

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCAS MARTINS GARÉ

**REINOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* NO DESENVOLVIMENTO E
PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO EM FASE
INICIAL E CONSOLIDADO**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCAS MARTINS GARÉ

**REINOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* NO DESENVOLVIMENTO E
PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO
EM FASE INICIAL E CONSOLIDADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção

Prof. Dr. Orivaldo Arf
Orientador

Ilha Solteira
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

G212r Garé, Lucas Martins.
Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema plantio direto em fase inicial e consolidado / Lucas Martins Garé. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
56 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2020

Orientador: Orivaldo Arf
Inclui bibliografia

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Fixação biológica de N. 3. Coinoculação. 4. Coinoculação. 5. Inoculação suplementar.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

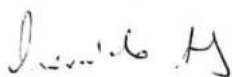
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: *Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema plantio direto em fase inicial e consolidado*

AUTOR: LUCAS MARTINS GARÉ

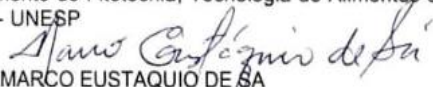
ORIENTADOR: ORIVALDO ARF

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



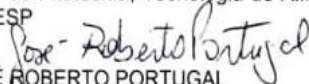
Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO PORTUGAL

Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Ilha Solteira, 27 de fevereiro de 2020

DEDICO

Aos meus pais **Ézio Garé** e **Aparecida de Oliveira Martins Garé** por todo amor, carinho, apoio e dedicação.

Ao meu irmão **Higor Martins Garé**, pela amizade e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela vida, saúde e proteção. Por sempre iluminar meus caminhos e pelas oportunidades que surgiram em minha vida.

Aos meus pais Ézio Garé e Aparecida de Oliveira Martins Garé e ao meu irmão Higor Martins Garé, por todo apoio, amor e carinho, pessoas estas que são a minha base, sempre me guiando e incentivando.

À Alessandra Beatriz Oliveira, pelo amor, carinho e companheirismo, sempre me apoiando e encorajando a ir em busca dos meus objetivos.

Ao meu orientador Profº Drº Orivaldo Arf, pela orientação, amizade, apoio e ensinamentos desde o início da graduação, sempre com disponibilidade de tempo e paciência para nos ajudar com as pesquisas.

Aos companheiros de estágio da “Equipe Arf” pelo auxílio na condução dos experimentos, além da amizade, apoio e trabalho em equipe.

A todos os amigos da graduação e da pós-graduação pela amizade, companheirismo e momentos de descontração.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de bolsa de estudo e apoio financeiro.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Campus de Ilha Solteira, pela estrutura física, todo suporte e oportunidade de realização desta pesquisa.

A todo o corpo docente da pós-graduação, pelo conhecimento transmitido, orientações e incentivo, sendo fundamental na minha formação profissional.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE); Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos; seção de Pós-Graduação; Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão; Laboratório de Análise de Plantas do DFTASE e biblioteca.

RESUMO

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma alternativa de suprimento de nitrogênio (N) positiva do ponto de vista econômico e ambiental, podendo fixar de 20 a 30% da demanda do feijoeiro pelo nutriente. A reinoculação com *Rhizobium tropici* (inoculação suplementar) pode compensar a senescência precoce dos nódulos, promovendo o surgimento de novos nódulos. Dessa forma, objetivou-se estudar os efeitos da inoculação com *Rhizobium tropici*, coinoculação de *Azospirillum brasilense* e reinoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijoeiro no sistema plantio direto (SPD) em fase inicial e consolidado, visando avaliar a eficiência da nodulação, desenvolvimento da cultura e produtividade de grãos. O estudo foi realizado no município de Selvíria-MS, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, disposto em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocados os tratamentos: **T1** - Testemunha; **T2** - 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura (ureia); **T3** - Inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*; **T4** - Inoculação das sementes com *Rhizobium tropici*; **T5** - Coinoculação das sementes, e, nas subparcelas, a presença ou ausência do manejo da reinoculação no estágio V₄₋₄. Os experimentos foram conduzidos nas safras de 2018 e 2019. Constatou-se que a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura reduz o número e massa seca de nódulos. O tratamento inoculado com *Rhizobium tropici* nas sementes e o adubado com 90 kg ha⁻¹ apresentaram maiores produtividades apenas na safra 2018 em SPD consolidado. A reinoculação com *Rhizobium tropici* incrementou a produtividade de grãos em ambos os sistemas na safra 2019, em que se utilizou o cultivar IPR Campos Gerais.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris* L. Fixação biológica de N. Coinoculação. Inoculação suplementar.

ABSTRACT

The biological nitrogen fixation (BNF) is an alternative of nitrogen (N) supply positive from the economic and environmental point of view, being able to fix 20 to 30% of the common bean demand for the nutrient. The reinoculation with *Rhizobium tropici* (supplementary inoculation) can compensate for the early senescence of the nodules, promoting the appearance of new nodules. Thus, the objective was to study the effects of inoculation with *Rhizobium tropici*, co-inoculation of *Azospirillum brasilense* and reinoculation with *Rhizobium tropici* in common bean culture in the no-tillage system (SPD) in an initial and consolidated phase, in order to evaluate the efficiency of nodulation, crop development and grain yield. The study was carried out in Selvíria-MS, in a typical clayey dystrophic RED LATOSOL. The experimental design was randomized blocks, arranged in a split plot scheme, with four replications. The parcels were allocated the treatments: T1 - Witness; T2 - 90 kg ha⁻¹ of N in coverage (urea); T3 - Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*; T4 - Seed inoculation with *Rhizobium tropici*; T5 - Co-inoculation of seeds, and, in the subplots, the presence or absence of the management of reinoculation at stage V₄₋₄. The experiments were conducted in the 2018 and 2019 harvests. It was found that the application of 90 kg ha⁻¹ of N in coverage reduces the number and dry mass of nodules. The treatment inoculated with *Rhizobium tropici* in the seeds and the fertilizer with 90 kg ha⁻¹ showed higher productivity only in the 2018 harvest in consolidated SPD. The reinoculation with *Rhizobium tropici* increased grain yield in both systems in the 2019 harvest, when the cultivar IPR Campos Gerais was used.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Biological N fixation. Co-inoculation. Supplementary inoculation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1	Importância do feijoeiro.....	9
2.2	Sistema plantio direto.....	10
2.3	Adubação nitrogenada e fixação biológica de nitrogênio.....	12
2.4	Coinoculação de <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i>	14
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1	Caracterização da área experimental.....	16
3.2	Dados climáticos.....	16
3.3	Delineamento Experimental.....	17
3.4	Instalação e condução do experimento.....	18
3.5	Irrigação.....	19
3.6	Avaliações realizadas.....	19
3.7	Análise estatística.....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5	CONCLUSÕES.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42
	APÊNDICE A – FOTOS DO EXPERIMENTO.....	50

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) tem grande importância no cenário brasileiro, tanto pelo valor de produção como também por sua função social, sendo fonte de renda e alimento para milhares de famílias.

Pela adaptabilidade e facilidade de se desenvolver sob diversas condições edafoclimáticas, o feijoeiro-comum é produzido em quase todo o território nacional, onde são empregados sistemas de produção diversificados, desde a agricultura de subsistência até cultivos altamente tecnificados. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2019), a área total de feijão na safra 2018/19 foi de 2,93 milhões de hectares, com produção de 3,02 milhões de toneladas de grãos, atingindo produtividade média de 1.024 kg ha⁻¹. A produtividade do feijão no Brasil atualmente é baixa, porém com a utilização de técnicas adequadas de cultivo, existe a possibilidade de, em curto prazo, aumentar a produtividade de grãos.

Para a obtenção de altas produtividades é importante o emprego de tecnologias sustentáveis como o sistema plantio direto (SPD), visando a proteção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Esse sistema, que mantém os resíduos culturais na superfície do solo, surge como alternativa para minimizar os impactos do preparo intensivo causados ao solo (GUARESCHI; PEREIRA; PERIN, 2012).

O feijoeiro é uma planta de alta exigência nutricional, principalmente em nitrogênio (N). A exportação média do nutriente é cerca de 35 kg de N por tonelada de grãos produzidos (AMBROSANO *et al.*, 1997). No entanto, pesquisas mais recentes indicam exportação média de 25 kg de N por tonelada de grãos (SORATTO *et al.*, 2013).

Dentre as opções tecnológicas disponíveis para incrementar a produtividade da leguminosa, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é considerada uma alternativa de suprimento de N atraente 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 causados pela lixiviação desse nutriente (STRALIOTTO; TEIXEIRA; MERCANTE, 2002).

Os inoculantes comerciais para o feijoeiro no Brasil são produzidos com uma espécie de rizóbio adaptada às condições tropicais, o *Rhizobium tropici* (STRALIOTTO; TEIXEIRA; MERCANTE, 2002), que consegue fixar de 20 a 30% do N que a planta necessita por meio da FBN, e pode contribuir com 20 a 40 kg ha⁻¹ do nutriente (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007).

Além dos rizóbios específicos para as leguminosas, existem outros microrganismos que podem trazer benefícios às culturas. Neste cenário, a coinoculação com bactérias simbióticas e assimbióticas tem sido estudada em leguminosas como alternativa para aumentar a produtividade de grãos (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2013). Nos casos onde se utiliza *Azospirillum brasilense* em leguminosas, o efeito benéfico da associação com o rizóbio deve-se na maior parte, à capacidade que a bactéria tem de induzir a produção de fitormônios como auxinas e citocininas. Isso resulta em maior desenvolvimento do sistema radicular e, portanto, a possibilidade de explorar um maior volume de solo (DE BRUIJN, 2015), proporcionando maior absorção de água e nutrientes.

A quantidade de N fixado pelas bactérias depende de fatores diversos, incluindo fatores bióticos, tais como o genótipo da planta, duração do ciclo da cultura, nodulação tardia e senescência precoce dos nódulos (ALCÂNTARA *et al.*, 2009). A reinoculação (inoculação suplementar) consiste na aplicação de *Rhizobium tropici* quando a cultura já está estabelecida em campo, com o objetivo de prolongar a FBN até os estádios reprodutivos da cultura, por meio do desenvolvimento de novos nódulos, tendo em vista que nestes estádios mais tardios ocorre o processo de senescência dos nódulos originários da inoculação feita nas sementes. Assim, o manejo da reinoculação pode ser uma alternativa para compensar a senescência precoce dos nódulos.

Dessa maneira, objetivou-se avaliar os efeitos da inoculação com *Rhizobium tropici*, coinoculação de *Azospirillum brasilense* e reinoculação na cultura do feijoeiro no SPD em fase inicial e consolidado, visando avaliar a eficiência da nodulação, desenvolvimento da cultura e produtividade de grãos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância do feijoeiro

O feijoeiro é uma planta anual, originária das Américas, considerada como espécie não cêntrica, ou seja, não possui um centro específico de origem, mas centros de domesticação independentes (HARLAN, 1971). A espécie é uma dicotiledônea, pertencente à família *Fabaceae*, possui metabolismo C3 e sistema radicular pivotante com sua maior parte concentrada na camada de 0-25 cm de profundidade (FERNÁNDEZ; GEPTS; LOPES, 1986).

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo. Sua importância vai além do aspecto econômico, por ser excelente fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e compostos fenólicos que podem reduzir a incidência de doenças na população que consome a leguminosa. Além disso, apresenta grande importância cultural na culinária de diversos países, sendo um dos principais alimentos consumidos no Brasil e no mundo (DALCHIAVON *et al.*, 2011; BARBOSA; GONZAGA, 2012).

De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (2015), os maiores produtores mundiais de feijão-comum são Myanmar, Índia, Brasil, China, México, Tanzânia, Estados Unidos, Quênia, Uganda e Ruanda, que juntos são responsáveis por cerca de 72% da produção mundial. Os principais países exportadores do produto são Myanmar, China, EUA, Canadá e Argentina, que juntos são responsáveis por 73,5% das exportações.

No Brasil, estima-se que foram cultivados 2,93 milhões de hectares de feijão, com produção próxima de 3,02 milhões de toneladas (t) de grãos e produtividade média de 1.024 kg ha⁻¹, na safra 2018/2019. Os estados do Paraná e Minas Gerais destacam-se por apresentarem as maiores produções, 622.700 t e 572.000 t, respectivamente. São Paulo e Goiás, apresentaram as maiores produtividades, 2.363 kg ha⁻¹ e 2.318 kg ha⁻¹, respectivamente, sendo muito superiores à média nacional (CONAB, 2019).

A produtividade média de feijoeiro-comum no País é relativamente pequena. Os baixos rendimentos demonstram o reduzido nível tecnológico empregado pelos produtores, assim como o cultivo em solos de baixa fertilidade, especialmente pobres em N (PELEGRIN *et al.*, 2009; VERONEZI *et al.*, 2012).

A cadeia de produção de grãos de feijão gera emprego e renda no Brasil, principalmente para as classes menos privilegiadas, tornando o feijão um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social, devido especialmente à mão-de-obra empregada desde o preparo para a semeadura até o produto embalado nas prateleiras dos supermercados (GONÇALVES *et al.*, 2010).

O plantio do feijoeiro-comum é realizado ao longo do ano, sendo concentrado em três épocas ou safras, sendo a 1ª safra ou “safra das águas”, semeada geralmente entre agosto e outubro, podendo se estender até novembro e dezembro e colhida a partir de novembro até março, com maior intensidade em dezembro. A 2ª safra “safra da seca” ou “safrinha”, é semeada entre janeiro e abril e colhida de abril-maio até junho-julho. A 3ª safra é conhecida como “safra de outono-inverno” ou “safra irrigada”, a semeadura é feita a partir de maio, com a colheita entre agosto e outubro (BARBOSA; GONZAGA, 2012). Isso ocorre em função das características regionais, da diversidade climática e das características da cultura do feijoeiro-comum, contribuindo para manutenção da oferta e reduzindo as oscilações dos preços (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

Entre os diversos tipos de grãos do feijoeiro-comum, o tipo carioca se destaca, representando 70% do mercado consumidor brasileiro (DEL PELOSO; MELO, 2005).

2.2 Sistema plantio direto

Nas regiões tropicais e subtropicais, os sistemas de produção que envolvem a pulverização da camada superficial do solo pelo preparo promovem a decomposição e a queima acelerada dos componentes orgânicos, dessa forma afetam negativamente o desenvolvimento das plantas (ARF *et al.*, 2007). Os solos sob cultivo devem ser manejados de forma que alterem o mínimo possível as suas características físicas e químicas originais, especialmente àquelas que afetam a infiltração e a retenção de água, bem como a agregação e a porosidade do solo (CASTRO; VIEIRA; MARIA, 1987).

O SPD vem sendo explorado entre os diversos sistemas de produção agrícola. Esse sistema preconiza o mínimo revolvimento do solo, a rotação de culturas e a formação de cobertura vegetal no solo ou palhada. A adoção do SPD proporciona melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas no solo, por meio do aumento da biomassa microbiana, estocagem e ciclagem de nutrientes, incremento de matéria orgânica, diminuição da oscilação térmica do solo, redução da erosão dentre outros fatores (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2009a).

A mineralização da palhada proveniente das culturas antecessoras e das culturas de cobertura possibilita a entrada de nutrientes no sistema e está diretamente relacionado ao fornecimento de N à cultura de sucessão. Em torno de 60 a 70% desse nutriente encontrado na biomassa vegetal é reciclado e absorvido pelas plantas no cultivo seguinte (HENTZ *et al.*, 2014).

O sucesso do SPD está no fato de as palhadas acumuladas pelas culturas de cobertura e restos culturais de lavouras comerciais propiciarem ambientes favoráveis à recuperação e à manutenção da qualidade do solo (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003).

No cerrado, como nas demais regiões tropicais, a mineralização da matéria orgânica é acelerada, pelo fato da elevada temperatura e umidade do solo, durante boa parte do ano (SANCHEZ; LOGAN, 1992). Essa característica impossibilita a adequada reposição de nutrientes nos sistemas convencionais de manejo dos solos e das culturas. Nessa situação, a rotação de culturas e as plantas de cobertura, contribuem positivamente no sistema produtivo (WUTKE *et al.*, 1998).

Segundo Kluthcousky (1998), uma quantidade de fitomassa seca inferior a 5.000 kg ha⁻¹ seria incapaz de cobrir totalmente o solo o que causaria menor proteção, prejuízos na atividade microbiana do solo e menor ciclagem de nutrientes.

A obtenção de resíduos para a cobertura de solos no cerrado é muito complexa devido a produção ser inferior a 5.000 kg ha⁻¹ na entressafra em consequência da rápida decomposição dos resíduos. Nessas condições, o uso de espécies com decomposição mais lenta representa uma estratégia para aumentar a eficiência dessas coberturas, esse fato é confirmado por trabalhos desenvolvidos na região do cerrado (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000; FIORENTIN *et al.*, 2011). Teixeira *et al.* (2008) também citam que o sucesso na implantação e no estabelecimento do SPD está fortemente relacionado com a alta produção de fitomassa.

Dessa forma, são reconhecidas duas fases distintas no processo de adoção do SPD em relação à cobertura do solo. A primeira é o estabelecimento, que perdura até que se consiga obter uma boa quantidade de palha sobre a superfície do solo, o que pode durar alguns anos em função das condições edafoclimáticas de cada região. A segunda fase corresponde a manutenção do sistema após ter-se conseguido uma cobertura do solo adequada. Essas variáveis dependem dos tipos de cultura e coberturas utilizadas (ALVARENGA *et al.*, 2001).

2.3 Adubação nitrogenada e fixação biológica de nitrogênio

O N é um dos fatores mais limitantes da produção agrícola, juntamente com a água (FAGERIA *et al.*, 2015). Dentre os nutrientes exigidos pelo feijoeiro, o N é o mais absorvido (SORATTO *et al.*, 2013) e desempenha diversas funções na planta, dentre elas: constituinte de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2013); participa dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses em geral, multiplicação e diferenciação celular, estimula o crescimento de raízes e a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas (GRASSI FILHO, 2010). Portanto, a deficiência de N inibe, rapidamente, o crescimento e desenvolvimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Este nutriente é instável no solo, podendo ser perdido de diversas maneiras. É o nutriente mais absorvido e exportado pela maioria das culturas anuais. Quanto à sua absorção, no feijão, esta acontece ao longo de todo ciclo da cultura, mas o período de maior demanda ocorre no estágio de pré-florescimento (R5) e florescimento pleno (R6), quando a taxa de absorção é elevada. É nestes estádios que as plantas absorvem de 2,0 a 2,5 kg de N ha⁻¹ dia⁻¹ (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994).

A exportação média de N é cerca de 35 kg t⁻¹ de grãos de feijão produzidos (AMBROSANO *et al.*, 1997). No entanto, pesquisas mais recentes indicam exportação média de 25 kg de N por tonelada de grãos produzidos (SORATTO *et al.*, 2013).

Na cultura do feijão, o fornecimento adequado de N também está associado à alta atividade fotossintética, ao crescimento vegetativo vigoroso e presença de folhas verde-escuras. A aplicação de fertilizantes nitrogenados no feijoeiro é realizada para aumentar a produtividade, possibilitando também elevar o teor proteico dos grãos colhidos, melhorando, assim, o seu valor nutritivo (ARF, 1994).

As condições de alta temperatura e umidade, típicas de clima tropical, aceleram os processos de decomposição da matéria orgânica e perdas de N, resultando em solos com baixos teores do elemento, o que implica em necessidade de reposição do nutriente durante os ciclos de cultivo (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001).

A aplicação de N mineral nos solos tropicais pode resultar muitas vezes, em baixa frequência de resposta pela cultura do feijão. O aproveitamento do N quando se usa fertilizantes minerais é normalmente inferior a 50%, podendo em solos arenosos, atingir entre 5 a 10 %, devido as grandes perdas por lixiviação ou desnitrificação (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Nesse contexto, o manejo adequado da adubação nitrogenada representa uma das principais dificuldades da cultura do feijoeiro, tendo em vista que a aplicação de altas doses de

N, além de aumentar os custos, pode promover sérios prejuízos ao ambiente, e a sua utilização em quantidade insuficiente pode limitar o potencial produtivo da cultura, mesmo que outros fatores de produção sejam otimizados (SANTOS *et al.*, 2003; PELEGRIN *et al.*, 2009). O suprimento de N às plantas no SPD, comparativamente ao convencional, deve ser superior em razão da maior perda de nitrato pela lixiviação, menor velocidade de decomposição dos restos culturais, maior volatilização de amônia e imobilização microbiana (SALET *et al.*, 1997).

Tendo em vista a alta demanda por N, principalmente em SPD, o feijão comum pode se beneficiar da FBN por meio da relação simbiótica com rizóbios fixadores de N (PINTO; HUNGRIA; MERCANTE, 2007; MULAS *et al.*, 2011; CARDOSO; HUNGRIA; ANDRADE, 2012).

A FBN é o processo no qual o N presente na atmosfera (N_2) é convertido em formas assimiláveis pelas plantas (HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 2013). A simbiose entre bactérias fixadoras de N e leguminosas, se desenvolve nas raízes, quando o rizóbio está presente no solo, naturalmente ou via inoculação, este reconhece e infecta as raízes da planta hospedeira, levando a formação de nódulos, onde ocorre a fixação do N_2 (HUNGRIA; STACEY, 1997).

Uma espécie muito utilizada para inoculação em feijoeiro é o *Rhizobium tropici* que se caracteriza como bactérias gram-negativas, aeróbicas, que toleram pH abaixo de 5,5 e temperaturas de até 40 °C, o que as tornam as bactérias fixadoras mais eficientes na nodulação do feijoeiro nas condições edafoclimáticas brasileiras (MARTINEZ-ROMERO *et al.*, 1991). Existem estirpes de *Rhizobium tropici* com alta eficiência para a FBN, selecionadas para as condições brasileiras, sendo as estirpes recomendadas e aprovadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para inoculação do feijoeiro comum no Brasil sendo: SEMIA 4077 (=CIAT 899), SEMIA 4080 (=PRF 81) e SEMIA 4088 (=H 12) (BRASIL, 2011).

Quando as sementes de feijão são inoculadas com produtos comerciais contendo o *Rhizobium tropici*, a FBN é responsável por cerca de 20 a 30% do N que a planta necessita, e pode contribuir com 20 a 40 kg ha⁻¹ do nutriente (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007).

Embora a FBN supra boa parte da demanda de N pelas plantas de feijoeiro, alguns dos fatores limitantes observados tem sido a baixa fertilidade dos solos, as altas temperaturas das regiões produtoras e o ciclo curto da cultura. O feijoeiro se caracteriza pela rápida senescência dos nódulos com consequente redução da FBN logo após o florescimento (URQUIAGA; ZAPATA, 2000). Dessa maneira a reinoculação (inoculação suplementar), pode ser uma opção para promover formação adicional de nódulos, por meio da aplicação adicional de inoculante quando a cultura já está estabelecida em campo.

Souza (2016), trabalhando com reinoculação na cultura da soja observou que as inoculações suplementares em cobertura com *Bradyrhizobium japonicum*, nos estádios vegetativos V1, V3 e V6, e reprodutivo, em R1, com aplicação de lâmina de 10 mm de irrigação após a inoculação, proporcionaram maior número de nódulos e maior produtividade de grãos na cultura.

Em outro experimento, com o uso da reinoculação na cultura do feijoeiro, Corsini *et al.* (2017) constataram diferenças significativas para os parâmetros: massa seca de plantas, número de nódulos planta⁻¹ e massa fresca de nódulos planta⁻¹, onde os tratamentos com a presença da reinoculação com *Rhizobium tropici* apresentaram maiores valores quando comparados ao tratamento testemunha.

2.4 Coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*

Existe uma associação constante entre plantas e microrganismo habitantes do solo, em uma região denominada rizosfera, que consiste na zona de solo próxima às raízes. Nessa região ocorre intensa atividade microbiana devido à presença de exsudados radiculares (HARTMANN; ROTHBALLER; SCHMID, 2008). A diversidade de organismos que vivem na rizosfera propicia uma variedade de interações entre a microbiota do solo e as plantas. Os microrganismos da rizosfera são classificados como: neutros, benéficos ou deletérios para o crescimento das plantas (RAAIJMAKERS *et al.*, 2008). Dentre os microorganismos tidos como bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP), as espécies do gênero *Azospirillum* constituem um dos grupos mais estudados (HARTMANN; BALDAM, 2006).

As bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum spp* são do grupo diazotrofo endofítico facultativo, onde podem colonizar tanto a rizosfera como o interior das raízes de gramíneas forrageiras e cereais (DÖBEREINER; BALDANI, 1982). As estirpes tem sido encontradas em associação com plantas monocotiledôneas, como arroz, cana-de-açúcar, milho, sorgo e gramíneas forrageiras, porém há informações de associações com dicotiledôneas também (MARIN *et al.*, 1999). Essas bactérias possuem o complexo de dinitrogenase e realizam a conversão do N₂ da atmosfera em amônia, porém, excretam somente uma parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada, posteriormente, a mineralização das bactérias supre parcialmente as necessidades das plantas (HUNGRIA, 2011).

Alguns trabalhos realizados, mostraram melhorias em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo teor de clorofila, condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, maior elasticidade da parede celular, maior produção de

biomassa e maior altura de plantas. Relataram também o incremento em vários pigmentos fotossintéticos, tais como clorofila a, b e pigmentos fotoprotetivos auxiliares, como violaxantina, zeaxantina, atheroxantina, luteína, neoxantina e beta-caroteno, que resultam em plantas mais verdes e sem estresse hídrico. Os trabalhos demonstraram ainda maior produção de raízes e altura maior das plantas com a inoculação com *Azospirillum spp.* Além da produção de fitormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas, como exemplo estímulo do crescimento de raízes pela produção do ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas (HUNGRIA, 2011).

German *et al.* (2000) e Gitti *et al.* (2012) verificaram que a inoculação de *Azospirillum brasilense* proporcionou aumento do sistema radicular, e também, o aumento do número de pelos radiculares, sendo que a inoculação combinada com *Rhizobium tropici* contribuiu para a colonização de maior número de raízes, aumentando o número de nódulos fixadores do nitrogênio atmosférico.

Meirelles *et al.* (2014) ao analisarem a coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* em feijão irrigado, constataram maior produtividade de grãos de feijão no tratamento com inoculação das sementes com inoculante a base de *Rhizobium tropici* + duas doses de inoculante a base de *Azospirillum brasilense* (doses padrão do produto comercial) aplicado via foliar, proporcionando maior número e massa seca de nódulos na raiz principal e maior massa seca da parte aérea.

Para Hungria, Nogueira e Araujo (2012) em feijoeiro-comum a inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* aumentou a produtividade, em média de 98 kg ha⁻¹ (8,3%), enquanto a coinoculação com *Azospirillum brasilense* no sulco resultou em incremento médio de 285 kg ha⁻¹ (19,6%). Não houve ganhos na produtividade atribuídos à adubação com 200 kg de N ha⁻¹ na soja, ou com 80 kg de N ha⁻¹ no feijoeiro-comum. Estes resultados confirmam a viabilidade da coinoculação com rizóbios e *Azospirillum* nas culturas do feijoeiro-comum, com consideráveis benefícios econômicos e ambientais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido no período de outono-inverno, nas safras 2018 e 2019 em duas áreas, uma com o SPD já implantado há mais de 20 anos e outra na qual o SPD foi iniciado com a implantação da cultura do feijão em solo não revolvido após a cultura do milho. Anteriormente à instalação dos experimentos foram coletadas amostras de solo de cada área experimental e realizada a análise química de acordo com a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001). Os resultados da análise da fertilidade do solo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo das áreas experimentais na camada de 0 a 0,20 m. Selvíria - MS, 2018.

Sistema	P _{resina} (mg dm ⁻³)	M.O (g dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H + Al	S.B.	CTC	V
Inicial	25	18	5,0	0,7	19	16	31	36	67	54
Consolidado	15	16	5,1	2,0	21	13	31	36	67	54

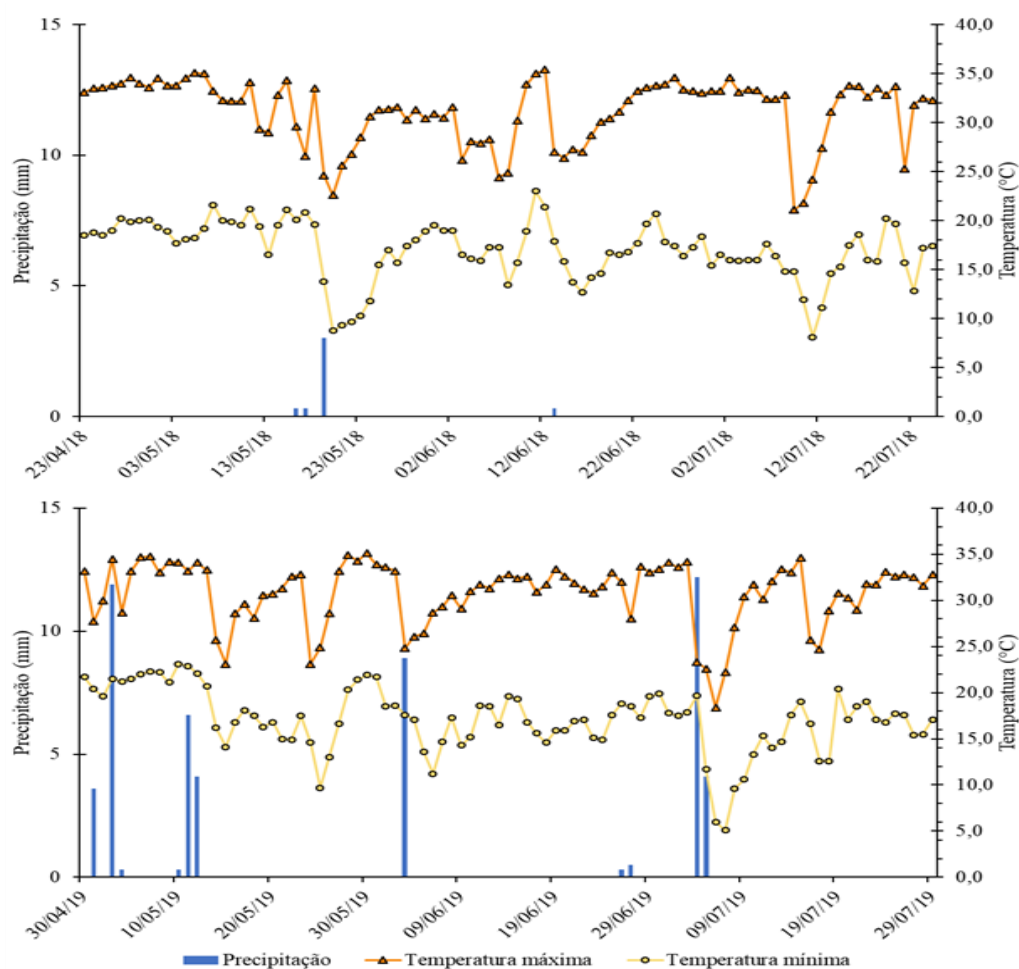
Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo e Tecido Vegetal (UNESP – Ilha Solteira).

Os experimentos foram conduzidos em áreas experimentais da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada em Selvíria - MS, situada a 20°20' de latitude Sul e 51°24' de longitude Oeste de Greenwich, com elevação aproximada de 335 metros. O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso (SANTOS *et al.*, 2018), originalmente ocupado com vegetação de Cerrado.

3.2 Dados climáticos

O clima da região é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual de 23 °C, com precipitação pluvial anual média de 1.322 mm e umidade relativa do ar média anual de 66 % (Alvares *et al.*, 2013). Os dados referentes à precipitação pluvial e temperaturas mínima e máxima durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

Figura 1. Valores médios diários de precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima e mínima (°C) coletadas durante a condução do experimento. Selvíria - MS, 2018 e 2019.



Fonte: Canal Clima – Unesp – Ilha Solteira.

3.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, disposto em esquema de parcelas subdivididas (5x2), com quatro repetições. Nas parcelas foram alocados os tratamentos: **T1** – Testemunha; **T2** - Ausência de inoculação e aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura; **T3** - Inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*; **T4** - Inoculação das sementes com *Rhizobium tropici*; **T5** - Coinoculação das sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, e nas subparcelas, a presença ou ausência do manejo da reinoculação com *Rhizobium tropici*. As parcelas foram constituídas por duas subparcelas com 7 linhas de feijão espaçadas de 0,45 m entre si, com 8,0 m de comprimento (ou seja, 28,8 m² para cada

subparcela), considerando-se como bordadura as linhas laterais da parcela e 0,5 m em ambas as extremidades.

3.4 Instalação e condução do experimento

Anteriormente à implantação da cultura do feijão, haviam restos culturais de milho em ambas as áreas, nos dois anos de cultivo, dessa forma realizou-se o manejo químico das plantas daninhas com a aplicação do herbicida glifosato (1560 g ha^{-1} do i.a.) e após 20 dias, os restos culturais foram manejados com um desintegrador mecânico para uniformização da palhada.

A semeadura mecanizada do feijão ocorreu nos dias 23/04/2018 e 30/04/2019 em ambas as áreas, utilizando-se os cultivares BRS Estilo no ano de 2018 e IPR Campos Gerais no ano de 2019. Ambos genótipos do grupo comercial carioca, que apresentam arquitetura de planta ereta, com hábito de crescimento indeterminado tipo II e adaptados à colheita mecânica direta. As sementes foram tratadas com fipronil, tiofanato metílico e piraclostrobina nas doses de 50, 45 e 5 g do i.a. 100 kg^{-1} de sementes, respectivamente.

A densidade de semeadura foi de $13 \text{ sementes m}^{-1}$, objetivando-se população de cerca de $200.000 \text{ plantas ha}^{-1}$. A adubação mineral nos sulcos de semeadura foi de 250 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), calculada de acordo com os atributos químicos do solo, considerando a produtividade esperada de 2,5 a $3,5 \text{ t ha}^{-1}$ e levando-se em consideração as recomendações de Ambrosano *et al.* (1997). A emergência de plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura na safra 2018 e aos 6 dias após a semeadura na safra 2019.

Nos tratamentos com o uso de *Azospirillum brasilense* (T3 e T5), a inoculação foi realizada após o tratamento químico das sementes utilizando-se as estirpes AbV₅ e AbV₆, com $2 \times 10^8 \text{ UFC g}^{-1}$, obtidas do inoculante comercial líquido na dose de 200 mL de inoculante para cada 50 kg de sementes. A inoculação com *Rhizobium tropici* nos tratamentos T4 e T5, foi efetuada após o tratamento de sementes, utilizando-se inoculante comercial turfoso, estirpe SEMIA 4080, com $2 \times 10^9 \text{ UFC g}^{-1}$, na dose de 200 g para cada 100 kg de sementes. Em todos esses tratamentos a semeadura foi realizada logo após a inoculação das sementes.

A adubação de cobertura (apenas no tratamento 2) foi realizada no estágio V₄₋₄, aos 26 dias após a emergência (DAE) no ano de 2018 e aos 24 DAE em 2019, na dose de 90 kg ha^{-1} de N, utilizando-se como fonte a uréia (46% de N). Posteriormente foi aplicada uma lâmina de irrigação de aproximadamente 12 mm em área total, com o intuito de diminuir as perdas por volatilização da amônia.

A reinoculação com *Rhizobium tropici* (SEMIA 4080, inoculante líquido com 2×10^9 UFC g⁻¹), foi realizada no estádio V₄₋₄, aos 32 DAE no ano de 2018 e aos 24 DAE em 2019, na dose de 200 mL ha⁻¹, com 300 L ha⁻¹ de volume de calda. A aplicação foi realizada ao final da tarde, sendo o jato de pulverização direcionado para a base das plantas. Posteriormente a área foi irrigada com lâmina de 12 mm, para que o inoculante entrasse em contato com as raízes e ocorresse a infecção por parte das bactérias.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência com os herbicidas fenoxaprope-p-etílico [77 g ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)] aplicado aos 12 DAE nas duas safras e fomesafen (250 g ha⁻¹ do i.a.) aplicado aos 19 DAE em 2018 e aos 18 DAE em 2019. No ano de 2018 ocorreram duas aplicações do fungicida procimidona (500 g ha⁻¹ do i.a.) aos 46 DAE e aos 55 DAE. Para o controle de pragas foram utilizados os inseticidas imidacloprido (100 g ha⁻¹ do i.a.) aos 19 e 46 DAE e abamectina (9 g ha⁻¹ do i.a.) aos 55 DAE.

No ano de 2019, aos 12 DAE foi aplicado o inseticida deltametrina (3,75 g ha⁻¹ do i.a.) e o fungicida mancozeb (1,6 kg ha⁻¹ do i.a.). Aos 27 DAE ocorreu a aplicação do inseticida beta-ciflutrina (5 g ha⁻¹ do i.a.). Também aos 67 DAE, aplicou-se o fungicida mancozeb (1,6 kg ha⁻¹ do i.a.) e o inseticida imidacloprido (105 g ha⁻¹ do i.a.)

As aplicações foram realizadas com volume de calda de 300 L ha⁻¹, com pulverizador de barras tratorizado munido com pontas do tipo jato plano.

O florescimento pleno da cultura ocorreu aos 47 DAE na primeira safra e aos 40 DAE na segunda safra. Na primeira safra, a colheita foi realizada aos 90 DAE, no dia 23/07/2018, e, na segunda safra no dia 29/07/2019 aos 84 DAE em ambos os experimentos.

3.5 Irrigação

O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por um sistema fixo de irrigação por aspersão na área de SDP consolidado e pivô central na área de SDP em fase inicial. No manejo da água durante o desenvolvimento da cultura foram utilizados valores de Kc recomendados por Doorenbos e Kassan (1979), ou seja, para as fases de V₀ – V₁ (Kc = 0,30), de V₃ – V₄ (Kc = 0,70), de R₅ – R₇ (Kc = 1,05), R₈ (0,75) e R₉ (0,25).

3.6 Avaliações realizadas

Índice Relativo de Clorofila (IRC): o IRC foi determinado utilizando-se um clorofilômetro portátil, modelo CFL 1030, que analisa três faixas de frequência de luz na

medição e, através de relações de absorção de diferentes frequências, determina o Índice de Clorofila ICF (Índice de clorofila Falker) levando em consideração a presença de clorofila dos tipos A e B (FALKER, 2008). As determinações do IRC foram realizadas no período da manhã a pleno sol. As leituras foram feitas no estágio R₆, amostrando-se cinco plantas por unidade experimental, sendo que em cada planta foram realizadas duas leituras por trifólio da última folha trifoliolada completamente desenvolvida, em todo o limbo, exceto nervuras, somando assim, 30 leituras por parcela; **Teor de nitrogênio foliar** - foram coletados o terceiro trifólio de 20 plantas de cada parcela no estágio R₆ (florescimento pleno), submetidas à lavagem com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70 °C até atingir massa em equilíbrio e posteriormente moídas para análise do teor de N total, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997); **Massa seca da parte aérea e de raiz** - por ocasião do florescimento pleno das plantas, foram coletadas 10 plantas da mesma linha em local aleatório da área útil, acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório para serem submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70 °C até atingir massa em equilíbrio. Posteriormente as amostras foram pesadas e os valores convertidos em grama por planta; **Avaliação de nodulação** – a avaliação da nodulação foi realizada nos estádios R₅ e R₇, coletando-se 5 plantas por parcela para a determinação do número de nódulos por planta e massa seca de nódulos. Os nódulos foram destacados das raízes, contados, e, posteriormente foram colocados para secar em estufa com ventilação forçada de ar a 60-70 °C , até atingir massa em equilíbrio para a determinação da massa seca; **Componentes de produção** - foram coletadas por ocasião da colheita, 10 plantas na área útil das parcelas para a avaliação de: número de vagens por planta: determinado pela relação do número total de vagens/número de plantas; número de grãos por planta: determinado pela relação do número total de grãos/número de plantas; número médio de grãos por vagem: calculado pela relação do número total de grãos/número total de vagens e massa de 100 grãos: obtido da coleta ao acaso e pesagem de 2 amostras de 100 grãos por parcela; **Produtividade de grãos** - as plantas de duas linhas centrais da área útil de cada parcela foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, foram submetidas a trilha mecânica, os grãos pesados e os dados convertidos em kg ha⁻¹ (13 % base úmida).

3.7 Análise estatística

Para a análise estatística dos dados, primeiramente foi verificada a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade dos dados. Após o diagnóstico, os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Quando o valor de F foi significativo a 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Scott-Knott para comparação das médias dos tratamentos relacionados aos manejos, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para massa seca de raiz, no SPD inicial foram identificadas diferenças apenas no primeiro ano de cultivo, onde ocorreu interação entre os fatores. Já no ano de 2019 não houve significância e a média geral foi de 1,61 g planta⁻¹ (Tabela 2). No desdobramento da interação dos manejos de inoculação dentro de reinoculação para o ano de 2018, foram observadas diferenças para os tratamentos adubado com N em cobertura e inoculado com *Azospirillum brasilense*, que apresentaram maiores valores de massa seca de raízes quando reinoculados com *Rhizobium tropici* (Tabela 2).

Tabela 2. Massa seca de raiz de feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	M.S. raiz planta ⁻¹ (g)			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	1,63a	1,57	1,36	1,55
Sem	1,46b	1,66	1,45	1,42
Manejos (M)				
Testemunha	1,37	1,83	1,26	1,59
Com cobertura	1,67	1,66	1,53	1,53
<i>A. brasilense</i>	1,50	1,56	1,45	1,54
<i>R. tropici</i>	1,41	1,60	1,40	1,28
Coinoculação	1,77	1,42	1,39	1,47
Teste F				
Reinoculação	5,28*	0,68	0,37	2,42
Manejos	0,75	1,57	0,52	2,59
R X M	6,19**	1,44	0,32	4,00*
CV 1 (%)	31,15	17,94	23,81	12,18
CV 2 (%)	13,45	19,42	27,84	14,93
Média geral	1,54	1,61	1,41	1,49

Nota: **, *: significativo pelo teste F a 1 e 5 %, respectivamente; CV: coeficiente de variação; M.S.: massa seca. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

O *Rhizobium tropici* pode influenciar no aumento da massa seca de plantas pelo fato de aumentar a disponibilidade de nitrogênio para a planta, sendo este nutriente constituinte de

muitos componentes da célula vegetal, como aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em relação à adubação nitrogenada não foram observados incrementos quando comparada aos demais tratamentos. Para a adubação nitrogenada, as respostas do feijoeiro têm sido variadas quanto a produção de massa seca de plantas, sendo observados efeitos positivos (CARVALHO *et al.*, 2001) ou sem efeitos significativos (FARINELLI *et al.*, 2006; SORATTO; CARVALHO; ARF, 2006).

Tabela 3. Desdobramento da interação entre manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação para massa seca de raiz de plantas de feijão no SPD inicial. Selvíria – MS, 2018.

Tratamento	M.S. de raiz planta ⁻¹ (g)	
	Com	Sem
Testemunha	1,23aA	1,52aA
Com cobertura	1,99aA	1,34aB
<i>A. brasilense</i>	1,79aA	1,21aB
<i>R. tropici</i>	1,35aA	1,47aA
Coinoculação	1,80aA	1,75aA

M.S.: massa seca. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

No SPD consolidado, as médias de massa seca de raiz foram de 1,41 g planta⁻¹ no ano de 2018 e de 1,49 g planta⁻¹ no ano de 2019. Houve significância somente no ano de 2019 para o desdobramento da interação dos manejos de inoculação dentro de reinoculação, onde o tratamento inoculado com *Rhizobium tropici*, após receber a reinoculação, apresentou incremento na massa seca de raiz (Tabela 4).

Tabela 4. Desdobramento da interação entre manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação para massa seca de raiz de plantas de feijão no SPD consolidado. Selvíria – MS, 2019.

Tratamento	M.S. de raiz planta ⁻¹ (g)	
	Com	Sem
Testemunha	1,69aA	1,50aA
Com cobertura	1,71aA	1,36aA
<i>A. brasilense</i>	1,51aA	1,78aA
<i>R. tropici</i>	1,52aA	1,06bB
Coinoculação	1,52aA	1,42aA

Nota: M.S.: massa seca. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Por outro lado, Matoso e Kusdra (2014) não verificaram diferenças entre a presença ou ausência do inoculante rizobiano sobre a massa seca da raiz. Já Dardanelli *et al.* (2008) relataram maior massa seca da raiz com a coinoculação em condições normais de salinidade, e em condição de estresse salino a coinoculação e a inoculação com *Azospirillum brasilense* proporcionaram maior massa seca de raiz.

Para o desdobramento da interação de reinoculação dentro de manejos de inoculação verificou-se que o tratamento com *Rhizobium tropici* na ausência de reinoculação apresentou o menor valor de massa seca de raiz (Tabela 4).

Em relação a massa seca de parte aérea de plantas, observou-se diferenças somente em SPD inicial, onde no ano de 2018 houve interação entre os fatores e no ano de 2019 houve significância para os manejos de inoculação (Tabela 5).

Tabela 5. Massa seca de parte aérea de feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	M.S. parte aérea planta ⁻¹ (g)			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	18,89	21,73	16,11	23,39
Sem	17,58	21,74	17,81	23,37
Manejos (M)				
Testemunha	15,63	24,40a	16,16	20,83
Com cobertura	20,21	28,25a	19,12	29,05
<i>A. brasilense</i>	17,27	15,00b	16,07	21,80
<i>R. tropici</i>	16,66	19,07b	17,75	23,96
Coinoculação	21,38	21,98a	15,69	21,31
Teste F				
Reinoculação	1,09	0,00	0,86	0,00
Manejos	1,07	7,98**	0,76	2,64
R X M	4,91*	2,37	0,68	3,03
CV 1 (%)	31,85	20,15	23,86	21,78
CV 2 (%)	18,79	20,35	29,45	14,57
Média geral	18,23	21,74	16,96	23,39

Nota: **, *: significativo pelo teste F a 1 e 5 %, respectivamente; CV: coeficiente de variação; M.S.: massa seca. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

No ano de 2018, o desdobramento da interação dos manejos de inoculação dentro de reinoculação, mostra que os tratamentos com cobertura e inoculado com *Azospirillum*

brasiliense, apresentaram maiores médias de massa seca de parte aérea após a reinoculação, com incrementos de 28 e 33%, respectivamente (Tabela 6).

Para os tratamentos inoculado com *Rhizobium tropici* e co-inoculado, nota-se que não houveram diferenças significativas para a presença ou ausência de reinoculação, isso pode ser explicado pelo fato destes tratamentos já terem sido inoculados com *Rhizobium tropici* no momento da semeadura. Esse mesmo comportamento foi identificado para a massa seca de raízes no SPD inicial, demonstrando a influência do *Rhizobium tropici* no maior desenvolvimento das plantas (Tabela 4). Já no ano de 2019, os tratamentos com inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* apresentaram os menores valores de massa seca de parte aérea perante aos demais tratamentos, com valores de 15,00 e 19,07 g planta⁻¹, respectivamente, diferindo dos tratamentos adubado com N em cobertura, co-inoculado e testemunha (Tabela 5).

Bassan *et al.* (2001), verificaram que a inoculação com *Rhizobium tropici* em feijão cultivar Pérola resultou em maior massa seca de plantas, quando comparado à testemunha sem inoculação. Porém Souza, Soratto e Pagani (2011), que ao estudarem o efeito da inoculação com *Rhizobium tropici* e doses de nitrogênio, não observaram diferenças significativas para massa seca de plantas quando as mesmas foram inoculadas.

Em SPD consolidado não foram verificadas diferenças para massa seca de parte aérea em nenhuma das safras, e as médias foram de 16,96 g planta⁻¹ para o primeiro ano e de 23,39 g planta⁻¹ para o segundo ano (Tabela 5).

Tabela 6. Desdobramento da interação entre manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação para massa seca de parte aérea de plantas de feijão no SPD inicial. Selvíria – MS, 2018.

Tratamento	M.S. parte aérea planta ⁻¹ (g)	
	Com	Sem
Testemunha	11,36aB	19,89aA
Com cobertura	23,47aA	16,96aB
<i>A. brasilense</i>	20,65aA	13,90aB
<i>R. tropici</i>	17,13aA	16,20aA
Coinoculação	21,82aA	20,96aA

Nota: M.S.: massa seca. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Observou-se presença de nódulos no sistema radicular do feijoeiro em todos os tratamentos, independentemente do sistema (inicial ou consolidado). De acordo com Kaneko *et*

al. (2010) e Silva *et al.* (2009b) a ocorrência de nódulos no feijoeiro comum que não recebeu inoculação indica a presença de estirpes nativas no solo, capazes de fixar N₂ simbioticamente, mas que limitam o estabelecimento das estirpes inoculadas, que são mais eficientes.

Para número de nódulos por planta no estágio R₅ no SPD inicial, observou-se diferenças no ano de 2019 para os manejos de inoculação, onde o tratamento com N em cobertura apresentou o menor número de nódulos com 19,32 nódulos por planta. Já no ano de 2018 não foi identificada significância para os manejos de inoculação, reinoculação e interação entre os fatores (Tabela 7). Em termos de nodulação, o efeito do N aplicado na semeadura ou em cobertura no feijoeiro comum pode variar de acordo com a dose empregada. Sabe-se que na presença de adubo nitrogenado, o estímulo à nodulação é reduzido, pelo fato do N do fertilizante estar prontamente disponível e a demanda energética para FBN é elevada, representando um dos processos metabólicos mais onerosos para a célula (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Corroborando os dados deste trabalho, Valadão *et al.* (2009) verificaram que o N fornecido via adubação (10 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 50 kg ha⁻¹ de N em cobertura) reduziu o estabelecimento das bactérias simbiontes, afetando negativamente o número de nódulos e a massa seca de nódulos. Souza, Soratto e Pagani (2011) também constataram que o acréscimo das doses de N em cobertura diminui o número de nódulos e a massa seca de nódulos em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto, em sucessão ao milho safrinha consorciado com braquiária.

Em relação ao SPD consolidado, no ano de 2018 não foram observadas diferenças, porém no ano de 2019 houve diferença significativa a 1% para os manejos de inoculação, em que a coinoculação promoveu incremento no número de nódulos coletados em R₅, diferindo dos demais tratamentos. Veronezi *et al.* (2012) verificaram que a coinoculação do isolado CPAO 19.5 L3 com as estirpes AbV-5 e AbV-6 de *Azospirillum brasilense* resultou em um incremento de 63,3% no número de nódulos das plantas, quando comparadas com as plantas apenas inoculadas com o isolado CPAO 19.5 L3. Esse efeito pode ocorrer devido ao fato do *Azospirillum* quando associado a *Rhizobium* produzir mais sinais flavonóides (DARDANELLI *et al.*, 2008), uma importante substância de atração dos rizóbios as raízes do feijoeiro. Hungria, Nogueira e Araujo (2013), ao estudarem o efeito da coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no feijoeiro comum cultivar IPR Colibri, observaram maior número de nódulos e massa seca de nódulos com as inoculações mistas de *Rhizobium tropici*, via sementes, e *Azospirillum brasilense* nas doses 2,5 x 10⁵ e 5,0 x 10⁵ células semente⁻¹, via sulco de semeadura.

O tratamento adubado com N em cobertura no SPD consolidado, apresentou apenas 25 nódulos por planta, sendo numericamente o menor valor entre os tratamentos, embora não tenha diferido do tratamento testemunha, inoculado com *Azospirillum brasilense* e inoculado com *Rhizobium tropici* (Tabela 7).

Tabela 7. Número de nódulos por planta coletados no estágio R₅ do feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	Nódulos planta ⁻¹			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	113,3	66,7	63,0	82,1
Sem	102,9	65,5	53,2	72,1
Manejos (M)				
Testemunha	136,2	65,62a	46,8	62,0b
Com cobertura	79,7	19,32b	46,7	25,0b
<i>A. brasilense</i>	130,1	68,20a	70,1	76,2b
<i>R. tropici</i>	80,3	100,98a	65,4	51,2b
Coinoculação	114,3	76,55a	61,6	170,4a
Teste F				
Reinoculação	0,47	0,29	1,49	0,21
Manejos	1,31	7,90**	0,94	19,96**
R X M	0,44	1,48	1,74	0,39
CV 1 (%)	27,28	24,01	26,17	19,49
CV 2 (%)	21,01	18,77	16,47	28,47
Média geral	108,1	66,1	58,1	77,1

Nota: **, *: significativo pelo teste F a 1 e 5 %, respectivamente; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Em relação a massa seca de nódulos coletados em R₅, para o SPD inicial no ano de 2018 não foram observadas diferenças, apresentando média de 196,6 mg de matéria seca de nódulos por planta. Já para a safra de 2019, os tratamentos testemunha, inoculado com *Rhizobium tropici* e Co-inoculado apresentaram os maiores valores de matéria seca de nódulos diferindo da inoculação com *Azospirillum brasilense*, que diferiu do tratamento adubado com N em cobertura, que apresentou o menor valor (Tabela 8). A elevada quantidade de nódulos no tratamento testemunha, evidencia a população de bactérias fixadoras de nitrogênio nativas no solo, que em geral são menos eficientes que o *Rhizobium tropici*.

No SPD consolidado também foi verificada diferença no ano de 2019 para massa seca de nódulos por planta, em que o tratamento co-inoculado apresentou 272,2 mg por planta,

diferindo do tratamento testemunha com 203,6 mg, que diferiu dos tratamentos inoculados com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, que ainda, diferiu do tratamento adubado com N em cobertura, que apresentou o menor valor de 28,2 mg de nódulos por planta. Já para o ano de 2018, não foram observadas diferenças entre os tratamentos e nem interação entre os fatores, e a média foi de 132,1 mg planta⁻¹.

Tabela 8. Massa seca de nódulos por planta coletados no estágio R₅ do feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	M.S nódulos planta ⁻¹ (mg)			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	210,7	158,1	135,2	164,4
Sem	182,4	139,6	129,0	129,2
Manejos (M)				
Testemunha	246,2	228,5a	101,2	203,6b
Com cobertura	108,6	17,8c	113,6	28,2d
<i>A. brasilense</i>	200,6	109,6b	158,6	137,6c
<i>R. tropici</i>	171,8	235,1a	144,9	92,5c
Coinoculação	255,6	153,2a	144,9	272,2a
Teste F				
Reinoculação	1,07	0,35	0,07	2,25
Manejos	2,15	11,24**	1,57	47,76**
R X M	0,58	0,33	1,24	0,47
CV 1 (%)	7,18	5,10	3,67	2,59
CV 2 (%)	4,94	6,49	4,32	4,79
Média geral	196,6	148,9	132,1	146,8

Nota: **: significativo pelo teste F a 1%; CV: coeficiente de variação; M.S.: massa seca. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Para o número de nódulos coletados em R₇, houve redução considerável entre as médias quando comparada à coleta em R₅, comprovando a senescência de nódulos. Em SPD inicial, no ano de 2018 não ocorreram diferenças entre os tratamentos e a média de nódulos por planta foi de 69,1. Já na safra 2019 houve significância a nível de 5% para os manejos de inoculação, cujo os tratamentos com *Rhizobium tropici* e coinoculação apresentaram as maiores quantidades de nódulos diferindo do tratamento testemunha, adubado com N em cobertura e inoculado somente com *Azospirillum brasilense* (Tabela 9). Comparando esses dados com a coleta anterior, nota-se que na coleta em R₅, o tratamento testemunha não diferiu dos tratamentos inoculados com

Rhizobium tropici e co-inoculado (Tabela 7), porém na coleta em R₇, o tratamento testemunha diferiu destes tratamentos (Tabela 9), evidenciando que os nódulos oriundos de estirpes nativas do solo senescem mais rapidamente que os nódulos de estirpes de *Rhizobium tropici*.

No SPD consolidado, observa-se que não houveram diferenças para os manejos de inoculação nos dois anos de cultivo (Tabela 9). Para o manejo de reinoculação, no ano de 2018 nota-se que houve diferença, onde o tratamento com a presença de reinoculação apresentou o maior número de nódulos por planta com 64,1 nódulos, diferindo do tratamento que não foi reinoculado, no qual a média de nódulos por planta foi de 47,9 (Tabela 9).

Tabela 9. Número de nódulos por planta coletados no estágio R₇ do feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	Nódulos planta ⁻¹			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	68,5	28,9	64,1a	28,2
Sem	69,8	37,5	47,9b	24,4
Manejos (M)				
Testemunha	115,3	24,5b ¹	63,2	49,0
Com cobertura	66,6	9,3b	48,1	12,1
<i>A. brasilense</i>	62,8	25,2b	62,4	16,6
<i>R. tropici</i>	52,6	36,9a	55,4	24,6
Coinoculação	48,4	62,0a	51,1	29,3
Teste F				
Reinoculação	0,01	1,34	5,03*	0,37
Manejos	1,08	4,05*	0,39	1,70
R X M	0,92	0,50	2,90	0,12
CV 1 (%)	41,33	37,49	28,04	49,78
CV 2 (%)	28,02	47,18	16,92	34,65
Média geral	69,1	33,2	56,0	26,3

Nota: *: significativo pelo teste F a 5 %; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ¹: Significativo pelo teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Corroborando os dados de número de nódulos por planta, os resultados para massa seca de nódulos por planta coletados em R₇, no SPD inicial, apresentou significância no ano de 2019, em que os tratamentos inoculado com *Rhizobium tropici* e co-inoculado promoveram incremento na matéria seca de nódulos, diferindo dos demais tratamentos, comportamento este

parecido com o número de nódulos por planta. Já para a safra de 2018 não se observou significância, e a média de massa seca foi 94,2 mg planta⁻¹ (Tabela 10).

Tabela 10. Massa seca de nódulos por planta coletados no estágio R₇ do feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	M.S nódulos planta ⁻¹ (mg)			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	105,9	46,0	130,8a	51,3
Sem	82,5	53,9	84,0b	30,3
Manejos (M)				
Testemunha	122,7	28,0b ¹	126,9	63,1
Com cobertura	90,1	12,3b	76,0	19,2
<i>A. brasilense</i>	82,8	47,9b	131,5	22,6
<i>R. tropici</i>	80,9	66,3a	110,2	46,5
Coinoculação	94,4	95,2a	92,6	52,5
Teste F				
Reinoculação	1,08	0,25	10,29**	4,02
Manejos	0,77	5,62*	0,81	1,51
R X M	1,27	1,05	4,26*	1,25
CV 1 (%)	3,95	2,99	5,14	3,47
CV 2 (%)	5,06	4,02	3,24	2,63
Média geral	94,2	49,9	107,4	40,8

Nota: **, *: significativo pelo teste F a 1 e 5 %, respectivamente; CV: coeficiente de variação; M.S.: massa seca. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ¹: Significativo pelo teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Em relação a massa seca de nódulos por planta (coleta em R₇) no SPD consolidado, observou-se interação entre os fatores na safra de 2018 (Tabela 10). Para o desdobramento da interação de manejos de inoculação dentro de reinoculação no ano de 2018, observa-se incremento de massa seca de nódulos na presença da reinoculação, somente para os tratamentos testemunha e inoculado com *Azospirillum brasilense* (Tabela 11), tratamentos estes que não receberam inoculação de *Rhizobium tropici* no momento da semeadura, e com a inoculação suplementar, esse parâmetro foi beneficiado. O tratamento adubado em cobertura, não mostrou diferenças significativas na presença da reinoculação, confirmando que na presença de adubo mineral nitrogenado a nodulação pode ser inibida.

Tabela 11. Desdobramento da interação entre manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação para massa seca de nódulos por planta de feijão coletados em R₇ no SPD consolidado. Selvíria – MS, 2018.

Tratamento	M.S nódulos planta ⁻¹ (mg)	
	Com	Sem
Testemunha	171,43aA	82,43aB
Com cobertura	73,43aA	78,60aA
<i>A. brasilense</i>	199,59aA	63,42aB
<i>R. tropici</i>	94,20aA	126,21aA
Coinoculação	115,50aA	69,71aA

Nota: M.S: massa seca. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

As significâncias para o manejo de inoculação, em relação ao número de nódulos por planta e massa seca de nódulos por planta foram encontradas principalmente no ano de 2019 no qual o genótipo cultivado foi o IPR Campos Gerais, sendo este mais responsivo que o cultivar BRS Estilo. Pelegrin *et al.* (2009) também não constataram diferenças para o número de nódulos por planta e massa seca de nódulos coletados em feijão no estágio R₆ do cultivar Pérola, ao analisar o efeito das doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia e a inoculação de *Rhizobium tropici* combinada ou não com a aplicação de N na semeadura.

Para o número de vagens por planta, no SPD inicial constatou-se que não houveram diferenças entre os manejos de inoculação, presença ou ausência de reinoculação e nem interação entre os fatores. Os valores médios desse parâmetro foram de 12,9 vagens planta⁻¹ no ano de 2018 e de 23,9 vagens planta⁻¹ no ano de 2019 (Tabela 12). Corroborando este resultado, Araújo *et al.* (2007), ao trabalhar no sistema convencional de preparo do solo com *Rhizobium tropici* na presença ou ausência de fungicida e adubação nitrogenada, não observaram diferenças para o número vagens por planta.

Do mesmo modo, Soares *et al.* (2016) trabalhando no sistema de preparo convencional do solo, também não observaram diferenças no número de vagens por planta entre o tratamento não inoculado, inoculado com *Rhizobium tropici*, inoculado com *Rhizobium tropici* e adubado e apenas adubado.

Em relação ao SPD consolidado, na safra de 2018 foram observadas diferenças em relação aos manejos de inoculação, onde todos os tratamentos diferiram da testemunha, sendo superiores em relação ao número de vagens por planta. Esse resultado demonstra os efeitos positivos da adubação nitrogenada, da inoculação com *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense* e coinoculação. O efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* é atribuído as alterações fisiológicas causadas nas plantas devido à liberação de hormônios como auxinas e

citocininas que aumentam o crescimento radicular e com isso a planta tende a absorver mais água e nutrientes (ZAFAR *et al.*, 2012). Já na safra 2019, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos e a média de 17,6 vagens planta⁻¹.

Tabela 12. Vagens por planta de feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	Vagens planta ⁻¹			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	12,9	24,1	16,0	17,0
Sem	12,9	23,7	15,2	18,1
Manejos (M)				
Testemunha	12,6	27,3	12,1b ¹	16,4
Com cobertura	11,7	24,9	15,8a	18,4
<i>A. brasilense</i>	12,1	23,3	16,7a	17,5
<i>R. tropici</i>	13,8	22,7	15,2a	17,7
Coinoculação	14,3	21,3	18,4a	17,9
Teste F				
Reinoculação	0,00	0,05	0,63	2,76
Manejos	1,41	0,65	4,35*	0,83
R X M	0,31	0,92	0,95	0,44
CV 1 (%)	20,94	33,60	20,26	13,14
CV 2 (%)	20,34	24,74	19,88	11,40
Média geral	12,9	23,9	15,6	17,6

Nota: *: significativo pelo teste F a 5 %; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ¹: Significativo pelo teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Assim como para o número de vagens por planta não apresentou diferenças, o número de grãos por planta também não diferiu no SPD inicial nos dois anos de cultivo. Gitti *et al.* (2012) não verificaram diferenças significativas no número de grãos por planta em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e não inoculação. Ferreira *et al.* (2000) também não obtiveram diferenças no número de grãos por planta ao comparar a inoculação de *Rhizobium tropici* utilizando a estirpe referência, a testemunha não inoculada e a testemunha não inoculada e adubada. Em contrapartida, Bassan *et al.* (2001) ao avaliar o efeito da inoculação com *Rhizobium tropici* em feijão, constataram que a inoculação diminui o número de sementes por planta.

No SPD consolidado, foi observada significância no ano de 2018 para os manejos de inoculação, em que os tratamentos inoculados com *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium tropici* e co-inoculado apresentaram as maiores médias de grãos por planta, diferindo do tratamento testemunha e adubado com N em cobertura. Esse comportamento foi parecido ao parâmetro vagens por planta, onde evidencia a correlação entre estes componentes. No ano de 2019 não foram verificadas diferenças e a média de grãos por planta foi de 91,8 (Tabela 13).

Tabela 13. Grãos por planta de feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	Grãos planta ⁻¹			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	64,5	122,3	72,8	88,2
Sem	64,1	122,2	73,6	95,5
Manejos (M)				
Testemunha	64,1	136,4	57,8b ¹	88,5
Com cobertura	59,1	134,7	67,9b	92,8
<i>A. brasilense</i>	58,6	117,0	75,4a	95,1
<i>R. tropici</i>	70,0	115,9	76,2a	92,6
Coinoculação	69,6	107,4	88,5a	90,1
Teste F				
Reinoculação	0,01	0,00	0,03	2,93
Manejos	1,49	1,18	4,81*	0,36
R X M	0,39	0,98	0,83	0,53
CV 1 (%)	19,79	27,08	19,92	13,27
CV 2 (%)	25,04	25,09	20,75	14,65
Média geral	64,3	122,3	73,2	91,8

Nota: *: significativo pelo teste F a 5 %; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ¹: Significativo pelo teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Para o número de grãos por vagem não houve efeito dos tratamentos ou interação entre os fatores, confirmando que esta característica é pouco influenciada pelo meio de cultivo e é de alta herdabilidade, portanto está relacionada ao cultivar utilizado. As médias para o número de grãos por vagem no SPD inicial foram de 4,98 e 5,16 para a primeira e segunda safra, respectivamente. No SPD consolidado, as médias foram de 4,75 e 5,32 para a primeira e segunda safra, respectivamente (Tabela 14). Estes resultados corroboram os obtidos por Araújo

et al. (2007) que não encontraram diferenças entre a testemunha, com adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* no número de grãos por vagem.

Tabela 14. Grãos por vagem de feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	Grãos vagem ⁻¹			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	5,00	5,09	4,66	5,41
Sem	4,97	5,24	4,84	5,23
Manejos (M)				
Testemunha	5,09	5,14	5,05	5,11
Com cobertura	5,03	5,44	4,37	5,49
<i>A. brasilense</i>	4,85	5,06	4,54	5,35
<i>R. tropici</i>	5,08	5,14	5,01	5,29
Coinoculação	4,86	5,03	4,79	5,37
Teste F				
Reinoculação	0,15	0,46	2,34	2,09
Manejos	1,79	0,77	3,04	2,90
R X M	1,33	0,21	0,86	0,84
CV 1 (%)	5,03	9,96	10,12	4,29
CV 2 (%)	4,26	13,05	7,74	7,55
Média geral	4,98	5,16	4,75	5,32

Nota: CV: coeficiente de variação.

Fonte: Dados do próprio autor.

Em relação ao teor de nitrogênio foliar, para o SPD inicial no ano de 2018, não foram observadas diferenças, e a média geral foi de 41,8 g kg⁻¹ de matéria seca (Tabela 15). Já para o ano de 2019 houve significância a nível de 5%, em que o tratamento adubado com N em cobertura apresentou a maior média (46,9 g kg⁻¹ de matéria seca), diferindo dos demais tratamentos. Por outro lado, Araújo *et al.* (2007) verificaram maior concentração de N nas folhas do feijoeiro-comum, no tratamento que recebeu o inoculante, em relação à testemunha sem inoculação e adubação mineral e em comparação ao tratamento sem inoculação com aplicação em cobertura de 45 kg ha⁻¹ de N (100 kg de ureia).

Em SPD consolidado, não foram identificadas diferenças entre os tratamentos e nem interação entre os fatores, nos dois anos de cultivo, sendo as médias de 45,9 e 40,2 g kg⁻¹ de matéria seca na primeira e segunda safra, respectivamente. Corroborando os resultados deste trabalho, Pelegrin *et al.* (2009) não verificaram diferenças no teor de nitrogênio foliar. Hungria,

Nogueira e Araujo (2013) também não verificaram diferenças entre a não inoculação, adubação nitrogenada, inoculação sem adubação nitrogenada, inoculação com *Azospirillum brasilense*, inoculação com *Rhizobium tropici* e coinoculação em feijoeiro para o teor de nitrogênio foliar.

Tabela 15. Teor de nitrogênio foliar de feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	Teor de N foliar (g kg ⁻¹ MS)			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	41,2	43,2	45,6	40,4
Sem	42,4	42,9	46,3	40,0
Manejos (M)				
Testemunha	42,9	41,9b	43,8	38,2
Com cobertura	42,8	46,9a	44,3	40,3
<i>A. brasilense</i>	41,2	40,6b	47,5	41,7
<i>R. tropici</i>	39,4	42,2b	45,4	39,8
Coinoculação	42,8	43,4b	48,7	41,7
Teste F				
Reinoculação	1,08	0,06	0,63	0,20
Manejos	0,65	4,74*	1,53	1,26
R X M	0,79	0,26	2,64	0,77
CV 1 (%)	11,06	6,27	9,14	7,40
CV 2 (%)	7,16	9,11	5,73	6,39
Média geral	41,8	43,0	45,9	40,2

Nota: *: significativo pelo teste F a 5 %; CV: coeficiente de variação; M.S.: massa seca. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Verifica-se que em todos os tratamentos, os valores obtidos estão dentro da faixa adequada para a cultura que de acordo com Ambrosano *et al.* (1997) é de 30 a 50 g kg⁻¹. De maneira geral, as médias observadas para todos os tratamentos foram elevadas, mesmo no tratamento testemunha, evidenciando a boa fertilidade do solo da área experimental.

Em relação ao teor relativo de clorofila, para o SPD inicial nota-se que houve diferença estatística no ano de 2018, em que ocorreu interação entre os fatores. Já para a safra de 2019 não houveram diferenças e o teor médio foi de 37,0 (Tabela 16).

Tabela 16. Teor relativo de clorofila foliar de feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	Teor relativo de clorofila (Spad)			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	32,9a	36,6	38,4	38,4
Sem	31,2b	37,5	38,5	38,9
Manejos (M)				
Testemunha	32,2b ¹	38,5	37,7	38,5
Com cobertura	29,1c	35,5	37,5	37,0
<i>A. brasilense</i>	31,4b	38,4	40,7	40,1
<i>R. tropici</i>	32,8b	35,7	37,5	39,1
Coinoculação	34,7a	37,1	38,7	38,4
Teste F				
Reinoculação	8,04*	1,22	0,08	0,18
Manejos	7,21**	1,62	2,55	0,84
R X M	4,47*	2,32	0,76	0,47
CV 1 (%)	5,84	7,50	5,46	7,74
CV 2 (%)	5,13	6,25	4,65	8,83
Média geral	32,0	37,0	38,5	38,6

Nota: **, *: significativo pelo teste F a 1 e 5 %, respectivamente; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ¹: Significativo pelo teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

No desdobramento da interação de reinoculação dentro dos manejos de inoculação, nota-se que na presença de reinoculação, o tratamento co-inoculado apresentou a maior média de teor relativo de clorofila, com valor de 37,76, que diferiu dos tratamentos testemunha, inoculado com *Azospirillum brasilense* e inoculado com *Rhizobium tropici*, na qual estes diferiram do tratamento adubado em cobertura que apresentou o menor valor (28,25) (Tabela 17), diferindo do resultados obtidos por Soratto, Carvalho e Arf (2004) e Garcia *et al.* (2011) que constataram aumento nos valores de índice relativo de clorofila com o incremento nas doses de N aplicadas.

Em relação ao desdobramento dos manejos de inoculação dentro de reinoculação, observa-se diferença para o tratamento co-inoculado, que na presença de reinoculação houve incremento no teor relativo de clorofila foliar.

Em relação ao SPD consolidado não se identificou diferenças nas duas safras, e os teores médios de clorofila foram de 38,5 e 38,6 para o primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente (Tabela 17).

Tabela 17. Desdobramento da interação entre manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação para teor relativo de clorofila foliar de plantas de feijão no SPD inicial. Selvíria – MS, 2018.

Tratamento	Teor relativo de clorofila (Spad)	
	Com	Sem
Testemunha	32,89bA	31,44aA
Com cobertura	28,25cA	29,94aA
<i>A. brasilense</i>	32,35bA	30,42aA
<i>R. tropici</i>	33,16bA	32,48aA
Coinoculação	37,76aA	31,64aB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Com relação à massa de 100 grãos, para o SPD inicial não foram identificadas diferenças entre os tratamentos ou interação entre os fatores para os dois anos de cultivo. Corroborando esse resultado, Pelegrin *et al.* (2009), não detectaram diferenças entre os tratamentos na comparação das médias, com valores entre 28,8 e 30,7 para o cultivar Pérola.

Tabela 18. Massa de cem grãos de feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	Massa de cem grãos (g)			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	28,1	26,5	29,9	24,0
Sem	28,1	27,3	30,1	23,9
Manejos (M)				
Testemunha	28,3	26,7	28,0b	24,0
Com cobertura	27,9	27,1	30,9a	24,1
<i>A. brasilense</i>	27,7	27,2	30,8a	24,4
<i>R. tropici</i>	28,2	26,6	30,2a	23,9
Coinoculação	28,4	27,1	30,1a	23,4
Teste F				
Reinoculação	0,01	2,77	0,08	0,23
Manejos	0,70	0,64	14,27**	1,46
R X M	0,70	1,20	1,87	0,35
CV 1 (%)	3,61	3,56	2,89	3,56
CV 2 (%)	4,50	2,38	3,81	4,31
Média geral	28,1	26,9	30,0	23,9

Nota: **: significativo pelo teste F a 1%; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Kaneko *et al.* (2010) também não verificaram influência da inoculação de *Rhizobium tropici* na massa de cem grãos e na produtividade. Já para o SPD consolidado nota-se que houveram diferenças para manejos de inoculação no ano de 2018, em que todos os tratamentos foram superiores a testemunha, indicando que qualquer tipo de inoculação das sementes, ou adubação nitrogenada em cobertura beneficia esse parâmetro (Tabela 18), comportamento parecido com o número de vagens por planta. Schossler *et al.* (2016), estudando inoculação de *Rhizobium tropici* e coinoculação com *Azospirillum brasilense* em SPD consolidado, observaram maior massa de mil grãos para o tratamento de coinoculação, sendo o tratamento testemunha diferente estatisticamente dos demais. Na safra de 2019, não foram constatadas diferenças para massa de cem grãos e a média foi de 23,9 g.

Para a produtividade de grãos, nota-se que no SPD inicial, na safra de 2018 não houve diferença significativa entre os tratamentos ou interação entre os fatores, sendo a média de produtividade de 3.257,7 kg ha⁻¹. Corroborando estes resultados, Kaneko *et al.* (2010); Silva *et al.* (2009b); Souza, Soratto e Pagani (2011) trabalhando em SPD, também não verificaram efeito da inoculação de *Rhizobium tropici* nas sementes para a produtividade do feijoeiro (Tabela 19).

Já para o ano de 2019 não foram encontradas diferenças para manejos de inoculação, porém para reinoculação houve significância, onde a reinoculação com *Rhizobium tropici* promoveu incremento de produtividade de grãos, aumentando o rendimento em cerca de 11% (Tabela 19).

Em relação ao SPD consolidado, no ano de 2018 foram verificadas diferenças para os manejos de inoculação, onde o tratamento adubado em cobertura e o tratamento inoculado com *Rhizobium tropici* nas sementes, apresentaram maior rendimento de grãos (Tabela 19). Corroborando o resultado deste trabalho, Pelegrin *et al.* (2009) verificaram que a inoculação com *Rhizobium tropici* possibilitou a obtenção de produtividade de grãos de feijão equivalente à aplicação de até 160 kg ha⁻¹ de N. Hungria, Campo e Mendes (2003), conduziram experimento durante dois anos com inoculação de *Rhizobium tropici* estirpe PRF 81 (SEMIA 4080) em feijoeiro cultivar Pérola no estado do Paraná e verificaram maior produtividade no tratamento com a presença da inoculação e no tratamento com adubação nitrogenada (30 kg ha⁻¹ N na semeadura + 30 kg ha⁻¹ em cobertura), em relação à testemunha sem adubação na primeira safra.

Tabela 19. Produtividade de grãos de feijão de inverno submetido à manejos de inoculação e presença ou ausência de reinoculação, nos sistemas de SPD em fase inicial e consolidado. Selvíria - MS, 2018 e 2019.

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)			
	Inicial		Consolidado	
	2018	2019	2018	2019
Reinoculação (R)				
Com	3.234	4008a	3.373	3.639a
Sem	3.281	3558b	3.593	3.329b
Manejos (M)				
Testemunha	3.360	3.389	3.331b	3.443
Com cobertura	3.399	4.061	3.808a	3.329
<i>A. brasilense</i>	3.116	3.487	3.109b	3.605
<i>R. tropici</i>	3.298	3.690	3.712a	3.642
Coinoculação	3.114	4.291	3.454b	3.403
Teste F				
Reinoculação	0,13	5,28*	2,71	6,73*
Manejos	0,68	2,43	5,33*	0,65
R X M	1,56	2,27	0,49	0,19
CV 1 (%)	14,17	18,35	9,98	13,51
CV 2 (%)	12,91	16,37	12,14	10,86
Média geral	3.258	3.783	3.483	3.484

Nota: *: significativo pelo teste F a 5%; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Schossler *et al.* (2016) também observaram diferença significativa para a inoculação sobre a produtividade de grãos. O tratamento com coinoculação apresentou produtividade de 2448,45 kg ha⁻¹, diferindo significativamente dos tratamentos com inoculação de *Azospirillum brasilense* e testemunha, no entanto, não diferindo do tratamento inoculado com *Rhizobium tropici*.

Em relação ao tratamento com presença de N em cobertura, a produtividade foi de 3.808 kg ha⁻¹, cerca de 12,5% maior que a testemunha (3.301 kg ha⁻¹). Valderrama *et al.* (2009) observaram efeito linear crescente na produtividade do feijoeiro em plantio direto com o aumento da dose de nitrogênio, sendo que a maior dose (120 kg ha⁻¹ de N) incrementou em 14,5% (293 kg ha⁻¹ de grãos) em relação a dose zero. Por outro lado, Arf *et al.* (2004); Souza, Soratto e Pagani (2011), verificaram que a produtividade é pouco influenciada pela adubação nitrogenada em cobertura. É importante frisar que os resultados podem variar em função de fatores como: fertilidade do solo, sistema de cultivo, cultura anterior, quantidade e composição

de resíduos vegetais, irrigação, clima, dentre outros (PELEGRIN *et al.*, 2009; ROSOLEM, 1987).

Para a safra de 2019, no SPD consolidado foram observadas diferenças para o manejo da reinoculação com *Rhizobium tropici*, em que o tratamento reinoculado apresentou produtividade 8,5 % maior quando comparado ao tratamento sem reinoculação. Souza (2016), trabalhando com reinoculação na cultura da soja observou que as inoculações suplementares em cobertura com *Bradyrhizobium japonicum*, nos estádios vegetativos V1, V3 e V6, e reprodutivo, em R1, com aplicação de lâmina de 10 mm de irrigação após a inoculação, proporcionaram maior número de nódulos e maior produtividade de grãos na cultura.

Nota-se que para a safra de 2019 houve incremento de produtividade quando ocorreu a reinoculação de *Rhizobium tropici* em ambos os sistemas (SPD inicial ou consolidado), evidenciando que o genótipo IPR Campos Gerais é responsivo a esse manejo, fato que não ocorreu na safra de 2018 em que foi utilizado o cultivar BRS Estilo. É possível identificar na tabela 8 que o manejo da reinoculação aumentou a massa seca de nódulos em R₅ na safra 2019, dessa forma, nestes tratamentos houve maior disponibilidade de N, e assim o incremento na produtividade de grãos.

5 CONCLUSÕES

A aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura reduz o número e massa seca de nódulos.

Para a produtividade de grãos, o tratamento inoculado com *Rhizobium tropici* nas sementes e o adubado com 90 kg ha⁻¹ foram superiores aos demais, apenas na safra 2018 no SPD consolidado.

A reinoculação com *Rhizobium tropici* incrementou a produtividade de grãos em ambos os sistemas na safra 2019, em que se utilizou o cultivar IPR Campos Gerais.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, R. M. C. M.; ARAÚJO, A. P.; XAVIER, G. R.; ROCHA, M. M.; RUMJANEK, N. G. Relações entre a contribuição da fixação biológica de nitrogênio e a duração do ciclo de diferentes genótipos de cultivos de leguminosas de grãos. Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2009. (Documentos, 197).
- ALMEIDA, C.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E. Uréia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 293-298, 2000.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, jan/fev 2001.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, A. F.; ANDRADE, M. J. B.; RODRIGUES, J. R. M.; VIEIRA, N. M. B. Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1495-1502, 2009.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. F.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.
- AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, Â. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação- IAC, 1997. p. 194-195.
- ARAÚJO, F. F.; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, J. E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.
- ARF, M. V.; BUZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA, J. P.; GITTI, D. C. YAMAMOTO, C. J. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 430-438, 2011.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. D. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.
- ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M.E.; BUZETTI, S. (Coords.) **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, p. 233-247, 1994.

ARF, O.; FERNANDES, R. N.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. (Eds.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p.

BASSAN, D. A. Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M. A. C.; SANTOS, N. C. B.; SÁ, M. E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução normativa nº 13, de 24/03/2011**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro_de_produtos. Acesso em: 11 dez. 2019.

CARDOSO, J. D.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S. Polyphasic approach for the characterization of rhizobial symbionts effective in fixing N₂ with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 93, n. 5, p. 2035-2049, 2012.

CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N. C. B.; BASSAN, D. A. Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 617-624, 2001.

CASTRO, O. M.; VIEIRA, S. R.; MARIA, I. C. Sistema de preparo do solo e disponibilidade de água. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais [...]** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 27-51.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: Grãos – safra 2019/2020, Segundo levantamento** [internet]. Brasília, DF: Conab; 2019. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras> > Acesso em: 30 nov. 2019.

CORSINI, D. C. D. C.; ARF, O.; TAKASU, A.T.; MEIRELLES, F. C.; MENEZES, J. C. A.; MARTINS, J. T.; GARCIA, N. F. S.; PORTUGAL, J. R. Desenvolvimento do feijão de inverno reinoculado com *Rhizobium tropici*. In: XII CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. **Anais [...]** Piracicaba: ESALQ/USP, 2017. p. 152-152.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial da produtividade do feijoeiro correlacionada com atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 908-916, 2011.

DARDANELLI, M. S.; CÓRDOBA, F. J. F. de; ESPUNY, M. R.; CARVAJAL, M. A. R.; DÍAZ, M. E. S.; SERRANO, A. M. G.; OKON, Y.; MEGÍAS, M. Effect of *Azospirillum brasilense* coinoculated with *Rhizobium* on *Phaseolus vulgaris* flavonoids and Nod factor production under salt stress. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 40, n. 11, p. 2713-2721, 2008.

DE BRUIJN, F. **Biological nitrogen fixation**. 2 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015. 1260 p.

DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C. **Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro-comum**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, p. 131, 2005.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, J. I. Bases científicas para uma agricultura biológica. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 34, n. 7, p. 869-881, 1982.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos. Roma: FAO, 1979. 212 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B.; CARVALHO, M. C. S. **Nutrição mineral do feijoeiro**. Brasília, DF: Embrapa. 2015. 394p.

FALKER, Automação agrícola. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030)**. Porto Alegre, 2008. 33p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. 2. ed. Piracicaba: Livro cereas, 2007. 386 p.

FAO, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **FAOSTAT: statistics database**. 2015. Disponível em: http://faostat3.fao.org/browse/T/*/E. Acesso em: 30 dez. 2019.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; PENARIOL, F. G.; EGÉA, M. M.; GASPAROTO, M. G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 307-312, 2006.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34 p.

FERREIRA, A. N.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C.; ARAÚJO, R. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 507-512, 2000.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante a influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 917-924, 2011.

GARCIA, A.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. S.; CASTAN, D. O. C.; MARQUES, L. M.; SILVA, M. P. Teor de clorofila em feijoeiro cv. Pérola em função de doses de N, cultivado sobre quatro coberturas de solo em plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 2011, Goiânia. **Anais [...]** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. CD-ROM.

GERMAN, M. A.; BURDMAN, S.; OKON, Y.; KIGEL, J. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. **Biology and Fertility of Soil**, Florença, v. 32, n. 3, p. 259-264, 2000.

GITTI, D. C.; ARF, O.; PORTUGAL, J. P.; CORSINI, D. C. D. C.; RODRIGUES, R. A. F.; KANEKO, F. H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 509-517, 2012.

GONÇALVES, J. G. R.; CHIORATO, A. F.; MORAIS, L. K.; PERINA, E. F.; FARIAS, F. L.; CARBONELL, S. A. M. Estudo da estabilidade fenotípica de feijoeiro com grãos especiais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 922-931, 2010.

GRASSI FILHO, H. Funções do nitrogênio e enxofre nas plantas. In: VALE, D. W.; SOUSA, J. I.; PRADO, R. M. Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas. Jaboticabal: FCAV, 2010. p. 187-197.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 3, p. 909-920, 2012.

HARLAN, J. R. Agricultural origins: centers and no centers. **Science**, Washington, v. 174, n. 4008, p. 468-474, 1971.

HARTMANN, A.; BALDAM, J. I. The genus *Azospirillum*. In: DWORKIN, M.; FALKOW, S.; ROSENBERG, E.; SCHLEIFER, K. H.; STACKEBRANDT, E. (ed.). *The Prokaryotes*. New York: Springer, p. 115-140, 2006.

HARTMANN, A.; ROTHBALLER, M.; SCHMID, M. Lorenz hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 312, n. 1-2, p. 7-14, 2008.

HENTZ P.; CARVALHO, N. L.; LUZ, L. V.; BARCELLOS, A. L. Ciclagem de nitrogênio em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Ciência e Natureza**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 663-676, 2014.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p.

HUNGRIA, M., STACEY, G. Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**. Oxford, v. 29, n. 5-6, p. 819-830, 1997.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biology and Fertility of Soils**, Florença, v. 39, n. 2, p. 88-93, 2003.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **Tecnologia de fixação biológica do nitrogênio com o feijoeiro: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2013. 30 p.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology Fertility of Soils**, Florença, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Testes de eficiência agronômica da tecnologia de coinoculação de rizóbios e *Azospirillum* em soja e feijoeiro. In: XVI REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE INOCULANTES MICROBIANOS DE INTERESSE AGRÍCOLA (RELARE). 2012, Londrina. **Anais [...]** Londrina: Embrapa, 2012. p. 35-36.

KANEKO, F.H.; ARF, O.; GITTI, D. D. C.; ARF, M.; FERREIRA, J. P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Palhada de braquiária no sistema plantio direto. In: KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F. (ed.). **Integração lavoura pecuária: agregação de valores, custo e sustentabilidade**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Cap. 18.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja. Arroz e feijão, após oito anos de plantio direto**. 1998. 179 f. Tese (Doutorado em Solos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; COSTA, J. L. S.; PORTELA, C. **Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 28 p. (Documentos, 157).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MARIN, V. A.; BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K. R. S.; BALDANI, J. I. Fixação Biológica de Nitrogênio: Bactérias Fixadoras de Nitrogênio de Importância para a Agricultura Tropical. Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, 1999. 24 p.

MARTINEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MARTINS, F. M.; FRANCO, A. A.; GRAHAM, P. H.; PARDO, M. A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 41, n. 3, p. 417-426, 1991.

MATOSO, S. C.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 567-573, 2014.

MEIRELLES, F. C.; CORSINI, D. C. D. C.; GERLACH, G. A. X.; SILVA, J. C.; GITTI, D. C.; SOUZA, E.; PORTUGAL, J. R.; ARF, O. Coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium Tropici* em Feijão em Cultivo Irrigado. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 11, Londrina - PR. **Anais [...]** Londrina: Congresso Nacional De Pesquisa De Feijão, 2014.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

MULAS, D.; GARCÍA-FRAILE, P.; CARRO, L.; RAMÍREZ-BAHENA, M. H.; CASQUERO, P.; VELÁZQUEZ, E.; GONZÁLEZ-ANDRÉS, F. Distribution and efficiency of *Rhizobium leguminosarum* strains nodulating *Phaseolus vulgaris* L. in Northern Spanish soils: Selection of native strains that replace conventional N fertilization. **Soil Biology and Biochemistry**, Florença, v. 43, n. 11, p. 2283-2293, 2011.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro-comum à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n.1, p. 219-226, 2009.

RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C. Co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* in common beans grown under two irrigation depths. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 63, n. 2, p. 198-207, 2016.

PINTO, F. G. S.; HUNGRIA, M.; MERCANTE, F. M. Polyphasic characterization of Brazilian *Rhizobium tropici* strains effective in fixing N₂ with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 39, p. 1851-1864, 2007.

RAAIJMAKERS, J. M.; PAULITZ, T. C.; STEINBERG, C.; ALABOUVETTE, C.; MOËNNE-LOCCOZ, Y. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 321, n. 1-2, p. 341-361, 2008.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1987. 93 p.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Encarte do Informações Agrônomicas**, São Paulo, n. 68, 1994. Disponível em: [http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/69CAB152E9EC329A83257AA0003BC0D4/\\$FILE/Seja%20Feijoeiro.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/69CAB152E9EC329A83257AA0003BC0D4/$FILE/Seja%20Feijoeiro.pdf). Acesso em: 18 nov. 2019.

SALET, R. L.; VARGAS, L. K.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; CONTE, E. Porque a disponibilidade de nitrogênio é menor no sistema plantio direto? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo, RS. **Anais [...]** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p. 217-219.

SANCHEZ, P.A.; LOGAN, T.J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. (ed.). **Myths and science of soil of the tropics**. Madison: Soil Science Society of America, 1992. p. 35-46.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F.; MELO, M. L. B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, 2003.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SCHOSSLER, J. H.; MEERT, L.; RIZZARDI, D. A.; MICHALOVICZ, L. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e coinoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 4, p. 496-506, 2009a.

SILVA, E. F. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F. D.; MERCANTE, F. M.; RODRIGUES, E. T.; VITORINO, A. C. T. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada a exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009b.

SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; RUFINI, M.; MARTINS, F. A. D.; OLIVEIRA, D. P.; REIS, R. P.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. D. S. Agronomic and economic efficiency of common-bean inoculation with rhizobia and mineral nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 40, n. 1, p. 1-13, 2016.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SANTOS, L. A. D.; JOB, A. L. G. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: I - macronutrients. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 4, p. 1027-1042, 2013.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 259-266, 2006.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; MUNIZ, J. A.; REIS, R. P. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 87-98, 2002.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 370-377, 2011.

SOUZA, L. G. M. **Otimização da fixação biológica de nitrogênio na soja em função da reinoculação em cobertura sob plantio direto**. 2016. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira - SP, 2016.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M.G.; MERCANTE, F.M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. **Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 122-153.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; SILVA, C. A.; BOTREL, E. P. Nitrogênio e palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco, no plantio direto do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9, Campinas – SP. **Anais [...]** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. p.1511-1514.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. (ed.). **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Genesis; Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2000. 110 p.

VALADÃO, F. C. A.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L. A.; BORCHARTT, L.; OLIVEIRA, A. A.; VALADÃO JUNIOR, D. D. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 741-748, 2009.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 39, n. 3, p. 191-196, 2009.

VERONEZI, S. D. F.; COSTA, M. R.; SILVA, A. T.; MERCANTE, F. M. Caracterização fenotípica de isolados de rizóbio selecionados para inoculação em feijoeiro-comum. In: JORNADA DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA, 2012. Dourados. **Anais [...]** Brasília: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012.

WUTKE, E. B.; FANCELLI, A. L.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G.; BOVI, M. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação com culturas graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 325-338, 1998.

ZAFAR, M.; ABBASI, M. K.; KHAN, M. A.; KHALIQ, A.; SULTAN, T.; ASLAM, M. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth, nodulation and nutrient accumulation of lentil under controlled conditions. **Pedosphere**, v. 22, n. 6, p. 848-859, 2012.

APÊNDICE A – FOTOS DO EXPERIMENTO

Figura 4 – Semeadura de feijão em área de SPD consolidado. Selvíria – MS, 2019.



Fonte: Próprio autor.

Figura 5 – Feijão aos 8 DAE em área de SPD inicial. Selvíria – MS, 2019.



Fonte: Próprio autor.

Figura 6 – Feijão aos 24 DAE em SPD consolidado. Selvíria – MS, 2019.



Fonte: Próprio autor.

Figura 7 – Feijão aos 19 DAE em SPD inicial. Selvíria – MS, 2018.



Fonte: Próprio autor.

Figura 8 – Reinoculação com *Rhizobium tropici* em feijão no SPD consolidado no estágio V₄, aos 32 DAE. Selvíria – MS, 2019.



Fonte: Próprio autor.

Figura 9 – Feijão em SPD inicial aos 45 DAE. Selvíria – MS, 2018.



Fonte: Próprio autor

Figura 10 – Feijão em SPD inicial aos 60 DAE. Selvíria – MS, 2018.



Fonte: Próprio autor.

Figura 11 – Colheita de feijão na área de SPD inicial. Selvíria – MS, 2018.



Fonte: Próprio autor.