

**Desempenho produtivo de soja inoculada e co-inoculada em Domínio Cerrado**  
**Productive performance of inoculated soybeans and co-inoculada in Cerrado Domínio**  
**Rendimiento productivo de la soja inoculada y co-inoculada en el Dominio Cerrado**

Recebido: 29/05/2020 | Revisado: 29/06/2020 | Aceito: 02/07/2020 | Publicado: 18/07/2020

**Nathyelle Assis Camargo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3383-0302>

Agroconfiança, Brasil

E-mail: [nathyelleac@outlook.com](mailto:nathyelleac@outlook.com)

**Wilian Henrique Diniz Buso**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0568-2605>

Instituto Federal Goiano Campus Ceres, Brasil

E-mail: [wilian.buso@ifgoiano.edu.br](mailto:wilian.buso@ifgoiano.edu.br)

**Resumo**

Para aumento da eficiência da fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja, visando elevação de patamares de produtividade, tem-se como alternativa o uso da co-inoculação. A combinação de bactérias simbióticas e diazotróficas, as quais produzem efeito sinérgico, beneficiam a planta em uma maior nodulação e crescimento radicular. Desta forma, o objetivo neste trabalho foi avaliar qualitativamente o desempenho produtivo da co-inoculação e de diferentes modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura soja. O experimento foi realizado em campo, na Fazenda Experimental do IF Goiano Campus Ceres em blocos casualizados, sendo os tratamentos: 1) Controle; 2) Inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* no tratamento de sementes; 3) Inoculação com *Azospirillum brasilense* no tratamento de sementes; 4) Co-inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* no tratamento de sementes; 5) Co-inoculação de *B. japonicum* no tratamento de sementes e *A. brasilense* no estágio V3; 6) Co-inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* no sulco; 7) Co-inoculação de *B. japonicum* no tratamento de sementes e *A. brasilense* no sulco; 8) Co-inoculação de *A. brasilense* no tratamento de sementes e *B. japonicum* no sulco. A inoculação e co-inoculação não apresentou efeitos sobre a altura de inserção da primeira vagem e massa de mil grãos. Por sua vez, quando as sementes foram co-inoculadas via sulco de semeadura houve elevação nas demais características agrônômicas da cultura da soja, apresentando uma maior produtividade de grãos.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill.; FBN; Bactérias diazotróficas.

### **Abstract**

To increase the efficiency of the biological fixation of nitrogen (FBN) in soybean culture, aiming at elevation of levels of productivity, the use of Co-inoculação is alternative. The combination of symbiotic and diazotrophic bacteria, which produce synergic effect, benefit the plant in greater nodulation and root growth. In this way, the objective in this work was to evaluate qualitative the productive performance of co-inoculação and different ways of applying *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* in soybean culture. The experiment was carried out in the field, at the Experimental Farm on the IF Goiano Campus Ceres in randomized blocks, the treatments being: 1) control; 2) Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* in the treatment of seeds; 3) Inoculation with *Azospirillum brasilense* in the treatment of seeds; 4) Co-inoculation of *B. japonicum* and *A. brasilense* in the treatment of seeds; 5) Co-inoculation of *B. japonicum* in the treatment of seeds and *A. brasilense* at the V3 stage; 6) Co-inoculation of *B. japonicum* and *A. brasilense* in the Groove; 7) Co-inoculation of *B. japonicum* in the treatment of seeds and *A. Brasilense* in the Groove; 8) Co-inoculation of *A. brasilense* in the treatment of seeds and *B. japonicum* in the Groove. The inoculation and Co-inoculação showed no effect on the insertion height of the first pod and mass of a thousand grains. In turn, when the seeds were co-inoculadas via sowing groove There was elevation in the other agronomic characteristics of soybean culture, presenting greater grain productivity.

**Keywords:** *Glycine max* (L) Merrill; FBN; Diazotrophic bacteria.

### **Resumen**

Para aumentar la eficiencia de la fijación biológica de nitrógeno (BNF) en los cultivos de soja, con el objetivo de aumentar los niveles de productividad, la alternativa es el uso de la coinoculación. La combinación de bacterias simbióticas y diazotróficas, que producen un efecto sinérgico, beneficia a la planta en una mayor nodulación y crecimiento de la raíz. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar cualitativo el rendimiento productivo de la co-inoculación y los diferentes modos de aplicación de *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* en la soja. El experimento se llevó a cabo en el campo, en la Granja Experimental del IF Goiano Campus Ceres, en bloques aleatorizados, siendo los tratamientos: 1) Control; 2) inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* en el tratamiento de semillas; 3) Inoculación con *Azospirillum brasilense* en tratamiento de semillas; 4) Co-inoculación de *B.*

*japonicum* y *A. brasilense* en el tratamiento de semillas; 5) Co-inoculación de *B. japonicum* en el tratamiento de semillas y *A. brasilense* en la etapa V3; 6) Co-inoculación de *B. japonicum* y *A. brasilense* en el surco; 7) Co-inoculación de *B. japonicum* en el tratamiento de semillas y *A. brasilense* en el surco; 8) Co-inoculación de *A. brasilense* en el tratamiento de semillas y *B. japonicum* en el surco. La inoculación y la coinoculación no tuvieron efecto sobre la altura de inserción de la primera vaina y la masa de mil granos. A su vez, cuando las semillas se co-inocularon a través del surco de siembra, hubo un aumento en las otras características agronómicas del cultivo de soja, mostrando un mayor rendimiento de grano.

**Palabras clave:** *Glycine max* (L.) Merrill; FBN; Bacterias diazotróficas.

## 1. Introdução

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a oleaginosa mais cultivada no mundo (Bulegon et al., 2016a). Em virtude do alto potencial produtivo da cultura no país e da sua grande exigência, principalmente na demanda de N, a produção seria inviabilizada economicamente se fosse executada apenas utilizando a adubação nitrogenada para suprir a demanda da cultura, visto que são necessários em torno de 73 a 80 kg ha<sup>-1</sup> para cada 1000 kg de grãos produzidos (Barth et al., 2018).

Apesar do N ser um elemento atmosférico em maior parcela quando comparado a outros elementos atmosféricos, as plantas não são aptas para realizar a metabolização do elemento na forma gasosa, necessitando do auxílio de bactérias fixadoras de N, capazes de disponibilizar 300 kg de N ha<sup>-1</sup>, suprimindo cerca de 94% da exigência do nutriente de cultivares de elevado potencial de produtividade como a soja (Flauzino et al., 2018), além da liberação de 20-30 kg N ha<sup>-1</sup> para a cultura seguinte (Hungria et al., 2007).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN), processo necessário para alcançar máximas produtividades na cultura da soja, necessita que as bactérias fixadoras captem o N presente na atmosfera (N<sub>2</sub>), transformando-o em amônia (NH<sub>3</sub>) e posteriormente em amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ou nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), formas assimiláveis pela planta. A inoculação realizada por bactérias pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium* substitui a necessidade de adubos nitrogenados nas lavouras (Câmara, 2014; Bárbaro et al. 2017; Hungria et al., 2013).

As bactérias diazotróficas pertencentes ao gênero *Azospirillum* quando combinadas com bactérias simbióticas do gênero *Bradyrhizobium*, possibilitam a potencialização da nodulação e maior crescimento radicular em soja, em virtude da capacidade das primeiras em produzir fito-hormônios (ácido indol-acético, giberelinas e citocianinas), responsáveis pelo

maior desenvolvimento do sistema radicular, proporcionando maior absorção e/ou aproveitamento de água e nutrientes, tendo como resultado menor suscetibilidade a estresses hídrico (Finoto et al., 2017; Mercante et al., 2011).

Tendo em vista o exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho produtivo da cultura da soja submetida a inoculação e co-inoculação de bactérias simbióticas em solo de domínio de Cerrado.

## 2. Metodologia

O estudo em campo foi realizado na área experimental do Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, localizado em Ceres, GO, Brasil (S 15° 21' 00''; longitude W 49° 35' 57''), no ano safra 2017/2018. O solo da área experimental foi classificado como Oxissolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006), cultivado com milho na safra anterior, sem histórico de inoculação. A pesquisa possui método hipotético cuja hipótese (Pereira et al., 2018) é verificar a nível de campo e de forma qualitativa se a co-inoculação de *Azospirillum brasilense* aplicado de várias formas irão ocasionar efeitos positivos quando aplicado na cultura da soja.

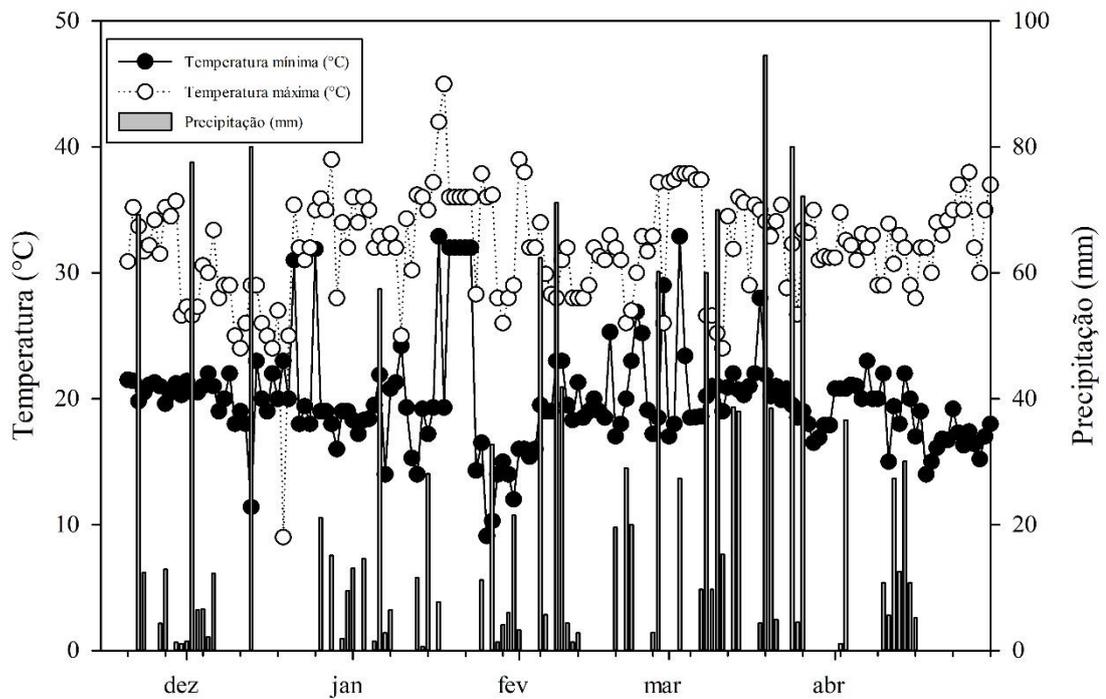
O clima na região é Aw, de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seco na temporada de inverno. Os dados climáticos registrados ao longo do período experimental são apresentados na Figura 1.

Os atributos químicos e físicos da análise de solo (0-20 cm) da área experimental, foram: pH em água de 5,9; P= 13,1 mg dm<sup>-3</sup>; M.O.= 19,6 g dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>= 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>= 4,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>= 2,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al= 3,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V= 65,82%; T= 9,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; m= 0,00%. A adubação de plantio consistiu de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio.

Empregou-se o sistema de semeadura convencional, em solo preparado com uma gradagem pesada e uma operação de nivelamento no dia anterior a semeadura. As sementes foram tratadas com inseticida Tiodicarb + Imidacloprido (Cropstar) e Fipronil (Alta 250 FS) e fungicida Carbendazim + Tiram (Protreat), nas doses de 500, 200 e 200 mL para cada 100 kg de sementes, respectivamente. Os micronutrientes Co e Mo foram aplicados nas sementes na dosagem de 200 mL ha<sup>-1</sup>. A inoculação foi realizada 1 hora antes da semeadura, na área experimental. Realizou aplicação de S-Metalacloro (Dual Gold) logo após a semeadura na dose de 1,3 L ha<sup>-1</sup>. O controle de plantas invasoras na cultura ocorreu com aplicação de glifosato + Cletodin, realizada no estágio V5 na dose de 2 e 0,45 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O

manejo de mosca branca, lagartas e percevejos foi realizado conforme recomendações para a cultura.

**Figura 1.** Precipitação e temperaturas máximas e mínimas obtidas a partir da Estação Agrometeorológica do Instituto Federal Goiano - Campus Ceres durante o cultivo de soja no período de 20/11/2017 a 30/04/2018.



Fonte: Dados obtidos da Estação Meteorológica do IF Goiano Campus Ceres, 2018.

O delineamento experimental empregado foi de blocos casualizados representado por oito tratamentos e quatro repetições. A apresentação dos tratamentos está na Tabela 1.

Cada parcela constituiu-se de quatro linhas de cinco metros, espaçadas de 0,50 m, considerando-se como área útil apenas as duas centrais, desprezando 0,50 m nas extremidades como bordadura. Foi utilizada a cultivar W791RR no plantio que apresenta características como superprecocidade, alta produtividade e resistência a doenças. A semeadura foi executada no dia 20/11/2017, período que apresentou condições ideais para a germinação da cultura cinco dias após o plantio, totalizando uma população de plantas final de 240.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Com a cultura no estágio V3, foi realizada a pulverização do solo com *Azospirillum brasilense* na base das plantas.

**Tabela 1.** Tratamentos de inoculação e co-inoculação com *B. japonicum* e *A. brasilense* em soja domínio cerrado.

Abreviatura	Tratamentos
C	Controle (sem inoculação)
BTS	Inoculação de <i>B. japonicum</i> no tratamento de sementes
ATS	Inoculação de <i>A. brasilense</i> no tratamento de sementes
BATS	Co-inoculação de <i>B. japonicum</i> e <i>A. brasilense</i> no tratamento de sementes
BTS+AV3	Co-inoculação de <i>B. japonicum</i> no tratamento de sementes e <i>A. brasilense</i> no estágio V3
BAS	Co-inoculação de <i>B. japonicum</i> e <i>A. brasilense</i> no sulco de semeadura.
BTS+AS	Co-inoculação de <i>B. japonicum</i> no tratamento de sementes e <i>A. brasilense</i> no sulco de semeadura.
ATS+BS	Co-inoculação de <i>A. brasilense</i> no tratamento de sementes e <i>B. japonicum</i> no sulco de semeadura.

Fonte: Autores.

Para a inoculação e co-inoculação utilizou-se inoculante comercial líquido SimbioseNod Soja com as estirpes Semia 5079 e Semia 5080 (*B. japonicum*), com concentração de  $7,2 \times 10^9$  células por mL de produto, e inoculante SimbioseMaíz com as cepas Ab-V5 e Av-V6, com concentração de  $5 \times 10^8$  de *A. brasilense*, nas doses recomendadas pelo fabricante.

No estágio R7 foram coletados os dados para a altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e altura da intersecção da 1ª vagem (AIV), em cinco plantas escolhidas aleatoriamente na parcela experimental. Para o número de vagens (NV) e peso de 1000 grãos, foram colhidas cinco plantas aleatórias oito dias após o estágio de desenvolvimento R8. A colheita foi realizada no dia 10/04/2018, com plantas trilhadas em trilhadeira tratorizada e em seguidas pesadas para estimar a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). A umidade foi corrigida para 13%.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância. As análises foram realizadas com o software R com auxílio do pacote easyanova (Arnhold, 2013).

### 3. Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância com os quadrados médios está apresentado na Tabela 2. Quando a soja foi submetida a inoculação e co-inoculação com *B. japonicum* e *A. brasilense*, mostrou significância ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) para diâmetro de

caule, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade, com coeficientes de variação de 12,23; 18,6; 8,43 e 12,85 respectivamente. Entretanto, não foram significativos para a altura de planta, altura de inserção da primeira vagem e massa de mil grãos.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para os componentes do rendimento avaliados, submetido a diferentes tratamentos de inoculação co-inoculação na cultura da soja.

Variáveis	Quadrado médio e significância			
	QM <sub>T</sub>	F	Pr>F	CV (%)
AP (cm)	80,7727	3,1987 <sup>ns</sup>	0,0181	5,8
DC (mm)	6,6360	3,9003*	0,0071	12,23
AIPV (cm)	12,7050	1,4534 <sup>ns</sup>	0,2373	21,88
NVP	1702,711	3,5269*	0,0116	18,6
NGV	0,1271	4,3749*	0,0039	8,43
MMG (g)	142,1641	0,5709 <sup>ns</sup>	0,7712	9,96
P (kg ha <sup>-1</sup> )	1552149,6	3,5811*	0,0108	12,85

\* significativo ao nível de 5% de erro pelo teste; <sup>ns</sup> não significativo a nível de 5% de erro pelo teste; CV = Coeficiente de variação em %; QM<sub>T</sub>= Quadrado Médio do tratamento; AP= Altura de plantas em centímetros; DC= Diâmetro do caule em milímetros; AIPV= Altura de inserção da primeira vagem em centímetros; NVP= Número de vagens por planta; NGV= Número de grãos por vagem; MMG= Massa de mil grãos em gramas; P= Produtividade em kg ha<sup>-1</sup>. Fonte: autores.

A co-inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* no sulco de semeadura (BAS) proporcionou uma maior altura de plantas (94 cm), diferindo estatisticamente apenas do controle (C), conforme Tabela 3, que apresentou a menor média (78 cm). Bulegon et al. (2016b) avaliando a co-inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* na cultura da soja obteve resultados inferiores aos encontrados quando realizada a co-inoculação das bactérias, com altura de planta de 54 cm para a cultivar Turbo e 60 cm com a cultivar CD 250. Esses resultados também foram elevados quando comparados aos determinados por Finoto et al. (2017) na avaliação de soja co-inoculada e estabelecida sobre palhiço de cana crua, que obteve valores variando de 42 a 74 cm. Esses resultados são reflexo da combinação das bactérias que proporcionaram incremento nas características agrônomicas da soja, resultando em uma maior fixação de N proporcionada pela atuação desses microrganismos. No geral, foi observada média de 86 cm de altura de planta entre todos os tratamentos, valores em conformidade com Rezende e Carvalho (2007) na avaliação do desempenho agrônomico de 45 cultivares de soja, no qual estabeleceram a altura de planta adequada a mecanização da colheita entre 60 e 120 cm. Essa variável se apresenta como um dos parâmetros de extrema importância, pois está relacionada a todo o manejo da cultura como controle de pragas,

produção, plantas daninhas, acamamento e eficiência da colheita mecanizada (Braccini et al., 2004).

**Tabela 3.** Valores médios de número de altura de planta, diâmetro de caule, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta e número de grãos por vagem em função dos modos de inoculação e co-inoculação.

Modos de inoculação e co-inoculação	Características				
	Altura de planta (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Altura de inserção da primeira vagem (cm)	Número de vagens por planta	Número de grãos por vagem
C	78 b	12,37 a	13,70 a	152 a	1,88 b
BTS	88 ab	10,02 ab	15,00 a	110 ab	2,16 ab
ATS	86 ab	8,78 b	11,80 a	96 b	1,98 b
BATS	86 ab	9,69 ab	12,90 a	130 ab	1,95 b
BTS+AV3	87 ab	8,98 b	15,85 a	97 b	1,92 b
BAS	94 a	9,92 ab	14,00 a	110 ab	1,99 b
BTS+AS	84 ab	10,80 ab	14,50 a	109 ab	2,39 a
ATS+BS	87 ab	8,30 b	10,35 a	96 b	1,87 b
C.V. (%)	5,8	13,23	21,88	18,6	8,43

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Controle (C); *B. japonicum* no tratamento de sementes (BTS); *A. brasilense* no tratamento de sementes (ATS); Co-inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* no tratamento de sementes (BATS); Co-inoculação de *B. japonicum* no tratamento de sementes e *A. brasilense* no estágio V3 (BTS+AV3); Co-inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* no sulco (BAS); Co-inoculação de *B. japonicum* no tratamento de sementes e *A. brasilense* no sulco (BTS+AS); Co-inoculação de *A. brasilense* no tratamento de sementes e *B. japonicum* no sulco (ATS+BS). Fonte: autores.

Apesar do controle apresentar a menor média em altura de plantas (78 cm), o resultado foi antagônico para o diâmetro de caule, com valor de 12,37 mm, variando em relação apenas dos tratamentos ATS, BTS+AV3 e ATS+BS, que obtiveram os menores valores, 8,78, 8,98 e 8,30 mm, respectivamente. Desta forma, plantas mais altas apresentaram menor diâmetro de caule (Tabela 3), possivelmente pela melhor distribuição de fotoassimilados ao longo das hastes da planta. Conforme Carvalho et al. (2013) esta é uma variável muito importante, pois plantas com caules mais grossos suportam um maior número de galhos e vagens. Essa resposta foi observada no número de vagens por planta, em que o controle apresentou a maior média entre os tratamentos (152), variando estatisticamente dos tratamentos ATS (96), BTS+AV3 (97) e ATS+BS (96), que apresentaram o menor diâmetro de caule.

Esses resultados podem estar relacionados ao fato de que nas maiores densidades de semeadura há maior competição por luz e menor disponibilidade de fotoassimilados, fazendo com que a planta diminua o número de ramificações e produza menor número de nós (Mauad et al. 2010). Esses resultados foram superiores aos obtidos por Braccini et al. (2016b), que

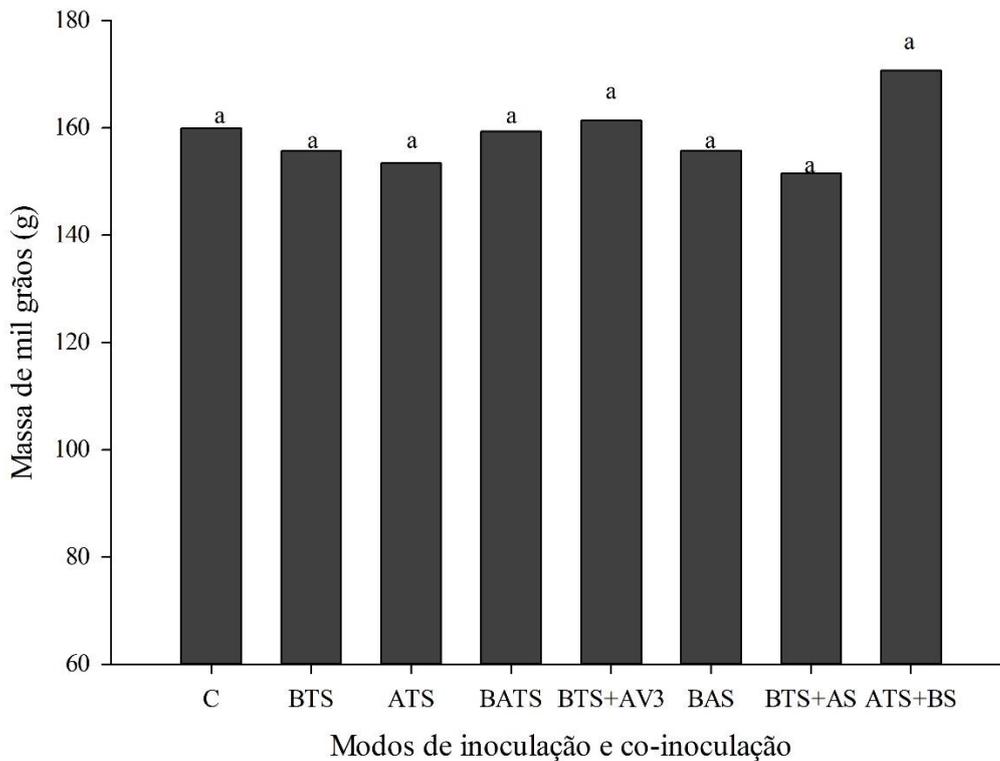
obteve uma média de 50,26 vagens por planta. Ormond et al. (2015) que trabalharam com semeadura convencional e cruzada, também alcançou resultados abaixo dos obtidos neste trabalho, com média de 34,89 vagens por planta na semeadura convencional 35,74 vagens por planta na cruzada.

Quanto à altura de inserção da primeira vagem, os tratamentos não apresentaram diferenças significativas, com valores médios entre 10,35 a 15,85 cm. Esta variável é importante para reduzir perdas na colheita devido a ação da plataforma de corte da colhedora. Almeida et al. (2011) evidencia a altura de primeira vagem como uma característica importante a ser observada na cultivar de soja, pois ela deverá permitir a colheita mecanizada, necessitando ser superior a 10 cm para evitar perda mecânicas. Tal resultado era esperado, uma vez que esta característica da soja é constante e semelhante para a maioria dos cultivares, devido ao grande melhoramento genético (Bulegon et al., 2016b). Esses valores corroboraram com os resultados obtidos por Ormond et al. (2016) na avaliação de características agronômicas da soja em semeadura convencional e cruzada, que obteve médias de 13,53 e 13, respectivamente, e também com Finoto et al. (2017) com média de 13,59 cm. No entanto, os resultados foram inferiores quando comparados ao de Andrade et al. (2016) avaliando a cultura em plantio convencional e cruzado, com média de 19,84 cm, característica que pode ser explicada pela escolha da cultivar.

A co-inoculação de *B. japonicum* no tratamento de sementes com *A. brasilense* no sulco (BTS+AS) proporcionou um maior número de grãos por vagem, com uma média de 2,39, apresentando diferença significativa dos demais tratamentos, com exclusão apenas da inoculação de *B. japonicum* no tratamento de sementes (BTS), com média de 2,16, conforme Tabela 3. Valores próximos aos encontrados por Bulegon et al. (2016) na co-inoculação da cultura com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, que obteve média de 2,84 grãos por vagem. Apesar do controle apresentar o maior número de vagens por plantas o resultado não foi análogo no número de grãos por vagem, com valor de 1,88.

Não foi observada diferença significativa na variável massa de mil grãos (Figura 2) em relação aos tratamentos, com valores médios entre 151,50 a 170,66 g. Esse resultado demonstra boa nutrição de plantas, especialmente no enchimento de grãos. A massa de mil grãos é um valor característico de cada cultivar, porém isso não impede que esse valor varie em função das condições ambientais e de manejo as quais a cultura é submetida (Silva et al., 2011).

**Figura 2.** Massa de mil grãos (g) em função aos modos de inoculação e co-inoculação da cultura da soja. Controle (C); *B. japonicum* no tratamento de sementes (BTS); *A. brasilense* no tratamento de sementes (ATS); Co-inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* no tratamento de sementes (BATS); Co-inoculação de *B. japonicum* no tratamento de sementes e *A. brasilense* no estágio V3 (BTS+AV3); Co-inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* no sulco (BAS); Co-inoculação de *B. japonicum* no tratamento de sementes e *A. brasilense* no sulco (BTS+AS); Co-inoculação de *A. brasilense* no tratamento de sementes e *B. japonicum* no sulco (ATS+BS)



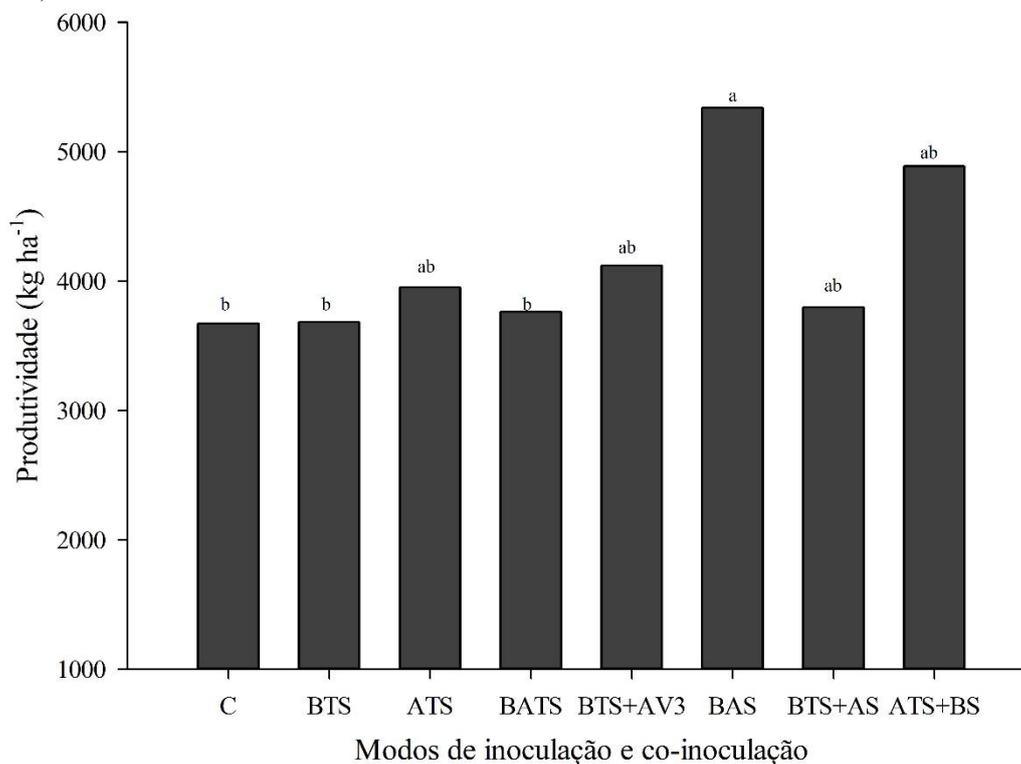
Fonte: autores.

No entanto, observa-se um aumento de 6,7% quando a soja foi submetida a co-inoculação com *A. brasilense* no tratamento de sementes e *B. japonicum* no sulco comparado com a testemunha. Schneider et al. (2017) também não alcançou efeito na massa de mil grãos em soja co-inoculada, apresentando valores semelhantes aos encontrados neste trabalho. Contudo, Braccini et al. (2016b) observou aumento na massa de grãos com a inoculação de *B. japonicum* no tratamento de sementes e na co-inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* no sulco de semeadura (116,54 e 115,58 g, respectivamente), entretanto, os valores foram inferiores aos alcançados nesta pesquisa.

Na avaliação da produtividade de grãos (Figura 3) observou-se que a inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* no sulco de semeadura promoveu um aumento no valor de produtividade, com média de 5.339 kg ha<sup>-1</sup>, não diferindo estatisticamente dos tratamentos ATS, BTS+AV3, BTS+AS e ATS+BS. Os menores resultados foram observados no controle

e nos tratamentos BTS e BATS, que não apresentaram diferenças entre si. Para Braccini et al. (2016b), a co-inoculação via sulco de semeadura pode garantir uma maior população de bactérias no momento da germinação, proporcionando o maior número de células em uma área mais explorada de volume de solo, o que permite a formação de nodulação abundante e eficiente junto à coroa da planta, favorecendo a FBN mais rapidamente.

**Figura 3.** Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função dos modos de inoculação e co-inoculação da cultura da soja. Controle (C); *Bradyrhizobium japonicum* no tratamento de sementes (BTS); *Azospirillum brasilense* no tratamento de sementes (ATS); Co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* no tratamento de sementes (BATS); Co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* no tratamento de sementes e *Azospirillum brasilense* no estágio V3 (BTS+AV3); Co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* no sulco (BAS); Co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* no tratamento de sementes e *Azospirillum brasilense* no sulco (BTS+AS); Co-inoculação de *Azospirillum brasilense* no tratamento de sementes e *Bradyrhizobium japonicum* no sulco (ATS+BS)



Fonte: autores.

Em contrapartida, a inoculação via semente introduz as bactérias somente na superfície do tegumento, promovendo a formação de colônias somente ao redor da semente, em menor área de contato com as raízes. Esses resultados demonstram a alta eficiência das bactérias em fixar N, e suprir adequadamente a cultura com este nutriente, resultando em alta produtividade de grãos (Silva et al., 2011).

Viera Neto et al. (2008) avaliando formas de aplicação de inoculantes e seus efeitos na cultura da soja concluíram que a melhor resposta da cultura à nodulação, após anos de cultivo, ocorre com a aplicação de inoculante líquido no sulco de semeadura, sendo registrados até 50 nódulos por planta. Braccini et al. (2016) obteve melhor rendimento com a inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* no sulco de semeadura, com média de 3.346,90 kg ha<sup>-1</sup> com a cultivar BMX Potência RR, sendo ainda inferior ao encontrado nesse trabalho.

A inoculação no sulco de semeadura, segundo Zilli et al. (2010), tem sido indicada como uma alternativa para tornar compatível o tratamento de sementes com fungicidas e a inoculação da soja com estirpes de *Bradyrhizobium*. Hungria et al. (2007) conduzindo avaliações por cinco safras revelaram que esse método tem a eficiência de suprir a FBN de modo semelhante ao da inoculação tradicional nas sementes da soja.

Desse modo, a co-inoculação via sulco de semeadura mostrou-se tecnicamente viável comparado aos demais tratamentos. Apesar de Zilli et al. (2010) enfatizar o aumento do custo de aquisição do inoculante e as despesas para adaptação das semeadoras e transporte de água para as lavouras com esta técnica, neste trabalho houve uma maior produtividade de grãos, na ordem de 41,88%, quando comparada a co-inoculação no tratamento de sementes (Figura 3). Esse incremento em uma maior produtividade tende a contrabalançar financeiramente a elevação dos custos de produção da soja.

De forma geral, a co-inoculação poderá ser realizada no tratamento de sementes, aplicado via sulco de semeadura, e ainda através da aplicação via barra, juntamente com a pulverização de manejo de plantas daninhas e outras pragas da cultura. Assim, o uso do *Azospirillum brasilense* será utilizado ao mesmo tempo que é realizada uma determinada ação na implantação e desenvolvimento inicial da cultura.

#### **4. Considerações Finais**

A inoculação e co-inoculação de bactérias não apresenta efeitos sobre a altura de inserção da primeira vagem e massa de mil grãos.

A co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* via sulco de semeadura eleva os valores produtivos da cultura da soja, constituindo o melhor tratamento.

A co-inoculação traz acréscimo a produtividade de soja e torna uma ferramenta importante para ser utilizada na cultura. As duas bactérias podem ser aplicadas no sulco de semeadura que é uma prática crescente na cultura da soja.

## Referências

- Almeida, R. D., Peluzio, J. M., & Afférri, F. S. (2011). Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*, 42(1), 108-15.
- Andrade, F. R., Nóbrega, J. C. A., Zuffo, A. M., Martins Jr, V. P., Rambo, T. P., & Santos, A. S. (2016). Características agronômicas e produtivas da soja cultivada em plantio convencional e cruzado. *Revista de Agricultura*, 91(1), 81-91.
- Arnhold, E. (2013). Package in the R environment for analysis of variance and complementary analyses. *Brazilian Journal Veterinary Reseach Animal Science*, 50(6), 488-492.
- Bárbaro, I. M. T., Miguel, F. B., Silva, J. A. A., Libório, P. H. S., Massaro Sobrinho, R., Finoto, E. L., Mateus, G. P., Borges, W. L. B., & Freitas, R. S. (2017). Viabilidade técnica e econômica da co-inoculação de soja no estado de São Paulo. *Revista Nucleus*, Edição Especial, 45-58.
- Barth, G., Francisco, E., Suyama, J. T. & Garcia, F. (2018). Nutrient Uptake Illustrated for Modern, High-Yielding Soybean. *Better Crops*, 102(1).
- Braccini, A. L., Motta, I. S., Scapim, C. A., Braccini, M. C. L., Ávila, M. R., & Meschede, D. K. (2004). Características agronômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. *Bragantia*, 63(1), 81-92.
- Braccini, A. L., Mariucci, G. E. G., Suzukawa, A. K., Lima, L. H. S., & Piccinin, G. G. (2016). Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. *Scientia Agraria Paranaensis*, 15(1), 27-35.
- Bulegon, L. G., Guimarães, V. F., Egewarth, V. A., Santos, M. G., Heling, A. L., Ferreira, S. D., Wengrat, A. A. G. S., & Battistus, A. G. (2016a). Crescimento e trocas gasosas no período vegetativo da soja inoculada com bactérias diazotróficas. *Nativa*, 4(5), 277-286.

Bulegon, L. G., Rampim, L. Klein, J., Kestring, D., Guirmarães, V. F., Battistus, A. G., & Inagaki, A. M. (2016b). Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. *Terra Latinoamericana*, 34(2), 169-176.

Carvalho, J. C., Viecelli, C. A., & Almeida, D. K. (2013). Produtividade e desenvolvimento da cultura da soja pelo uso de regulador vegetal. *Acta Iguazu*, 2(1), 50-60.

EMBRAPA. (2006). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 306 p.

Finoto, E. L., Cordeiro Jr, P. S., Bárbaro-Torneli, I. M., Martins, M. H., Soares, M. B. B., & Martins, A. L. M. (2017). Desenvolvimento e produção de soja co-inoculada com *Azospirillum brasilense* em semeadura direta sobre palhicho de cana crua. *Revista Nucleus*, Edição Especial, 9-14.

Flauzino, D. S., Ribeiro, L. M., & Ceccon, G. (2018). Soja associada a inoculação e coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* após cultivos de outono-inverno. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(1), 47-53.

Hungria, M., Campo, R. J., & Mendes, I.C. (2007). *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. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

Hungria, M., Nogueira, M. A., & Araujo, R. S. (2013). Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. *Biology and Fertility of Soils*, 49(7), 791-801.

Mauad, M., Silva, T. L. B., Almeida Neto, A. I., & Abreu, V. G. (2010). Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. *Revista Agrarian*, 3(9), 175–181.

Ormond, A. T. S., Voltarelli, M. A., Paixão, C. S. S., Gírio, L. A. S., Zerbato, C., & Silva, R. P. (2016). Características agronômicas da soja em semeadura convencional e cruzada. *Revista Agro@ mbiente On-line*, 9(4), 414-422.

Pereira, A. S., et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em:  
[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).

Rezende, P. M., & Carvalho, E. A. (2007). Avaliação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) para o Sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(6), 1616-1623.

Silva, A. F., Carvalho, M. A. C., Schoninger, E. L., Monteiro, S., Caione, G., & Santos, P. A. (2011). Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. *Bioscience Journal*, 27(3).

Silva, A. F., Schoninger, E. L., Monteiro, S., Caione, G., Carvalho, M. A. C., Dalchiavon, F. C., & Noetzold, R. (2011). Inoculação com *Bradyrhizobium* e formas de aplicação de cobalto e molibdênio na cultura da soja. *Revista Agrarian*, 4(12), 98-104.

Schneider, F., Panizzon, L. C., Sordi, A., Lajús, C. R., Cericato, A., & Klein, C. (2017). Eficiência agronômica da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetida a coinoculação. *Scientia Agraria*, 18(4), 72-79.

Vieira Neto, S. A., Pires, F. R., Menezes, C. C. E., Menezes, J. F. S., Silva, A. G., Silva, G. P., & Assis, R. L. (2008). Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(2), 861-870.

Zilli, J. E., Gianluppi, V., Campo, R. J., Rouws, J. R. C., & Hungria, M. (2010). Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(6).

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Nathyelle Assis Camargo – 60%

Wilian Henrique Diniz Buso – 40%