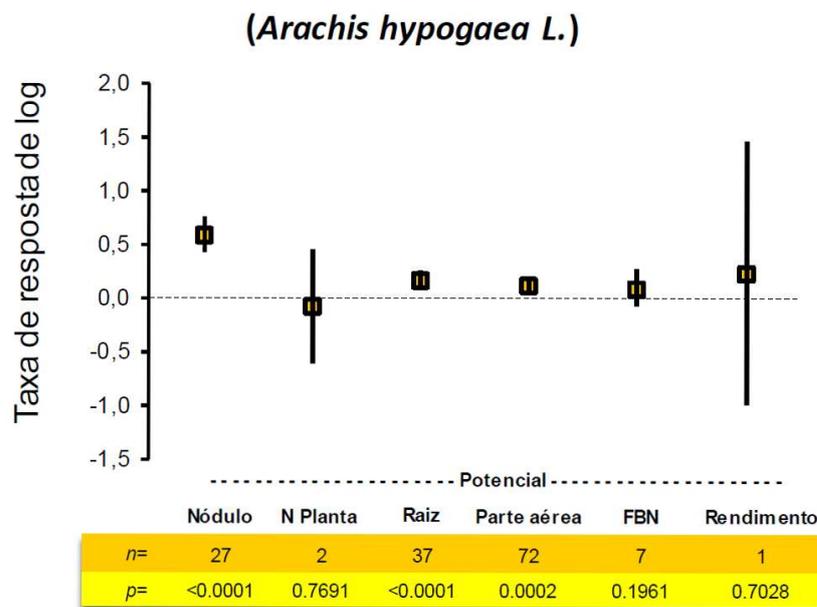
produtividade, estão dispostas ao longo dos resultados, de acordo com o nome comum das culturas que seguem em ordem alfabética.

As barras presentes nas figuras representam os intervalos de confiança a 5%. A tabela presente na figura representa uma legenda, em que o n é o número de observações e p é o nível de significância pelo teste Qui-quadrado.

#### 4.1 AMENDOIM

A co-inoculação de rizóbios e *Bacillus* em amendoim proporcionou aumento da nodulação no amendoim e na massa seca da raiz e da parte aérea (FIGURA 1). As estirpes de *Bacillus* mais utilizadas foram as variantes CHEP5, A45 e A20+A45 (Apêndice - Tabela 1).

FIGURA 1 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE RIZÓBIOS E *Bacillus* EM AMENDOIM (*Arachis hypogaea*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS.



Fonte: O autor (2021).

A co-inoculação realizada em sementes de amendoim utilizando *B. subtilis* e *B. pumilus* proporcionaram aumento na taxa de nodulação em cerca de 45% (BOLONHEZI et al., 2020). O amendoim possui grande capacidade em desenvolver simbiose com diversos rizóbios do solo, e por consequência nodular (FERNANDES; REIS, 2008). E esse efeito positivo do uso de um

segundo microrganismo como o *Bacillus* em associação ao *Rhizobium*, pode potencializar o desenvolvimento e a produtividade da cultura.

A meta-análise comprova que a co-inoculação com *Bacillus* têm a capacidade de promover aumento da massa seca da raiz e parte aérea de amendoim. Esse resultado também foi determinado por Podile; Kishore (2019) que utilizaram isolados de *B. subtilis* e *Rhizobium* spp. verificaram o aumento da nodulação, no crescimento de raízes e, conseqüentemente, no incremento produtivo de vagens de até 48%.

Ahmad et al. (2019) apontaram que os estudos que utilizam *Bacillus subtilis* têm potencial para aumentar a produtividade e proporcionar melhoria no estabelecimento de mudas de amendoim atuando como agente de biocontrole da formação micelial de fungos do solo (ILLA et al., 2018). Esse efeito benéfico se dá devido às BPCPs que aumentaram a disponibilização de nutrientes e produziram substâncias que promoveram o crescimento das plantas, além de atuarem diretamente sobre os fitopatógenos presentes na rizosfera das raízes (FREITAS, 1994). Berg (2009) relatou um aumento do comprimento aéreo na cultura do amendoim quando utilizado *Bacillus* na inoculação de sementes, isso está ligado ao efeito de promoção de crescimento dos microrganismos. O conteúdo de N da planta não foi alterado com a co-inoculação ( $p = 0.7691$ ).

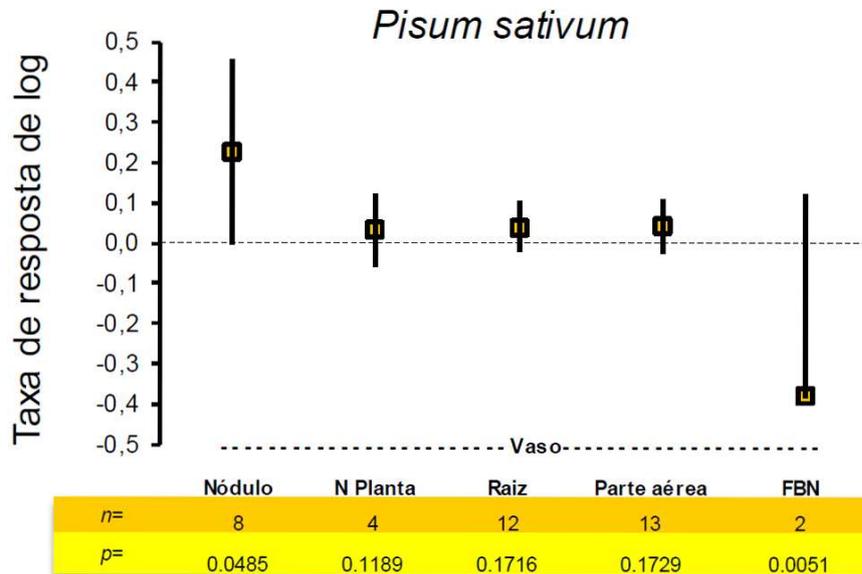
O presente estudo apresentado na metanálise da cultura do amendoim (*Arachis hypogea*) demonstra que na literatura existem poucos trabalhos desenvolvidos com essa cultura, muito provavelmente por ser uma cultura ainda em expansão. No Brasil, o amendoim vem ganhando território nos últimos anos sendo uma opção de cultivo de entressafra. Outro problema enfrentado por quem estuda e quem cultiva é a falta de bactérias específicas e produtos eficientes presentes no mercado para suprir a demanda dos produtores de amendoim que procuram materiais biológicos específicos para uso. Diante dos resultados apresentados, podemos dizer que mais estudos devem ser desenvolvidos a fim de avaliar o potencial positivo do uso da co-inoculação de *Rhizobium* e *Bacillus* que foi identificado pela presente metanálise.

#### 4.2 ERVILHA

A resposta da co-inoculação de rizóbios e *Bacillus* em ervilha (*Pisum sativum*) realizados em experimentos de vasos confirmou que houve diferença significativa para as

variáveis número de nódulos ( $p = 0,0485$ ) e FBN ( $p = 0,0051$ ) (FIGURA 2). Em que o parâmetro número nódulos, foi positivo quando comparada à inoculação apenas de rizóbios.

FIGURA 2 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM ERVILHA (*Pisum sativum*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS.



Fonte: O autor (2021).

A metanálise indicou que a variável FBN está posicionada abaixo da linha de resposta (0,0) (FIGURA 2), e mesmo assim, com nível de significância, o qual pode ser contestado por apresentar baixa quantidade de trabalhos avaliados, no caso só foram determinados dois trabalhos para essa variável. Essa limitação de trabalhos, analisando a FBN para a técnica da co-inoculação, indica uma limitação no número de trabalhos publicados e que este é um ponto que requer maiores investigações, sendo assim, não é possível afirmar que esse efeito negativo da co-inoculação obtido via metanálise seja considerada determinante para que esta técnica seja inviável a essa cultura. Ambos os trabalhos obtidos para realizar a metanálise podem possuir uma limitação frente aos microrganismos adotados e os processos de interação biológica. As espécies de *Bacillus* utilizadas foram as cepas *B. thuringiensis* (KR1), o *B. simplex* (30N-5) e o *B. cereus* (UW85) respectivamente (Apêndice - Tabela 2).

Os resultados obtidos através da metanálise foram diferentes dos encontrados por Ejaz et al. (2020), em que a aplicação da co-inoculação em ervilha com BPCP, no Paquistão, obtiveram plantas com maior crescimento e produtividade, quando comparado às plantas que não foram co-inoculadas. Entretanto, o efeito da co-inoculação foi inverso em um trabalho desenvolvido com uso do *Bacillus* e *Rhizobium* como fonte de inoculação em plantas de ervilha,

realizado no Peru, o qual não obteve efeito positivo na produção de biomassa da parte aérea e radicular e conseqüentemente na nodulação (VILLANUEVA, 2019), corroborando com os resultados apresentados na presente metanálise. Estes resultados podem ser explicados pela diferença de local, em que estes experimentos foram conduzidos, os quais possuem características climáticas diferentes das predominantes no Brasil.

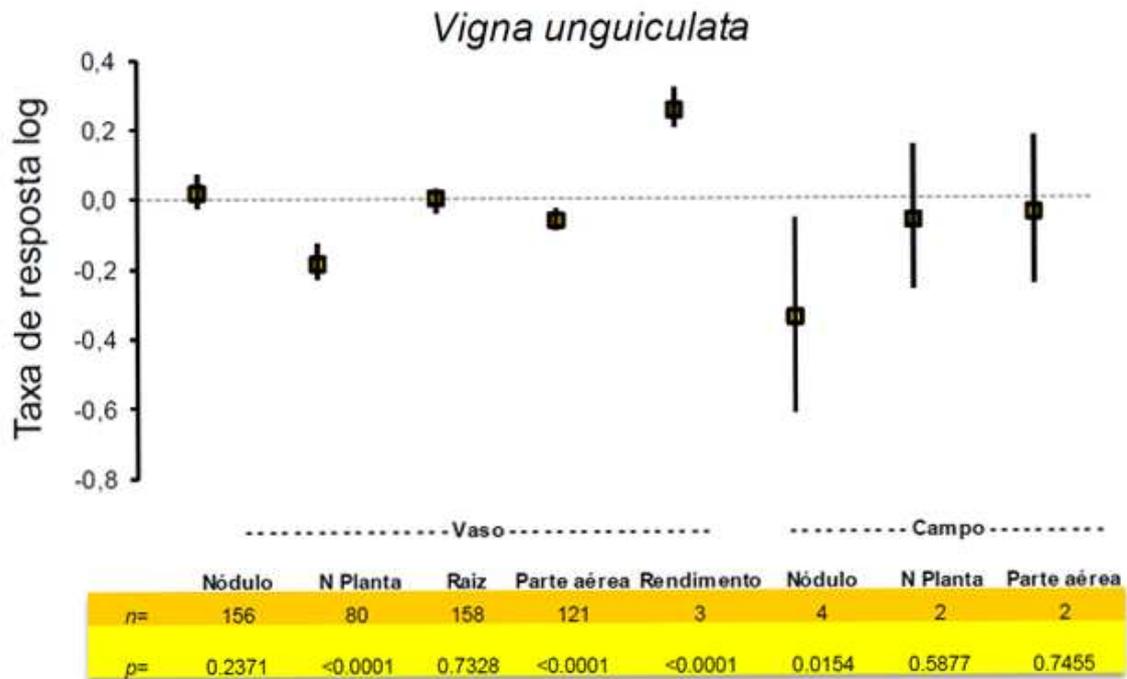
Os estudos relacionados às pesquisas de caráter e interesse agrônômico sobre a cultura da ervilha, concentram-se principalmente em países em desenvolvimento, indicando que existe uma limitação investigativa do tema sobre esta espécie, por esta não ter um valor agregado no mercado de exportação, em relação a outras leguminosas, como no caso da soja e o feijão. Portanto, é necessário desenvolver maiores estudos a fim de gerar mais informações sobre essa técnica e a cultura da ervilha no Brasil, bem como desenvolver meios para incorporar a co-inoculação no sistema de produção, visto que esta é uma estratégia que visa elevar a produtividade de modo sustentável.

#### 4.3 FEIJÃO-CAUPI

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), também conhecido como feijão de corda, foi analisado em experimentos de vaso e de campo, dos quais realizou-se o cálculo médio entre ambas para considerar somente um valor do efeito da co-inoculação, para comparar a inoculação individual. De acordo com a FIGURA 3, a metanálise determinou que para experimentos em vaso, ou seja, ambientes controlados, apresentou efeitos positivos para número de nódulos, biomassa de raízes e produtividade, porém somente para a última variável o efeito positivo permitiu afirmar que foi significativa a aplicação da co-inoculação para promoção da produtividade em vasos ( $p = <0,0001$ ).

Quando observada a FIGURA 3, é possível verificar que para os experimentos realizados em campo, as variáveis não apresentaram respostas positivas ficando na totalidade abaixo do limiar 0,0 na taxa de resposta-log o que indicaria uma limitação desta técnica frente a metanálise, entretanto ao considerar que o número de trabalhos foi baixo, é possível considerar que fatores bióticos ligados à interação entre os microrganismos e as plantas tenham sido prejudicados, bem como é possível que algum destes trabalhos tenham sofrido com fatores abióticos que explicam essa queda quando comparados, por exemplo, aos experimentos realizados em vasos em ambiente controlado, onde as variáveis massa de parte aérea ( $p = < 0,0001$ ) e produtividade ( $p = < 0,0001$ ) apresentaram efeitos positivos.

FIGURA 3 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS, CAMPO.



Fonte: O autor (2021).

O efeito responsivo positivo e significativo observado na figura 3 pode estar associado ao desempenho que as bactérias proporcionam à planta hospedeira, como a produção de hormônios, a disponibilidade de nutrientes além do antagonismo realizado contra patógenos (SILVA et al., 2007). A co-inoculação de *Bradyrhizobium* + *Loutit* (L) apresentou resultados significativos para os parâmetros de crescimento de planta e aumento da FBN em plantas de caupi (SILVA et al., 2007).

Ao considerar as médias entre os dois tipos de produção (vaso e campo) fica evidente que a formação do número de nódulos foi estimulada, pois está acima da taxa limiar da resposta-log. Esse estímulo pode ser considerado essencial, afinal o tamanho amostral foi  $n = 160$ , comprovando que existem interações biológicas entre os microrganismos e as plantas utilizadas no processo de co-inoculação, sendo esta técnica eficiente. As principais estirpes de BPCP utilizadas nos experimentos com o feijão-caupi foram: algumas espécies de *Paenibacillus*, em especial a *P. durus*, o *B. pumilus*, o *B. subtilis* e as cepas variantes dessas respectivas espécies (Apêndice - Tabela 3).

A co-inoculação de *Bradyrhizobium* sp. e *Bacillus*, *Brevibacillus* e *Paenibacillus* possibilitaram respostas significativas para a cultura do feijão caupi, sendo que o uso de

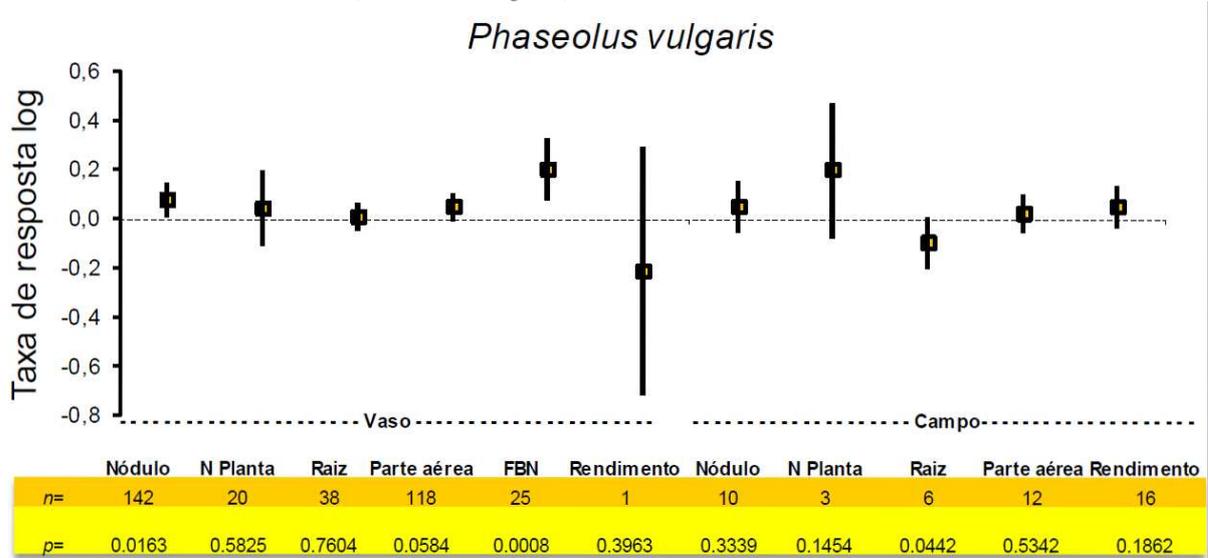
*Paenibacillus + Bradyrhizobium* sp. apresentou valores superiores na promoção do crescimento de plantas e produtividade favorecendo uma ótima performance simbiótica (RODRIGUES et al., 2012). Esse mesmo efeito foi obtido na associação de *Bacillus subtilis + Bradyrhizobium* que influenciaram positivamente a promoção da FBN e promoção de crescimento do caupi (ARAÚJO et al., 2009).

A variável que expressou efeito positivo estatisticamente com um nível de significância inferior a 1% com a co-inoculação de rizóbios e *Bacillus* em feijão caupi foi apenas a produtividade em vaso, indicando que essa técnica pode ser utilizada e aplicada sobre essa cultura. Porém, quando são consideradas as respostas em campo e o baixo número de amostras estudadas há uma delimitação do desenvolvimento de produtos biotecnológicos e o possível mercado potencial da técnica em feijão-caupi, reforçando a necessidade de desenvolver mais pesquisas sobre a co-inoculação em campo, buscando preencher essa falta de informações.

#### 4.4 FEIJÃO COMUM

A metanálise sobre a co-inoculação do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) demonstrou que houve resultado positivo, com a resposta-log acima do limiar 0,0 para as variáveis número de nódulo, conteúdo de N na planta, biomassa de raízes para experimentos realizados em vaso e campo. A avaliação dos efeitos realizados de forma isolada sobre a variável fixação biológica de nitrogênio foi determinada somente para ensaios realizados em vaso, pois não ocorreu mensuração em campo. Já o rendimento produtivo foi positivo somente para os ensaios de campo, pois não tem como validar somente um trabalho realizado em casa de vegetação (FIGURA 4).

FIGURA 4 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS E DE CAMPO.



Fonte: O autor (2021).

Ao considerar o efeito estatístico significativo da co-inoculação, somente as variáveis número de nódulos ( $p = 0,0163$ ) e FBN ( $p = 0,0008$ ) permitem por meio da metanálise afirmar que a técnica de co-inoculação realizada sobre os dados compilados da literatura mostrou que as culturas foram beneficiadas pelo uso conjunto de rizóbios e *Bacillus*, comprovando que para essas variáveis o sinergismo microbiano foi benéfico.

A técnica da co-inoculação promove incremento no crescimento vegetal de feijão comum, além de apresentar efeitos significativos sobre o conteúdo de N foliar, constatando uma promoção no desenvolvimento das plantas além de elevar a produtividade em feijão (BASTOS, 2016). Porém, estes resultados não corroboram com resultados da presente metanálise, pois quando são considerados os experimentos em vaso fica evidente que o maior conteúdo de N nas folhas não refletiu em aumento da taxa produtiva, diferente dos dados compilados para experimentos de campo, os quais foram produtivos, porém não demonstraram os valores de conteúdo de N foliar presente nas plantas cultivadas sob co-inoculação. As principais estirpes utilizadas na técnica de co-inoculação para a cultura do feijão comum é a mistura composta por rizóbios e as espécies do gênero *Bacillus* - *B. subtilis*, *B. megaterium*, *Paenibacillus* sp. e *B. polymyxa* com derivações de cepas (Apêndice - Tabela 4).

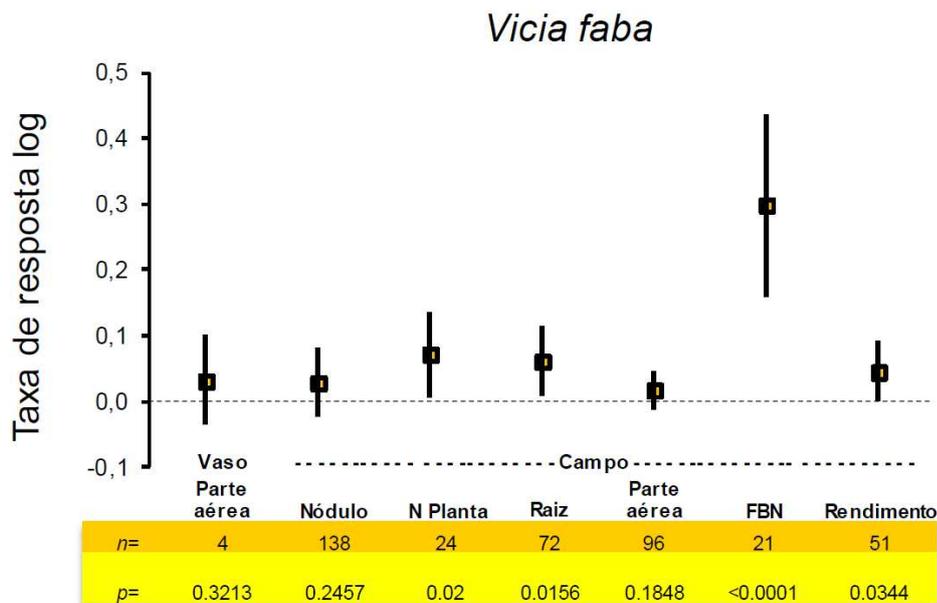
Outro fator que pode ter mascarado esse resultado negativo, principalmente para a produtividade em vasos, pode ser explicado de acordo com o caráter analítico da metanálise, a qual necessitaria de um número mínimo de observações para cada variável analisada. Por isso, seria interessante criar outros critérios e/ou parâmetros a serem consideradas como variáveis,

que fossem de cunho cultural como as condições de cultivo e de exposição aos fatores bióticos e abióticos, por exemplo, as comparações geradas pela metanálise sobre os experimentos em vasos e campo gerarem uma alta variabilidade sobre as respostas. Entretanto, vale ressaltar que, pelos dados encontrados na literatura é possível afirmar que a co-inoculação pode influenciar na produção de feijão.

#### 4.5 FEIJÃO FAVA

As respostas-log do feijão-fava (*Vicia faba*) (FIGURA 5) foram positivas para todas as variáveis estudadas, tanto para experimentos em vaso quanto campo, em que todos os casos se encontram acima do limiar 0,0.

FIGURA 5 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE RIZÓBIOS E *Bacillus* EM FEIJÃO-FAVA (*Vicia faba*) EM EXPERIMENTOS DE CAMPO E DE VASOS.



Fonte: O autor (2021).

A co-inoculação de *Rhizobium* com algumas cepas de *Bacillus subtilis* possibilitaram um aumento na produção de sementes de feijão fava (RUGHEIM; ABDELGANI, 2009). O resultado para o teor de fósforo em brotos foi eficiente quando a co-inoculação foi realizada com as cepas de TAL1399 e PSB2 (RUGHEIM; ABDELGANI, 2009).

A FBN foi a variável que mais respondeu à co-inoculação, visto que a distância em relação à linha horizontal foi maior do que as demais, demonstrando, dessa forma, que o efeito aditivo dos diferentes microrganismos auxilia na FBN. As variáveis que foram significativas

estatisticamente e com caráter positivo seguiram a seguinte ordem: FBN ( $p = < 0,0001$ ), conteúdo de N ( $p = 0,02$ ), massa de raízes ( $p = 0,0156$ ) e produtividade ( $p = 0,0344$ ). As demais variáveis analisadas não obtiveram resposta ao tratamento com co-inoculação, mesmo sendo encontradas acima do limiar 0,0 da resposta-log.

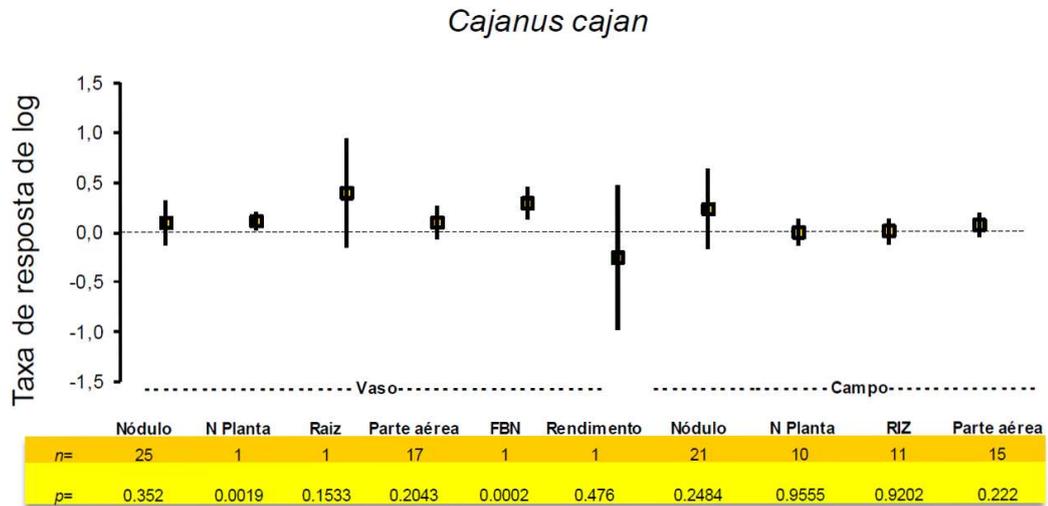
As variáveis número de nódulos e peso de parte aérea não foram alteradas pela co-inoculação. É importante destacar que o número de observações para as respostas de feijão fava foi menor quando comparado às demais. Ainda, o número de nódulos não apresentou diferença entre o tratamento (co-inoculação) e o controle (inoculação apenas), evidenciado pela posição do intervalo de confiança (linhas verticais) (Figura 5).

O uso de *R. leguminosarum* e *B. polymyxa* proporcionaram altos valores de N e a co-inoculação de *R. leguminosarum* e *B. megaterium* favoreceram o aumento na porcentagem de fósforo em feijão fava (EL-HOWEITY et al., 2009). Essa inoculação mista possibilitou um aumento significativo no crescimento de plantas, nodulação e produtividade (EL-HOWEITY et al., 2009). Quando utilizado fertilizantes nitrogenados junto a co-inoculação ocorre um favorecimento na absorção, melhorando o potencial de rendimento além de aumentar a qualidade dos grãos (EL-HOWEITY et al., 2009).

#### 4.6 FEIJÃO GUANDU

O feijão guandu (*Cajanus cajan*) quando exposto ao tratamento de co-inoculação demonstrou que a incorporação de *Bacillus* no sistema de produção aumentou o conteúdo de N e a FBN, sendo esses valores de  $p \leq 0,05$ . As demais variáveis não tiveram efeito sobre a técnica empregada (FIGURA 6).

FIGURA 6 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM FEIJÃO GUANDU (*Cajanus cajan*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS E DE CAMPO.



Fonte: O autor (2021).

O feijão guandu apresentou um aumento no teor de N e na FBN na maioria dos trabalhos disponíveis na literatura. O compilado de informações ainda permitiu determinar que entre esses estudos a espécie e a estirpe do gênero *Bacillus* que estiveram mais presentes na aplicação da técnica de co-inoculação foram o *B. cereus* (BS03) e a NR, respectivamente (Apêndice - Tabela 6).

Os resultados obtidos pelo presente estudo para o parâmetro número de nódulos foi responsivo de forma positiva. Tilak et al. (2006) obtiveram aumento da nodulação das raízes de 50 para 85% quando submetidos a co-inoculação de rizóbios e BPCP (dentre elas estirpes de *Bacillus*). Além de que, na combinação de *Rhizobium* e *B. cereus*, obtiveram maiores teores de N foliar, biomassa de parte aérea e produção de grãos de feijão guandú, sendo esta última, com incremento de 1,6 g de grão planta<sup>-1</sup>, quando comparado à inoculação com *Rhizobium* apenas (1,25 g de grãos planta<sup>-1</sup>).

A co-inoculação de *Bacillus* e rizóbios em feijão guandu, sobre as mesmas variáveis analisadas no presente trabalho, considerando os parâmetros de crescimento, produtividade e nodulação, encontraram resultados significativamente positivos, ou seja, houve influência positiva da co-inoculação sobre as plantas de feijão, independente da diferença que existe entre os três materiais genéticos adotados (LIMA et al., 2011). Nesse sentido, pode-se supor que os dados obtidos na metanálise, podem ser contrastantes àqueles vistos por demais autores, devido

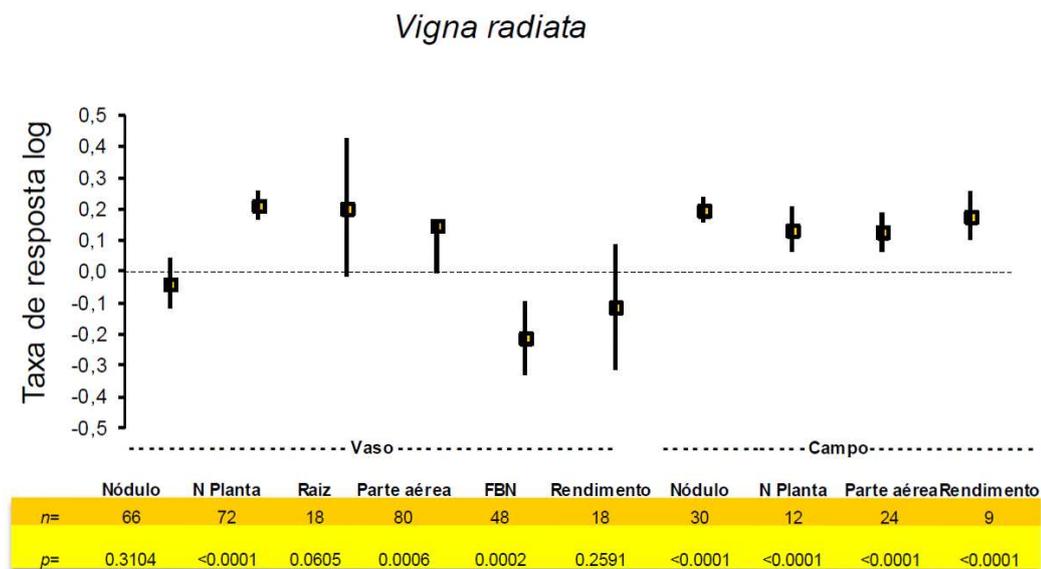
às condições às quais as plantas foram submetidas, ou seja, por não serem as mesmas, expressando dessa forma, diferentes feedbacks além do emprego de diferentes cepas de *Bacillus*.

A metanálise confirma que, para algumas variáveis, existe a necessidade de desenvolver mais estudos para compor e completar as informações a respeito da co-inoculação em feijão guandu, pois, além de ser uma leguminosa em crescente expansão, tende a ser beneficiada pela incorporação de *Bacillus* com os rizóbios, além de apresentarem a capacidade de eliminar os metais pesados presentes nos grãos de feijão, provenientes da água de irrigação (NELWAMONDO, 2020).

#### 4.7 FEIJÃO MUNGO

A aplicação da técnica da co-inoculação sobre a cultura do feijão mungo (*Vigna radiata*) resultou em efeitos positivos para as variáveis, em que os parâmetros determinantes foram os que se encontravam superiores ao limite 0,0 pela resposta-log. Dentre os parâmetros mais expressivos estavam: conteúdo de N, massa de raiz e de parte aérea para experimentos em vaso e para número de nódulos, conteúdo de N na planta, na massa de raiz e finalmente na produtividade no campo (FIGURA 8).

FIGURA 7 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM FEIJÃO MUNGO (*Vigna radiata*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS E DE CAMPO



Fonte: O autor (2021).

De acordo com a FIGURA 7, as variáveis consideradas as mais responsivas a co-inoculação do feijão mungo que foram significativos estatisticamente foram: o conteúdo de N ( $p < 0,0001$ ), a massa de parte aérea ( $p = 0,0006$ ) e FBN ( $p = 0,0002$ ) para os experimentos realizados em vasos. Ao passo que, os resultados da metanálise confirmaram que, para os experimentos realizados a campo, todas as variáveis analisadas foram significativas estatisticamente, com exceção do parâmetro FBN, o qual não foi avaliado por ser um sistema de produção convencional. As estirpes de *Bacillus* que foram mais utilizadas nos estudos de co-inoculação do feijão mungo foram *Bacillus* sp. e *Bacillus subtilis* e cepas variantes (Apêndice - Tabela 7).

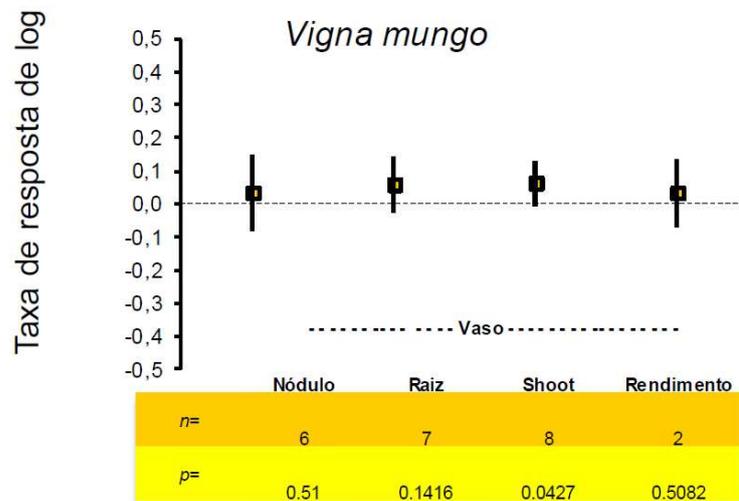
A co-inoculação de *Bacillus* e *Rhizobium* aplicado em feijão mungo resultou em um aumento de produtividade quando comparado à inoculação com *Rhizobium*. Logo, pode ser constatado o efeito complementar, afinal sementes de feijão comum tratadas com *B. humis* cepa SS4 germinaram mais cedo do que aquelas sem tratamento de sementes (VIMAL et al., 2020). Os mesmos autores constataram resultados benéficos, em plantas cultivadas sobre solo salino, significativos estatisticamente para massa de raiz e comprimento de planta ( $p < 0,001$ ), massa fresca de parte aérea ( $p < 0,006$ ) e teor de clorofila ( $p < 0,001$ ), indicando que a técnica microbiana da co-inoculação pode ser promissora em ambientes que sofrem com condições abióticas limitantes, como no caso ambientes com altos teores salinos.

Corroborando com o exposto acima, a inoculação de feijão mungo tratada com bactérias fixadoras de nitrogênio (*Rhizobium*), BPCP e bactérias solubilizadoras de fosfato (BSP), tanto isoladas quanto em combinação, ou seja, via técnica de co-inoculação promoveram aumento na nodulação e na produtividade com maiores taxas de formação de vagens e grãos (MOGAL et al., 2019).

#### 4.8 FEIJÃO PRETO

A cultura do feijão preto (*Vigna mungo*) submetido à co-inoculação com *Bacillus* e rizóbios, em experimentos realizados em vasos, resultaram em respostas positivas quando considerado o limite de resposta-log superior a 0,0, entretanto esses valores não foram significativos para as variáveis analisadas, com exceção da variável massa de parte aérea ( $p = 0,0427$ ) (FIGURA 8).

FIGURA 8 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM FEIJÃO PRETO (*Vigna mungo*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS.



Fonte: O autor (2021).

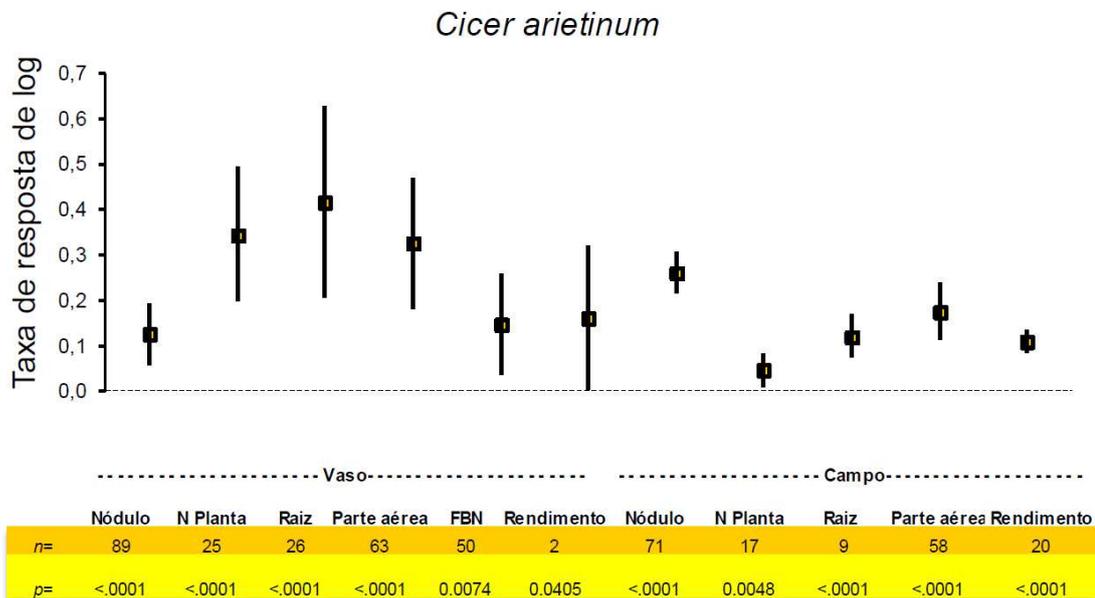
A metanálise do feijão preto determinou que as BPCP's mais utilizadas foram o *B. megaterium* e as cepas B1, B2, B3 (Apêndice - Tabela 8). A co-inoculação de *Bacillus* e de *Rhizobium* em feijão preto resultou no incremento da taxa de absorção dos macronutrientes N e P pelas plantas, em comparação às plantas que não receberam tratamento, além disso, a aplicação da co-inoculação influenciou de forma positiva no componente rendimento de grãos (QURESHI et al., 2011). Os mesmos autores também afirmam que devem ser realizadas maiores pesquisas para compreender a interação e os efeitos, sob diferentes ecossistemas, visto que cada ambiente pode condicionar respostas diferentes sobre o desenvolvimento das plantas, bem como dos organismos presentes e persistentes da rizosfera.

O feijão preto pode ser uma boa alternativa como opção para adubos verdes, pois é uma leguminosa capaz de realizar a simbiose com rizóbios, elevando os teores de N no solo, contribuindo com o enriquecimento do solo (HERTEL et al., 2014).

#### 4.9 GRÃO DE BICO

A metanálise sobre os trabalhos que envolvem a cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum*) demonstraram que a técnica da co-inoculação se apresentou benéfica para todas as variáveis adotadas nos experimentos de vaso e em campo. Entre os parâmetros considerados como mais responsivos estatisticamente, à co-inoculação estão: o teor de N, o número de nódulos e a massa de raiz e peso de parte aérea (FIGURA 9).

FIGURA 9 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS E DE CAMPO.



Fonte: O autor (2021).

A metanálise sobre a co-inoculação do grão-de-bico comprovou que as variáveis teor de N, nodulação e biomassa de raiz e parte aérea foram beneficiadas pelo alto desempenho dos microrganismos, de acordo com a literatura as espécies mais adotadas para a realização dos experimentos em vaso e em campo foram *Bacillus sp*, *B. subtilis* e *B.megaterium* e suas estirpes variantes (Apêndice - Tabela 9).

Os resultados da presente metanálise quando comparados aos dados obtidos na literatura, em que a técnica da co-inoculação com *Bacillus* em grão de bico quando comparadas a plantas sem inoculação promoveu a elevação nas taxas de nodulação em 270%, no peso da massa seca e parte aérea em 192% e na produtividade de grãos em 242% (BENJELLOUN et al., 2021). Essa resposta do uso combinado de bactérias consideradas benéficas confirma que a co-inoculação em grão-de-bico traz resultados positivos do ponto de vista agrônomo e nutricional, visto que o interesse maior está na produção dos grãos.

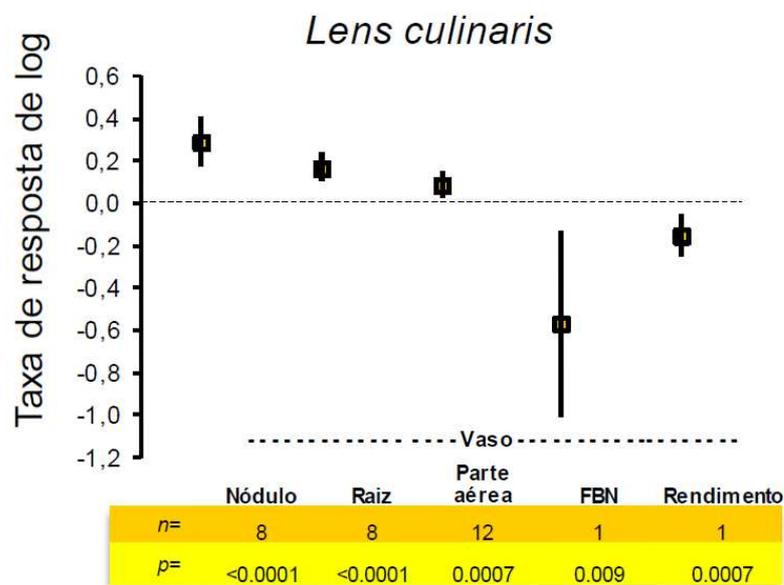
A absorção de P pelas plantas tratadas com *Bacillus* e outras bactérias capazes de solubilizar o fosfato, são uma ação metabólica benéfica complementar suprindo este elemento nas plantas, logo, a co-inoculação pode acarretar mais esse efeito sobre a planta e a produtividade (BENJELLOUN et al., 2021). Além de ser importante para a constituição e crescimento da planta o P é de suma importância para as leguminosas nodulantes, como é o

caso das graníferas, pois o P está incluído na síntese de ATP, sendo essencial para a formação de nódulos e para o processo de FBN (BERG, 2009).

#### 4.10 LENTILHA

A resposta da lentilha (*Lens culinaris*) sob influência da co-inoculação permitiu inferir a partir da metanálise que o número de nódulos no sistema radicular aumentou de forma positiva, assim como a quantidade de biomassa da raiz e parte aérea (FIGURA 10).

FIGURA 10 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM LENTILHA (*Lens culinaris*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS.



Fonte: O autor (2021).

Entre os trabalhos que utilizaram a co-inoculação em lentilha ficou evidente que as espécies mais utilizadas foram *B. thuringiensis* cepa (KR1), *B. subtilis* cepa Bs e *B. pumilus* cepa MTCC1640 (Apêndice - Tabela 10).

A fixação biológica de nitrogênio e a produtividade não apresentaram respostas positivas, entretanto há significância estatística ( $p \leq 0,05$ ), mesmo que de forma negativa, ou seja, a co-inoculação, para essas variáveis estudadas em lentilha, segundo a metanálise não aumentou a FBN ou a produtividade. Porém, essa resposta não permite uma afirmação concreta quando observado o número de amostras (trabalhos) sobre a co-inoculação presentes na literatura, em outras palavras, caso o número amostral seja maior, a resposta poderá ser

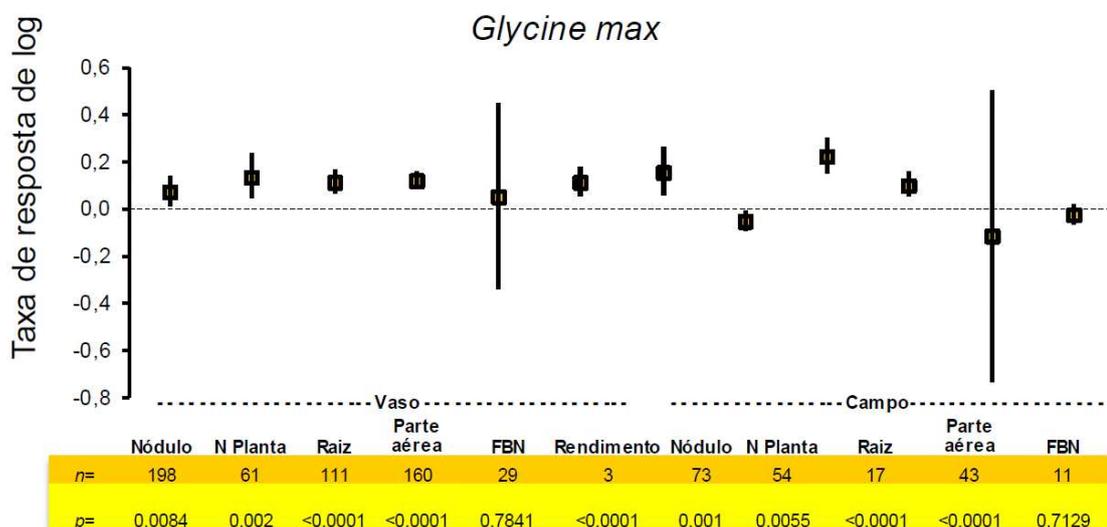
diferente e mais expressiva, por eliminar os erros causados pela tendenciosidade negativa devido ao baixo número de informações.

Os resultados obtidos via metanálise (FIGURA 10) corroboram os efeitos positivos com aqueles encontrados por Mishra et al. (2009), os quais avaliaram a co-inoculação de *Rhizobium leguminosarum* e *B. thuringiensis-KRI* em ervilha e lentilha, constatando que para as variáveis número de nódulos, massa de raiz e parte aérea obtiveram melhores respostas quando comparados com a inoculação de *R. leguminosarum*. Os mesmos autores comprovaram que houve aumento na nodulação que subiu de 73,3% para 84,6% com a co-inoculação, indicando que, essa estratégia potencializa o processo de nodulação e, conseqüentemente, o crescimento das leguminosas. Da mesma forma, a co-inoculação sobre duas cultivares de lentilha tratadas com a combinação de *Rhizobium* e *B. megaterium* estimularam os componentes de rendimento da cultura, de maneira positiva, em relação ao tratamento individual com *Rhizobium*, sendo este efeito observado para ambas cultivares utilizadas no estudo, sob condições de cultivo convencional (MEDEIROS, 2019).

#### 4.11 SOJA

Na soja (*Glycine max*) a co-inoculação aumentou a produção de biomassa de raiz, parte aérea e produtividade de grãos ( $p < 0,0001$ ), além do teor de N na planta ( $p = 0,002$ ), quando a avaliação foi realizada em vasos (FIGURA 11).

FIGURA 11 - METANÁLISE DO EFEITO DA CO-INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *Bacillus* E RIZÓBIOS EM SOJA (*Glycine max*) EM EXPERIMENTOS DE VASOS E DE CAMPO.



Fonte: O autor (2021).

O efeito positivo da co-inoculação no incremento da biomassa de raízes e parte aérea reforçam as informações disponíveis na literatura, em que plantas de soja co-inoculadas com rizóbios e *Bacillus* sp., tratadas diretamente via sementes e cultivadas em casa de vegetação, tem maior altura e diâmetro de caule que plantas inoculadas apenas com rizóbios (MATOS, 2021). Em condições de campo, a co-inoculação aumentou o número de nódulos, biomassa radicular e da parte aérea ( $p < 0,0001$ ). Porém, a biomassa da parte aérea não proporcionou nenhum efeito positivo. (FIGURA 11).

As estirpes bacterianas mais utilizadas nos trabalhos incluídos nesta metanálise foram *B. subtilis*, *B. velezensis*, *B. amyloliquefaciens* e cepas variantes, sendo as duas últimas espécies menos utilizadas o que sugere uma avaliação mais rigorosa quanto a utilização como inoculante e produto biotecnológico (Apêndice - Tabela 11).

Considerando os dados utilizados, a técnica da co-inoculação com *Bacillus* em soja comprova ser uma ótima estratégia para promover o desenvolvimento e crescimento das plantas, com efeito direto sobre o crescimento da planta e produtividade em grãos, concordando com Araújo et al. (2021). A associação sinérgica dos microrganismos adotados na co-inoculação facilita o processo de absorção de água e nutrientes conforme foi constatado por Sibponkrung et al. (2020), os quais inocularam plantas de soja com *B. velezensis* cepa S141 e rizóbios, obtendo como resposta direta uma maior absorção do N que foi facilitada pelo *Bacillus*, além de realizar o processo de fixação de N a partir de rizóbios.

Existem evidências de que a utilização de *Bacillus* em soja pode afetar de forma positiva a qualidade das sementes produzidas. De acordo com Tavanti et al. (2020), a inoculação da soja com cepas de *B. subtilis*, se mostrou eficaz ao melhorar a qualidade e o vigor das sementes produzidas, além de proporcionar maior acúmulo de proteína nos grãos. Estes dados corroboram, em partes, com os resultados da presente metanálise. Entretanto, vale ressaltar que as respostas da inoculação e co-inoculação são diretamente influenciadas pelas condições às quais as plantas são expostas, o sistema de cultivo adotado, a cepa de microrganismo utilizado, as tecnologias de aplicação, entre outros fatores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo fica evidente o mercado potencial para os produtos biotecnológicos baseados na técnica de co-inoculação para as leguminosas graníferas aqui apresentadas. Evidenciam, assim, que mais estudos devem ser realizados para avaliar principalmente o potencial dos microrganismos componentes, no caso os rizóbios e BPCP's, como no caso de espécies do gênero *Bacillus*. É necessário determinar além do sinergismo, a possível existência de antagonismo entre os microrganismos co-inoculados e finalmente avaliar o potencial desta técnica no controle biológico.

## CONCLUSÕES

Os estudos realizados com grandes culturas como soja e feijão apresentam resultados positivos da co-inoculação das sementes com *Rhizobium* e *Bacillus*.

As culturas como o feijão fava, feijão caupi, amendoim, ervilha, grão-de-bico, lentilha e feijão moyashi responderam positivamente à co-inoculação com *Rhizobium* e *Bacillus* principalmente para as variáveis teor de N e massa de raiz e parte aérea.

Estudos desenvolvidos com cepas do gênero *Bacillus* consideradas como não usuais demonstraram potencial de uso, entretanto esses apresentaram resultados menos eficientes, devido à baixa quantidade de trabalhos quando comparados a espécies amplamente utilizadas como o *B. thuringiensis*, *B. subtilis*, *B. megaterium*, *Bacillus* sp.

## REFERÊNCIAS

- ADAPAR. Bulas produtos microbiológicos. **Agência de defesa agropecuária do Paraná**, 2017. Disponível em: <https://www.adapar.pr.gov.br/Pagina/Agrotoxicos-no-Parana> Acesso em: 10 de junho de 2021.
- AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King saud University-science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.
- ALMEIDA, F. S. de et al. A adubação verde como contribuição à produção familiar de milho e feijão no centro sul do Paraná, nos sistemas convencional e agroecológico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, 2007.
- ALMEIDA, A.L.G. et al. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Agrária**, [S.l.]; v.5, n.3, p.364-369, 2010.
- ALMEIDA, M. M. T. B. **Fertilizantes de Leguminosas: Autossuficiência de Nitrogênio em Sistemas Orgânicos de Produção**. Instituto de Agronomia, 2012.
- ANCHESCHI, J. G. M. **Produtividade e rendimento do amendoim IAC OL3 em função da aplicação de doses de nitrogênio na semeadura**. [S.l.]; 2018.
- ARAÚJO, F. F. DE; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus Subtilis* e *Bradyrhizobium Japonicum* / *Bradyrhizobium Elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.]; v. 34, n. 9, p. 1633–1643, 1999.
- ARAÚJO, F. F. **Bacillus subtilis no controle biológico de doenças e crescimento de plantas**. In: ARAÚJO, A. S. F. et al. (Eds.). *Matéria orgânica e organismos do solo*. Teresina: EDUFPI, [S.l.]; p.135-148, 2008.
- ARAÚJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostra e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.2, p. 456-462, 2009.
- ARAÚJO, A. S. F. et al. Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre nodulação, fixação de N<sub>2</sub> e crescimento das plantas. **Ciência Rural**, [S.l.]; v. 40, n. 1, p. 182-185, 2010.

ARAÚJO, F. F. et al. *Bacillus subtilis* changes the root architecture of soybean grown on nutrient-poor substrate. **Rhizosphere**, v. 18, p. 100348, 2021.

ARMENTA-BOJÓRQUEZ, A. D et al. Organic versus synthetic fertilisation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in MEXICO. **Experimental Agriculture**, [S.l.]; v. 52, n. 1, p. 154–162. 2016.

AZANI et al. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). **Taxon**, [S.l.]; v. 66, n.1,p. 44-77. 2017.

AZEVEDO, J.M.A. **Variabilidade genética entre acessos de Amendoim Forrageiro quanto à associação micorrízica e resposta ao fósforo**. 2010. 156 f, Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós- Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, 2010.

BAI, Y. M.; ZHOU, X. M.; SMITH, D. L. Enhanced soybean plant growth resulting from coinoculation of *Bacillus* strains with *Bradyrhizobium japonicum*. **Crop Sci**, [S.l.]; v.43, p.1774–1781, 2003.

BÁRBARO, I. M. et al. Produtividade da soja em resposta a inoculação padrão e coinoculação. **Colloquium Agrariae**, [S.l.]; v.5, n.1, p.1-7, 2009.

BARBIERI, A.P.P. et al. Redução populacional de trigo no rendimento e na qualidade fisiológica das sementes. **Revista Ciência Agronômica**, [S.l.]; v.44, n.4, p.724-731, 2013.

BARBOSA, E. **Avaliação da Fixação Biológica de Nitrogênio em Plantios Tecnificados de Feijão-Caupi na Região Centro-Oeste do Brasil**. [S.l.]. 2012.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Embrapa Arroz e Feijão. 2012.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações Técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região Central-Brasileira**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPACNPAF, 2012, 247p. (Documentos, 272)

BARCELLOS, A. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.l.]; v. 37, [S.n.]; p. 51–67, 2008.

BARONI, G.; BENEDETI, P.; SEIDEL, D. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**, [S.l.]; v. 14, n. 4, p. 55–64, 2017

BASHA, S.; ULAGANATHAN, K. Antagonism of *Bacillus* species (strain BC121) towards *Curvularia lunata*. **Current science**, [S.l.]; v. 82, n. 12, p. 1457-1463, 2002.

BARROS, R. L. N. **Crescimento e produtividade de grãos do feijoeiro comum sob inoculação com *Rhizobium* e adubação nitrogenada**. 2016.

BASHAN, Y. HOLGUIN, G. *Azospirillum*- plant relationships: environmental and physiological advances. **Canadian Journal of Microbiology**, [S.l.]; v. 43, p. 103-121, 1997. "

BASTOS, R.A. **Co-inoculação de rizóbio e bactérias promotoras de crescimento vegetal em feijoeiro comum**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2016.

BENJELLOUN, I. et al. Co-inoculation of mesorhizobium ciceri with either *Bacillus* sp. Or enterobacter aerogenes on chickpea improves growth and productivity in phosphate-deficient soils in dry areas of a mediterranean region. **Plants**, [S.l.]; v. 10, n. 3, p. 1–15, 2021.

BERG, G. Plant–microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agricultura. **Appl Microbiol Biotechnol**, [S.l.]; v. 84, [S. n.], p. 11-18, 2009.

BETTIOL, W. Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas/ Wagner Bettiol... [et. al.]. – Jaguariúna, SP: **Embrapa Meio Ambiente**, 2012. 155 p. — (Documentos / Embrapa Meio Ambiente; 88).

BETTIOL, J. V. T. **Produção sustentável do feijão comum: inoculação, coinoculação e adubação mineral em cultivares de ciclo precoce**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, São Paulo. 51 f. 2019.

BOLONHEZI, D. et al. Consórcio de microrganismos e seus Efeitos sobre a Produtividade de Vagens do Amendoim. **South American Sciences**, [S.l.]; v.1, n.2, p.2034-2034, 2020.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.]; v.24, [S.n.]; p.897-903, 2000.

CASTEJÓN-MUÑOZ, M.; OYARZUN, P. J. Soil receptivity to *Fusarium solani* f. sp. pisi and biological control of root rot of pea. **European Journal of Plant Pathology**, [S.l.]; v. 101, n. 1, p. 35–49, 1995.

CATTELAN, A. J.; SPOLADORI, C. L.; HENNING, A.A. Efeito do tratamento de sementes de soja com fungicidas recomendados sobre a fixação do nitrogênio atmosférico e a sobrevivência do *Bradyrhizobium japonicum* em casa de vegetação. In: COMPANT, S.; CLEMÉNT, C.; SESSITSCH, A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. **Soil Biol. Biochem**, [S.l.]; v.42, [S.n.]; p 669–678, 2010.

COELHO, L. F. et al. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2007, v. 31, n. 6, pp. 1413-1420. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600018>>. ISSN 1806-9657.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Décimo levantamento safra 2019/20. N. 11 - V. 7, 2020. Disponível in: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 06 set. 2020.

CONRATH, U. et al. Priming: getting ready for battle. **Mol. PlantMicrobe Interact**. [S.l.]; v. 19, p. 1062-1071 2006

CORREIA, M. A. R. et al. Evaluation of nutritional disorder of peanut plants cultivated in nutrient solution suppressed of macronutrients. **Scientia Agrária**, [S.l.]; v. 13, n. 1, p. 21–28, 2012.

COSTA, E.M. et al. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) por cepas de rizóbio em Bom Jesus, Pi. **Revista Ciências Agrônômica**, [S.l.]; v.42, n.1, p.1-7, 2011.

COSTA, L. C. **Biologia floral de espécies do gênero *Arachis* L. (Fabaceae- *Papilionoideae*), com ênfase em aspectos da morfologia floral e na anatomia de ovários**. Tese Doutorado - UnB, 2012.

COSTA, E. M. **Potencial de promoção do crescimento vegetal e diversidade genética de bactérias isoladas de nódulos de feijão-caupi em solos do Sudoeste piauiense**. 2013. 149 p. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013

COUTO, F. A. A. Aspectos históricos e econômicos da cultura da ervilha. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 158, p. 5-7, n. 158, 1989. Disponível em <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/E-book\_BoletimZdeZSafrasZ-Z8oZlevantamento%20(1).pdf>

CREWS, T. E.; PEOPLES, M. B. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [s. l.], v.72, n.2, p.101–120, 2005.

DASHTI, N. et al. Plant growth promoting rhizobacteria accelerate nodulation and increase nitrogen fixation activity by field grown soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] under short season conditions. **Plant and Soil**, [S.l.]; v. 200, n. 2, p. 205–213, 1998.

DIAS, P. A. S. et al. **Potencial genético de linhagens elite de feijoeiro-comum de grãos carioca para fixação biológica de nitrogênio**. In: Embrapa Arroz e Feijão-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2017, Foz do Iguaçu. Melhoramento de plantas: projetando o futuro. Foz do Iguaçu: SBMP, 2017.

DING, L.; YOKOTA, A. Proposals of *Curvibacter gracilis* gen. nov., sp. nov. and *Herbaspirillum putei* sp. nov. for bacterial strains isolated from well water and reclassification of [*Pseudomonas*] *huttiensis*, [*Pseudomonas*] *lanceolata*, [*Aquaspirillum*] *delicatum* and [*Aquaspirillum*] *autotrophicum* as *Herbaspirillum huttiense* comb. nov., *Curvibacter lanceolatus* comb. nov., *Curvibacter delicatus* comb. nov. and *Herbaspirillum autotrophicum* comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, **Reading**, [S.l.]; v.54, [S.n.]; p. 2223-2230, 2004.

DROGUE, BENOÎT, et al. Control of the cooperation between plant growth- promoting rhizobacteria and crops by rhizosphere signals. **Molecular microbial ecology of the rhizosphere**, [S.l.]; v.1, [S.l.]; p.279-293, 2013.

EJAZ, S. et al. Effects of inoculation of root-associative *Azospirillum* and *Agrobacterium* strains on growth, yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.) grown under different nitrogen and phosphorus regimes. **Scientia Horticulturae**, [S.l.]; v. 270, [S.n.]; 2020.

EL-HOWEITY, M. A. et al. response of faba bean plants to inoculation with *Rhizobium* leguminosarium and other Rhizobacteria under three nitrogen leves in newly reclaimed soil.

**Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering**, [S.l.]; v. 34, n. 6, p. 7325–7345, 2009.

ERISMAN, J. W. et al. Como um século de síntese de amônia mudou o mundo. **Nature Geoscience**, v. 1, n. 10, pág. 636-639, 2008.

FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. FAOSTAT: **statistics database**. 2019.

EMBRAPRA AGROSSILVIPASTORIL: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável / Austeclínio Lopes de Farias Neto... [et al.]. – Brasília, DF: **Embrapa**, 2019. PDF (825 p.)

FARIAS-NETO, H. J. **Leite de vaca e calda a base de enxofre e cálcio no controle de mildio-pulverulento na cultura da ervilha (*Pisum sativum*)**. (2018). **34p. (Dissertação de mestrado)**. Orientador Margarida Goréte Ferreira do Carmo. Universidade Federal Rural do rio de Janeiro. 34 p. 2018.

FARINELLI R.; LEMOS L. B. Produtividade e eficiência agronômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S.l.]; v.9, n.2, p.135-146, 2010.

FERLINI, H.A. Co-Inoculación en Soja (*Glicyne max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. Artículos Técnicos – Agricultura. 2006. Disponível em: 89 [http://www.engormix.com/co\\_inoculacion\\_soja\\_g\\_lycine\\_s\\_articulos\\_800\\_AGR.htm](http://www.engormix.com/co_inoculacion_soja_g_lycine_s_articulos_800_AGR.htm). Acesso: 10 abr. 2021.

FERNANDES-JÚNIOR, P. I.; REIS, V. M. **Algumas limitações à fixação biológica de nitrogênio em leguminosas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008.

FERRARI NETO, Jayme. **Inoculação e adubação molíbdica no amendoim cultivado em semeadura direta sobre forrageiras**. 2011. xi, 73 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/86400>>.

FERREIRA, E. P. B. et al. Microbial soil quality indicators under diferente crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agronômica**, [S.l.]; v. 41, n.2, p.177-183, 2010.

FERREIRA, E.P.B. et al. Microbial soil quality indicators under diferente crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n.2, p.177-183, 2010.

FERREIRA, E. et al. **Nova legislação, recomendação de doses de inoculantes e pré-inoculação: riscos ao sucesso da contribuição da fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**. IN: XXXII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil - São Pedro, SP, p. 325-327, 2011.

FERREIRA L. V. M. F. et al. Co-inoculation of selected nodule endophytic rhizobacterial strains with *Rhizobium tropici* promotes plant growth and controls damping off in common bean. **Pedosphere**, [S.l.]; v. 30, n. 1, p. 98-108, 2020.

FIGUEIREDO, M. V. B.; MARTINEZ, C. R.; BURITY, H.A. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria for improving nodulation and nitrogen fixation in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **World J Microbiol Biotechnol**, [S.l.]; v. 24, [S.n.]; p. 1187–1193. 2008.

FILHO, J. M.; SILVA, C. H. S.; SOUZA, J. E. B. Desempenho agrônômico e produtividade da cultura da soja com a co-inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* brasilense. **Agronomic Journal**, [S.l.]; v.2, n.2, p. 48-59, 2018.

FILGUEIRAS, L. M. B.; MENESES, C. H. S. G. Efeito das bactérias promotoras de crescimento de plantas na proteção contra o estresse hídrico. **Bio. Farm.** [S.l.] v. 11, n. 01, p. 21-30 .2015.

FORNASIERI-FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, P.576, 2007.

FREIRE-FILHO, F.R. et al. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, [S.ed; v..]; p. 519. 2005.

FREIRE-FILHO, F. et al. **Melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil**. In; Congresso nacional de feijão-caupi, 2, 2009, Belém, PA. Anais... Belém, PA: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2009. p. 120-135. 1CD-ROM.

FREITAS, S. S. **Rizobactérias e suas interações com plantas e microrganismos**. 1994. 112 p. Tese (Doutorado em solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

FROTA, K. D. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S.l.]; v. 28, n. 2, p. 470–476, 2008.

FUKAMI, J. et al. Phytohormones and induction of plant-stress tolerance and defense genes by seed and foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* cells and metabolites promote maize growth. **AMB Express**, [S.l.]; v.7, n. 153, p. 13, 2017.

GADHAVE, K. R. et al. Soil Inoculation with *Bacillus* spp. modifies root endophytic bacterial diversity, evenness, and community composition in a context-specific manner. **Microbial Ecology**, [S.l.]; v.76, p.741–750, 2018.

GONZALES-LOPEZ, J. et al. Liberação de aminoácidos por bactérias heterotróficas fixadoras de nitrogênio. **Aminoácidos**, [S.l.]; v. 28. [S.n.]; p. 363-367, 2005.

GRAND V. R. Biofertilizers Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Nitrogen Fixing, Phosphate Solubilizing), By Application (Seed Treatment, Soil Treatment), And Segment Forecasts, 2012–2022. San Francisco, 2018.

GUELFY, D. Informações agronômicas: Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **INPI** [S.l.; S.v.]; n. 19, p. 1–32, 2017.

GUPTA, A. K. **The Complete Technology Book on Biofertilizers and Organic Farming**. National Institute of Industrial Research Press, India, 2004.

GUREVITCH, J., HEDGES, L.V. Meta-analysis: combining the results of independent experiments. In: Scheiner, S.M., Gurevitch, J. (Eds.), **Designs and Analysis of Ecological Experiments**, second ed. Oxford University Press, Oxford, pp. 347e369. 2001.

HERTEL, K. et al. **Mungbean**. In: MOORE, N.; SERAFIN, L.; JENKINS, L. Summer crop production guide. Australia: NSW, p. 36-47. 2014.

HILTNER, L. Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiete der Bodenbakteriologie unter besonderden berucksichtigung und Brache. **Arb.Dtsch.Landwirtsch**, [S.l; s. v.]; n.98, p.59–78, 1904.

HIRATA, L. M. **Tratamento de sementes de ervilha para o controle de Ascochyta pisi em sistemas de produção orgânica**. (2006). 39 p. (*Dissertação de Mestrado*). Orientador: Walber Luiz Gavassoni, Universidade Federal da Grande Dourados. 39p. 2006.

HIRAKURI, M. H. **Perdas econômicas geradas por estresses bióticos e abióticos na produção brasileira de soja no período 2016-2020**. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2021.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina-PR: Embrapa Soja, 70p. 2014.

HUNGRIA, M. et al. (Eds.). **Microbiologia do solo: desafios para o século XXI**. Londrina: Iapar/Embrapa CNPSo, p. 398-402. 1995.

HUNGRIA, M.; CAMPO R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina, **Embrapa Soja**, (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 1516-7860; n.35), 48 p. 2001.

HUNGRIA, M.; CAMPO R.J.; MENDES I.C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. **Comunicado técnico**. Londrina: Embrapa Soja; v.283, p.1-79, 2007.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, [S.l.]; v. 331, [S.n.]; p.413-425, 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; NOGUEIRA, M. A. **A pesquisa em Fixação Biológica do Nitrogênio na Embrapa Soja: passado, presente e perspectivas futuras**. [S.l.]. p. 55-57, 2012.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **A fixação do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja**. Londrina: Embrapa Soja, (Embrapa Soja. Documentos, 337). 22 p. 2013.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculação de soja e feijão com rizóbio e *Azospirillum*: estratégias para melhorar a sustentabilidade. **Revista Biologia e Fertilidade do solo**, [S.l.]; v.49, n.7, p.791-801. 2013.

IDRIS, E.E. et al. Tryptophan-dependent production of indole-3-acetic acid (IAA) affects level of plant growth promotion by *Bacillus amy-loliuefaciens* FZB42. **Mol. Plant Microbe Interact**, [S.l.]; v.20, p. 619-629, 2007.

ILLA, C. **Calidad fisiosanitaria en semillas de maní (*Arachis hypogaea* L.) en respuesta a la aplicación en presembrado de tratamientos combinados de polímeros, fungicidas, inoculantes y bioestimuladores.** Tesis doctoral. Escuela para Graduados. Universidad Nacional de Córdoba. 2018.

JANSEN, P. C. M. *Vigna mungo* (L.) Hepper. Grave do Protabase. Brink, M. & Belay, G. (Editores). PROTA (Recursos Vegetais da África Tropical / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Holanda, 2006.

KANNA; SHARMA, 2011. Potential for enhancing lentil (*Lens culinaris*) productivity by co-inoculation with PSB, plant growth-promoting rhizobacteria and *Rhizobium*. **Indian Journal of Agricultural Sciences**. [S.l.]; v. 81, n. 10. p. 932–934. 2011.

KANG, S. M. et al. Integrated phytohormone production by the plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus tequilensis* SSB07 induced thermotolerance in soybean. **Journal of Plant Interactions**, [S.l.]; v.14, n.1, p.416-423, 2019.

KAUER et al., 2015 Influence of psychrotolerant plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) as coinoculants with *Rhizobium* on growth parameters and yield of lentil (*Lens culinaris* Medikus). **African Journal of Microbiology Research**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 258-264. 2015.

KELLER M. **The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology**. Academic Press. Prosser, WA. USA. pp 522. 2015.

KERMAH, M. et al. N<sub>2</sub> -fixation and N contribution by grain legumes under different soil fertility status and cropping systems in the Guinea savanna of northern Ghana. [S. l.; S.v.; S.n.], 2017.

KLOEPPER, J.W.; SCHROTH, M.N. Plant growth promoting rhizobacteria and plant growth under gnotobiotic conditions. **Phytopathology**, v. 71, n. 6, p. 642-644, 1978.

KUMAR, A. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria: strategies to improve abiotic stresses under sustainable agriculture. **Journal of Plant Nutrition**, [S.l.]; v. 42, n. 11–12, p. 1402–1415, 2019.

LI, D.; ALEXANDER, M. Co-inoculation with antibiotic producing bacteria to increase colonization and nodulation by rhizobia. **Plant and Soil**, [S.l.]; v.108, p.211-219, 1988.

LI, J. et al. Genetic diversity and potential for promotion of plant growth detected in nodule endophytic bacteria of soybean grown in Heilongjiang province of China. **Soil Biology & Biochemistry**, [S.l.]; v. 40, n. 1, p. 238-246, 2008.

LIFISHITZ, R. et al. Growth promotion of canola (rapeseed) seedling by a strain of *Pseudomonas* on asputida under gnotobiotic conditions. **Canadian Journal of Microbiology**, [S.l.]; v.33, [S.n.]; p.390-395, 1987.

LIMA, A. S. T. et al. Sinergismo *Bacillus*, *Brevibacillus* e, ou, *Paenibacillus* na simbiose *Bradyrhizobium*-Caupi. **R. Bras. Ci. Solo**, [S. l.], v. 35 [S.n.], p. 713-721. 2011.

LIMA, L. M. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura do amendoim**. Orientador: Dr. Alan Carlos Alves de Souza. 2020. 39 f. TCC (Graduação) – Curso de Agronomia, Centro Universitário de Anápolis Uni-Evangélica, Anápolis-GO, 2020. Disponível em:< <http://45.4.96.19/bitstream/aee/17116/1/TCC%202%20LETTYCIA%20MOREIRA%20LIMA%20VERS%3%83O%20FINAL%20corrigido.pdf>>. Acesso em: 9 abr, 2021.

LOPES, A. C. A. et al. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p.241-348. 2002.

LU, W. et al. Co-inoculation effect of plant-growth-promoting rhizobacteria and rhizobium on EDDS assisted phytoremediation of Cu contaminated soils. **Chemosphere**, [S.l.]; v. 254, [S.n.]; 2020.

LUGTENBERG, B. J. J, et al. Plant growth promotion by microbes. **Molecular microbial ecology of the rhizosphere**, [S.l.]; v.2, p.561-573, 2013.

MACEDO L., E.G. Efetividade na fixação biológica do nitrogênio de bactérias nativas isoladas de plantas de amendoim. **Ciência & Tecnologia**, [S.l.]; v.1, n.1, 2010.

MACIEL, V. E. O. et al. **Caracterização citogenética de três variedades de amendoim cultivado (*arachis hypogaea* L.)** IN: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2013 – UFRPE, Recife [S.v.; S.p.] 2013.

MAMTA; SINGH, M.; PANDEY, N. Evaluation of antifungal activity of *Bacillus* spp. against *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani* in Chick pea (*Cicer arietinum* L.). **Annals of Plant Protection Sciences**, [S.l.]; v. 28, n. 1, p. 33, 2020.

MARILLEY, L.; ARAGNO, M. Phylogenetic diversity of bacterial communities differing in degree of proximity of *Lolium perenne* and *Trifolium repens* roots. **Applied soil Ecology**, Amsterdam, v. 13, p. 127-136, 1999.

MASEPOHL, B.; KLIPP, W. Organization and regulation of genes encoding the molybdenum nitrogenase and the alternative nitrogenase in *Rhodobacter capsulatus*. **Archives of Microbiology**, New York, v. 165, [S.n.]; p.80-90, 1996.

MATHIVANAN, J.; JAYARAMAN, P. Enhancement of Growth and Yield of *Arachis hypogaea* L. Using Different Biofertilizers. **International Letters of Natural Sciences**, v. 74, p. 1-9, 2019.

MATOS, C. L. Coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Bacillus* spp. na soja sob casa de vegetação. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 27 f. 2021.

MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.]; v.18, n.6, p.567-573, 2014.

MEDEIROS, L. B. **Bioprodutos com *Bacillus* spp. e *Trichoderma* sp. no desenvolvimento inicial de lentilha** 2019. 54 p. (*Dissertação de mestrado*), Orientador: Antônio Carlos Ferreira da Silva, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, 54 p. 2019.

MELO, L. J. V. et al. Morfofisiologia e rendimento de fava sob diferentes condições de manejo cultural. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba. 185 f. 2005.

MENDIS, H.C. et al. Strain-specific quantification of root colonization by plant growth promoting rhizobacteria *Bacillus firmus* I-1582 and *Bacillus amyloliquefaciens* QST713 in non-sterile soil and field conditions. **PLoS One**, [S.l.]; v.13, 2018.

MISHRA, P. K. et al. Coinoculation of *Bacillus thuringiensis*-KR1 with Rhizobium leguminosarum enhances plant growth and nodulation of pea (*Pisum sativum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [S.l.]; v. 25, n. 5, p. 753-761, 2009.

MISIAK, K. et al. Yield and Quality of Mung Bean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) Seeds Produced in Poland. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. **Horticulture**, [S.l.]; v. 74, n. 2, p. 149, 2017.

MOGAL, C. et al. Quantification of plant hormones and synergistic effect of PGPR on yield attributing characters of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) Quantification of plant hormones and synergistic effect of PGPR on yield attributing characters of mungbean. **International Journal of Chemical Studies**, [S.l.; S.v.]; n.8, 2019.

MONTEIRO, P. E. R. et al. Responses of *Eucalyptus benthamii* seedlings to the application of the organic fertilizer Bacsol. **Bosque**, v. 38, n. 3, p. 507-513, 2017.

MONTEIRO, P. H. R. et al. Rhizobial inoculation in black wattle plantation (*Acacia mearnsii* De Wild.) in production systems of southern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 50, n. 4, p. 989-998, 2019.

MONTEIRO, P. H. R. et al. Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Amelioration of Abiotic Stresses: A Functional Interplay and Prospective. In: Mohamed H.I.; El-Beltagi H.ED.S.; Abd-Elsalam K.A.. (Org.). **Plant Growth-Promoting Microbes for Sustainable Biotic and Abiotic Stress Management**. 1ed. Suíça: Springer, 2021, v. 1, p. 25-49.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. UFLA: Lavras, [S.ed; S.v.]; p. 621-666, 2008.

MUDRYJ, A.N.; YU, N.; AUKEMA, H.M. Nutritional and health benefits of pulses. **Appl Physiol Nutr Metab**, [S.l.]; v.39, n.11, p.197-204, 2014.

MULLER, B.; SUN, L.; SCHUNURER, A. First insight into the syntrophic acetateoxidizing bacteria - a genetic study. **Microbiology open**, [S.l.]; v.2, p.35-53, 2013.

MUNIZ, A.W.; WORDELL, J.A.F.; SACCOL, E.L.S. Promoção de crescimento vegetal por rizóbios. **Revista Agropecuária Catarinense**, [S.l.]; v. 25, n.3, 2012.

MUNIZ, A. et al.. **Inoculação de rizóbios em amendoim forrageiro cv. Amarello em Manaus**. AM. Embrapa Amazônia Ocidental-Circular Técnica. 2016. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1061888/1/CircTec56.pdf>> Acesso em: 9 de abr, 2021.

NELSON, L. M. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): prospects for new inoculants. **Crop Manag**, [S.l.; S. v.; S.n.]; 2014. Disponível em <https://doi.org/10.1094/CM-2004-0310-05-RV>.

NELWAMONDO, A. M. **Assesment of co-inoculation of *Bradyrhizobium* and *Bacillus subtilis* on yield and metabolic profile of Bambara groundnut and cowpea glasshouse conditions.** Master's Dissertation. University of South African (UNISA), 80 pp. 2020. <http://hdl.handle.net/10500/27023>

NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Diversity and adaptability of soybean and cowpea rhizobia in tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, [S.l.]; v.29, p.889-895, 1997.

NOGUEIRA, M. A., HUNGRIA, M. **Oportunidades e ameaças á contribuição da fixação de nitrogênio em leguminosas no Brasil.** In Iberoamerican conference on beneficial plantmicroorganism-environment interactions, Microorganisms for future agriculture, Sevilha. Anais, CNPSO, 2013.

OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. **Processos e mecanismos envolvidos na influência de microorganismos sobre o crescimento vegetal.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 161). 40p. 2003.

OLIVEIRA, A. P. et al. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo em um Neossolo Regolítico. **Horticultura Brasileira**, Areia-PB, v. 22, n. 3, p. 543-546, 2004.

OMAR, M. N. A.; MAHROUS, H. M.; HAMOUDA, A. M. Evaluating the efficiency of inoculating some diazotrophs on yield and protein content of wheat cultivars under graded levels of nitrogen fertilization. **Ann. Agric. Science**, [S.l.]; v.41, p.579-590, 1996.

OSMAN, A. G. et al. "Effects Of biofertilization on nodulation, nitrogen and phosphorus content and yield of pigeon pea (*Cajanus cajan*)." **Advances in Environmental Biology** p. 2742. 2011,

PADDA, K. P.; PURI, A.; CHANWAY, C. P. Effect of GFP tagging of *Paenibacillus polymyxa* P2b-2R on its ability to promote growth of canola and tomato seedlings. **Biol. Fertil. Soils**, [S.l.]; v.52, [S.n.]; p.377-387, 2016.

PERDIGÃO, A.; COUTINHO, J.; MOREIRA, N. Potencialidade das leguminosas forrageiras anuais como fonte de azoto em agricultura biológica. **Revista de Ciências Agrárias**, [S.l.]; v. 34, n. 2, p. 141–153, 2011.

PEREIRA, M. W. M.; CARVALHO, K. R. DE; PINTO, L. V. DE A. avaliação da produtividade e adaptabilidade de acessos de amendoim forrageiro para potencial for-

mação/consorciação de pastagens no sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, [S.l.]; v. 3, n. 2, p. 1–6, 2011.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.791-796, 2003.

PERRET, X.; ATAEHELIN, C.; BROUGHTON, W. J. Molecular basis of symbiotic promiscuity. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Washington, [S.l.]; v. 64, n. 1, p. 108-201. 2000.

PESSOA, A. C. S. ET AL. Atividades De Nitrogenase E Redutase De Nitrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.]; v. 24, n. 4, p. 217–224, 2001.

PETERSEN, D. J.; SRINIVASAN, M.; CHANWAY, C. P. *Bacillus polymyxa* stimulates increased *Rhizobium* etli populations and nodulation when co-resident in the rhizosphere of *Phaseolus vulgaris*. **FEMS Microbiol.** [S.l.]; v.142, [S.n.]; p.271–276, 1996.

PODILE, A. R.; KISHORE, G. K. **Biological Control of Peanut Diseases**. In: Biological Control of Crop Diseases, Gnanamanickam, Samuel S. (ed.). CRC Press, p.131-160, 2019.

PRASHAR, P.; KAPOOR, N.; SACHDEVA, S. Rhizosphere: its structure, bacterial diversity and significance. **Rev. Environ. Sci. Biotechnol.**, [S.l.]; v.13, [S.n.]; p. 63–77, 2013.

QURESHI, M. A. et al. Co-inoculation of phosphate solubilizing bacteria and rhizobia for improving growth and yield of mungbean (*Vigna radiata* l.). **The Journal of Animal & Plant Sciences**, [S.l.]; v. 21, n. 3. p. 491-488. 2011.

RATZ, R. J. et al. Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja. **Engevista**, [S.l.]; v.19, n.4, p.890-905, 2017.

REDMOND, J. et al. Flavones Induce Expression of Nodulation Genes in *Rhizobium*. **Nature**, [S.l.]; v.323, [S.n.]; p.632–635, 1986.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 22 p. 2007.

RODRIGUES, A. C. et al. Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *Bradyrhizobium* sp. em caupi. **Bioscience Journal**, [S.l.]; v. 28, n. 1, p. 196–202, 2012.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. **Seja o doutor do seu feijoeiro** In: Encarte do Informações Agronômicas [S.l.;S.v.], n. 68, p. 16, 1994.

RUGHEIM, A. M. E.; ABDELGANI, M. E. Effects of Rhizobium and Bacillus Megatherium Var. Phosphaticum strains and chemical fertilizers on symbiotic properties and yield of faba bean (*Vicia Faba* L.). **Advances in Environmental Biology**, [S.l.]; v. 3, n. 3, p. 337–346, 2009.

SANTANA, M. V. et al. Redução da adubação nitrogenada em cobertura de feijoeiro com *Rhizobium tropici*. **Global science and technology**, [S.l.]; v.11, n.2, [S.p.]; 2018.

SANTOS; REIS, S. A **Formação do Nódulo em Leguminosas**. Documento EMBRAPA, 2008.

SANTOS, T. T.; VARALHO, M.A. Aplicação de microrganismos endofíticos na agricultura e na produção de substâncias de interesse econômico. **Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 199-212. 2011.

SANTOS, D. M. S. et al. Bactérias fixadoras de nitrogênio e molibdênio no cultivo do amendoim em solo do Cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 1-9. 2017.

SCHARDONG, E. et al. A resposta ao potencial de desenvolvimento do broto de alfafa (*Medicago sativa* L.) com o uso de luz durante o ciclo de crescimento. **Revista Mirante**. Osório. v. 3. n. 1. p.68 - 74. dez, 2013.

SIBPONKRUNG, S. et al. Co-Inoculation of *Bacillus velezensis* Strain S141 and *Bradyrhizobium* Strains Promotes Nodule Growth and Nitrogen Fixation. **Microorganisms**, [S.l.]; 2020, n. 8, p. 678. 2020.

SILVA, V. N. DA et al. Estirpes de Paenibacillus promotoras de nodulação específica na simbiose em *Bradyrhizobium* em-caupi **Acta Scientiarum**. [S.l.]; v. 29, n.3, p. 331-338. 2007.

SILVA, E. R. DA. **Exsudação radicular e sua utilização por rizobactérias**. p. 52, 2011.

SILVA, E. R. S. et al. Coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* em sementes de amendoim de diferentes tamanhos. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, [S.l.]; v.4, n. 1, p.93-102, 2017.

SILVA, E. T. V. et al. Prospecção Tecnológica sobre Amendoim Germinado Aplicado à Tecnologia de Alimentos. **Cadernos de Prospecção**, 13(1), 213, 2020.

SILVA, J. M. H. M. et al. PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE FARINHA DE MOYASHI-BROTO DE FEIJÃO MUNGO-VERDE (*Vigna radiata*, Fabaceae). **Visão Acadêmica**, v. 20, n. 2, 2019.

SILVA, J. O. Catálogo de insumos naturais e biológicos para uso na agropecuária: representantes e revendas no Distrito Federal e Entorno / Juliano de Oliveira e Silva. – Brasília: **EMATER-DF**, 2016.

SINGH, C. S.; SUBBA RAO, N. S. Associative effect of *Azospirillum brasilense* with *Rhizobium japonicum* on nodulation and yield of soybean (*Glycine max*). **Plant and Soil**, [S.l.]; v. 53, n. 3, p. 387–392, 1979.

SINGH, A. V.; PRASAD, B. Enhancement of plant growth, nodulation and seed yield through Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Lentil (*Lens culinaris* Medik cv. VL125). v. 3, n. 6, p. 614–622, 2014.

SIVARAMAIAH, N.; MALIK, D. K.; SINDHU, S. S. Improvement in symbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*) by coinoculation of *Bacillus* strains with *Mesorhizobium* sp. *Cicer*. **Indian Journal of Microbiology**, [S.l.]; v. 47, [S.n.]; p. 51-56. 2007.

SIVASAKTHI, S.; USHARANI, G.; SARANRAJ, P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR)—*Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. **African J Agric Res**, [S.l.]; v.9, [S.n.]; p.1265–1277, 2014.

SOUSA, P. M. **Potencial do uso da inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio: Alternativa para aumentar a produtividade do feijão-caupi na agricultura familiar de Confresa**, Mato Grosso. 2007. 111 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SOUZA, V. C. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil**. 2º ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

SPOLAOR, L. T. et al. Bactérias promotoras de crescimento associadas a adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônômico de milho pipoca. **Bragantia**, [S.l.]; v.75, p.33–4033, 2016.

STAJKOVIC, O. et al. Improvement of common bean growth by co-inoculation with *Rhizobium* and plant growth-promoting bacteria. **Romanian Biotechnological Letters**, [S.l.]; v.16, n.1, p.5919-5926, 2011.

STAMFORD, N. P. et al. Diversidade de rizóbios capazes de nodulares leguminosas tropicais. **Revista brasileira de ciências agrárias**, [S.l.]; v.2, n.4, p.249-256, 2007.

TAHIR, M. et al. Auxin and 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase activity exhibiting rhizobacteria improved maize quality and productivity under drought conditions. **International Journal of Agriculture and Biology**, [S.l.]; v. 21, n. 5, p. 943–954, 2019.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 3° ed., Porto Alegre: Artemed, p.719, 2004.

TANG, Q. et al. Biological nitrogen fixation and plant growth promotion of lodgepole pine by an endophytic diazotroph *Paenibacillus polymyxa* and its GFP-tagged derivative. **Botany**, [S.l.]; v. 95, p.611–619, 2017.

TAVANTI, T. R. et al. Yield and quality of soybean seeds inoculated with *Bacillus subtilis* strains. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.]; v. 24, n. 1, p. 65–71, 2020.

TILAK, K. V. B. R.; RANGANAYAKI, N.; MANOHARACHARI, C. Synergistic effects of plant-growth promoting rhizobacteria and *Rhizobium* on nodulation and nitrogen fixation by pigeonpea (*Cajanus cajan*) **European Journal of Soil Science**, [S.l.]; v. 57, [S.n.]; p. 67–71. 2006.

TOMM, G.O.; LIMA, G.J.M.M. Desenvolvimento da cultura de ervilha para alimentação animal no Sul do Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 11p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico, 54). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_co54.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co54.htm)>. Acesso em: 15 de Nov. de 2020.

TURNER, J.; BACKMAN, P. Factors relating to peanut yield increases after seed treatment with *Bacillus subtilis*. **Plant Dis**, [S.l.]; v.75, p.347–353, 1991.

ULLAH, A. et al. Microbiome Diversity in Cotton Rhizosphere Under Normal and Drought Conditions. **Microbial Ecology**, [S.l.]; v. 77, n. 2, p. 429–439, 2019.

ULLAH, A. et al. Drought tolerance improvement in plants: an endophytic bacterial approach. **Applied Microbiology and Biotechnology**, [S.l.]; v. 103, n. 18, p. 7385–7397, 2019.

VALENTIM, J. F.; ASSIS, G. M. L. DE; SÁ, C. P. DE. Produção de sementes de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) no Acre. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, [S.l.]; v. 4, n. 8, p. 189–206, 2009.

VELOSO, T. G. R. et al. **Cultivo de *Cyrtopodium cardiochilum* em diferentes substratos**. In: FERTBIO, 2008. Bonito. Resumos, Bonito, SBCS/SBM/Embrapa, CD-ROM.

VIEIRA, G. F.; NISHIHARA, M. K. Comportamento de cultivares de mungo-verde (*Vigna radiata*) em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 39, n. 221, p.60-83, 1992.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C. Comportamento de feijão dos gêneros *Vigna* e *Phaseolus* no consórcio com milho plantado simultaneamente. **Pesquisa agronômica brasileira**, Brasília, v. 31, n. 11, p. 781-787, 1996.

VIEIRA, C. R.; CABRAL, L. C.; PAULA, A. C. O. DE. Composição centesimal e conteúdo de aminoácidos, ácidos graxos e minerais de seis cultivares de soja destinadas à alimentação humana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.]; v. 34, n. 7, p. 1277–1283, 1999.

VIEIRA, R. F, VIEIRA, C. **Leguminosas graníferas**. Editora UFV. Viçosa, p. 129 - 140, 2001.

VIEIRA, R. F.; OLIVEIRA, V. R.; VIEIRA, C. Cultivo do feijão-mungo-verde no verão em Viçosa e em Prudente de Moraes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 37-43, 2003.

VIEIRA, R. F. et al . Desempenho de genótipos de feijão-mungo-verde semeados no inverno na Zona da Mata de Minas Gerais. **Rev. Ceres (Impr.)**, Viçosa, v. 58, nº. 3, p. 402-405,2011.

VILLANUEVA, N. S. Coinoculación de *Rhizobium* y *Bacillus* en el crecimiento de *Phaseolus Vulgaris* y *Pisum Sativum*, en invernadero, 2018. **Investigación**, v. 27, n. 1, p. 29–33-29–33, 2019.

VIMAL, S. R. et al. Role of *Bacillus humi* (SS4) in Management of Legume *Vigna radiata* (L.) Stresses Under Saline Environments. **Climate Change and Environmental Sustainability**, [S.l.]; v. 8, n. 1, p. 54, 2020.

YADEGARI, M. et al. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 33, n. 12, p. 1733-1743, 2010.

YOUSUF, B. et al. Application of targeted metagenomics to explore abundance and diversity of CO<sub>2</sub> - fixing bacterial community using cbbL gene from the rhizosphere of *Arachis hypogaea*. **Gene**, [S.l.]; v. 506, [S.n.]; p18–24, 2012.

ZAGO, V. C. P.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. ***Pseudomonas* spp. fluorescentes: bactérias promotoras de crescimento de plantas e biocontroladoras de fitopatógenos em sistemas de produção agrícola**. Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 32 p. 2000.

ZEFFA, D. M. et al. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on co-inoculation with *Bradyrhizobium* in soybean crop: a meta-analysis fo studies from 1987 to 2018. **Peerj**, [S.l.]; v.8, [S.n.; S.p.]; 2020. Disponível em:< <https://peerj.com/articles/7905/>>.

ZHANG, F.; SMITH, D. L. Inoculation of soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.) with genistein-preincubated *Bradyrhizobium japonicum* or genistein directly applied into soil increases soybean protein and dry matter yield under short season conditions. **Plant Soil**, [S.l.]; v.179, [S.n.]; p.233- 241, 1996.

ZILLI, J. E. et al. Symbiotic efficiency of cowpea *Bradyrhizobium* strains in cerrado soils. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**. [S.l.]; v. 41, [S.n.]; p. 811-818, 2006.

## APÊNDICE

TABELA 1 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA AMENDOIM (*Arachis hypogea*)

<b><i>Bacillus</i></b>	<b>Rizóbio</b>	<b>Exp.</b>	<b>Referência</b>
<i>B. subtilis</i>	<i>Rhizobium</i> spp.	vaso	Adb-Allah & Didamony (2007)
<i>Bacillus</i> sp. CHEP5	<i>Bradyrhizobium</i> sp. SEMIA 6144	vaso	Figueredo et al. (2014)
<i>Bacillus</i> sp. A45	<i>Bradyrhizobium</i> sp. TAL 173	vaso	Yuttaanichakul et al. (2012)
<i>Bacillus</i> sp. A20 + A45			
<i>Bacillus</i> sp. A20			
<i>B. tequilensis</i> NBB13	<i>R. phaseoli</i> S18	vaso	Preyanga et al. (2021)
<i>P. illinoisensis</i> YBB20	<i>R. mayense</i> S19		
<i>B. altitudinus</i> YBB5A			
<i>B. tequilensis</i> NSB1			
<i>B. subtilis</i> LSB7			
<i>B. tequilensis</i> NBB13			
<i>B. megaterium</i>	<i>R. leguminosarum</i>	vaso	Mahakavi et al. (2014)
<i>Bacillus</i> sp.	<i>Rhizobium</i> sp.	vaso	Mathivanan et al. (2014)

Exp. – Expreimento.

Fonte: O autor (2021).

TABELA 2 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA ERVILHA (*Pisum sativum*)

<b><i>Bacillus</i></b>	<b>Rizóbio</b>	<b>Experimento</b>	<b>Referência</b>
<i>B. thurigiensis</i> KR1	<i>R. leguminosarum</i> PR1	vaso	Mishra et al. (2009)
<i>B. simplex</i> 30N-5	<i>R. leguminosarum viciae</i>	vaso	Schwartz et al. (2013)
<i>B. cereus</i> UW85	<i>R. leguminosarum</i> <i>bv. viceae</i> 128A1	vaso	Vessey et al. (2002)

Fonte: O autor (2021).

TABELA 3 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata*).

<b>Bacillus</b>	<b>Rizóbio</b>	<b>Exp.</b>	<b>Referência</b>
<i>B. subtilis</i> PRBS-1	<i>Bradyrhizobium</i> sp. BR 96	Vaso	Araújo et al. (2010)
<i>Bacillus</i> sp. PRBS-1	SEMIA 6462	Campo	Araújo et al. (2012)
<i>P. polymyxa</i> Loutit	<i>B. sp.</i> BR 2001 <i>B. sp.</i> NFN-700	Vaso	da Silva et al. (2006)
<i>B. pumilus</i> 65(E)180 Paeni <i>Bacillus</i> <i>polymyxa</i> Paoutit L Paeni <i>Bacillus</i> <i>polymyxa</i> S21 Paeni <i>Bacillus</i> <i>durus</i> P3L5 Paeni <i>Bacillus</i> <i>durus</i> RBN4 Paeni <i>Bacillus</i> P3E30 Paeni <i>Bacillus</i> <i>macerans</i> LBF-410	<i>B. sp.</i> BR2001	Vaso	da Silva et al. (2007)
<i>Bacillus</i> sp. ANBE31 Paeni <i>Bacillus</i> <i>brasiliensis</i> 24 Paeni <i>Bacillus</i> <i>brasiliensis</i> 172 Paeni <i>Bacillus</i> <i>brasiliensis</i> 177 Paeni <i>Bacillus</i> <i>graminis</i> MC 04.21 Paeni <i>Bacillus</i> <i>graminis</i> MC 22.13 Paeni <i>Bacillus</i> <i>graminis</i> BR60106 Paeni <i>Bacillus</i> <i>polymyxa</i> S21 Paeni <i>Bacillus</i> <i>durus</i> RBN4 <i>B. subtilis</i> 438 <i>B. subtilis</i> 440 <i>B. subtilis</i> 441 <i>B. pumilus</i> 444 <i>B. pumilus</i> 445 Brevi <i>Bacillus</i> <i>brevis</i> 447 <i>B. pumilus</i> 448 <i>Bacillus</i> sp. 449 <i>Bacillus</i> sp. 450 <i>Bacillus</i> sp. 451 <i>B. subtilis</i> 454 <i>B. subtilis</i> 455 <i>B. subtilis</i> 459 <i>Bacillus</i> sp. 461 <i>B. megaterium</i> 462	<i>Bacillus</i> sp. BR 3267	Vaso	Lima et al. (2011)
<i>B. subtilis</i> BD233	<i>B. japonicum</i> <i>Bradyrhizobium</i>	Vaso	Nelwawondo (2020)
<i>P. brasiliensis</i> 24 <i>P. graminis</i> MC 22.13 <i>P. graminis</i> MC 04.21 <i>P. durus</i> CRIP 105 <i>P. macerans</i> LMD 24.10 <i>P. polymyxa</i> LMD 24.16 <i>P. polymyxa</i> PM 04.01 <i>P. kribbensis</i> POC 115 <i>P. polymyxa</i> Loutit <i>P. durus</i> V22.32	<i>B. japonicum</i> BR 3267	Vaso	Rodrigues et al. (2012)

Continua...

Continuação...			
<i>Bacillus</i>	Rizóbio	Exp.	Referência
<i>B. sp.</i> ANBE 31			
<i>B. cereus</i> 440			
<i>B. aubtilis</i> 441			
<i>B. pumilus</i> 444			
<i>B. pumilus</i> 445			
<i>B. pumilus</i> 448			
<i>BreviBacillus brevis</i> 447			
<i>B. subtilis</i> 455			
<i>B. subtilis</i> 458			
<i>B. megaterium</i> 462			
<i>P. durus</i> CRIL 156			
<i>P. durus</i> C04.50			
<i>Bacillus sp.</i> ANBE31	<i>B. sp.</i> BR 3267	Vaso	Rodrigues et al. (2013)
<i>B. cereus</i> 440			
<i>B. aubtilis</i> 441			
<i>B. pumilus</i> 444			
<i>B. pumilus</i> 445			
<i>B. pumilus</i> 448			
<i>BreviBacillus brevis</i> 447			
<i>B. megaterium</i> 462			
<i>B. subtilis</i> 455			
<i>B. subtilis</i> 458			
<i>PaeniBacillus brasiliensis</i> 24			
<i>P. durus</i> CRIP 105			
<i>P. durus</i> V22-32			
<i>P. durus</i> CRiIL 156			
<i>P. durus</i> C0450			
<i>P. graminis</i> MC2213			
<i>P. graminis</i> MC0421			
<i>P. kribbensis</i> POC 115			
<i>P. macerans</i> LMD2410			
<i>P. polymyxa</i> LMD 2416			
<i>P. polymyxa</i> PM0401			
<i>P. polymyxa</i> Loutit			
<i>B. pumilus</i> 65E 180	<i>B. japonicum</i> BR 2001	Vaso	Silva et al. (2007)
<i>P. polymyxa</i> Loutit L			
<i>P. polymyxa</i> S21			
<i>P. durus</i> P3E30			
<i>P. durus</i> P3L5			
<i>P. durus</i> RBN4			
<i>P. macerans</i> LBF410			

Fonte: O autor (2021).

TABELA 4 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris*)

<i>Bacillus</i>	Rizóbio	Experimento	Referência
Bs 14	CIIDIR13	Campo	Armenta-Bojórquez et al. (2016)
<i>B. sp.</i> CECT 450	<i>R. tropici</i> CIAT 899	Vaso	Camacho et al. (2001)
<i>B. subtilis</i> MBI600	<i>R. tropici</i> UMR1899	Campo	de Jensen et al. (2002)
<i>B. subtilis</i> GB03	R. 3622		
<i>B. subtilis</i> MBI600			
<i>B. subtilis</i> GB03			
<i>B. subtilis</i> (OSU-142)	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Campo	Elkoca et al. 2010 / JPN
<i>B. megaterium</i> (M-3)			
<i>B. subtilis</i> OSU-142 + <i>B. megaterium</i> M-3			
<i>B. sp.</i> UFLA 02-298	<i>R. tropici</i> CIAT 899	Vaso	Ferreira et al. (2017)
<i>B. sp.</i> UFPI B3-9	<i>R. tropici</i> CIAT 899	Vaso	Ferreira et al. (2020)
<i>PaeniBacillus</i> sp. UFPI B4-9			
<i>B. sp.</i> UFLA 02-286			
<i>B. sp.</i> UFLA 02-290			
<i>PaeniBacillus</i> sp. UFLA 03-10			
<i>B. subtilis</i> UFLA 03-107			
<i>B. amyloliquefaciens</i> ALB629			
<i>P. polymyxa</i> DSM36	<i>R. tropici</i> CIAT 899	Vaso	Figueiredo et al. (2008)
<i>P. polymyxa</i> Loutit			
<i>P. polymyxa</i> DSM36 + Loutit			
<i>B. endophyticus</i> DSM 13796			
<i>B. sp.</i> 65E180			
<i>P. polymyxa</i> Loutit			
<i>B. pumilus</i> DSM 27			
<i>P. lautus</i> DSM13411			
<i>B. subtilis</i> DSM 704			
<i>P. macerans</i> DSM24			
<i>P. polymyxa</i> DSM36			
<i>B. subtilis</i> QST 713	<i>R. tropici</i> SEMIA 4088,	Vaso / Campo	Gabre et al. (2020)
CB4	<i>Rhizobium</i> USDA 2674	Vaso	Karanja et al. (2007)
K158	<i>Rhizobium</i> CIAT 899		
K194	<i>Rhizobium</i> USDA 2674		
K67			
K86			
K89			
<i>B. megaterium</i>	Ciat 899	Vaso	Korir et al. (2017)
	ITA-PAU 983		
<i>P. polymyxa</i>	ITA-PAU 987		
<i>B. sp.</i> BPR7	<i>R. leguminosarum</i> RPN5	Vaso	Kumar et al. (2016)
<i>B. subtilis</i> LMG7135	<i>R. etli</i> CNPAF512	Vaso	Remans et al. (2007)
<i>B. polymyxa</i> L5	<i>R. etli</i> TAL 182	Vaso	Srinivasan et al. (1996)

Continua...

Continuação...			
<b>Bacillus</b>	<b>Rizóbio</b>	<b>Experimento</b>	<b>Referência</b>
<i>B. polymyxa</i> L6			
<i>B. megaterium</i> S49			
<i>B. brevis</i> S72			
<i>B. megaterium</i> A15			
<i>Bacillus megaterium</i> Snji	<i>R. phaseoli</i> strain 123	Vaso	Stajković et al. (2011)
<i>Bacillus</i> sp. Bx			
<i>Bacillus cereus</i> UW85	<i>R. etli</i> TAL 182	Vaso	Vessey et al. (2002)
<i>B. cereus</i> DSM6791	<i>R. etli</i> EBRI2	Vaso	Shamseldin et al. (2007)
<i>B.cereus</i> DSM1970	<i>R. etli</i> EBRI26		

Fonte: O autor (2021).

TABELA 5 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO FAVA

<b>Bacillus</b>	<b>Rizóbio</b>	<b>Experimento</b>	<b>Referência</b>
<i>Bacillus</i> MAP3 (P3)	<i>Rhizobium</i> MAP7 (P7)	Campo	Abbas et al. (2018)
<i>Brevibacillus</i> MAP4 (P4)			
<i>B. megaterium</i>	<i>R. leguminosarum</i>	Campo	El-Howeity et al. (2009)
<i>B. megaterium</i> var. <i>phosphaticum</i>	<i>R. leguminosarum</i>	Campo	Massoud et al. (2008)
<i>B. megaterium</i> PSB1	<i>R. sp.</i> ENRRI 9	Campo	Rugheim et al. (2009)
	<i>R. sp.</i> TAL 1399		

TABELA 6 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO GUANDU (*Cajanus cajan*)

<b>Bacillus</b>	<b>Rizóbio</b>	<b>Experimento</b>	<b>Referência</b>
<i>B. cereus</i> BS03	R. RH2	Vaso/Campo	Dutta et al. (2014)
<i>B. megaterium</i> var. <i>phosphaticum</i>	ENRII 63 ENRII 4 TAL 209 TAL 1132 USDA 3472	Campo	Osman et al. (2011)
NR1 NR2 NR3 NR4 NR5 NR6 NR7 NR8 NR9 NRb2 NRc2	<i>Rhizobium</i> spp. IC3123	Vaso	Rajendran et al. (2008)
<i>B. cereus</i>	<i>Rhizobium</i> sp. AR-2-2 k	Vaso	Tilak et al. (2006)

Fonte: O autor (2021).

TABELA 7 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO MUNGO (*Vigna radiata*)

<b>Bacillus</b>	<b>Rizóbio</b>	<b>Exp.</b>	<b>Referência</b>
<i>B. subtilis</i> MF497446 <i>B. coagulans</i> NCAIM B.01123 <i>B. circulances</i> NCAIM B.02324	<i>B. sp.</i> TAL169	Campo	Abdel-Fattah et al. (2020)
<i>B. megaterium</i> T5	<i>R. sp.</i> T2	Vaso	Gangaraddi & BrahmaPrakash (2018)
<i>B. sp.</i> Y2 <i>B. sp.</i> X4 <i>B. sp.</i> NG-ER-1 <i>B. sp.</i> EG-RS-2 <i>B. sp.</i> EG-RS-3 <i>B. sp.</i> EG-RS-4 <i>B. sp.</i> Z2	<i>Br. sp.</i> Cog15 <i>Br. sp.</i> S24	Vaso	Gupta et al. (2003)
<i>B. anthracis</i> M1 <i>P. taichungensis</i> <i>P. xylanilyticus</i>	<i>E. adhaerens</i>	Campo	Pandya et al. (2015)
<i>B. sp.</i> Isolate <i>B. sp.</i> MRS9 <i>B. sp.</i> MRS12 <i>B. sp.</i> MRS18 <i>B. sp.</i> MRS21 <i>B. sp.</i> MRS22 <i>B. sp.</i> MRS26 <i>B. sp.</i> MRS27 <i>B. sp.</i> MRS31	<i>R. sp.</i> Isolate <i>B. sp.</i> S24	Vaso Vaso	Qureshi et al. (2011) Sindhu et al. (2002)
<i>B. subtilis</i> M2 <i>B. simplex</i> M4 <i>B. subtilis</i> M6	<i>Bradyrhizobium strain</i> MN-S	Vaso	Tariq et al. (2012)

Exp. – Experimento

Fonte: O autor (2021).

TABELA 8 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA FEIJÃO PRETO (*Vigna mungo*)

<i>Bacillus</i>	Rizóbio	Experimento	Referência
B1 + B2 + B3	MR1+MR2+MR3	Vaso	Qureshi et al. (2012)
<i>B. megaterium</i> var. <i>phosphaticum</i> Pb1	<i>R. sp.</i> P47	Vaso	Poonguzhali et al. (2005)

Fonte: O autor (2021).

TABELA 9 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*)

<i>Bacillus</i>	Rizóbio	Experimento	Referência
<i>B. polymyxa</i> (H5)	<i>Rhizobium</i> (F 75)	Vaso	Alagawadi & Gaur (1988)
<i>B. subtilis</i> OSU-12	<i>Rhizobium</i> SRFI/Ankara	Vaso	Elkoca et al. (2007)
<i>B. megaterium</i> M-3 OSU-12 + M-3			
<i>B. sp.</i> CBS3	<i>Mesorhizobium sp.</i> Ca181	Vaso	Sivaramaiah et al. (2007)
<i>B. sp.</i> CBS9			
<i>B. sp.</i> CBS17			
<i>B. sp.</i> CBS20			
<i>B. sp.</i> CBS24			
<i>B. sp.</i> CBS106			
<i>B. sp.</i> CBS127			
<i>B. sp.</i> CBS129			
<i>B. sp.</i> CBS153			
<i>B. sp.</i> CBS155			
<i>B. sp.</i> CRP56a	<i>R. sp.</i> Ca313	Vaso	Parmar & Dadarwal (1999)
<i>B. sp.</i> CRP59	<i>R. sp.</i> Ca181		
<i>B. sp.</i> CRS 70			
<i>B. sp.</i> CRP71			
<i>B. subtilis</i> NE2	<i>Mesorhizobium sp.</i>	Vaso	Rana et al. (2015)
<i>Lysibacillus fusiformis</i> NE3			
<i>B. cereus</i> NE5			
<i>B. cereus</i> NE10			
<i>B. stratosphericus</i> NE12			
<i>B. sp.</i> NE14			
<i>B. sp.</i> NE16			
<i>B. cereus</i> NE17			
<i>B. licheniformis</i> CRE1	<i>M.sp.</i>	Campo	Saini et al. (2013)
<i>B. subtilis</i> CNE215			
<i>B. aryabhattai</i> RB2	<i>M.sp.</i> Ciceri LGR-33	Campo	Singh et al. (2017)
<i>B. megaterium</i> BHUPS-14	<i>M. sp.</i> BHURC-05	Vaso / Campo	Verma & Yadav (2018)
<i>P. polymyxa</i> BHUPS-16			
<i>B. megaterium</i> BHUPSB14	<i>M. sp.</i> BHURC-02	Campo	Verma et al. (2012)
<i>B. sp.</i> PSB1	<i>M. sp.</i> RC3	Campo	Wani et al. (2007)
<i>B. sp.</i> PSB10			
<i>B. sp.</i> PSB9	<i>M. sp.</i> RC4	Campo	Wani et al. (2007)

Fonte: O autor (2021).

TABELA 10 -MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA LENTILHA (*Lens culinaris*)

<i>Bacillus</i>	Rizóbio	Experimento	Referência
<i>B. thurigiensis</i> KR1	<i>R. leguminosarum</i> PR1	Vaso	Mishra et al. (2009)
<i>Bacillus subtilis</i> Bs	<i>R. leguminarum</i> L-12-87	Vaso	Tsigie et al. (2011)
<i>B. pumilus</i> MTCC1640	<i>R. sp.</i> AQ07	Vaso	Akhatar et al. (2010)

TABELA 11 - MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO VEGETAL (RIZÓBIO E *Bacillus*) UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METANÁLISE PARA A CULTURA SOJA (*Glycine max*)

<b>Bacillus</b>	<b>Rizóbio</b>	<b>Exp.</b>	<b>Referência</b>
<i>B. amyloliquefaciens</i> MBI 600	SEMIA 587 + SEMIA 5019	Campo	Alves-Neto et al. (2020)
<i>P. polymyxa</i> HKA-15	<i>B. japonicum</i>	Vaso	Anapurna et al. (2013)
<i>B. subtilis</i> AP-3 + PRBS-1	SEMIA 5019 + SEMIA 5080 SEMIA 5019/T+ SEMIA 5080/T	Campo	Araújo & Hungria (1999)
<i>B. subtilis</i> MBI600	<i>B. japonicum</i> 532c	Vaso	Atieno et al. (2012)
<i>B. solisalsi</i> Isolate 3	CB 1809 USDA 110	Vaso	Aung et al. (2013)
<i>B. subtilis</i> NEB4 <i>B. subtilis</i> NEB5 <i>B. thuringiensis</i> NEB17	<i>B. japonicum</i> 532c	Vaso	Bai et al. (2003)
<i>B. subtilis</i> UFT Bs-10	SEMIA 5079+SEMIA 5080	Campo	Braga-Junior et al. (2018)
<i>Bacillus cereus</i> UW85	MIcroBio RhizoGen	Campo	Bullied et al. (2002)
<i>B. sp.</i> CECT 450	<i>B. japonicum</i> USDA 110	Campo	Camacho et al. (2001)
<i>B. sp.</i> Q10	<i>B. japonicum</i> 526	Campo	Ilicic et al. (2017)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus sp.</i>	Vaso	Li & Alexandre (1988)
<i>B. subtilis</i> CCTB04/Vult®	SEMIA 5079 + SEMIA 5080/TotalNitro Full®	Campo	Maciel & Purin (2018)
<i>B. subtilis</i> <i>B. megaterium</i>	<i>B. japonicum</i> IFVC Serbia	Campo	Marinković et al. (2018)
<i>B. amyloliquefaciens</i> LL2012 <i>B. amyloliquefaciens</i> LL2012	<i>B. japonicum</i> E109	Vaso	Masciarelli et al. (2014)
<i>B. pumilus</i> CCTB11 + <i>B. subtilis</i> CCTB18 + <i>B. amyloliquefaciens</i> CCTB27 <i>B. pumilus</i> CCTB11 + <i>B. subtilis</i> CCTB18 + <i>B. amyloliquefaciens</i> CCTB27 + <i>A. brasilense</i> Abv5 e Abv6 <i>B. subtilis</i> CCTB04 <i>B. amyloliquefaciens</i> CCTB06 <i>B. pumilus</i> CCTB05 <i>B. licheniformis</i> CCTB07 <i>B. amyloliquefaciens</i> CCTB09 <i>B. macerans</i> CCTB08 <i>B. thuringiensis</i> CCTB25 <i>B. subtilis</i> sub <i>spizizenii</i> CCTB13 <i>B. licheniformis</i> CCTB07 <i>B. amyloliquefaciens</i> CCTB09 <i>B. macerans</i> CCTB08 <i>B. thuringiensis</i> CCTB25 <i>B. subtilis</i> sub <i>spizizenii</i> CCTB13 <i>B. amyloliquefaciens</i> CCTB09 + <i>B. macerans</i> CCTB08	SEMIA 5079 + SEMIA 5080	Vaso	Matos (2021)
<i>B. subtilis</i> QST 713	SEMIA 5079 + SEMIA 5080	Vaso	Moretti et al. (2018)
<i>B. subtilis</i> <i>B. pumilus</i> <i>B. licheniformis</i> <i>B. amyloliquefaciens</i>	SEMIA 5079	Campo	Oliveira et al. (2019)

Continua...

Continuação...			
<b>Bacillus</b>	<b>Rizóbio</b>	<b>Exp.</b>	<b>Referência</b>
<i>B. thuringiensis</i> -KR1	<i>B.japonicum</i> - SB1	Vaso	Pankaj et al. (2009)
<i>B. velezensis</i> S141	<i>B. diazoefficiens</i> USDA 110	Vaso	Sibponkrung et al. (2020)
<i>B.velezensis</i> S141:Δipi			
<i>B.velezensis</i> S141:Δipt			
<i>B.velezensis</i> S141:ΔwT			
<i>B.velezensis</i> S141:ΔdhaS			
<i>B.velezensis</i> S141:ΔyhcX			
<i>B.velezensis</i> S141:ΔIPyAD			
<i>B. megaterium</i> LNL6	<i>B. japonicum</i> MN110	Vaso	Subramanian et al. (2014)
<i>Bacillus subtilis</i> Bs	<i>B. japonicum</i> SB271	Vaso	Tsigie et al. (2011)
<i>Bacillus cereus</i> UW85	<i>B. japonicum</i> USDA138	Vaso	Vessey et al. (2002)

Exp. – Experimento

Fonte: O autor (2021).