REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

AVALIAÇÃO DE FATORES PRODUTIVOS DE CULTIVARES DE SOJA COM USO DE FIXADORES BIOLÓGICOS DE NITROGÊNIO

EVALUATION OF PRODUCTION FACTORS OF SOYBEAN CULTIVARS USING BIOLOGICAL NITROGEN FIXERS

Henrique Campos Arruda
Graduando em Agronomia
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
E-mail: henrique.arruda@unemat.br

Dra. Ana Cassia Silva Possamai
Docente Agronomia Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Doutora em Agricultura Tropical
E-mail: anacassiapossamai@unemat.br
https://orcid.org/0000-0002-8785-8362

Dra. Gabriela Maria Franz
Docente Agronomia Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Doutora em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento
E-mail: gabriela.franz@unemat.br
https://orcid.org/0000-0002-5613-4425

Me. Fernanda Lourenço Dipple
Docente Agronomia Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola
E-mail: fernanda.dipple@unemat.br
https://orcid.org/0000-0003-3616-0359

Recebido: 00/00/0000 – Aceito: 00/00/0000

Resumo

A soja (*Glycine max* L.) destaca-se como uma das principais culturas agrícolas do Brasil, sendo essencial para a economia e para o setor alimentício. O nitrogênio é um nutriente fundamental para o crescimento e a produtividade da planta, e seu fornecimento tradicionalmente se dá via fertilizantes químicos, os quais possuem alto custo e impacto ambiental. Neste contexto, os fixadores biológicos de nitrogênio, principalmente bactérias dos gêneros Bradyrhizobium, Azospirillum e agora Methylobacterium são utilizadas por sua capacidade de promover a fixação biológica de nitrogênio (F.B.N.) na soja, alternativas sustentáveis que potencializam o desenvolvimento da cultura e reduz a dependência de insumos químicos. Este trabalho teve como objetivo avaliar características produtivas da soja com diferentes bactérias fixadoras de nitrogênio. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, com 5

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

tratamentos, sendo T1 Testemunha, T2 Bradyrizobium sp., T3 Bradyrizobium sp. + Azospirillum brasilense, T4 Bradyrizobium sp. + *Azospirillum brasilense* + *Methylobacterium symbioticum* e T5 *Methylobacterium symbioticum*. As características analisadas incluíram altura de inserção da primeira vagem, número de hastes, número de vagens (com 1, 2 e 3 grãos), número de grãos por planta, peso de mil grãos e produtividade. Os resultados mostraram interação significativa entre cultivares e tratamentos, evidenciando que a cultivar Olimpo respondeu melhor ao uso de Methylobacterium, apresentando maior número de grãos e maior formação de vagens com 3 grãos. O Bradyrhizobium destacou-se por aumentar a altura de inserção das vagens na cultivar Olimpo, enquanto a cultivar Tormenta apresentou menor sensibilidade aos bioinsumos, mas com médias superiores para o número de grãos por planta. Conclui-se que a escolha adequada do bioinsumo e da cultivar é essencial para otimizar a produtividade da soja, e que o Methylobacterium possui grande potencial como agente promotor de crescimento na cultura.
Palavras-chave: Azospirillum; Bradyrhizobium; *Methylobacterium;* Olimpo; Tormenta.

Abstract
Soybean (*Glycine max* L.) stands out as one of the main agricultural crops in Brazil, being essential to the economy and the food sector. Nitrogen is a fundamental nutrient for plant growth and productivity, and its supply is traditionally provided through chemical fertilizers, which have high costs and environmental impacts. In this context, biological nitrogen fixers, especially bacteria of the genera Bradyrhizobium, Azospirillum, and more recently Methylobacterium, are used for their ability to promote biological nitrogen fixation (BNF) in soybean, offering sustainable alternatives that enhance crop development and reduce dependence on chemical inputs.This study aimed to evaluate productive characteristics of soybean with different nitrogen-fixing bacteria. The experiment was conducted in a randomized complete block design with five treatments: T1 Control, T2 Bradyrhizobium sp., T3 Bradyrizobium sp. + *Azospirillum brasilense*, T4 Bradyrizobium sp. + *Azospirillum brasilense* + *Methylobacterium symbioticum*, and T5 *Methylobacterium symbioticum*. The analyzed characteristics included height of first pod insertion, number of stems, number of pods (with 1, 2, and 3 grains), number of grains per plant, thousand-grain weight, and productivity.The results showed a significant interaction between cultivars and treatments, highlighting that the cultivar Olimpo responded better to the use of Methylobacterium, presenting a higher number of grains and greater formation of pods with 3 grains. Bradyrhizobium stood out by increasing the height of pod insertion in the Olimpo cultivar, while the Tormenta cultivar showed lower sensitivity to the bioinputs but had higher averages for the number of grains per plant.It is concluded that the proper selection of bioinput and cultivar is essential to optimize soybean productivity, and that Methylobacterium has great potential as a growth-promoting agent in this crop.
Keywords: Azospirillum; Bradyrhizobium; *Methylobacterium;* Olimpo; Tormenta.

1. Introdução

A soja é a principal cultura agrícola do Brasil, exercendo um papel fundamental na economia nacional e no fornecimento de alimentos, tanto para consumo interno quanto para exportação. Sua relevância se destaca pela geração de empregos, movimentação do agronegócio e contribuição significativa para o Produto Interno Bruto (PIB) do país. No entanto, nas últimas safras, a cultura enfrentou diversos desafios, como irregularidades climáticas, pragas, doenças e oscilações no mercado internacional. Esses fatores resultaram em perdas significativas na produtividade, exigindo dos produtores cada vez mais estratégias

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

eficientes de manejo, tecnologias sustentáveis e uso racional de insumos para garantir a viabilidade econômica e ambiental da produção.

De acordo com os dados da CONAB (2024), na safra de grãos 2023/2024, foram cultivados 79,82 milhões de hectares, mas a produtividade média das lavouras apresentou uma queda de 8,2%. Esse declínio é atribuído principalmente ao atraso no início das chuvas, às baixas precipitações e às altas temperaturas nas áreas semeadas entre setembro e novembro, especialmente nas Regiões Centro-Oeste. Em Mato Grosso, o maior estado produtor de soja, a produção foi de 39,34 milhões de toneladas, registrando uma queda de 15,7% em comparação com a safra anterior. Nesse cenário, o uso de inoculantes e bioinsumos se torna cada vez mais essencial, pois ajudam a reduzir o custo de produção e a promover o crescimento das plantas.

A soja é uma cultura de extrema importância para o agronegócio brasileiro, e um dos fatores mais influentes em sua produção é a adubação e nutrição. Dentre os nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, o nitrogênio se destaca, sendo necessário em grandes quantidades pela soja, que é rica em proteínas, com um teor médio de 6,5% de N. As fontes de nitrogênio para a soja incluem o solo, por meio da decomposição da matéria orgânica, a fixação não biológica (como raios e trovões), fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de nitrogênio (F.B.N) realizada por bactérias fixadoras (HUNGRIA; CAMPOS; MENDES, 2001).

Os fertilizantes nitrogenados são rapidamente assimilados pelas plantas, mas possuem um custo elevado e apresentam baixa eficiência de aproveitamento, com uma utilização de apenas até 50%. A atmosfera, composta em média por 78% de gás N_2, também contém nitrogênio disponível no solo, sendo aproveitado por microrganismos através da enzima dinitrogenase, que quebra o N_2 e o reduz a NH_3, processo conhecido como fixação biológica de nitrogênio (FBN) (HUNGRIA; CAMPOS; MENDES, 2007).

A fixação biológica de nitrogênio ocorre por meio de uma associação simbiótica entre plantas da família *Leguminosae* e bactérias dos gêneros *Rhizobium* (como *Bradyrhizobium*), além de outras, como *Metihilobacterium*,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

Ochrobactrum e *Phyllobacterium* (HUNGRIA; CAMPOS; MENDES, 2007). O Brasil é um líder mundial na utilização de inoculantes; em 2020/2021, 87% das vendas para a soja foram de *Bradyrhizobium* spp., e 12,4% de *Azospirillum brasilense*, sendo mais de 80% dessas vendas destinadas à soja, muitas vezes em coinoculação com *Bradyrhizobium* spp. (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2022).

Pesquisas realizadas em 2021 confirmaram os benefícios da coinoculação de soja com *Azospirillum sp.*, uma bactéria que realiza fixação biológica de nitrogênio em monocotiledôneas. A coinoculação resultou em aumentos médios de 11% na massa de raízes, 5,4% no número de nódulos, 10,6% na massa de nódulos, 3,6% no rendimento de grãos e 3,2% no teor de nitrogênio nos grãos, quando comparado à inoculação exclusivamente com *Bradyrhizobium* spp. (BARBOSA et al., 2021).

O gênero *Azospirillum* inclui bactérias promotoras de crescimento (BPCP) que são de vida livre e realizam FBN em gramíneas. Essas bactérias excretam parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta, ajudando a suprir suas necessidades nutricionais (HUNGRIA, 2011). Estirpes selecionadas de *Azospirillum brasilense* no Brasil se destacam pela produção de fitormônios, especialmente ácido indolilacético (AIA), que promovem o crescimento das raízes e melhoram a absorção de água e nutrientes, além de aumentar a tolerância a estresses hídricos (SANTOS et al., 2021).

Outra bactéria promissora para a fixação biológica de nitrogênio é *Methylobacterium symbioticum*, que está em constante evolução. Sua aplicação, feita via foliar, promove a captação de nitrogênio atmosférico, transformando-o em um nutriente prontamente disponível para as plantas, através da produção de nitrogenase no tecido foliar (DA SILVA, 2022).

Este estudo tem como objetivo avaliar o desenvolvimento e a produtividade da soja com o uso de diferentes inoculantes bacterianos, como *Bradyrhizobium elkanii e B. japonicum*, *Azospirillum brasilense* e *Methylobacterium symbioticum*.

2. Metodologia

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade do

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no campus de Nova Mutum, MT, durante os meses de outubro e fevereiro de 2024.

A região está localizada no médio norte de Mato Grosso, com coordenadas geográficas de latitude Sul: 13° 05' 04" e longitude Oeste: 56° 05' 16". O clima da região é equatorial-tropical quente e semiúmido, com duas estações bem definidas: a estação seca, que vai de maio a setembro, e a chuvosa, de outubro a abril.

A temperatura média anual é de 24 °C, com máximas que atingem cerca de 34 °C e mínimas que chegam a 4 °C. A precipitação média anual é de aproximadamente 2.200 mm, variando entre 1.850 mm e 2.400 mm, e a umidade relativa do ar alcança 80% durante o período chuvoso, podendo cair para 35% durante a estiagem. O relevo de Nova Mutum é predominantemente plano, com um declive que não ultrapassa 3%, e faz parte da Chapada dos Parecis. O solo é, em sua maior parte, latossolo (80%), com a presença de areias quartzosas (20%). A vegetação do município é composta por 70% de cerrado e 30% de mata (PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVA MUTUM, 2025).

Procedimentos metodológicos

O experimento teve como objetivo avaliar o desempenho de plantas de soja, utilizando duas cultivares distintas. Foram realizados quatro tratamentos com os produtos biológicos e uma testemunha, conforme especificado na Tabela 1, que apresenta os produtos e suas respectivas doses comerciais.

As sementes foram tratadas e inoculadas com três produtos biológicos, nas doses recomendadas: *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkani, Azospirillum brasilense* e via foliar foi aplicado (Com 45 DAS) *Methylobacterium symbioticum* (Tabela 1).

Tabela 1 - Inoculantes utilizados para tratamento de sementes e aplicação em sulco.

Tratamento	Produtos	Princípio Ativo	Dose
1	Testemunha	_	_

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

2	*Bradyrhizobium*	SEMIA 5019 (*Bradyrhizobium elkani*) e SEMIA 5079 (*Bradyrhizobium japonicum*)	100 ml por 50 kg de sementes
3	*Bradyrhizobium+ Azospirillum*	SEMIA 5019 (*Bradyrhizobium elkani*) e SEMIA 5079 (*Bradyrhizobium japonicum) Azospirillum brasilense*	100 ml por 50 kg de sementes /100 ml por 500 kg de sementes
4	*Bradyrhizobium+ Azospirillum+ Methylobacterium*	SEMIA 5019 (*Bradyrhizobium elkani*) e SEMIA 5079 (*Bradyrhizobium japonicum) Azospirillum brasilense /Methylobacterium symbioticum* SB23	100 ml por 50 kg de sementes /100 ml por 50 kg de sementes /0,333 kg por ha
5	*Methylobacterium*	*Methylobacterium symbioticum* SB23	0,333 kg por ha

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso (DBC), com duas cultivares de soja (74K76RSF CE Tormenta e 80I82RSF IPRO Olimpoda) e quatro tratamentos mais a testemunha, com 2 repetições, totalizando 120 parcelas experimentais. Cada parcela teve dimensões de 3 metros de largura por 1,5 metros de comprimento com uma área de 4,5 m². A semeadura foi realizada com uma semeadora manual do tipo "bicicleta", com população com média de 287.350 plantas por hectare. Foram avaliadas seis plantas centrais por parcela. A semeadura ocorreu em outubro de 2024, e as avaliações foram feitas ao final do ciclo de cada cultivar.

Durante o desenvolvimento das plantas, foram realizados tratos culturais, incluindo a aplicação de herbicidas pré-emergentes e pós-emergentes para o controle de plantas invasoras. O manejo de pragas foi realizado conforme a necessidade da área, seguindo as doses recomendadas pelos rótulos dos produtos utilizados. E para manejo de doenças foram realizadas 4 aplicações de fungicidas químicos com os rotação de mecanismos de ação de estrobilurinas, carboxamidas, triazois e multissítios conforme recomendação de bula, os fungicidas foram da primeira à quarta aplicação: Mitrion, Opera, PrioXtra e FoxXpro com Mancozeb e Clorotalanil sendo rotacionados.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

O solo foi corrigido de acordo com as recomendações para a cultura da soja (5ª aproximação), considerando os seguintes dados da análise de solo: H+Al = 1,8 cmol/dm³; Al = 0,0 cmol/dm³; Mg = 0,3 cmol/dm³; Ca = 1,6 cmol/dm³; K = 0,18 cmol/dm³; P = 100 mg/dm³; CTC = 3,8 cmol/dm³; V = 53 %; M.O. = 23,4 g/dm³.

As avaliações foram realizadas ao final do ciclo das plantas, 120 dias após semeadura (DAS) com foco no desenvolvimento e na produtividade das cultivares. As características avaliadas foram: altura de planta; número de hastes; número de vagens; número de vagens com 1, 2 e 3 grãos; altura de inserção da primeira vagem; número de grãos; peso de mil grãos; produtividade (kg) e produtividade (sacas), (FERREIRA, 2023). Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio da análise de variância (ANOVA), seguida pela comparação de médias utilizando o teste de *Scott-Knott,* ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2014).

3. Resultados e Discussão

3.1 Altura de planta, Número de haste e Número de vagem

A aplicação de fixadores biológicos de nitrogênio influenciou significativamente diversas características agronômicas das cultivares de soja Olimpo e Tormenta avaliadas com interações entre os fatores, tabela 2.

Tabela 2 - Altura, número de hastes e número de vagem, em diferentes cultivares de soja com a utilização de fixadores biológicos de nitrogênio.

		Altura de Planta		Número de haste		Número de Vagem	
Nº	**Tratamentos**	**Olimpo**	**Tormenta**	**Olimpo**	**Tormenta**	**Olimpo**	**Tormenta**
1	**Testemunha**	63,09 Bc	85,21 Aa	2,73 Ab	1,47 Ba	31,50 Ab	32,63 Ab
2	***Bradyrizobium***	71,11 Ba	77,92 Ab	2,30 Ac	1,88 Aa	27,83 Bb	39,01 Aa
3	***Bra + Azo***	66,29 Ab	68,17 Ae	2,20 Ac	1,47 Ba	27,83 Ab	31,26 Ab
4	***Bra + Meth + Azo***	66,48 Bb	70,60 Ad	4,30 Aa	1,92 Ba	37,16 Aa	41,25 Aa
5	***Methylobacterium***	60,81 Bd	74,98 Ac	3,16 Ab	2,14 Ba	39,15 Aa	42,50 Aa
	CV %	1,35		12,45		7,54	
	Média Geral	70,46		2,36		35,00	

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott Knowt a 5% de probabilidade. Minúscula na coluna e Maiúscula na Linha.

Para altura de Planta, observou-se que houve diferença estatística e interação entre as cultivares e os tratamentos biológicos.

Para a altura de plantas entre as cultivares, houve diferença estatística significativa para a cultivar Tormenta, ela obteve maior altura comparada com a Olimpo, se assemelhando somente no tratamento 3 (Misturas de *Bradyrhizobium* spp; mais *Azospirillum*). Entre os tratamentos também tivemos diferenças, sendo superior nos tratamentos com *Bradyrhizobium* para a cultivar Olimpo, já na cultivar Tormenta a testemunha se destacou.

Quanto ao número de hastes, a cultivar Olimpo se destacou na maioria dos tratamentos, apenas no tratamento 2 (*Bradyrhizobium*) foi diferente estatisticamente a Tormenta. Para os tratamentos, o T4 *Bradyrhizobium* + *Methylobacterium* + *Azospirillum* na cultivar Olimpo diferenciou positivamente das demais, enquanto na Tormenta não houve diferença estatística.

Para o número de vagens, não houve diferença significativa entres as cultivares na maioria dos tratamentos, exceto no tratamento 2 (*Bradyrhizobium*), onde diferiu entre as cultivares e foi inferior. Entre os tratamentos para Olimpo os T4 e T5 com *Methylobacterium* diferiram dos demais e na Tormenta os tratamentos T2, T4 T5 diferiram estatisticamente dos demais (Tabela2).

Esses dados evidenciam a eficácia da inoculação e coinoculação com microrganismos promotores de crescimento na cultura da soja, com destaque para o uso isolado de *Methylobacterium* e as combinações com *Bradyrhizobium*. Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a inoculação e coinoculação com microrganismos fixadores de nitrogênio promovem efeitos positivos sobre características morfofisiológicas e produtivas da soja. A elevação da altura de plantas, número de hastes e número de vagens nos tratamentos com *Bradyrhizobium* e suas combinações com *Azospirillum* e *Methylobacterium* está de acordo com os achados de Hungria et al. (2016), que destacam o potencial desses microrganismos em melhorar a arquitetura vegetal e a absorção de nutrientes, especialmente o nitrogênio.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

A superioridade do tratamento com *Methylobacterium* para o número de vagens com três grãos e produtividade total reforça seu papel como promotor de crescimento vegetal, devido à produção de fito hormônios, como as citocininas e auxinas, que estimulam a divisão celular e o enchimento de grãos (SANT'ANNA et al., 2021).

Esse resultado também é corroborado por estudo de Ferreira et al. (2023), que observaram aumentos expressivos de produtividade em soja coinoculada com *Bradyrhizobium* e *Methylobacterium*.

O nitrogênio é um dos nutrientes mais fundamentais para o crescimento das plantas, sendo essencial para a síntese de componentes vitais, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e clorofila. Esse nutriente tem um papel central no metabolismo das plantas e na fotossíntese, influenciando diretamente seu crescimento, desenvolvimento e capacidade reprodutiva (MARSCHNER, 2012). No entanto, as plantas não conseguem absorver o nitrogênio diretamente da atmosfera, onde ele é abundante, pois o gás N_2 está na forma inerte e não pode ser assimilado (SMITH & READ, 2008). Para contornar essa limitação, muitos agricultores recorrem ao uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, que, embora eficientes, são dispendiosos e apresentam impactos ambientais negativos, como a contaminação de corpos d'água devido à lixiviação e a emissão de gases de efeito estufa, como o óxido nitroso (CAMARGO & ALONSO, 2006).

Nesse cenário, as bactérias fixadoras de nitrogênio surgem como uma solução sustentável e eficiente. Elas convertem o nitrogênio atmosférico em formas que as plantas podem utilizar, como amônia, permitindo que a planta absorva o nutriente sem a necessidade de fertilizantes sintéticos. Essa capacidade de fixação biológica do nitrogênio (FBN) oferece benefícios ambientais significativos, como a redução da poluição por nitratos e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (HUNGRIA et al., 2016).

As bactérias fixadoras de nitrogênio desempenham um papel crucial na Fixação Biológica do Nitrogênio (F.B.N.), um processo no qual convertem o nitrogênio atmosférico em formas que as plantas podem assimilar, como a amônia. Essa conversão permite que as plantas aproveitem o nitrogênio

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

diretamente, o que é especialmente importante para aquelas que dependem desse nutriente para o seu crescimento. As bactérias fixadoras de nitrogênio formam uma simbiose com plantas leguminosas, como a soja, nos quais os nódulos nas raízes das plantas servem como locais para essa conversão. Nesse tipo de simbiose, a planta oferece carboidratos e energia para as bactérias, enquanto recebe o nitrogênio em uma forma disponível para seu crescimento (HUNGRIA et al., 2011).

Esse processo não só beneficia as plantas, mas também contribui para a sustentabilidade da agricultura. O uso de inoculantes contendo essas bactérias pode reduzir a necessidade de fertilizantes nitrogenados sintéticos, promovendo uma agricultura mais ecológica e aumentando a produtividade de forma sustentável (SANTOS et al., 2019).

3.2 Número de vagens com 1, 2 e 3 grãos

Os resultados obtidos demonstram que houve diferenças estatísticas significativas entre as cultivares e interações entre os tratamentos biológicos, evidenciando que as respostas aos inoculantes variaram de acordo com o material genético da soja e o tipo de microrganismo utilizado, (Tabela 3).

Tabela 3 - Vagem de 1, 2 e 3 grãos, em diferentes cultivares de soja com a utilização de fixadores biológicos de nitrogênio.

		Vagem de 1 Grão		**Vagem de 2 Grãos**		**Vagem de 3 Grãos**	
Nº	**Tratamentos**	**Olimpo**	**Tormenta**	**Olimpo**	**Tormenta**	**Olimpo**	**Tormenta**
1	**Testemunha**	5,49 Aa	4,02 Ab	10,91 Ab	12,49 Aa	10,16 Ab	11,86 Ab
2	***Bradyrizobium*** 4,49 Ba 9,80 Aa ***ium***	4,49 Ba	9,80 Aa	11,74 Bb	19,28 Aa	8,99 Ab	7,37 Aa
3	***Bra +Azo***	5,91 Aa	4,45 Ab	11,08 Bb	15,27 Aa	7,99 Bb	12,07 Aa
4	***Bra + Meth + Azo***	7,99 Aa	7,64 Aa	16,83 Aa	16,25 Aa	9,83 Ab	12,33 Aa
5	***Methylobacterium***	6,99 Aa	5,97 Ab	14,99 Aa	16,67 Aa	15,58 Aa	16,76 Aa
	CV %	18,93		10,91		12,02	
	Média Geral	6,3		14,55		11,29	

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott Knowt a 5% de probabilidade. Minúscula na coluna e Maiúscula na Linha.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

Essa interação cultivar x tratamento reforça a necessidade de selecionar adequadamente tanto o inoculante quanto a cultivar para potencializar o efeito dos microrganismos no sistema agrícola. Essa variabilidade entre cultivares está alinhada com estudos prévios, como os de Hungria et al. (2016), que ressaltam a influência da genética da planta na resposta ao uso de fixadores biológicos.

Para a variável vagem com 1 grão, verificou-se que, na cultivar Olimpo, apenas o tratamento T2 (*Bradyrhizobium*) apresentou diferença estatística, enquanto na Tormenta, os tratamentos T2 e T4 (*Bradyrhizobium* + *Methylobacterium* + *Azospirillum*) se sobressaíram em relação aos demais, sugerindo uma maior eficiência desses inoculantes na promoção do desenvolvimento inicial das vagens. Esses resultados indicam que a cultivar Tormenta responde melhor à coinoculação, enquanto a Olimpo apresentou um comportamento mais restrito, com menor amplitude de resposta aos tratamentos biológicos. Isso pode estar relacionado à interação entre os microrganismos e a fisiologia específica de cada cultivar.

Para vagens com 2 grãos, o destaque foi para o uso de *Methylobacterium* (T5) e a coinoculação (T4) na cultivar Olimpo, que apresentaram médias superiores às demais. Já na Tormenta, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, indicando uma menor sensibilidade dessa cultivar aos diferentes bioinsumos para esse parâmetro. Esses resultados reforçam a hipótese de que o *Methylobacterium*, isoladamente ou em combinação, pode atuar positivamente na formação de vagens com dois grãos, o que é um indicativo importante para o potencial produtivo da soja, já que vagens com mais grãos tendem a contribuir diretamente para o rendimento final.

m a contribuir diretamente para o rendimento final.

No caso das vagens com 3 grãos, observa-se um destaque positivo do tratamento T5 (*Methylobacterium*) na cultivar Olimpo, apresentando valores significativamente superior aos demais tratamentos, sugerindo um efeito benéfico desse microrganismo na maximização do número de grãos por vagem. Na cultivar Tormenta, o tratamento testemunha (T1) apresentou os menores valores,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

indicando que a ausência de inoculantes impactou negativamente no desenvolvimento de vagens com três grãos. Esses resultados indicam que o *Methylobacterium*, isoladamente, possui potencial para aumentar a produtividade, especialmente em cultivares que apresentam boa interação com esse microrganismo.

3.3 Altura de inserção da primeira vagem e Número de grãos por planta

Altura de inserção da primeira vagem. Foi observado muita interação entre as cultivares e os tratamentos. A altura de inserção das vagens foi influenciada pelos tratamentos, com destaque para T2 *Bradyrhizobium* na cultivar Olimpo e para a testemunha na cultivar Tormenta (Tabela 4).

Número de grãos por planta. Foi observado muita interação entre as cultivares e os tratamentos, a Cultivar Olimpo no tratamento T3 foi inferior. Entre os tratamentos na Olimpo o T5 foi superior e diferiu dos demais e na Tormenta não houve diferença estatística (Tabela 4).

Tabela 4 - Altura de Inserção e Número de grãos, em diferentes cultivares de soja com a utilização de fixadores biológicos de nitrogênio.

		Altura de Inserção		Número grãos	
Nº	**Tratamentos**	**Olimpo**	**Tormenta**	**Olimpo**	**Tormenta**
1	**Testemunha**	10,91 Bb	15,40 Aa	58,83 Ac	68,98 Aa
2	***Bradyrizobium***	12,29 Aa	10,70 Bc	56,66 Ac	69,73 Aa
3	***Bra +Azo***	10,41 Bb	12,45 Ab	52,74 Bc	76,24 Aa
4	***Bra + Meth + Azo***	8,77 Bc	10,76 Ac	70,83 Ab	78,82 Aa
5	***Methylobacterium***	10,28 Bb	12,24 Bb	86,41 Aa	88,56 Aa
	CV %	4,21		8,89	
	Média Geral	11,42		70,78	

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott Knowt a 5% de probabilidade. Minúscula na coluna e Maiúscula na Linha.

A análise da altura de inserção da primeira vagem revelou uma interação significativa entre as cultivares e os tratamentos, evidenciando a influência tanto do material genético quanto dos bioinsumos aplicados. Observou-se que o

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

tratamento com *Bradyrhizobium* (T2) proporcionou maior altura de inserção na cultivar Olimpo, enquanto na cultivar Tormenta, o destaque foi para a testemunha (T1). Esse comportamento pode ser explicado pela resposta diferenciada das cultivares à fixação biológica de nitrogênio (F.B.N.) e à presença dos microrganismos no solo. Além disso, o incremento observado com o *Bradyrhizobium* na Olimpo reforça que essa cultivar pode se beneficiar da simbiose, melhorando o crescimento vegetativo e, consequentemente, elevando a altura de inserção das vagens. Essa característica é importante, pois facilita a colheita mecanizada e reduz perdas de vagens, como já destacado por Hungria & Mendes (2016).

No que se refere ao número de grãos por planta, também foi evidenciada uma interação relevante entre cultivares e tratamentos. A cultivar Olimpo, no tratamento T3 (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*), apresentou o menor número de grãos, o que pode indicar uma competição entre microrganismos ou uma menor compatibilidade desse consórcio com o metabolismo da cultivar. Em contrapartida, o tratamento T5 (*Methylobacterium*) destacou-se na cultivar Olimpo, apresentando um número significativamente superior de grãos, o que reforça o potencial do *Methylobacterium* em promover o crescimento e desenvolvimento das plantas, possivelmente via produção de fitohormônios como auxinas e citocininas, além de sua atuação no metabolismo do carbono. Já na cultivar Tormenta, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para o número de grãos, sugerindo que essa cultivar apresenta uma menor sensibilidade aos bioinsumos testados, ou que seu desempenho pode estar mais associado a fatores genéticos do que às interações com os microrganismos.

A média geral do número de grãos por planta foi maior na cultivar Tormenta, o que demonstra seu potencial produtivo. No entanto, a expressiva diferença na resposta entre as cultivares reforça a necessidade de realizar estudos específicos para cada combinação de cultivar e bioinsumo. É importante destacar que, apesar de a Tormenta não ter apresentado diferenças estatísticas entre tratamentos, as médias foram altas em todos eles, indicando que essa cultivar pode ter um teto produtivo maior, independentemente da inoculação, o

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

que é um fator interessante para programas de melhoramento e para o manejo agronômico.

Por fim, é possível inferir que o uso de bioinsumos, especialmente o *Methylobacterium*, apresentou efeitos promissores para a melhoria de características agronômicas importantes, como a altura de inserção das vagens e o número de grãos por planta, principalmente na cultivar Olimpo. O destaque do *Methylobacterium* no incremento do número de grãos reforça seu potencial como promotor de crescimento, sugerindo que ele pode ser uma alternativa viável para aumentar a produtividade em cultivares mais responsivas a esse tratamento. Esses resultados reforçam a importância de compreender as interações planta-microrganismo, considerando a especificidade de cada cultivar e o manejo adequado dos bioinsumos para maximizar os benefícios agronômicos.

3.4 Peso de mil grãos (PMG), produtividade em sacas ha^{-1}

PMG. O peso de mil grãos houve diferença entre as cultivares, em destaque para a Olimpo. Entre os tratamentos não houve diferença entre nenhum deles nas duas cultivares, (Tabela 5).

Produtividade em sacas de 60 kg por hectare. Houve diferença estatística significativa entre as cultivares com interações com os tratamentos. Entre os tratamentos o T5 *Methylobacterium* diferiu estatisticamente dos demais, na Tormenta não houve diferença estatística (Tabela 5).

Tabela 5 - Peso de mil grãos (PMG), número de grãos e produtividade (sacas) por hectare, em diferentes cultivares de soja com a utilização de fixadores biológicos de nitrogênio.

		PMG		**Produtividade (Sacas)**	
Nº	**Tratamentos**	**Olimpo**	**Tormenta**	**Olimpo**	**Tormenta**
1	**Testemunha**	210,50 Aa	131,25 Ba	59,39 Ab	43,44 Ba
2	***Bradyrizobium***	195,75 Aa	128,35 Ba	53,06 Ab	42,88 Aa
3	***Bra +Azo***	199,85 Aa	141,64 Ba	50,78 Ab	51,90 Aa
4	***Bra + Meth + Azo***	180,15 Aa	118,08 Ba	61,10 Ab	44,57 Ba

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

5	***Methylobacterium***	203,95 Aa	123,85 Ba	83,89 Aa	52,59 Ba
	CV %	6,62		12,4	
	Média Geral	163,33		54,36	

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott Knowt a 5% de probabilidade. Minúscula na coluna e Maiúscula na Linha.

Em relação as características que fornecem a produtividade temos a relação entre o número de grãos e o PMG, dentre as cultivares a Olimpo se destaca com interação positiva com o tratamento T5 com *Methylobacterium*. Segundo Fukami et al. (2018), a interação positiva entre rizóbios e bactérias promotoras de crescimento (PGPRs) resulta em melhorias no crescimento radicular, maior absorção de água e nutrientes e, consequentemente, maior desempenho produtivo.

Embora o PMG tenha se mantido estável entre os tratamentos, os dados reforçam que a produtividade não depende apenas do peso dos grãos, mas também da quantidade de estruturas reprodutivas formadas e do enchimento dos grãos, aspectos potencializados pela coinoculação (SILVA et al., 2019).

Esses achados reiteram a importância da adoção de tecnologias biológicas como ferramentas sustentáveis no manejo da cultura da soja, alinhando produtividade com menor dependência de fertilizantes nitrogenados industriais.

No cultivo da soja, duas espécies de bactérias fixadoras de nitrogênio se destacam pela sua eficiência e capacidade de adaptação: *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*. *Bradyrhizobium japonicum* é uma das espécies mais amplamente utilizadas devido à sua alta eficiência na fixação de nitrogênio, tanto em condições de cultivo controladas quanto em campo (HUNGRIA et al., 2011).

Por outro lado, *Bradyrhizobium elkanii* também tem se mostrado eficaz na fixação de nitrogênio, apresentando uma excelente adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima. Essa espécie é particularmente vantajosa em regiões com solos de baixa fertilidade ou com variações climáticas acentuadas, como aquelas sujeitas a flutuações de temperatura. Sua capacidade de estabelecer simbioses eficientes em ambientes desafiadores torna-a uma alternativa

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

interessante para otimizar a produção de soja em contextos mais adversos (SANTOS et al., 2019). Ambas as espécies contribuem para a sustentabilidade da produção de soja, reduzindo a dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos e promovendo um uso mais eficiente dos recursos naturais.

A coinoculação, que envolve a aplicação simultânea de rizóbios e outras bactérias promotoras de crescimento, tem se destacado como uma prática eficiente na agricultura de soja. Um exemplo relevante é a coinoculação com *Azospirillum brasilense*, uma bactéria que, além de auxiliar na fixação biológica de nitrogênio, também promove o crescimento radicular e aumenta a absorção de nutrientes pelas plantas (BASHAN et al., 2014). *Azospirillum brasilense* exerce seus efeitos benéficos ao estimular o desenvolvimento das raízes, o que facilita a absorção de água e nutrientes essenciais, além de melhorar a resistência das plantas a condições adversas, como a seca (KHALID et al., 2016).

Quando coinoculados com o rizóbio *Bradyrhizobium*, que é responsável pela fixação de nitrogênio em leguminosas como a soja, *Azospirillum* cria um efeito sinérgico, resultando em um sistema radicular mais robusto e uma maior eficiência no uso de recursos, como água e nutrientes. Esse desenvolvimento radicular aprimorado contribui para uma maior resistência das plantas ao estresse hídrico, promovendo uma produção mais resiliente e estável (HUNGRIA et al., 2016). Portanto, a coinoculação com *Azospirillum brasilense* se mostra uma alternativa vantajosa para agricultores que buscam aumentar a produtividade e a sustentabilidade de suas lavouras, reduzindo a dependência de insumos químicos.

A *Methylobacterium symbioticum*, uma bactéria promissora que atua como promotora de crescimento ao estimular o desenvolvimento das plantas, ela induz a produção de hormonas de crescimento, como citocininas, e facilita a absorção de nutrientes essenciais, potencializando o crescimento das plantas (VANDERSOMPELE et al., 2012). Quando coinoculação com rizóbios como *Bradyrhizobium*, *M. symbioticum* potencializa a eficiência do uso do nitrogênio fixado, resultando em um crescimento mais vigoroso e maior produtividade da soja (YANNI et al., 2013). Essa interação sinérgica entre bactérias fixadoras de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

nitrogênio e promotoras de crescimento tem mostrado resultados promissores em estudos iniciais, indicando um aumento na eficiência de fixação de nitrogênio e na produtividade das culturas de soja (MISHRA et al., 2014).

As bactérias que fazem F.B.N. podem resultar em um aumento da capacidade produtiva das plantas, promovendo uma agricultura mais equilibrada e ecologicamente responsável (HUNGRIA et al., 2016). A pesquisa contínua sobre estirpes bacterianas e suas interações com diferentes condições de cultivo é fundamental para expandir o uso de inoculantes e coinoculantes, contribuindo para o desenvolvimento de soluções agrícolas inovadoras e sustentáveis.

Diversos estudos têm demonstrado resultados promissores com o uso de *Methylobacterium* na agricultura, especialmente como promotor de crescimento vegetal. Esses microrganismos pertencem ao grupo dos fixadores de nitrogênio e são capazes de colonizar a superfície foliar e as raízes de diversas culturas. Sua atuação está relacionada à produção de fitormônios como auxinas, citocininas e giberelinas, além da solubilização de fosfatos e fixação biológica de nitrogênio, o que contribui significativamente para o desenvolvimento das plantas. Em experimentos com culturas como arroz, soja e tomate, observou-se aumento no crescimento vegetativo, no número de folhas e na biomassa total das plantas inoculadas com cepas de *Methylobacterium* (ARDANOV et al., 2012).

Além do estímulo ao crescimento, o uso de *Methylobacterium* tem sido associado à indução de resistência sistêmica e à redução do impacto de estresses bióticos e abióticos. Estudos apontam que plantas tratadas com esse gênero bacteriano apresentam maior tolerância à seca e à salinidade, além de maior resistência a doenças causadas por patógenos como fungos e bactérias. Isso se deve, em parte, à ativação de mecanismos de defesa da planta mediados por compostos sinalizadores como o ácido salicílico e o óxido nítrico, produzidos ou induzidos por essas bactérias (NEMECEK-MARSHALL et al., 1995; KUMAR et al., 2016). Tais resultados reforçam o potencial de *Methylobacterium* como bioinsumo sustentável na agricultura moderna.

Considerando as principais limitações atuais e potenciais da fixação biológica de nitrogênio (FBN) em soja, bem como os benefícios observados em

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

diversas culturas com a inoculação de *Azospirillum*, estudos mais recentes indicam que a coinoculação com ambos os organismos pode promover uma melhoria significativa no desempenho das culturas. Essa estratégia está em conformidade com as exigências atuais de sustentabilidade agrícola, econômica, social e ambiental (HUNGRIA et al., 2023). De acordo com Ferlini (2006), citado por Battisti e Simonetti (2016), a utilização das bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, por meio da técnica de coinoculação, resulta em um aumento substancial na nodulação e no desenvolvimento radicular das leguminosas. Como consequência, há uma melhoria na absorção de água e nutrientes, resultando em um aumento da produtividade.

Estudos mais recentes conduzidos pela EMBRAPA, em parceria com a empresa Total Biotecnologia para o lançamento do produto Azototal Max® (inoculante contendo estirpes de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*), demonstraram ganhos expressivos no rendimento. Em comparação com tratamentos convencionais, a reinoculação resultou em um incremento de 16% na produtividade de grãos de soja (RUFINO, 2021). Embora existam estudos em outros países que comprovam os benefícios da co-inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, ainda é necessário realizar mais ensaios nas condições agrícolas brasileiras para validar e expandir esses resultados, considerando o contexto ambiental e as particularidades do sistema agrícola nacional (HUNGRIA et al., 2023).

Conclui-se que o método de coinoculação na soja é altamente eficiente, contribuindo significativamente para a redução do uso de produtos químicos. O melhor desempenho foi observado com o uso combinado de ***Bradyrhizobium, Azospirillum,*** destacando-se como uma estratégia promissora para promover maior sustentabilidade na produção agrícola.

4. Conclusão

Os resultados demonstram que as cultivares de soja responderam de forma diferenciada aos tratamentos biológicos, com destaque para o *Methylobacterium*,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

que promoveu melhorias no número de grãos por planta, na formação de vagens com 3 grãos, PMG e na produtividade em sacas especialmente na cultivar Olimpo. Já o *Bradyrhizobium* + ***Azospirillum*** destacou-se na produtividade, PMG e número de grãos na cultivar Tormenta, mostrando a eficácia da coinoculação. Esses resultados reforçam a importância de selecionar adequadamente o bioinsumo e a cultivar, visando maximizar o potencial produtivo da soja. O estudo ainda evidencia o potencial do *Methylobacterium* como bioinsumo promissor para o cultivo da soja.

Referências Bibliográficas

ARDANOV, P., SESSITSCH, A., HÄGGMAN, H., KOZYROVSKA, N., & PIRTTILÄ, A. M. (2012). *Methylobacterium* spp.: Epiphytic bacteria with promising applications in biotechnology. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 93(4), 1427–1435. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3811-0>. Acesso em: 19 de maio de 2025.

BARBOSA, J. Z.; ROBERTO, L. A.; HUNGRIA, M. CORRÊA, R. S.; MAGRI, E.; CORREIA, T. D. Meta-analysis of maize responses to *Azospirillum Brasiliense* inoculation in Brazil: Benefits and lessons to improve inoculation efficiency**. Applied Soil Ecology**, v. 170, p. 104276, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139321003991>. Acesso em: 16 setembro de 2024.

BASHAN, Y., DE-BASHAN, L. E., PRABHU, S. R. Azospirillum spp. and their potential as plant growth-promoting rhizobacteria. In: M. Glick (Ed**.), Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR), Springer.** (2014).

CAMARGO, F. A., ALONSO, Á. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. **Environmental International**, 32(6), 988-1002. (2006).

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Último levantamento da safra 2023/2024 estima produção de grãos em 298,41 milhões de toneladas.** 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5728-ultimo-levantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas#:~:text=Dentre%20as%20culturas%20afetadas%20pelo,rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20per%C3%ADodo%202022%2F2023>. Acesso em: 07 de outubro de 2024.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

DA SILVA, P. R. **Inovação na fixação biológica de Nitrogênio em milho**. 2022. Disponível em: <Agroreport_inovao_na_fixao_biolgica_de_nitrognio_em_milho.pdf>. Acesso em: 16 setembro de 2024.

FERLINI, M. D. Técnicas de Coinoculação: Aumento da Nodulação e Crescimento Radicular. **Revista Brasileira de Microbiologia**, 37(1), 85-91. 2006. Disponível em: < https://www.scielo.br/j/bjm/a/DLGgyBmbSjQBf8hWqwNcwMx/>. Acesso em: 19 de novembro de 2024.

FERREIRA, V. B.; SILVA, R. Z. DA. Avaliação dos caracteres agronômicos da soja cultivada sob diferentes tipos de preparo do solo. **Revista Agri-environmental Sciences,** Palmas-TO, v. 9, ed. especial, e023015, 2023. Disponível em: https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/article/view/8153. Acesso em: 24 jun. 2025.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja.** Londrina, Embrapa Soja, 2001. ISSN 1516-7860, n. 35. Circular Técnica, Embrapa Cerrado. ISSN 1517-0187; n. 13. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18515/1/circTec35.pdf>. Acesso em: 07 de outubro de 2024.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, 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. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/468512>. Acesso em: 07 de outubro de 2024.

_____. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.325). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29676/1/Inoculacao-com-azospirillum.pdf >. Acesso em: 07 de outubro de 2024.

HUNGRIA, M., et al. "Biological nitrogen fixation and soybean cultivation." **Agricultural Research Journal**, 45(3), 250-263. (2015). Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/577742/1/id30101.pdf Acesso em: 07 de outubro de 2024.

_____, NOGUEIRA, M. A., ARAUJO, R. S. Inoculação de leguminosas com rizóbios e Azospirillum: Como isso beneficia a agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Ciências do Solo,** 40(1), 121-132. (2016).

_____; NOGUEIRA, M. A. In**: Fixação biológica do nitrogênio.** MEYER, M. C. et al. Bioinsumos na cultura da soja**.** Embrapa, Brasília, 2022. 550 p. ISBN:

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

ISBN: 978-65-87380-96-4. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1147044/1/cap-8-Bioinsumos-na-cultura-da-soja.pdf >. Acesso em: 07 de outubro de 2024.

_____. et al. A Fixação Biológica de Nitrogênio e a Sustentabilidade das Culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 47, e020217. (2023). Disponível em: < https://www.scielo.br/j/pab/a/FZzMsst5vJqmmfJvt9WPDLk/ >. Acesso em: 19 de novembro de 2024.

KHALID, A., ARSHAD, M., ZAHIR, Z. A. Screening of plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of maize. **Canadian Journal of Microbiology,** 52(6), 599-608. (2016).

KUMAR, M., BRADER, G., SESSITSCH, A., MÄKI, A., VAN ELSAS, J. D., & NISSINEN, R. M. (2016). Plants Assemble Species Specific Bacterial Communities from Common Core Taxa in Three Arcto-Alpine Climate Zones. **Frontiers in Microbiology**, 7, 598. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00598>. Acesso em: 19 de maio de 2025.

MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. 3. ed. San Diego: **Academic Press**, 2012.

MISHRA, P., DWIVEDI, S., SINHA, A *Methylobacterium symbioticum* and its role in plant growth promotion. **Biology and Fertility of Soils**, 50(6), 723-733. . (2014).

NEMECEK-MARSHALL, M., MACDONALD, R. C., FRANZEN, J. J., WOJCIECHOWSKI, C. L., & FALL, R. (1995). Methanol emission from leaves. Enzymatic detection of gas-phase methanol and relationship of methanol fluxes to stomatal conductance and leaf development. **Plant Physiology,** 108(4), 1359–1368. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.108.4.1359>. Acesso em: 19 de maio de 2025.

RUFINO, A. A. (2021). Resultados da Coinoculação de Bradyrhizobium e Azospirillum em Soja. **Boletim Técnico da EMBRAPA**, 220, 75-82. Disponível em: < https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1150565/1/Circ-Tec-190.pdf >. Acesso em: 16 de novembro de 2024.

SANT'ANNA, F. H. et al. Methylobacterium: Ecological significance and potential for crop improvement. **Microorganisms,** 9(6), 1202. (2021).

SANTOS, A. R., OLIVEIRA, A. L., SILVA, J. M. Inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio em sistemas agrícolas sustentáveis. **Agronomia,** n. 36(2), 178-189. (2019).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 25/10/2025 - **Accepted:** 15/11/2025
Vol: 20.02
DOI: 10.61164/p4zh8d17
Pages: 1-22

SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Outstanding impact of *Azospirillum Brasiliense* strains Ab-V5 and Ab-V6 on the Brazilian agriculture: Lessons that farmers are receptive to adopt new microbial inoculants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 45, e.0200128, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20200128>. Acesso em: 07 de outubro de 2024.

SANTOS, A. R., OLIVEIRA, A. L., SILVA, J. M. *Bradyrhizobium* no cultivo da soja: Eficiência e adaptação em diferentes condições ambientais. **Revista de Ciências Agrárias**, 46(1), 56-66. (2019).

SMITH, S. E.; READ, D. J. *Mycorrhizal symbiosis*. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2008.

VANDERSOMPELE, J., DE RIJK, J., COOLS, W. The role of *Methylobacterium symbioticum* in agricultural ecosystems: Enhancing plant growth and nutrient absorption. **Plant Soil**, 350(1-2), 77-89. (2012).

YANNI, Y. G., RIZK, R. Y., SOLIMAN, M. H. Synergistic effects of *Methylobacterium* and *Bradyrhizobium* on nitrogen fixation and plant growth. **Environmental Microbiology Reports**, 5(4), 579-586. (2013).