

UNIVERSIDADE CESUMAR - UNICESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COM DIFERENTES BACTÉRIAS
PROMOTORAS DO CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA

LUIZ HENRIQUE MORAES DE MELLO

MARINGÁ – PR

2022

LUIZ HENRIQUE MORAES DE MELLO

**INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COM DIFERENTES BACTÉRIAS
PROMOTORAS DO CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Cesumar – UniCesumar como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel (a) em Agronomia, sob a orientação da Profa. Dra. Aline Maria Orbolato Gonçalves Zuliani.

MARINGÁ – PR

2022

FOLHA DE APROVAÇÃO
LUIZ HENRIQUE MORAES DE MELLO

**INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COM DIFERENTES BACTÉRIAS
PROMOTORAS DO CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Cesumar –
UniCesumar como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel (a) em
Agronomia, sob a orientação do Profa. Dra.
Aline Maria Orbolato Gonçalves Zuliani.

Aprovado em 25 de novembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Aline Maria Orbolato Gonçalves Zuliani - (Doutora em Agronomia - UniCesumar)



Tiago Ribeiro da Costa - (Mestre em Agronomia - UniCesumar)



Rodrigo de Souza Lima - (Mestre em Agronomia - Universidade Estadual de Maringá)

INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COM DIFERENTES BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA

Luiz Henrique Moraes de Mello

RESUMO

A cultura da soja (*Glycine max*) possui grande interesse econômico, mundialmente, por ser utilizada em várias vertentes, como na alimentação animal e produtos destinados à alimentação humana. O uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), além de ser uma técnica sustentável e econômica, tem mostrado potencial para melhorar a disponibilidade de nutrientes, estimular crescimento de plantas e, conseqüentemente, aumentar a produtividade da soja. Diante disso, o presente trabalho tem como proposta identificar quais bactérias isoladas ou em associação coinoculação trariam melhores resultados para a soja. Os tratamentos avaliados foram: T1 Testemunha; T2 *B. japonicum*; T3 *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense*; T4 *B. japonicum* + *Bacillus aryabatai*; T5 *B. japonicum* + *Bacillus subtilis*; T6 *B. japonicum* + *Pseudomonas fluorescens*; T7 *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabatai*; T8 *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis*; T9 *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*. Os tratamentos foram realizados a partir da inoculação e coinoculação via sementes, sendo utilizado o delineamento em blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições. Foram realizadas avaliações dos caracteres agronômicos: altura média das plantas; número de vagens; número de grão por vagem; grão por planta de soja e dados relacionados à produtividade: peso de mil grãos e produção em kg ha⁻¹. Foi possível concluir que as inoculações com microrganismos nas sementes de soja estimularam componentes agronômicos importantes no manejo, mostrando maior eficiência em algumas variáveis analisadas, no entanto, não houve ganho significativo na produtividade.

Palavras-chave: *Azospirillum brasilense*. *Bacillus spp.* Bactérias promotoras crescimento plantas. *Glycine max* L. Microrganismo. *Pseudomonas spp.*

INOCULATION AND CO-INOCULATION WITH DIFFERENT GROWTH PROMOTING BACTERIA IN SOYBEAN CROP

Luiz Henrique Moraes De Mello

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max*) is of great economic interest worldwide, as it is used in several areas, such as animal feed and products intended for human consumption. The use of plant growth-promoting bacteria (PGPR), in addition to being a sustainable and economical technique, has shown potential to improve nutrient availability, stimulate plant growth and consequently increase soybean productivity. Therefore, the present study aimed to identify which bacteria alone or in association (co-inoculation) bring better results for soybean. The treatments evaluated were: T1 Control; T2 *B. japonicum*; T3 *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense*; T4 *B. japonicum* + *Bacillus aryabhatai*; T5 *B. japonicum* + *Bacillus subtilis*; T6 *B. japonicum* + *Pseudomonas fluorescens*; T7 *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhatai*; T8 *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis*; T9 *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*. The treatments were based on inoculation and co-inoculation via seeds, in a randomized block design with 9 treatments and 4 replications. Agronomic traits were evaluated for: average plant height; number of pods; number of grains per pod and per soybean plant, and data related to yield: thousand grain weight and production in kg/ha⁻¹. In conclusion, inoculation of soybean seeds with microorganisms stimulated important agronomic components in the management, with greater efficiency in some analyzed variables, however, there was no significant gain in productivity.

Keywords: *Azospirillum brasilense*. *Bacillus* spp. Plant growth promoting bacteria. *Glycine max* L.; Microorganism; *Pseudomonas* spp.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma leguminosa de alta demanda mundial com finalidade para alimentação humana, animal e produção de biodiesel, sendo uma das oleaginosas mais produzidas em grande escala no Brasil (PASTORE, 2016). A soja ocupa a maior parte das terras agricultáveis, sendo cultivada em aproximadamente 40,9 milhões de hectares no Brasil (CONAB, 2022).

Por se tratar de um grão de alto valor nutritivo, a soja possui teor de proteína por volta de 40%. A cultura exige elevada demanda de nutrição mineral, principalmente de nitrogênio, sendo necessário aproximadamente 80 kg/ha⁻¹ para cada tonelada de grãos produzidos, sendo que em consequência dessa elevada necessidade de adubação, acaba gerando grandes impactos ambientais (GUIMARÃES *et al.*, 2021).

Inserido neste contexto de produção com tecnologias sustentáveis, uma prática destacável usada para leguminosas é a fixação biológica de nitrogênio (FBN), trazendo resultados positivos no desenvolvimento e produtividade de grãos, tornando-se fundamental para uma agricultura sustentável e competitiva, por ser uma prática que proporciona a redução no uso de insumos químicos na produção de agrícola (GALINDO *et al.*, 2016).

Com a crescente demanda pela produção de alimentos em razão do aumento populacional, exige-se a adoção de novas tecnologias para ganhos de produtividade sem provocar o desequilíbrio ambiental, ou seja, tecnologias e práticas mais sustentáveis, de modo a reduzir os impactos negativos da atividade ao meio ambiente (RATZ *et al.*, 2017). Neste cenário, tem-se verificado que as rizobactérias possuem potencial para minimizar ou até substituir insumos químicos e beneficiar o meio ambiente e os meios de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

As rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs) são uma tecnologia biológica que faz a utilização de microrganismos promissores. As adoções desta tecnologia mostraram resultados positivos em diferentes culturas, visto que são bactérias que ocorrem na rizosfera, e são capazes de estimular seu crescimento através de fixação biológica de nitrogênio e produção de fitormônios, realizando a ciclagem de nutrientes e atuando contra patógenos (FARIA, 2021).

Em trabalhos realizados por Vessey (2003), foi observado também que a inoculação com rizobactérias teve papel de incremento produtivo e controle biológico de patógenos. Concomitantemente a isso, os gêneros bacterianos mais utilizados para estes fins correspondem ao *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomonas* (RATZ *et al.*, 2017).

O gênero *Azospirillum* tem efeitos benéficos em leguminosas quando associado com outros microrganismos pela sua capacidade de produzir fitormônios que estimulam o desenvolvimento radicular (ZUFFO, 2016). Já as bactérias do gênero *Bacillus spp* são rizobactérias utilizadas frequentemente no controle biológico de patógenos de plantas (KUHN; PASCHOLATI, 2010). O gênero *Pseudomonas* contribui para a disponibilização de fosfatos e a promoção de crescimento das plantas, além da síntese da ACC-deaminase, que fixa o precursor do etileno em plantas maiores (LOPES *et al.*, 2021).

Em trabalho conduzido por Karlec, Palaver e Maschio (2017), com a cultivar BS 1511 IPRO, foi observado que a inoculação de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* tiveram papel fundamental para a elevação da produtividade, obtendo nos tratamentos inoculados um incremento médio de 1.233 kg ha⁻¹, montante que representa aproximadamente 52,8% em relação ao tratamento testemunha. Resultados positivos também foram encontrados por Hungria *et al.* (2015), quando os autores realizaram a avaliação da inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. Os dados mostram que a produtividade foi incrementada cerca de 9,4% em média nos trabalhos.

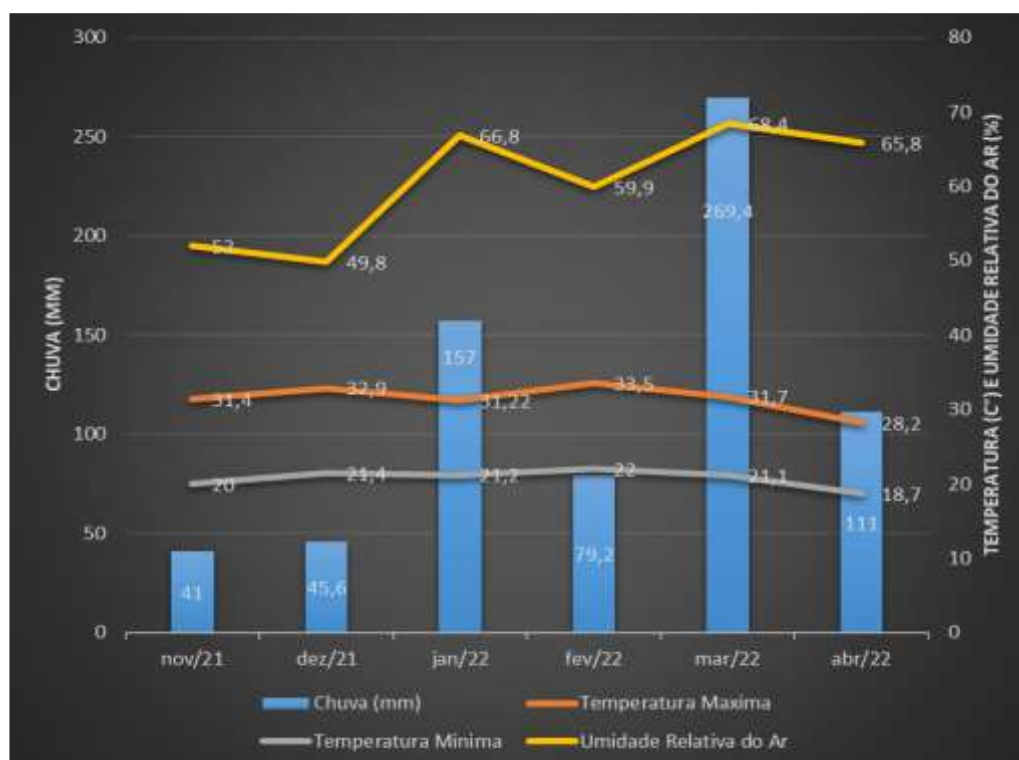
Tendo em vista o ganho produtivo e os benefícios proporcionados pelo uso de diferentes microrganismos associados à cultura da soja, o presente estudo teve por objetivo avaliar o desenvolvimento e a produtividade da cultura da soja, através dos tratamentos inoculando as sementes, com os diferentes gêneros de bactérias e suas associações.

2 DESENVOLVIMENTO

O experimento foi executado entre os meses de novembro de 2021 a abril de 2022 em Maringá-PR, na Fazenda Experimental Biotec, pertencente à UniCesumar, sob as coordenadas 23°20'37.5"S 51°52'38.8"W, com altitude de 520 metros e clima subtropical úmido mesotérmico. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho de textura argilosa, segundo a Embrapa (2013).

Durante o período de condução do experimento, foram coletadas as variáveis meteorológicas diretamente na Estação MARINGÁ (A835), localizada na proximidade de onde foi conduzido o ensaio (Figura 1).

Figura 1 - Acumulado de chuva mensal, médias mensal de variação da temperatura do ar e da umidade relativa do ar na região do experimento nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril. Maringá – 2021/22.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, Estação Maringá (A835).

Os atributos químicos do solo na camada arável (0-20 cm), determinados por análise antes da instalação do experimento da soja, apresentaram os seguintes resultados:

Tabela 1 - Análise química do solo na área experimental, Biotec (UniCesumar)

Análise química do solo									
Profundidade	P	pH	H ⁺ +Al ³⁺	M.O	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ³	SB	CTC
cm	Mg.dm ⁻³	CaCl ²	-----cmolc.dm ³ -----						
0-20 cm	4,89	5,5	4,28	26,33	0,71	7,20	1,61	9,52	9,52
Profundidade	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S	V		
cm	-----cmolc.dm ³ -----			----mg.dm ⁻³ -----					
0-20 cm	33,84	39,29	117,10	14,62	0,05	2,99	68,98		

Fonte: Dados da pesquisa.

De posse desses números, vale ressaltar que não foi realizada nenhuma ação para fins de correção do solo, anteriormente ao plantio.

A área experimental foi composta por parcelas no tamanho de 2,70 x 5 metros, sendo utilizado o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), contendo nove tratamentos (relacionados na Tabela 2) e quatro repetições por tratamento. As bactérias utilizadas correspondem a *Bradyrhizobium* 5×10^9 UFC/mL e *Azospirillum* 2×10^8 UFC/mL, que são bactérias fixadoras de nitrogênio; já *Bacillus aryabhatai*, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens* possuem 1×10^9 UFC/mL e são bactérias com função de auxiliar e promover o crescimento das plantas.

Tabela 2 - Descrição dos diferentes tratamentos que serão executados na cultura da soja

	TRATAMENTO	Dose (ml.kg ⁻¹ semente)
T1	Testemunha	-----
T2	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	2,5
T3	<i>B. japonicum</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>	2,5+2,0
T4	<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus aryabhatai</i>	2,5+1,0
T5	<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	2,5+1,0
T6	<i>B. japonicum</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i>	2,5+1,0
T7	<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>B. aryabhatai</i>	2,5+2,0+1,0
T8	<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>B. subtilis</i>	2,5+2,0+1,0
T9	<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i>	2,5+2,0+1,0

Fonte: Dados da pesquisa.

As sementes foram tratadas com os fungicidas Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (6 g + 56 g do i.a. por 100 kg de semente) e o inseticida Fipronil (62 g do i.a. por 100 kg de semente), respectivamente. Após a secagem, foi efetuada a inoculação dos tratamentos nas sementes à sombra via inoculante líquido. A condução do experimento ocorreu em sistema de plantio convencional, com plantio mecanizado e adubação realizada no sulco de plantio, consistindo em 247 kg ha⁻¹ da fórmula 02-20-18, para todos os tratamentos. A cultivar de soja utilizada no experimento foi a M6410 IPRO da Monsoy, com semeadura de 11 sementes por metro e espaçamento entrelinhas de 0,45 cm, a semeadura a campo foi realizada no dia 20 novembro 2021.

O controle de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação do herbicida Glyphosate (2 kg.ha⁻¹) em pós-emergência, no estágio antes fechamento de rua, além disso realizaram-se aplicações para o controle de pragas e doenças, principalmente a ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) com inseticidas Sulfoxaflor 100 g/L + Lambada - Cialotrina 150 g.L⁻¹ 200-300 ml.ha⁻¹, Tiametoxam 141 g.L⁻¹ + Lambada - Cialotrina 106 g.L⁻¹ 200 ml.ha⁻¹. Em relação às doenças, foram realizadas aplicações preventivas com os fungicidas Trifloxistrobina 375 g.L⁻¹ + Ciproconazol 160 g.L⁻¹ 200 mL.ha⁻¹, Fluxapiraxade 50 g.L⁻¹ + Oxicloreto de cobre

420 g.L⁻¹ na dose 1,2 L.ha⁻¹ e Picoxitrobina 200 g.L⁻¹ com Ciproconazol 80 g.L⁻¹ na dose de 300 mL.ha⁻¹.

Foi realizado monitoramento periódico, sendo realizadas as avaliações de altura aos 90 dias após emergência das plantas. Para tal coleta de dados, foram utilizadas cinco plantas da terceira linha de plantio de cada parcela, com medição feita com auxílio de uma trena, tendo como base o solo até o ápice caulinar das plantas.

No início da maturação, foram contabilizados a quantidade de vagens por plantas, o grão por vagem e o grão por planta de cinco plantas por parcela.

No ponto de colheita foi avaliada a produtividade total de grãos, sendo a colheita procedida com auxílio de uma trilhadora, e após a debulha o volume obtido de cada tratamento foi pesado e calculado considerando a área experimental e extrapolando para cada 1 hectare. Outra variável analisada foi o peso de mil grãos, sendo este aferido após a colheita, onde foram retiradas mil sementes da produção de cada tratamento para serem levadas à pesagem com o auxílio de uma balança de precisão.

Também foi conduzido um experimento em casa-de-vegetação - os mesmos tratamentos de inoculação, em vasos com quatro repetições por tratamento. Nos vasos, com dimensões 22x28, foi preenchido com substrato comercial, composto de sphagnum 78% + %22 vermiculita mais calcário dolomítico mais macro e micronutrientes oriundos das fontes de fertilizantes. Foram semeadas quatro sementes por vaso e com sete dias após a emergência foi feito o desbaste deixando a mais vigorosa, em seguida com 30 dias de emergidas foram realizadas as medições de comprimento de raiz e parte aérea, em seguida colocada em sacos de papel para secagem e pesagem de massa seca. O objetivo desse experimento paralelo ao campo foi verificar a ação dos tratamentos de maneira individual sobre as plantas de soja.

Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias entre tratamentos comparados pelo teste de Scott Knott a 5% de significância com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação de rendimento (kg.ha⁻¹) e massa de mil grãos (MMG, em gramas), na Tabela 3, são demonstradas as médias dos tratamentos testados que apresentaram diferenças numéricas nos valores de produtividade e MMG. No entanto, não houve efeito significativo entre os tratamentos. De acordo com LIU *et al.*, (2011), essas variações podem ser decorrentes

das condições do local de implantação do experimento. Resultados similares também foram encontrados por Battisti e Simonetti (2015) e Fachinelli (2018), em estudo utilizando inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium sp.* + *Azospirillum sp.* na cultura da soja, em que não verificaram efeito significativo dos tratamentos em relação ao número de vagens por planta e na produtividade.

Segundo Hahn (2013), uma das supostas razões e explicações para que os resultados obtidos não diferissem estatisticamente entre si, pode estar relacionado à incapacidade de interação entre a planta e a bactéria, não conseguindo se estabelecer em níveis populacionais significativos na superfície radicular ou endofiticamente. Outra variável a ser levada em conta e que pode estar relacionada ao demonstrativo dos resultados, corresponde à forma de colonização das raízes pela bactéria *A. brasiliense* que ocorre massivamente na zona de emergência das raízes laterais, zona de crescimento estabelecido também pelos rizóbios. No entanto, podendo ser o fator a gerar uma incompatibilidade entre as bactérias, que favorece a competição por local de infecção, espaço ou nutriente, prejudicando-se assim a colonização e coinoculação (MATTOS, 2022).

Corroborando aos resultados expostos em estudos com coinoculação de *Bacillus subtilis* em plantas de feijoeiro, concluiu-se que o tratamento promoveu maior crescimento de raízes e parte aérea, porém não proporcionou incrementos significativos na produtividade dos grãos (ZUCARELI *et al.*, 2018). Em contrapartida, outros trabalhos desenvolvidos com a coinoculação demonstraram ampla variabilidade nos resultados, apresentando desde incrementos na produtividade até ausência de respostas, podendo ser considerado que as populações bacterianas do solo já se encontravam formadas e com estirpes eficientes (BIZARRO, 2008; CAMPANILI, 2018)

Na avaliação de Araújo e Hungria (1999), com coinoculação de *B. japonicum* juntamente *B. subtilis*, observaram-se a ausência de diferença estatística em comparação com a inoculação apenas com *B. japonicum* nos resultados de produtividade em experimento conduzido no município Londrina-PR, na safra 94/ 95.

Tabela 3 - Resultado das variáveis Médias de Produtividade (kg ha⁻¹), massa de mil grãos (g) e produtividade (sacas) da soja em função de diferentes tratamentos de inoculação

BPCP	Tratamento	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Massa de mil grãos (g)	Sacas(ha)
Testemunha	1	2837.02 a	142.07 a	23,63
<i>B. japonicum</i>	2	2725.23 a	137.83 a	22,71
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	3	2937.60 a	143.80 a	24,48
<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus aryabhatai</i>	4	2913.23 a	140.97 a	24,27
<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	5	2995.32 a	142.56 a	24,96
<i>B. japonicum</i> + <i>P. fluorescens</i>	6	2893.10 a	139.79 a	24,10
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>Bacillus aryabhatai</i>	7	2859.91 a	142.83 a	23,83
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	8	3065.23 a	143.06 a	25,54
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i>	9	2929.89 a	139.67 a	24,41
CV %	-----	12,41	2,78	

Nota: *Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação à avaliação após 30 dias de emergência das plântulas conduzidas em vaso - Tabela 4, não houve diferença estatística entre qualquer tratamento testemunha em relação à massa seca e em comprimento de raiz, o que não corroborou com o trabalho de Chagas Junior *et al.* (2021).

Na Tabela 4, os dados mostram que apresentou resultado positivo com incremento em relação à testemunha, proporcionando maior biomassa parte aérea em plantas de soja. No trabalho conduzido por Saharan e Nehra (2011), foi observado que espécies de *Bacillus* favoreceram a melhoria de diversos parâmetros de raiz, aumentando o seu enraizamento e teor de matéria seca. Observou-se que a inoculação com isolados produtores de AIA aumentou a absorção de alguns nutrientes, promovendo o crescimento da batata doce e maior enraizamento de mudas de eucalipto não corroborando com resultados das presentes pesquisas.

Em relação à massa seca da parte aérea, os tratamentos 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 foram superiores estatisticamente em relação ao tratamento 9 e a testemunha. Já com relação ao tamanho de plantas, os tratamentos 5, 6, 7 e 8 foram os mais promissores, possivelmente devido à coinoculação de *Bradyrhizobium* e bactérias BPCPs, podendo afetar positivamente a fixação

simbiótica de nitrogênio, aumentando a disponibilidade de nutrientes do solo. Este aumento de rendimento é atribuído principalmente ao melhor desenvolvimento radicular, sustentado pela maior produção de substâncias promotoras de crescimento e, conseqüentemente, maiores taxas de absorção de água e minerais, visto a existência de uma série de metabólitos liberados por essas BPCPs que afetam diretamente o ambiente, aumentando a capacidade absorvida de nutrientes pelas plantas e a disponibilidade de nutrientes nas imediações das raízes dos vegetais, sendo capaz de promover o crescimento (SAHARAN; NEHRA 2011; BABALOLA, 2010).

No tratamento 9, a massa seca da parte aérea, apresentado na Tabela 4, não está de acordo com o estudo de Guimarães *et al.* (2021), onde foi possível verificar que a inoculação das sementes de soja com *P. fluorescens* influenciou positivamente vários parâmetros morfométricos refletindo em ganhos significativos em matéria seca.

No que diz respeito ao comprimento da parte aérea, os tratamentos 5, 6, 7 e 8 corroboraram com crescimento de plantas proporcionado por coinoculação com BPCPs. Promoção de crescimento e solubilização de fosfato na cultura da soja: coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Pseudomonas fluorescens*

Em relação ao tamanho de plantas, os tratamentos 5, 6, 7 e 8 apresentaram similaridades e se configuraram como superiores aos demais tratamentos. A inoculação com estirpes de *Bacillus subtilis* foi fator primordial para os resultados de incremento de altura nos tratamentos 5 e 8 (CHAGAS JUNIOR *et al.*, 2010).

Resultados encontrados no trabalho de Song *et al.* (2021) não condizem com os observados para comprimento de parte aérea do tratamento 4, inoculado com *B. aryabhatai*. Entretanto está de acordo com os resultados do tratamento 7, em que a associação de *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhatai* promoveu melhor desempenho, o que, segundo o autor, se deve ao *B. aryabhatai* promover o crescimento da soja pela produção do ácido indol-3-acético (AIA) e sideróforos, além da solubilização de fósforo, ao verificar melhoria na atividade da fosfatase ácida do solo e disponibilidade desse nutriente.

Tabela 4 - Resultado das variáveis, médias massa seca raiz (g pl⁻¹); comprimento raiz (cm); massa seca aérea (g pl⁻¹); comprimento parte aérea (cm) da soja em função de diferentes tratamentos de inoculação conduzido 30 dias em vaso

BPCP	Tratamento	Massa seca raiz (g pl ⁻¹)	Comprimento raiz (cm)	Massa seca aérea (g pl ⁻¹)	Comprimento parte aérea (cm)
Testemunha	1	3,53 a	37,75 a	1,51 b	17,25 b
<i>B. japonicum</i>	2	4,10 a	38,75 a	2,17 a	18,75 b
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	3	4,82 a	40,50 a	2,53 a	18,50 b
<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus aryabhatai</i>	4	4,45 a	39,25 a	2,17 a	18,50 b
<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	5	6,52 a	42,00 a	2,65 a	21,00 a
<i>B. japonicum</i> + <i>P. fluorescens</i>	6	5,16 a	48,75 a	2,39 a	21,00 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>Bacillus aryabhatai</i>	7	5,48 a	40,75 a	2,37 a	20,00 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	8	5,62 a	39,50 a	2,27 a	20,75 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i>	9	4,12 a	37,25 a	1,62 b	18,25 b
CV%	----	30.37	12.05	13.34	10.22

Nota: *Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

Fonte: Dados da pesquisa.

Na variável analisada número de vagens por planta não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, ou seja, nenhuma das combinações de diferente espécie de bactérias proporcionaram o incremento na produção de vagem (Tabela 5). As médias de vagens por plantas variaram entre 67,25 até 84,25 corroborando com Grisa (2020). No entanto, contrariam os resultados obtidos por Manteli *et al.* (2019), que obtiveram diferenças significativas no número de vagens pela coinoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*.

No número de grãos por plantas, os tratamentos 7 e 8 foram superiores aos demais tratamentos. Este fato se deve a associação de BPCP com a utilização de co-inoculação de *B. subtilis* e *B. Aryabhatai*, melhorando significativamente a interação simbiótica, incrementando

na produção número de grão por planta, estando de acordo com trabalho de Fulaneti (2022). Em relação ao inoculado com *B. subtilis*, estudos mostraram capacidade de proporcionar maior incremento de biomassa em plantas de soja. Esse aumento pode estar ligado aos vários mecanismos pelos quais essa bactéria atua, como a produção de ácido cianídrico, fitormônios, enzimas e na disponibilização de nutrientes (P e N) (BRAGA JUNIOR, 2019; GUIMARÃES *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2021). Os resultados observados sobre o número de grãos por planta demonstram que combinação do T7 com *B. aryabhatai* mostrou-se superior aos demais tratamentos, não diferindo estatisticamente dos tratamentos com *B. subtilis*-T8. Em soja, a inoculação de *Bacillus spp.* pode ter proporcionado aumento na síntese de metabólitos, como ocorreu trabalho Araújo e Hungria (1999). Quando *Bradyrhizobium spp.* foi coinoculado com *Bacillus spp.* proporcionando incrementos na nodulação e no rendimento na soja.

Em relação à altura de plantas aos 90 dias, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos realizados, variando entre 66,35 cm e 72,60 cm, resultado de acordo com Silva *et al.* (2011), que também não encontraram diferença significativa na variável altura de planta avaliando aplicação de inoculante na cultura da soja. Rocha *et al.* (2012) afirmam que vários fatores podem promover variações nessa variável, como época de semeadura, espaçamento, suprimento de água, temperatura, fertilidade do solo, latitude, resposta fotoperiódica das cultivares e outras condições do ambiente.

Tabela 5 - Resultado das variáveis, médias de número de vagem por planta; grãos por vagem; número de grãos por planta; altura plantas 90 dias (cm) da soja em função de diferentes tratamentos de inoculação

BPCP	Tratamento	Número de vagens por planta	Grãos por vagem	Número de grãos por planta	Altura plantas 90 dias (cm)
Testemunha	1	67.25 a	2.60 b	185.40 b	66.35 a
<i>B. japonicum</i>	2	77.80 a	2.59 b	201.70 b	66.45 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	3	76.40 a	2.60 b	197.80 b	69.10 a
<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus aryabhattai</i>	4	74.25 a	2.57 b	191.65 b	69.65 a
<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	5	73.35 a	2.71 a	198.35 b	72.60 a
<i>B. japonicum</i> + <i>P. fluorescens</i>	6	71.50 a	2.69 a	182.40 b	68.60 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>Bacillus aryabhattai</i>	7	84.25 a	2.67 a	226.25 a	69.15 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	8	81.60 a	2.70 a	220.05 a	69.50 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i>	9	73.90 a	2.64 a	195.10 b	70.90 a
CV%	-----	23.94	5.05	24.10	8.55

Nota: *Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando os resultados obtidos no presente estudo, verifica-se o potencial de alguns tratamentos em promover ganhos em características agronômicas, sendo obtidos nos tratamentos 5, 6, 7, 8 e 9 os maiores resultados de grãos por vagem. Já na avaliação de comprimento da parte aérea (cm) em vaso, os tratamentos 5, 6, 7 e 8 foram superiores. Em grãos por plantas, os tratamentos 7 e 8 possuíram significância estatística. Em relação à produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e massa de mil grãos, foram observadas diferenças numéricas nos valores de produtividade, apresentando resultados superiores para o tratamento com *Bacillus* spp, porém não se configurou como diferença estatística entre os tratamentos nas condições do presente trabalho. No entanto, ainda assim podemos destacar que a inoculação com *Bacillus* spp. promoveu ganhos em algumas características agronômicas importantes e que fazem diferença no desempenho da cultura no campo. O uso de BPCP eleva a área superficial das raízes, explorando mais o solo e auxiliando na absorção de água e nutrientes, promovendo melhora no

desenvolvimento das plantas (SWARNALAKSHMI *et al.*, 2020), solubilização de fosfatos e promoção do crescimento vegetal (SONG *et al.*, 2021).

Vale ressaltar que o ano agrícola, ao qual o experimento foi testado, foi marcado pela irregularidade climática, com temperaturas não favoráveis e restrição hídrica extrema, assim necessita-se de mais estudos para comprovação da eficiência de alguns microrganismos e suas associações quando na presença desses estresses abióticos e bióticos, a fim de compreender cada vez mais as relações envolvidas entre esses potenciais microrganismos de crescimento e a cultura da soja.

A adoção da tecnologia de inoculação e coinoculação de soja expressa resultados positivos sendo uma prática vantajosa, indo de encontro à pesquisa de Fulaneti (2022), que obteve como resultado maior desenvolvimento de raiz e produção de grão e o por Hungria *et al.* (2013), que resultou em ganhos de produtividade. Outro estudo com resultados positivos foi o de Hungria *et al.* (2015), que observaram ganho de produtividade médio de 296,75 kg.ha⁻¹ em quatro áreas experimentais ao adicionar *A. brasilense* a sementes de soja. Galindo *et al.* (2018) avaliaram a inoculação e coinoculação em duas cultivares de soja, constatando resultado positivo no ganho de produtividade para a coinoculação, com rentabilidade 14,1% maior.

A prática da inoculação e coinoculação também pode ser viável para se reduzir o aporte de fertilizantes químicos, proporcionando a queda dos custos de produção da lavoura, algo fundamental para o aumento na margem dos lucros do produtor. Além disso, durante a safra, os rizóbios contribuem também com o suprimento de nitrogênio e também os benefícios adicionais pela coinoculação com BCPS incluem o melhor estado nutricional das plantas e maior tolerância a estresses bióticos e abióticos.

3 CONCLUSÃO

O tratamento biológico de sementes com a bactéria BPCP proporcionou benefícios sobre características agrônômicas analisadas em plantas de soja, destacando-se os tratamentos com associações de *Bacillus* spp e *P.fluorescens*, porém não demonstraram ganhos adicionais no rendimento.

Com estes resultados, verifica-se que há um potencial para incremento de produção de soja com coinoculação de BPCP, no entanto, vale ressaltar que o ano foi irregular para a cultura da soja, com elevadas temperaturas e com restrição hídrica, sendo assim, há necessidade de mais estudos para comprovação da eficiência de alguns microrganismos e suas associações.

4 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. F.; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum/Bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1633-1643, set. 1999.
- BABALOLA, O. O. Isolamento e caracterização de bactérias endofíticas indígenas benéficas para a atividade promotora de crescimento de plantas em Molelwane Farm Mafikeng, África do Sul. **African Journal of Biotechnology**, p. 1-11, 2010.
- BATTISTI, A. M.; SIMONETTI, A. P. M. M. Inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 3, p. 294-301, 2015.
- BIZARRO, M. J. **Simbiose e variabilidade de estirpes de Bradyrhizobium associadas à cultura da soja em diferentes manejos do solo**. 2008. 107f. Tese (Doutorado Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2008.
- BRAGA JUNIOR, G. M. **Bioprospecção e eficiência de Bacillus subtilis como promotor de crescimento vegetal na cultura da soja**. 2009. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, 2019.
- CAMPANILI, J. V. **Produtividade da soja em resposta à inoculação e co-inoculação**. 2018. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT, 2018.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; BORBA, E.; MARTINS, A. L. L.; SOUZA, M. C.; GOMES, F. L.; OLIVEIRA, R. S.; CHAGAS, L. F. R. *Bacillus* sp. como promotor de crescimento em soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n. 2-3, p. 170-179, 2021. Doi: <https://doi.org/10.19084/rca.22557>.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 41, n. 4, p.709-714, out./dez. 2010.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos**, v. 9 – Safra 2021/22, n. 9, p. 1-98, mar. 2022.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013.
- FACHINELLI, R. **Influência da inoculação com Bradyrhizobium e Azospirillum na cultura da soja**. 2018. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2018.
- FARIA, T. **Resposta da cultura da soja à coinoculação com Bradyrhizobium japonicum e Pseudomonas fluorescens**. 2021. 65 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias-Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO, 2021.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para *Windows* versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000. **Reunião** [...]. São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255- 258.

FULANETI, F. S. **Opções de bactérias na coinoculação na cultura da soja**. 2022. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 2022.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ROSA, P.; TRITAPEPE, C. A. Technical and economic viability of co-inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean cultivars in the Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 51-56, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n1p51-56>.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K. *et al.* Produção de milho e diagnóstico foliar afetado pela fertilização nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, e0150364, jan. 2016.

GRISA, N. **Diferentes formas de inoculação e coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e curso (*Azospirillum brasilense* na cultura da soja**. 2020. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, PR, 2020.

GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; KLEIN, D. K. Promoção de crescimento e solubilização de fosfato na cultura da soja: coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Pseudomonas fluorescens*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e366101120078, 2021. Doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.20078>

HAHN, L. **Promoção de crescimento de plantas gramíneas e leguminosas inoculadas com rizóbios e bactérias associativas**. 2013. 171f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

HUNGRIA, M. Co-inoculação de sementes de soja com *Bradyrhizobium* spp. e *Azospirillum brasilense*: uma nova ferramenta biotecnológica para melhorar a produtividade e a sustentabilidade. **American Journal of Plant Sciences**, p. 7, 2015.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 33., 2013. **Reunião** [...]. Londrina: Embrapa, 2013.

KARLEC, F.; PALAVER, L.; MASCHIO, P. E. Influência do uso de diferentes inoculantes *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* no rendimento de grãos da cultura da soja. In: SIMPÓSIO DE AGRONOMIA E TECNOLOGIA EM ALIMENTOS, 4., 2017. **Anais** [...]. [s.l.]: Faculdades Fai, 2017.

KUHN, O.; PASCHOLATI, S. Custo adaptativo da indução de resistência em feijoeiro mediada pela rizobactéria *Bacillus cereus* ou acibenzolar-S-metil: atividade de enzimas, síntese de fenóis e lignina e biomassa. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 107-114, 2010.

LIU, Y.; WU, L.; BADDELEY, J. A.; WATSON, C. A. Models of biological nitrogen fixation of legumes: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 31, n. 1, p. 155-172, 2011.

LOPES, M. S.; SANTIAGO, B. S.; SILVA, I. N. B.; GURGEL, E. S. C Biotecnologia microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 12, p. 1-13, 2021.

MANTELI, C.; ROSA, G. M.; CARNEIRO, L. V.; POSSENTI, J. C.; STEFENI, A. R. Inoculação e coinoculação de sementes no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, n. 2, p. 111-122, jun. 2019.

MATTOS, M. **Promoção do crescimento de soja a partir da inoculação de sementes com microrganismos não noduladores**. 2022. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS. 2022,

OLIVEIRA, L.; TEIXEIRA FILHO, M.; GALINDO, F.; NOGUEIRA, T.; BARCO NETO, M.; BUZETTI, S. Formas e tipos de coinoculação na cultura da soja no Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, jan. 2020. Doi: <https://doi.org/10.19084/rca.15828>.

PASTORE, A. **Manejo de inoculação com *Bradyrhizobium* em soja associado ao tratamento fitossanitário das sementes**. 2016. 44f. Dissertação (Mestre em Tecnologias de Bioprodutos Agroindustriais) – Universidade Federal do Paraná, Palotina, PR, 2016. p. 44.

RATZ, R. J.; PALÁCIO, S. M.; ESPINOZA-QUIÑONES, F. R.; VICENTINO, R. C.; MICHELIM, H. J.; RICHTER, L. M. Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja. **Artigos Engevista**, v. 19, n. 4, p. 890-905, 10 set. 2017. Doi: <https://doi.org/10.22409/engevista.v19i4.894>.

ROCHA, R. S.; SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C. Desempenho agrônomico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 1, 2012.

SAHARAN, B. S.; NEHRA, V. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: uma revisão crítica. **Pesquisa em Ciências da Vida e Medicina**, v. 21, p. 1-31, 2011.

SANTOS, A. F.; CORRÊA, B. O.; KLEIN, J.; BONO, J. A. M.; PEREIRA, L. C.; GUIMARÃES, V. F.; FERREIRA, M. B. Biometria e estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação de *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 5, e53410515270, 2021. Doi: 10.33448/rsd-v10i5.15270.

SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; SCHONINGER, E. L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P. A. Do primeiro inoculante e na área de cultivo de soja. **Revista Biociências**, v. 27, n. 3, p. 404-412, 2011.

SONG, C. *et al.* Apacidade promotora de crescimento de bactérias solubilizadoras de fosfato da rizosfera da soja sob sistemas consorciados de milho-soja. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, p. 1-13, ago. 2021.

SWARNALAKSHMI, K.; YADAV, V.; TYAGI, D.; DHAR, D. W.; KANNEPALLI, A.; KUMAR, S. Significance of plant growth promoting rhizobacteria in grain legumes: growth promotion and crop production. **Plants (Basel)**, v. 9, n. 11, p. 1596, nov. 2020.

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, v. 255, p. 571-586, 2003.

ZUCARELI, C.; BARZAN, R. R.; SILVA, J. B.; CHAVES, D. P. Associação de fosfatos e inoculação com *Bacillus subtilis* e seu efeito no crescimento e desempenho produtivo do feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 65, n. 2, p. 189-195, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865020011>.

ZUFFO, A. M. **Aplicações de *Azospirillum brasilense* na cultura da soja**. 2016. 101f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, MG, 2016.