

CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM *RHIZOBIUM* E EM CO-INOCULAÇÃO COM *AZOSPIRILLUM*

Growth of Bean Cultivars as a Function of Seed Inoculation with Rhizobium and Co-inoculation with Azospirillum

Nathan Mickael de Bessa Cunha

Universidade Estadual de Goiás - UEG

Tamires Ester Peixoto Bravo

Universidade Estadual de Goiás - UEG

Andressa Laís Caldeira de Souza

Universidade Estadual de Goiás - UEG

Itamar Rosa Teixeira

Universidade Estadual de Goiás - UEG

Gisele Carneiro da Silva

Universidade Estadual de Goiás - UEG

RESUMO

O nitrogênio é crucial para o feijoeiro, e a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) pode suprir essa necessidade. A adição de microrganismos como *Azospirillum brasilense*, pode melhorar a eficiência da FBN, promovendo o desenvolvimento radicular. O objetivo deste estudo foi investigar o crescimento das cultivares de feijão de alta produtividade após a emergência até o florescimento em resposta à inoculação com *Rhizobium tropici* e co-inoculação com *A. brasilense* comparado a adubação com adubo mineral nitrogenado. Empregou-se o delineamento de blocos casualizados em fatorial 4 x 2 + 8, com quatro repetições, utilizando quatro cultivares de feijão de alta produtividade (BRS FC 402, BRS Estilo, BRS Pitanga e BRS Esteio), submetidas à inoculação com *R. tropici* e em co-inoculação com *A. brasilense* aplicado via semente, além dos tratamentos correspondentes à adubação mineral nitrogenada e sua ausência (testemunha) para cada cultivar. Quinzenalmente, foi avaliado o crescimento das plantas no período compreendido entre 15 e 45 DAE, por meio da medição das alturas, até o florescimento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Concluiu-se que as cultivares de feijão BRS Estilo, BRS Esteio e BRS FC 204 apresentaram maiores taxas de crescimento das plantas em comparação à cultivar BRS Pitanga. A co-inoculação de sementes de feijão com *R. tropici* + *A. brasilense* promoveu maior crescimento das plantas de feijão, equivalente à adubação mineral nitrogenada.

Palavras-chaves: *Phaseolus vulgaris*; FBN; Desenvolvimento de planta.

ABSTRACT

Nitrogen is crucial for common bean plants, and Biological Nitrogen Fixation (BNF) can meet this need. The addition of microorganisms such as *Azospirillum brasilense* can enhance the efficiency of BNF by promoting root development.

The objective of this study was to investigate the growth of high-yielding bean cultivars from emergence to flowering in response to inoculation with *Rhizobium tropici* and co-inoculation with *A. brasilense*, compared to nitrogen mineral fertilization. A randomized block design in a 4 x 2 + 8 factorial arrangement was employed, with four replications, using four high-yielding bean cultivars (BRS FC 402, BRS Estilo, BRS Pitanga, and BRS Esteio), subjected to inoculation with *R. tropici* and co-inoculation with *A. brasilense* applied via seed, in addition to treatments corresponding to nitrogen mineral fertilization and its absence (control) for each cultivar. Plant growth was evaluated biweekly during the period between 15 and 45 days after emergence (DAE) by measuring plant height until flowering. The data obtained were subjected to analysis of variance and Tukey's test at a 5% probability level. It was concluded that the bean cultivars BRS Estilo, BRS Esteio, and BRS FC 204 exhibited higher plant growth rates compared to the BRS Pitanga cultivar. The co-inoculation of bean seeds with *R. tropici* + *A. brasilense* promoted greater plant growth, equivalent to nitrogen mineral fertilization.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; BNF; Plant development.

INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à família Fabacea. É a leguminosa mais consumida no Brasil, onde, juntamente com o arroz, se destaca como prato básico na dieta da população brasileira, sendo uma fonte acessível de proteína, especialmente para a população mais carente. Além disso, é uma importante fonte de renda para agricultores em diferentes níveis tecnológicos nas diferentes regiões do país (Sales, 2020).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão-comum, com produção de aproximadamente três milhões de toneladas de grãos, safra 2021/2022 (CONAB, 2022). No entanto, a produtividade média nacional é de apenas 1.000 kg ha⁻¹. Essa baixa produtividade pode ser atribuída, em parte, às inadequações nas adubações, especialmente em relação ao fornecimento de nitrogênio (N).

O feijoeiro requer alta quantidade nitrogênio, que é o nutriente mais absorvido e sendo um dos fatores limitantes para sua produtividade. Recomenda-se uma dose de 100 kg ha⁻¹, fracionada em duas aplicações, 40 e 60 kg ha⁻¹, respectivamente na base e em cobertura (Vieira, 1998). Essa demanda pode ser suprida pelo N do solo, adubação mineral nitrogenada e Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), contudo, os agricultores que cultivam feijão fazem pouco uso da técnica por não acreditarem em seu potencial.

O N também pode ser fornecido por meio de insumos biológicos em substituição aos fertilizantes químicos industrializados. O uso de insumos biológicos tem se tornado cada vez mais frequente na agricultura moderna, sendo considerado uma alternativa atrativa do ponto de vista econômico e ecologicamente sustentável, pois reduz a utilização de fertilizantes nitrogenados e contribui para evitar a contaminação de aquíferos, lagos e rios, causada pela lixiviação desse nutriente no solo (Garé, 2020).

Atualmente, as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4088 e SEMIA 4080, pertencentes à espécie *Rhizobium tropici*, compõem os inoculantes

comerciais destinados à cultura do feijão. Essas estirpes são resistentes a altas temperaturas do solo, condições de acidez e possuem maior competitividade em comparação às populações nativas de rizóbios no solo, o que as torna mais adaptadas ao cultivo em solos tropicais (Brito et al., 2015). Essas características mudaram significativamente o paradigma do cultivo de feijoeiro, pois inúmeros estudos comprovaram a capacidade da FBN de fornecer o N necessário para a cultura em condições de campo, desde que sejam empregadas as práticas corretas de inoculação (Oliveira et al., 2018).

A co-inoculação pode contribuir para melhorar o desempenho dos rizóbios e a eficiência da FBN no feijoeiro, associando bactérias do grupo rizóbio com bactérias promotoras de crescimento, como o *Azospirillum brasiliense*. Essas bactérias associativas promovem o crescimento vegetal através de alterações fisiológicas devido à liberação de hormônios que promovem aumento no crescimento radicular (Zafar et al., 2012).

Embora as cultivares de feijão apresentem respostas diferenciadas à FBN associada ao *Azospirillum*, os estudos sobre o tema ainda são limitados (Steiner et al., 2019). Essas pesquisas são essenciais para ampliar o uso de inoculantes biológicos como fonte de nitrogênio, potencialmente reduzindo ou eliminando o uso de adubos minerais nitrogenados na cultura. Assim, este estudo teve por objetivo avaliar o crescimento das cultivares de feijão submetidas à inoculação com *Rhizobium tropici* e à co-inoculação com *Azospirillum brasilense*, comparando com a adubação mineral nitrogenada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra das "águas" de 2022/23, na área experimental pertencente à Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária – EMATER em Anápolis-GO. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distroférrico, amostras foram coletadas na camada de 0-20 cm e enviadas ao laboratório para realização de análises físico-químicas, cujos resultados indicaram a recomendação de 1,5 ton ha⁻¹ de calcário dolomítico tipo filler.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em fatorial 4 x 2 + 8, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em quatro cultivares de feijão de alta produtividade pertencentes a diferentes grupos, recomendadas para cultivo: BRS FC 402, BRS Estilo, BRS Pitanga e BRS Esteio. Estas cultivares foram submetidas à inoculação com *Rhizobium tropici* e co-inoculação com *Azospirillum brasilense* aplicados via semente, além dos tratamentos correspondentes à adubação com fonte de N mineral e à ausência de adubação (testemunha) para cada cultivar.

Antes do plantio, foi realizada a dessecação das plantas daninhas da área a ser cultivada, utilizando herbicida, e o preparo de solo foi feito de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. A adubação básica foi feita em todos os tratamentos, utilizando 400 kg ha⁻¹ do adubo formulado 05-25-15. A densidade de semeadura empregada foi de 12 plantas

por metro linear para todas as cultivares estudadas. A adubação de cobertura foi realizada somente no tratamento com adubação mineral, 25 dias após a emergência da cultura (DAE), utilizando ureia como fonte, na dose de 60 kg ha⁻¹. O manejo de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado conforme as necessidades da cultura.

As cultivares utilizadas no experimento são provenientes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Foi utilizado inoculante comercial líquido para feijão, contendo as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088. A dose de referência para a aplicação do inoculante foi de 150 mL por 50 kg de sementes conforme fabricante.

A unidade experimental consistiu em quatro linhas de plantio com 5 metros de comprimento, espaçadas a 0,50 m. As duas linhas centrais foram usadas para as avaliações, enquanto as laterais foram consideradas bordaduras.

A partir de 15 dias após a emergência (DAE) e a cada 15 dias, foram realizados acompanhamentos do crescimento das plantas na área útil da parcela até o pleno florescimento, tomando-se cinco plantas por parcela. As medições foram feitas com régua graduada e trena, da base até o ápice da planta.

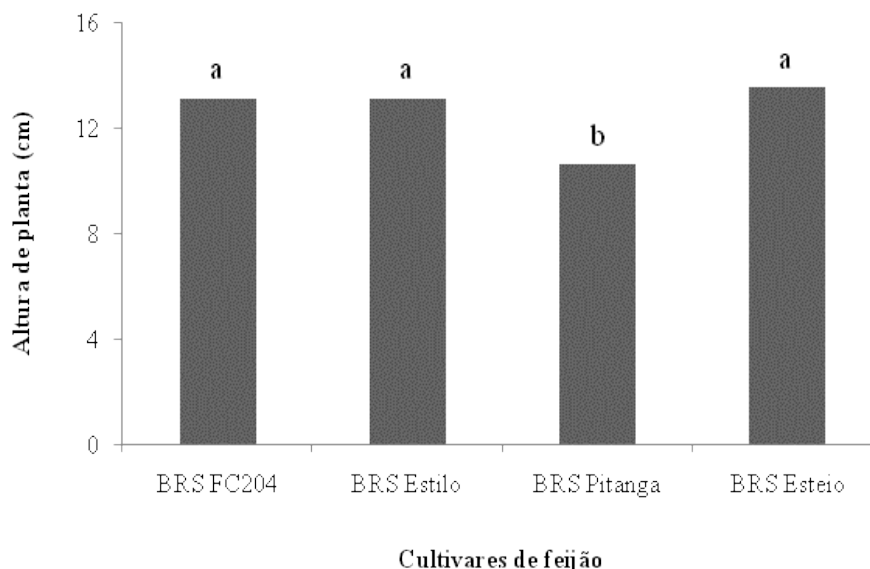
Os dados obtidos foram inicialmente submetidos à análise de variância, seguida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O software SISVAR 5.6 foi utilizado para a análise dos dados (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância indicaram um efeito significativo dos fatores cultivares e inoculação de sementes sobre os dados de crescimento das plantas de feijão no período entre 15 e 45 dias após a emergência (DAE), não havendo, contudo, significância na interação entre esses fatores.

A primeira avaliação de crescimento, realizada aos 15 DAE, mostrou que as cultivares de feijão BRS FC 204, BRS Estilo e BRS Esteio apresentaram as maiores alturas de plantas, diferenciando-se estatisticamente da cultivar BRS Pitanga, que apresentou a menor média de altura de planta (Figura 1), apesar de ser uma planta de porte ereto devido ao seu crescimento determinado (EMBRAPA, 2021). As cultivares BRS FC 204, BRS Estilo e BRS Esteio são classificadas como de hábito de crescimento indeterminado, o que lhes permite crescer mais ao longo do ciclo, em comparação com os materiais genéticos de hábito determinado.

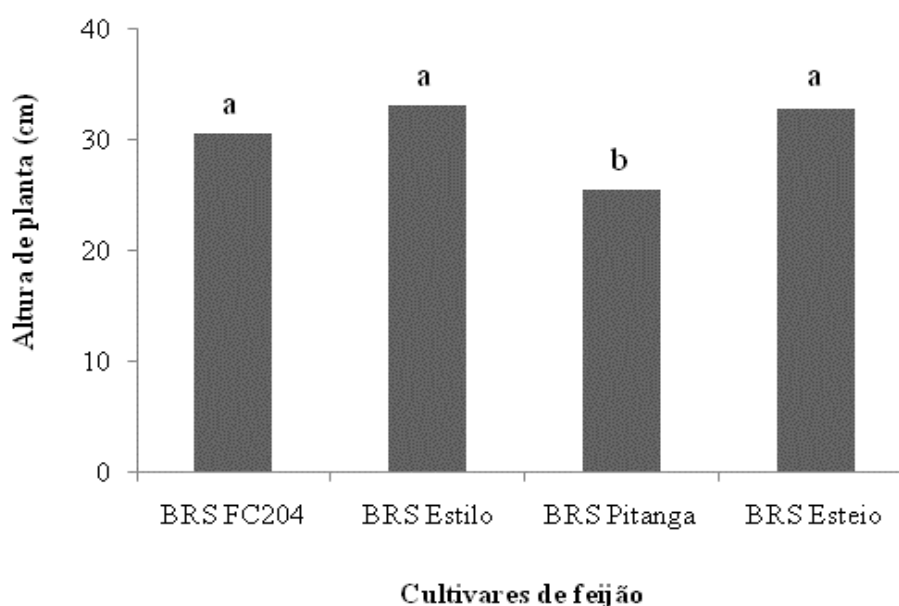
Figura 1 - Altura de plantas de cultivares de feijão aos 15 dias após emergência da cultura.



Fonte: Anápolis-GO, UEG/CET, 2023.

Na segunda avaliação, realizada aos 30 dias após a emergência (DAE), observou-se que as cultivares BRS Estilo e BRS Esteio, seguidas pela BRS FC 204, apresentaram plantas com porte mais elevado. Por outro lado, a menor média de altura de planta foi registrada na cultivar BRS Pitanga, diferenciando-se estatisticamente das demais cultivares estudadas (Figura 2). Esses resultados são consistentes com os obtidos na primeira avaliação, realizada aos 15 DAE, o que pode ser atribuído às diferenças morfológicas entre os materiais estudados, especialmente em relação ao hábito de crescimento.

Figura 2 - Altura de plantas de cultivares de feijão aos 30 dias após emergência da cultura.

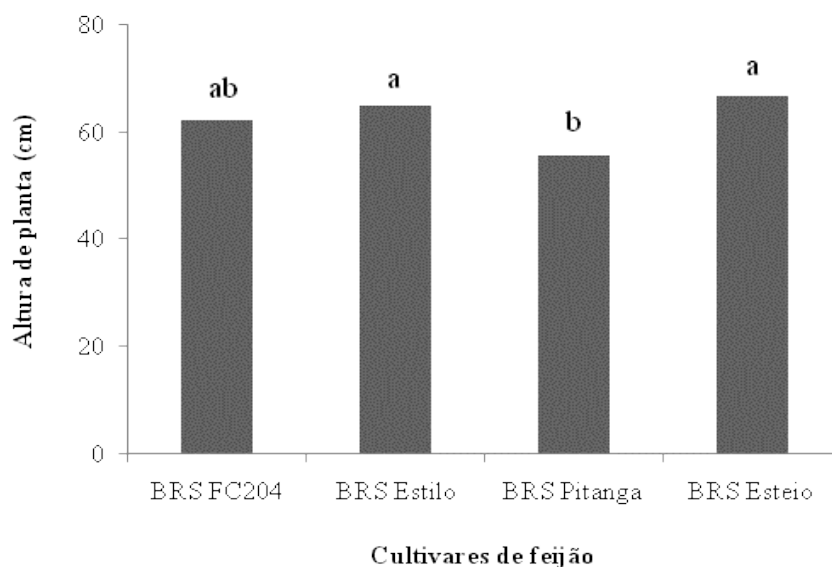


Fonte: Anápolis-GO, UEG/CET, 2023.

Na terceira e última avaliação, realizada aos 45 dias após a emergência (DAE), assim como nas avaliações anteriores, constatou-se que as cultivares BRS Estilo, BRS Esteio e BRS FC 204 apresentaram plantas com porte mais elevado. Em contraste, a cultivar BRS Pitanga apresentou a menor altura média de planta, diferenciando-se estatisticamente das demais cultivares (Figura 3).

As cultivares BRS Estilo e BRS Esteio exibiram plantas com mais de 60 centímetros de altura, enquanto a cultivar BRS Pitanga apresentou alturas médias de aproximadamente 50 cm. Esses valores são típicos para plantas de feijão nessa fase de crescimento.

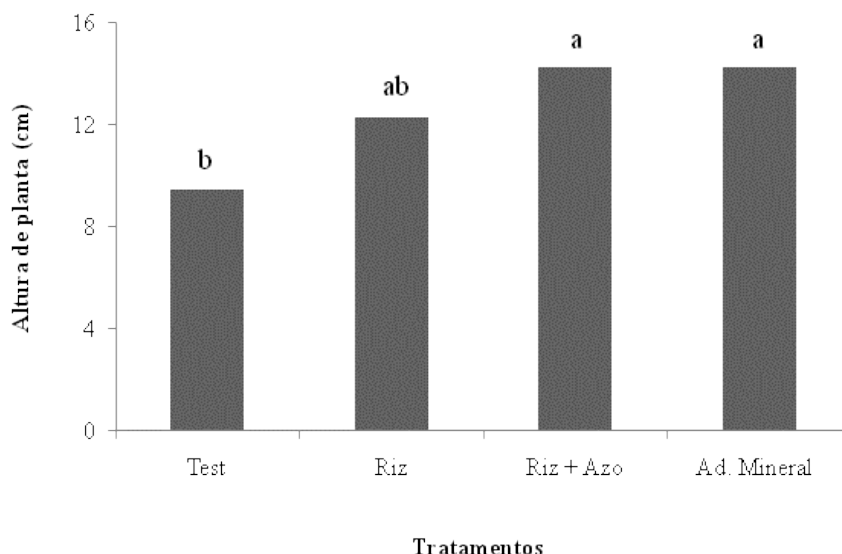
Figura 3 - Altura de plantas de cultivares de feijão aos 45 dias após emergência da cultura.



Fonte: Anápolis-GO, UEG/CET, 2023.

As alturas das plantas também foram influenciadas pelas aplicações dos microrganismos já na primeira avaliação, realizada aos 15 dias após a emergência (DAE) (Figura 4), de maneira equivalente à adubação mineral nitrogenada, independentemente dos materiais genéticos investigados. As maiores alturas de plantas foram observadas no tratamento em que se realizou a co-inoculação das sementes de feijão com *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense*, apresentando resultados estatisticamente equivalentes aos tratamentos que receberam adubação nitrogenada, quando comparados com a inoculação isolada com *R. tropici* (Figura 4). Em contrapartida, a menor média de altura de planta foi encontrada no tratamento testemunha, o que se atribui à incapacidade do solo de fornecer nitrogênio à cultura por meio da matéria orgânica existente, além da incapacidade da população nativa de bactérias fixadoras de nitrogênio de atender à demanda das plantas.

Figura 4 - Altura de plantas de feijão aos 15 dias após emergência em função dos tratamentos: Testemunha (Test), *Rhizobium tropici* (Riz), *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense* (Riz + Azo) e Adubação mineral (Ad. Mineral).

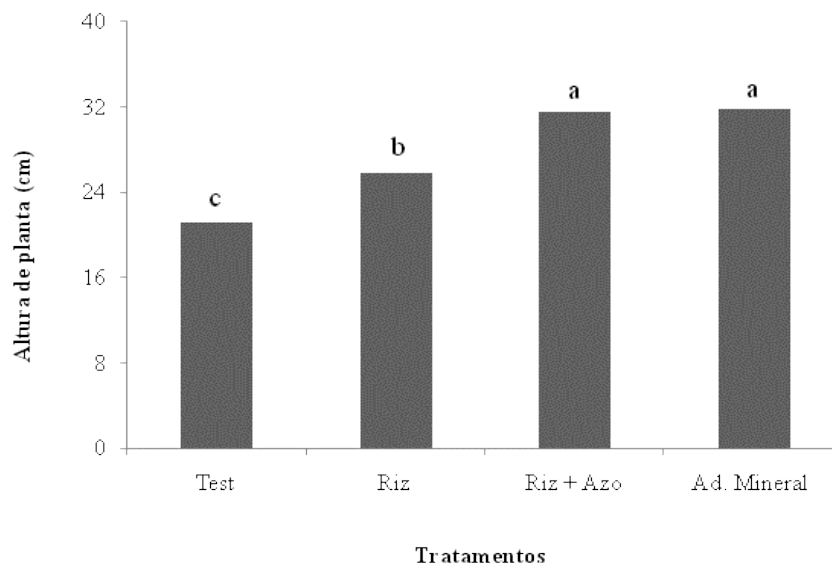


Fonte: Anápolis-GO, UEG/CET, 2023.

Na segunda avaliação, realizada aos 30 dias após a emergência (DAE), observou-se um comportamento semelhante ao verificado aos 15º DAE, com destaque para o tratamento que recebeu a co-inoculação com *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense*, estatisticamente equivalente à adubação mineral, ambos apresentando as maiores médias de altura de plantas. Em seguida, o tratamento com inoculação de *R. tropici* isoladamente apresentou alturas de plantas intermediárias, diferenciando-se estatisticamente dos dois primeiros tratamentos e da testemunha, que apresentou as menores alturas de plantas (Figura 5).

O fato de *A. brasilense* promover maior crescimento das plantas pode ser atribuído à sua capacidade de aumentar a produção de fitohormônios, como auxinas e citocininas, o que promove um maior desenvolvimento radicular (Steiner et al., 2019). Isso justifica o melhor efeito da co-inoculação de células rizobianas com *A. brasilense* nas sementes, observado neste estudo.

Figura 5 - Altura de plantas de feijão aos 30 dias após emergência em função dos tratamentos: Testemunha (Test), *Rhizobium tropici* (Riz), *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense* (Riz + Azo) e Adubação mineral (Ad. Mineral).

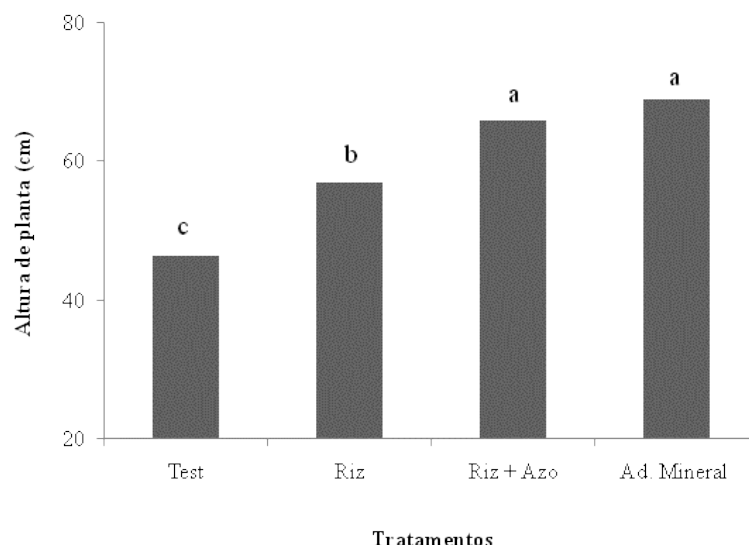


Fonte: Anápolis-GO, UEG/CET, 2023.

Na última avaliação, realizada aos 45 dias após a emergência (DAE), foi possível confirmar os resultados das avaliações anteriores (15 e 30 DAE), com a maior média de altura de plantas de feijão observada no tratamento em que se realizou a co-inoculação com *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense*. Esse resultado foi estatisticamente equivalente ao tratamento que recebeu adubação mineral nitrogenada (Figura 6).

A co-inoculação das sementes contribuiu diretamente para a fixação biológica de nitrogênio, proporcionando o desenvolvimento de raízes mais robustas, associadas a uma maior população de células rizobianas, o que promoveu um crescimento superior das plantas. Segundo Coelho (2021), a associação de *R. tropici* + *A. brasilense* potencializa o desenvolvimento do feijoeiro, especialmente nas raízes, resultando em melhores condições para a fixação de nitrogênio. O maior volume radicular gerado por *A. brasilense* também otimiza a absorção de água e nutrientes no solo, além de aumentar o crescimento da parte aérea e a produção de grãos.

Figura 6 - Altura de plantas de feijão aos 45 dias após emergência em função dos tratamentos: Testemunha (Test), *Rhizobium tropici* (Riz), *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense* (Riz + Azo) e Adubação mineral (Ad. Mineral).



Fonte: Anápolis-GO, UEG/CET, 2023.

O emprego da co-inoculação nas sementes de feijão independente do material genético demonstrou que essa técnica possibilita a obtenção de melhor desenvolvimento da parte aérea das plantas, que apresentaram alturas médias superiores à 60 centímetros. Por outro lado, as plantas que não receberam nenhum tratamento, as testemunhas, apresentaram alturas médias de aproximadamente 45 centímetros, evidenciando a eficiência da inoculação realizadas nas sementes de feijão, sobretudo quando realizada a *R. tropici* + *A. brasilense*.

De acordo com Steiner et al. (2019), houve aumento notável no acúmulo de matéria seca tanto na parte aérea quanto nas raízes, em comparação com plantas não inoculadas do feijão comum 'Pérola'. Além disso, a co-inoculação de sementes de feijão com *A. brasilense* pode apresentar redução nos custos de produção, visto que o emprego da técnica promoveu resultado equivalente ao uso da adubação mineral nitrogenada.

CONCLUSÕES

O crescimento das plantas de feijão não é influenciado pela interação entre os fatores cultivares e a aplicação de inoculantes.

As cultivares de feijão BRS Estilo, BRS Esteio e BRS FC 204 apresentam taxas de crescimento superiores em comparação com a cultivar BRS Pitanga.

A co-inoculação das sementes de feijão com *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense* promove um maior crescimento das plantas, com resultados equivalentes a adubação mineral nitrogenada.

REFERÊNCIAS

BRITO, L.F.; PACHECO, R.S.; SOUZA FILHO, B.F.; FERREIRA, E.P.B.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A.P., Response of common bean to *Rhizobium* inoculation and supplemental mineral nitrogen in two brazilian biomes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 981-992, 2015.

COELHO, L.G.F.; BOMFIM, C.A.; MENDES, I.C.; VALE, H.M.M.; REIS JÚNIOR, F.B. **Inoculação do feijoeiro no Brasil: alternativas para aumentar a produtividade utilizando microorganismos promotores de crescimento vegetal**. Embrapa Cerrados: Planaltina-DF, 2021. 47p. (Documento 384)

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2022/23, 3º levantamento**. Dezembro 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/>>. Acesso em: 09 jan. 2023.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do feijão**. Novembro 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao>>. Acesso em: 09 jan. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GARÉ, L.M. **Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema de plantio direto em fase inicial e consolidado**. 2020. 53p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2020.

OLIVEIRA, D.P.; SOARES, B.L.; FRANCESCHINI, L.A.; CARDILLO, B.E.S.; RUFINI, M.; MORAES, A.R.; MOREIRA, F.M.S.; ANDRADE, M.J.B. Viability of liquid medium-inoculation of *Rhizobium etli* in planting furrows with common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 394-398, 2018.

SALES, L.Z.S. **Momentos de reinoculação de *Rhizobium tropici* no feijoeiro na implantação de sistema de plantio direto**. 2020. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2020.

STEINER, F.; FERREIRA, H.C.P.; ZUFFO, A.M. Canco-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* increase common bean nodulation and grain yield? **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, p. 81-98, 2019.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J; BORÉM, A. (Eds). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1998. Cap. 6, p.123-151.

ZAFAR, M.; ABBASI, M.K.; KHAN, M.A.; KHALIQ, T.; SULTAN, T.; ASLAM, M., Effect of plant growth-promoting Rhizobacteria on growth, nodulation and nutrient accumulation of lentil under controlled conditions. *Pedosphere*, v. 22,p. 848-859, 2012.

Contato dos autores:

Autor: Nathan Mickael de Bessa Cunha
E-mail: nathanmickael123@gmail.com

Autora: Tamires Ester Peixoto Bravo
E-mail: tamiresbravo2015@gmail.com

Autora: Andressa Laís Caldeira de Souza
E-mail: andressalais10@hotmail.com

Autor: Itamar Rosa Teixeira
E-mail: itamar.texeira@ueg.br

Autora: Gisele Carneiro da Silva
E-mail: gisele.carneiro@ueg.br

Manuscrito aprovado para publicação em: 10/12/2024