



Eficiência da Coinoculação de Bactérias Diazotróficas no Crescimento e Produtividade do Feijoeiro ⁽¹⁾

Rosineide Medrado de Macedo⁽²⁾; Antônio Anicete de Lima⁽³⁾; Gisele Renata de Castro⁽⁴⁾; Lenita Aparecida Conus⁽⁵⁾; Edielson Almeida da Silva⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - Campus Ariquemes.

⁽²⁾ Graduanda em Biologia, Departamento de Biologia, Instituto Federal de Rondônia - Campus Ariquemes, RO. rosi.turismologa.bio@gmail.com

⁽³⁾ Engenheiro agrônomo, professor doutor, Departamento de Produção Vegetal, Instituto Federal de Rondônia - campus Ariquemes, RO. antonio.anicete@ifro.edu.br

⁽⁴⁾ Bióloga, professora mestranda, Departamento de Biologia, Instituto Federal de Rondônia - Campus Ariquemes, RO. gisele.renata@ifro.edu.br

⁽⁵⁾ Eng. agrônoma, professora doutora, Departamento de Produção Vegetal, Instituto Federal de Rondônia - Campus Ariquemes, RO. lenita.conus@ifro.edu.br

⁽⁶⁾ Técnico em Agropecuária, Departamento de Produção Vegetal, Instituto Federal de Rondônia - Campus Ariquemes. edielson.almeida@ifro.edu.br

RESUMO: A pesquisa foi conduzida em ambiente protegido, com o objetivo de avaliar o efeito da inoculação e da coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, no crescimento, produção de massa fresca de nódulos, massa seca da parte aérea, de raízes, acúmulo de N na parte aérea e na produtividade em plantas de feijão da cv. Pérola. Considerando as condições de desenvolvimento desse experimento, a coinoculação com e sem enraizador, o *R. tropici* mais *A. brasilense* promoveu de forma significativa a produção de biomassa fresca e seca da planta, especialmente de raízes e nódulos em 16,48% e 23,04% respectivamente, em relação aos tratamentos sem coinoculação. A produtividade média de grãos com a inoculação e coinoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* foi de 1.527,65 kg ha⁻¹, um incremento de 22,66 % em relação aos demais tratamentos, inclusive a testemunha com aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N.

Termos de indexação: *Phaseolus Vulgaris* L., Bactérias Promotoras de Crescimento, Produção.

INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos principais componentes da dieta alimentar brasileira, constituindo uma das mais importantes fontes de proteína vegetal, sobretudo para a população de baixa renda (SOUZA et al., 2005).

Rondônia é o estado da região Norte com maior área cultivada com feijão, todavia, o rendimento encontra-se entre os menores, quando comparado com os principais estados produtores do país. Na safra 13/14, a área cultivada foi de 33.000 ha, com uma produção de 23.800 t e uma produtividade média de 721 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014). Esse fato decorre da susceptibilidade da cultura à doenças e ao baixo nível tecnológico adotado pela maioria dos produtores. A busca por maiores

produtividades com maior rentabilidade passa pela melhoria do solo e da nutrição vegetal, em especial da adubação nitrogenada (MALAVOLTA, 2006). A fixação biológica por bactérias diazotróficas é uma das formas mais importante de fixação nitrogênio atmosférico das leguminosas na forma de amônio, contribuindo para aumento da produtividade com redução dos custos, já que as bactérias podem ser inoculadas juntamente com a semente. Essa reação de fixação biológica de nitrogênio atmosférico é realizada por microrganismos procarióticos conhecidos como diazotróficas, que podem ser de vida livre, estar associados a espécies vegetais ou, estabelecer simbiose com leguminosas (MOREIRA et al., 2010), destacando-se nesse grupo os gêneros *Azospirillum* e *Rhizobium*.

As BCP quando utilizadas de forma associada podem aumentar no feijoeiro a produção de massa seca, o número de nódulos, de pelos radiculares, o comprimento e peso fresco de raízes, devido principalmente a liberação de fitormônios (BURDMAN et al., 1997; GERMAN et. al, 2000); aumentando ainda, a absorção de água e nutrientes, refletindo em maior produtividade de grãos, conforme observado por Ögüt et al. (2005), ao inocular semente de feijão com *Azospirillum brasilense*.

Mediante o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da inoculação e coinoculação de feijão com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no crescimento, desenvolvimento, produção e fixação de nitrogênio, com e sem aplicação de Mo e Co via foliar no Estado de Rondônia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no setor de Olericultura do Instituto Federal de Rondônia, Campus Ariquemes, no



período de agosto a outubro de 2014. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de 20 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio mais o enraizador GeoRaiz LegMoCo[®] com (*R. tropici*, *A. brasilense*, *A. brasilense* mais *R. tropici* e *R. nativos*), sem enraizador (*A. brasilense* mais *R. tropici*) e por duas testemunhas sem enraizador (a primeira com adubação básica e em cobertura com 40 kg ha⁻¹ de N e a segunda apenas com aplicação de calcário dolomítico). A parcela experimental foi constituída por 12 plantas espaçadas de 80 x 15 cm com área útil de 1,50 cm².

Por ocasião do florescimento, 45 dias após a semeadura (DAS) foram avaliadas as seguintes variáveis: massa fresca de nódulos, massa seca da parte aérea, de raízes e acúmulo de nitrogênio na parte aérea. Aos 72 DAS foi realizada a colheita de quatro plantas para determinação produção por planta e rendimento da cultura. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão sendo as médias dos diferentes tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coinoculação com *R. tropici* e *A. brasilense* apresentou efeito significativamente superior aos demais tratamentos com relação produção de biomassa fresca de nódulos, massa seca da parte aérea, de raízes, acúmulo de nitrogênio, produção por planta e produtividade.

Houve efeito estatisticamente significativo na produção de massa seca da parte aérea do feijoeiro (p<0,01), porém, não apresentando diferenças significativas entre o tratamento convencional, a associação de bactérias promotoras de crescimento e o *Rhizobium* nativo (Tabela 1). A média de biomassa seca da parte aérea na associação *R. tropici* e *A. brasilense* foi 16,46% superior aos tratamentos em que as bactérias não foram coinoculadas.

Os rizóbios nativos na presença do enraizador de crescimento apresentaram uma resposta significativa quanto a produção de massa seca da parte aérea, sendo superada apenas pela associação *R. tropici* mais *Azospirillum* sem o referido enraizador. Os dados indicam a importância da coinoculação de bactérias diazotróficas, bem como do enraizador na produção de biomassa seca da parte aérea da planta, sendo nesse caso mais específico para as bactérias nativas, mesmo que aplicação de *A. brasilense* tenha sido efetuada via foliar. Por outro lado, a associação *A. brasilense* e *R. nativos* foi 19,49% menor na produção de

biomassa da parte aérea, quando comparada com a coinoculação com *R. tropici*, evidenciando nesse caso uma certa especificidade entre as bactérias diazotróficas.

Tabela 1 - Avaliação de feijoeiro, cultivar Pérola, aos 45 DAS, Massa seca da parte aérea (MSPa), massa seca de raiz (MSRz), massa seca total (MST) e massa fresca de nódulos (MFNd), inoculado e coinoculado com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, mais estimulador de enraizamento GeoRaiz LegMoCo[®] com aplicação de fertilizantes minerais na adubação básica. IFRO, Campus Ariquemes, RO, 2014.

Tratamentos	MSPa	MSRz	MST	MFNd
	(mg/planta)			(mg/planta ⁻¹)
Inoculação com bactérias promotoras de crescimento com adubação básica mais enraizador LegMoCo [®]				
RZ TP	17,17 b	8,59 b	25,75 b	1430,26 c
AZ BR+RZ				
NT	15,97 b	7,98 b	23,95 b	1365,00 c
RZ NT	19,76 a	9,88 a	29,64 a	922,23 d
AZ BR+RZ	18,78 a	9,39 a	28,16 a	1666,66 b
TP				
Inoculação com bactérias promotoras de crescimento com adubação básica e sem enraizador				
AZ BR+RZ-				
SG	20,89 a	10,75 a	31,35 a	2002,68 a
Tratamentos com fertilização básica e em cobertura e com calagem ambos sem enraizador e sem BPC				
Convencional	23,00 a	11,50 a	34,50 a	244,44 e
Cultivo				
Regional	13,99 b	6,99 b	20,98 b	355,55 e
CV(%)	11,31	11,31	11,31	14,77

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade, p<0,05, DAS – dias após a semeadura. ⁽¹⁾ CV corrigido pela fórmula: $y = \sqrt{x}$ **Tratamentos** - **RZ TP** – inoculação na semente *Rhizobium tropici*; **AZ BR + RZ NT** - *Azospirillum brasilense* (aplicação foliar) + *Rhizobium nativo*; **RZ NT** - *Rhizobium nativo*; **AZ BR+RZ TP** – coinoculação *Azospirillum brasilense* + *Rhizobium tropici*; **AZ BR+RZ TP-SIGE** – coinoculação *Azospirillum brasilense* + *Rhizobium tropici* sem enraizador GeoLeg RaizMoCo[®]; **Convencional** – cultivo convencional com adubação básica e em cobertura com 40 kg ha⁻¹ de N e sem aplicação enraizador e bactérias promotoras de crescimento (BPC); **Cultivo regional** - apenas com calagem sem aplicação de adubação básica e em cobertura e sem aplicação de enraizador e BPC.

Os tratamentos apresentaram efeito significativo em relação à produção de massa seca de raízes (p<0,01) sendo o maior valor observado nos tratamentos com adubação nitrogenada 40 kg ha⁻¹, ou seja, sistema de cultivo convencional, na associação de bactérias diazotróficas e em *R. nativos* (Tabela 1). Esse valor médio de produção de biomassa seca de raízes foi 17,21% maior nos tratamentos coinoculados, do que quando as bactérias diazotróficas foram aplicadas separadamente, exceto para *R. nativos*.

Os tratamentos apresentam efeito significativo na produção de massa seca total do feijoeiro ($p < 0,01$), sendo observado maior valor médio na testemunha com adubação básica e em cobertura, porém não diferindo da coinoculação com as bactérias diazotróficas e nem com *R. nativo* (Tabela 1).

A massa fresca de nódulos de raízes de feijoeiro foi estatisticamente significativa na coinoculação *A. brasilense* e *R. tropici* ($p < 0,01$), apresentado uma média de 32,46% superior aos tratamentos em que não houve a associação das referidas bactérias (Tabela 1). Ainda nesse caso, o enraizador aplicado de forma foliar apresentou menor eficiência na nodulação, do que o tratamento sem a utilização do referido produto.

Os tratamentos com bactérias associadas apresentaram um incremento de 16,38% maior do que nos tratamentos com *R. tropici* e *A. brasilense* mais *R. nativo*, inoculadas isoladamente. Esses resultados indicam que as referidas bactérias promotoras de crescimento quando inoculadas de forma associada, promovem melhor produção de biomassa seca, resultante do efeito no aumento da fixação de N, na síntese da clorofila e na produção de carboidratos. Já as bactérias *R. nativas* não associadas ao *Azospirillum*, estimuladas pelo enraizador, produziram 16,16% mais biomassa seca total do que o *R. tropici* e o *Azospirillum* associado aos *R. nativos*, evidenciando nesse último caso o potencial genético dessa bactéria na produção de massa seca total da planta, bem como, a sua adaptação as condições edafoclimáticas locais de solos ácidos e pobres em matéria orgânica.

Os tratamentos apresentaram efeito significativo em relação ao acúmulo de nitrogênio na parte aérea aos 45 dias após a semeadura ($p < 0,01$), destacando-se a eficiência da coinoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* e dos rizóbios nativos média de 652,01 mg planta⁻¹, porém, nesse caso, não sendo observada diferença significativa em relação ao cultivo convencional com aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N.

Pesquisando a cultura de feijão em vaso, CORSINI (2014) observou que a inoculação conjunta de *A. brasilense* mais *R. tropici* na dose de 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio, proporcionou maiores teores de N no feijoeiro (25,01 g planta⁻¹) quando comparado ao tratamento apenas com *A. brasilense* (21,02 g planta⁻¹), evidenciando assim a importância da associação dessas bactérias na fixação biológica de nitrogênio.

Tabela 2 - Avaliação da produção de grãos por planta, produtividade, acúmulo de nitrogênio na parte aérea do feijoeiro, cultivar Pérola, aos 73 dias após a semeadura, inoculado e coinoculado

com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, mais estimulador de enraizamento GeoLeg RaizMoCo® e com aplicação de fertilizantes minerais na adubação básica. IFRO, Campus Ariquemes, RO, 2014.

Tratamentos	Produção grãos Planta (g planta ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Nitrogênio (mg planta ⁻¹)
Inoculação com bactérias promotoras de crescimento com adubação básica mais enraizador			
RZ TP	18,89 a	1574,25 a	522,29 b
AZ BR+RZ NT	13,96 b	1163,55 b	420,07 b
RZ NT	14,51 b	1209,32 b	634,76 a
AZ BR+RZ TP	16,95 a	1412,51 a	700,65 a
Inoculação com bactérias promotoras de crescimento com adubação básica e sem enraizador			
AZ BR+RZ-SG	19,16 a	1596,19 a	772,79 a
Tratamentos com fertilização básica e em cobertura e com calagem ambos sem enraizador e sem BPC			
Convencional	14,06 b	1171,47 b	420,07 b
Cultivo regional (Cal.)	11,92 b	993,62 b	8,45 ⁽¹⁾
CV(%)	8,87	8,87	700,65 a

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade, $p < 0,05$, DAS – dias após a semeadura. ⁽¹⁾CV corrigido pela fórmula: $y = \sqrt{x}$ **Tratamentos** - **RZ TP** – inoculação na semente *Rhizobium tropici*; **AZ BR + RZ NT** - *Azospirillum brasilense* (aplicação foliar) + *Rhizobium nativo*; **RZ NT** - *Rhizobium nativo*; **AZ BR+RZ TP** – coinoculação *Azospirillum brasilense* + *Rhizobium tropici*; **AZ BR+RZ TP-S/GE** – coinoculação *Azospirillum brasilense* + *Rhizobium tropici* sem enraizador GeoLeg RaizMoCo®; **Convencional** – cultivo convencional com adubação básica e em cobertura com 40 kg ha⁻¹ de N e sem aplicação enraizador e bactérias promotoras de crescimento (BPC); **Cultivo regional** - apenas com calagem sem aplicação de adubação básica e em cobertura e sem aplicação de enraizador e BPC.

Meirelles et al. (2014) obtiveram maior produtividade com a inoculação da semente de feijão com uma dose de 2 g kg⁻¹ do inoculante comercial a base de *Rhizobium tropici* e, aplicação posterior no feijoeiro, via foliar de 200 ml ha⁻¹ do produto comercial a base de *Azospirillum brasilense*. Utilizando a recomendação acima referida, a produtividade em grãos na coinoculação *R. tropici* mais *Azospirillum* apresentou um incremento de 19,86% superando assim, a inoculação com *R. tropici* e ao sistema de cultivo convencional, quando foram utilizados 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 60 kg ha⁻¹ em cobertura.

A aplicação de Mo e Co, via foliar, na semente ou mesmo no solo, estimula a atividade de bactérias diazotróficas endofíticas simbióticas, aumentando a produção de biomassa e a produtividade, principalmente por favorecer a fixação de N atmosférico. BERGER et al. (1996), observaram maiores produtividades com a cultivar



de feijão Ouro Negro, com aplicação de 80 a 90 g ha⁻¹ via foliar, quando a aplicação foi realizada de 14 a 28 dias após a emergência do feijoeiro. Nesse caso, o teor máximo de N nas folhas (3,57 g/hg) foi alcançado com a dose de 67 g ha⁻¹ de Mo, 21% a mais em relação à dose zero. Isso pode ser explicado pelo fato do molibdênio ser componente de duas enzimas, importantes no metabolismo do nitrogênio: a nitrogenase, essencial à fixação do N do ar nos nódulos radiculares, e a redutase do nitrato, indispensável ao aproveitamento dos nitratos absorvidos pelo feijoeiro (EPSTEIN, 1975; VIEIRA, 1994).

Na ausência do fornecimento de nitrogênio em cobertura, Gitti et al. (2012) observam na cultura do feijoeiro que a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* proporcionou maior teor de N foliar, porém não influenciando no desenvolvimento de plantas, nos componentes de produção e na produtividade de grãos dos feijões avaliados, embora não tenham relatado diferenças significativas na coinoculação *R. tropici* e *A. brasilense*.

CONCLUSÕES

A coinoculação de *R. tropici* e *A. brasilenses* e a inoculação com *R. tropici* foram mais eficientes no rendimento do feijoeiro do que adubação básica e em cobertura, recomenda para a cultura.

A aplicação de *A. brasilense* de forma isolada, apresentou efeito similar ao *R. tropici* em relação a quase todos os parâmetros pesquisados, exceto, na produção de grãos planta⁻¹ e na produtividade geral da cultura que foram significativamente maiores no tratamento com *R. tropici*.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – Campus Ariquemes.
À Nitro 1000 – Inoculantes Biológicos.
À Central Agrícola – Vilhena/RO.

REFERÊNCIAS

BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G. de A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.31, n.7, p.473-480, 1996.

BURDMAN, S.; KIGEL, J.; OKON, Y. Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Soil Biology & Biochemistry, v.29, n.5/6, p.923-929, 1997.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. PROPOSTA DE PREÇOS MÍNIMOS - SAFRA 2013/14 Produtos da safra de verão. Volume II – SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO DA OFERTA – SUGOF Abril de 2013.

CORSINI, D.C.D.C. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* e adubação nitrogenada em cobertura em feijoeiro de inverno irrigado em sistema plantio direto. Ilha Solteira, SP, UNSP – Júlio de Mesquita Filho, 2014. 40p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas.** Princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.

FERREIRA, D.F. Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR). Lavras: UFLA - DEX. 2000.

GERMAN, M.A.; BURDMAN, S.; OKON, Y. et al. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. Biology and Fertility of Soil, v.32, p.259-264, 2000.

GITTI, D.C.; ARF, O.; KANEKO, F.H. et al. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. Revista Agrarian, Dourados, v.5, n.15, p. 36-46, 2012.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição Mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638pp.

MEIRELLES, F.C.; CORSINI, D.C.D.C.; GERLACH, G.A.X. et al. Coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* em feijão em cultivo irrigado. In: Congresso nacional de pesquisa de feijão (CONAFE), 10., 2014, Londrina, Anais Web, Londrina: IAPAR, jul. 2014. Disponível em: <http://www.conafe2014.com.br/_apps/trabalhos/277/277_1.rf> Acesso em: 15 de Mar. 2014.

MOREIRA, F.M. de S.; SILVA, K. da; NÓBREGA, R.S.A. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. Comunicata scientiae, v.1, p.74-99, 2010.

ÖĞÜT, M.; AKDAĞ, C.; DÜZDEMİR, O. et al. Single and double inoculation with *Azospirillum/Trichoderma*: the effects on dry bean and wheat. Biology and Fertility of Soil, v.41, p.262-272, 2005.

SOUZA, F DE F.; RAMALHO, A.R.; NUNES, A.M.L. Cultivo do feijão comum em Rondônia: importância econômica. Porto Velho, RO, 2005. (Sistemas de Produção 8).

VIEIRA, R.F. Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo. Piracicaba, SP, ESALQ, 1994. 188 p.). Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Agronomia.