



DÂMIANY PÁDUA OLIVEIRA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA, INOCULAÇÃO
COM ESTIRPES DE RIZÓBIO E
TRATAMENTOS FUNGICIDAS DE SEMENTES
EM FEIJOEIRO-COMUM cv. BRSMG
MADREPÉROLA**

LAVRAS - MG

2013

DÂMIANY PÁDUA OLIVEIRA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA, INOCULAÇÃO COM ESTIRPES DE
RIZÓBIO E TRATAMENTOS FUNGICIDAS DE SEMENTES EM
FEIJOEIRO-COMUM cv. BRSMG MADREPÉROLA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Messias José Bastos de Andrade

Coorientadora

Dra. Fatima Maria de Souza Moreira

LAVRAS - MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Oliveira, Damiany Pádua.

Adubação nitrogenada, inoculação com estirpes de rizóbio e tratamentos fungicidas de sementes em feijoeiro-comum cv. BRSMG Madrepérola / Damiany Pádua Oliveira. – Lavras : UFLA, 2013.

180 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade.

Bibliografia.

1. Fixação biológica de nitrogênio. 2. Feijão - Nitrogênio. 3. Feijão - Fungicidas. 4. *Phaseolus vulgaris*. 5. *Rhizobium spp.* I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.652894

DÂMIANY PÁDUA OLIVEIRA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA, INOCULAÇÃO COM ESTIRPES DE
RIZÓBIO E TRATAMENTOS FUNGICIDAS DE SEMENTES EM
FEIJOEIRO-COMUM cv. BRSMG MADREPÉROLA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 12 de setembro de 2013.

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu	EMBRAPA
Dr. Augusto Ramalho de Moraes	UFLA
Dra. Ligiane Aparecida Florentino	UNIFENAS
Dra. Fatima Maria de Souza Moreira	UFLA



Dr. Messias José Bastos de Andrade
Orientador

LAVRAS - MG
2013

*À Deus,
pelas bênçãos e proteção,*

OFEREÇO

*À minha razão de vida: meu sobrinho e afilhado, Pedro Arthur, por surgir para
alegrar, dar sentido e metas,*

*Aos meus amores: meus irmãos, Dâmina e Dômer, pelo apoio,
cumplicidade e demonstração de verdadeiros
sentimentos de irmandade,*

*Às minhas bases: meus pais, Sebastião Donizete e Mercês, pelo amor
incondicional, oportunidade e confiança,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Brindo a casa

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial aos Departamentos de Agricultura e de Ciência do Solo, pela oportunidade de crescer com todos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pela concessão de bolsa e recursos financeiros.

Ao meu orientador, Prof. Messias José Bastos de Andrade, pela orientação, paciência e confiança. À minha coorientadora, Prof^ª Fatima Maria de Souza Moreira, pelos ensinamentos que muito me auxiliaram.

Aos demais membros da banca examinadora, Pesquisadora Dr.^a Ângela de Fátima Barbosa Abreu, Prof. Augusto Ramalho de Moraes e Prof^ª Ligiane Aparecida Florentino, pela disponibilidade na avaliação deste trabalho.

Aos pesquisadores da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG): Cícero Monti Teixeira, Fábio Aurélio Dias Martins e Agmar Antônio Terra (in memoriam), pelo apoio.

Aos funcionários Alessandro, Agnaldo, Júlio e Manguinha, do Setor de Grandes Culturas, e Manuel e Marlene, do Laboratório de Microbiologia do Solo; aos servidores da EPAMIG de Lambari e Patos de Minas e ao Prof. Márcio Santana e alunos do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, pelo auxílio na execução das atividades e simpatia sempre constantes.

Brindo a vida

A DEUS, razão de toda a existência, pela proteção e por me permitir mais essa conquista.

Meus amores: Minha família

Aos meus pais, Sebastião Donizete e Mercês, pelo amor incondicional e exemplo de vida, fundamentais para tornar esse momento possível; aos meus irmãos, Dômer e Dâmina, pela cumplicidade, e ao meu sobrinho e afilhado querido, Pedro Arthur, por dar sentido e metas à minha vida.

À família que na UFLA criei: Henrique, Diego, Otávio, Márcia, André, Maria de Fátima, Éder, Guilherme e em especial à Marislaine e Bruno, pela amizade, dedicação e companheirismo, e a todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a conclusão de mais uma etapa de minha vida e que, embora aqui não citados, não deixam de merecer meu profundo agradecimento.

“Confie, siga, trabalhe e construa para o bem.
E guarde a certeza de que, para alcançar a felicidade,
se fizeres teu dever,
Deus fará o resto.”

André Luiz e Emmanuel

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivos: avaliar o efeito da associação entre inoculação de sementes de feijão com rizóbio e adubação nitrogenada, verificar a eficiência simbiótica de cinco estirpes de rizóbio no feijoeiro-comum e verificar a compatibilidade entre inoculação e fungicidas comercialmente recomendados para tratamento de sementes de feijão. Para alcançar esses objetivos foi conduzido um total de 10 experimentos de campo, em quatro localidades do estado de Minas Gerais. O delineamento estatístico foi sempre blocos ao acaso com quatro repetições, a cultivar foi a BRSMG Madrepérola e a fonte de nitrogênio (N) foi ureia. Em um primeiro experimento foram empregados 07 tratamentos 1: Testemunha sem N na semente e sem inoculação das sementes, 2: Apenas Inoculação na semente, 3: Apenas N na semente (20 kg ha⁻¹ de N), 4: Inoculação + N semente (20 kg ha⁻¹ de N), 5: Inoculação + N semente (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (20 kg ha⁻¹ de N), 6: Inoculação + N semente (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (40 kg ha⁻¹ de N), 7: Inoculação + N semente (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (60 kg ha⁻¹ de N). O segundo ensaio também teve sete tratamentos (estirpes CIAT 899^T, UFLA 02-68 de *R. etli* bv. *mimosae*, UFLA 02-100 de *R. etli*, UFLA 02-127 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* e UFLA 04-173 de *R. miluonense*), comparadas a duas testemunhas sem inoculação, uma com N, na dose de 80 kg ha⁻¹ N (½ em semente e ½ em cobertura) e outra sem N. No terceiro experimento adotou-se um fatorial 5 x 2 envolvendo cinco tratamentos de semente (fungicidas *Vitavax-Thiram*®, *Maxim XL*®, *Certeza*® e *Carbomax*® + uma testemunha sem fungicida) e duas inoculações (presença ou ausência da estirpe CIAT 899^T). Na floração foram avaliados a nodulação, o crescimento, o teor e o acúmulo de N na parte aérea e o teor de clorofila. Na maturação determinou-se o estande final, o rendimento de grãos com seus componentes primários e o teor e acúmulo de N nos grãos. Concluiu-se que: a presença de 20 kg ha⁻¹ de N na semente e de até 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura não reduzem a nodulação e nem o estande final do feijoeiro. Os tratamentos só com inoculação e testemunha absoluta promovem teores de N e de clorofila na parte aérea semelhantes aos dos tratamentos adubados com N. A associação de inoculação + 20 kg ha⁻¹ de N na semente resulta em matéria seca, acúmulo de N na parte aérea e eficiência relativa superiores aos mesmos tratamentos isoladamente. O tratamento inoculação + 20 kg ha⁻¹ de N na semente propicia teor e acúmulo de N no grão e rendimento de grãos equivalentes aos dos tratamentos adubados com as maiores doses de N. A adubação nitrogenada com 40 kg ha⁻¹ na semente reduz o número de nódulos em relação aos tratamentos inoculados. As estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-127 e UFLA 04-173 e as estirpes nativas proporcionam número de nódulos equivalentes ao da estirpe CIAT 899^T. Os rizóbios nativos assemelham-

se à estirpe CIAT 899^T ainda no teor de clorofila na planta e de nitrogênio no grão. No que diz respeito ao teor e acúmulo de N nos grãos e ao rendimento de grãos, as estirpes inoculadas UFLA 02-127, UFLA 04-173 e CIAT 899^T têm desempenho equivalente ao da adubação com 80 kg ha⁻¹ de N. Os fungicidas não influenciam a nodulação, o crescimento do feijoeiro, o N na parte aérea e nem o rendimento de grãos. O ambiente tem grande influência sobre as características avaliadas. Em Lavras há maior número de nódulos, crescimento de planta, maior acúmulo de N na parte aérea e no grão e peso de cem grãos, o que resulta em maior rendimento de grãos. Não há efeito do tratamento fungicida sobre o estande em Lavras, mas em Lambari o produto Vitavax-Thiram reduz o estande final do feijoeiro. Em Lambari, o produto Carbomax propicia menor teor de N nos grãos em relação à testemunha e demais tratamentos fungicidas.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio. Inoculante. Doses de nitrogênio. Fungicidas. *Rhizobium spp.* *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of the association between inoculation of common bean seeds with *Rhizobium* and nitrogen fertilization, verify the symbiotic efficiency of five rhizobium strains in common bean and check the compatibility between inoculation and fungicides commercially recommended for treatment of bean seeds. For these purposes, we conducted a total of 10 field experiments in four locations in the state of Minas Gerais, Brazil. A randomized block design was always used, with 4 replications. The bean cultivar was BRSMG Madrepérola and the nitrogen (N) source was urea. Seven treatments were used in a first experiment: 1: Control without mineral N at sowing and without seed inoculation, 2: Only inoculation at sowing, 3: Only nitrogen at sowing (20 kg N ha⁻¹), 4: Inoculation + N at sowing (20 kg N ha⁻¹), 5: Inoculation + N at sowing (20 kg N ha⁻¹) + N topdressing (20 kg N ha⁻¹), 6: Inoculation + N at sowing (20 kg N ha⁻¹) + N topdressing (40 kg N ha⁻¹), 7: Inoculation + N at sowing (20 kg N ha⁻¹) + N topdressing (60 kg N ha⁻¹). The second experiment also had seven treatments (with the following strains: *Rhizobium tropici* CIAT 899, *R. etli* bv. *mimosae* UFLA 02-68, *R. etli* UFLA 02-100, *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* UFLA 02-127 and *R. miluonense* UFLA 04-173), compared to two controls without inoculation, one with N supplied by urea at a rate of 80 kg N ha⁻¹ (½ at sowing and ½ as topdressing) and another without mineral N. In the third experiment, we adopted a 5 x 2 factorial scheme involving five seed treatments (Vitavax-Thiram®, Maxim XL®, Certeza® and Carbomax® fungicides + one untreated control) and two inoculations (presence or absence of the CIAT 899^T strain). Nodulation, plant growth, N content and N accumulation in the shoot as well as chlorophyll content were evaluated at flowering. The final stand, grain yield with its primary components and N content and N accumulation in the grains were determined at maturation. The study concluded that the presence of 20 kg N ha⁻¹ at sowing and up to 60 kg N ha⁻¹ did not reduce nodulation nor the final stand of common bean. The only inoculation treatment and absolute control treatment lead to N content and chlorophyll in shoots similar to the N fertilized treatments. The combination of inoculation + 20 kg N ha⁻¹ at sowing results in higher dry matter and N accumulation in shoots and greater relative efficiency than those same treatments separately. The treatment of inoculation + 20 kg N ha⁻¹ at sowing provides N content and N accumulation in the grain and grain yield equivalent to the fertilized treatments at greater N application rates. Nitrogen fertilization of 40 kg ha⁻¹ at planting reduces the number of nodules compared to inoculated treatments. Inoculations with strains UFLA 02-100, UFLA 02-127 and UFLA 04-173 and native strains provide the same number of nodules as the CIAT 899^T strain. Native rhizobia furthermore resemble CIAT 899^T in chlorophyll content

in the plant and N content in the grain. With regard to N content and N accumulation in the grain and grain yield, the inoculated strains UFLA 02-127, 04-173 and UFLA CIAT 899^T perform in the same manner as fertilization with 80 kg N ha⁻¹. In the situation of non-occurrence of diseases, fungicides do not affect nodulation, bean growth, N in the shoots nor grain yield. The environment highly influences the characteristics evaluated. In Lavras, there is a greater number of nodules, greater plant growth, greater N accumulation in shoots and grain and greater hundred seed weight, which results in higher grain yield. There is no effect of the fungicide treatment on the plant population in Lavras but, in Lambari, Vitavax-Thiram reduces the final bean stand. In Lambari, Carbomax leads to lower N content in the grain compared to the control and other fungicide treatments.

Keywords: Biological nitrogen fixation. Inoculant. Nitrogen application rate. Fungicides. *Rhizobium spp.* *Phaseolus vulgaris*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1 Variação mensal da temperatura máxima, média e mínima e da precipitação pluvial de 01 de novembro de 2012 a 28 de fevereiro de 2013, em Lavras (A), Maria da Fé-Lambari (B), Uberaba (C) e Patos de Minas (D). Safra primavera-verão, 2012/13..... 50

CAPÍTULO 3

- Figura 1 Variação mensal da temperatura máxima, média e mínima e da precipitação pluvial de 01 de novembro de 2012 a 28 de fevereiro de 2013, em Lavras (A), Maria da Fé-Lambari (B), Uberaba (C) e Patos de Minas (D). Safra primavera-verão, 2012/13..... 97

CAPÍTULO 4

- Figura 1 Variação mensal da temperatura máxima, média e mínima e da precipitação pluvial de 01 de novembro de 2012 a 28 de fevereiro de 2013, em Lavras (A) e Maria da Fé-Lambari (B). Safra primavera-verão, 2012/13 147

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Características químicas e físicas de amostras de material dos solos utilizados, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, altitude e coordenadas geográficas de quatro localidades de Minas Gerais	49
Tabela 2	Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados Médios dos dados referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), leituras SPAD e percentagem de leituras SPAD (PS) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola	58
Tabela 3	Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), leituras SPAD e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola	59
Tabela 4	Massa seca da parte aérea (MSPA, em g/12 plantas), em função de locais e tratamentos	61
Tabela 5	Eficiência relativa dos tratamentos (ER, em %), em função de locais e tratamentos	63
Tabela 6	Percentagem de leituras SPAD (PS) do feijoeiro BRSMG Madrepérola em relação ao tratamento isento de inoculação e adubado com 80 kg ha ⁻¹ de N	64
Tabela 7	Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e quadrados médios dos dados referentes a estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola.....	70
Tabela 8	Valores médios de estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG) e teor de nitrogênio nos grãos (TNG) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola	71
Tabela 9	Acúmulo médio de nitrogênio nos grãos (ANG, em kg ha ⁻¹) do feijoeiro BRSMG Madrepérola, em função de locais e tratamentos	75
Tabela 10	Rendimento de grãos (REND, em kg ha ⁻¹) do feijoeiro BRSMG Madrepérola, em função de locais e tratamentos	77

Tabela 11	Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre as características avaliadas na floração (número-NN e massa seca-MSN de nódulos, massa seca da parte aérea-MSPA, eficiência relativa-ER, leituras SPAD e percentagem de leituras SPAD-PS e teor-TNPA e acúmulo de nitrogênio na parte aérea-ANPA) e na maturação (estande final-EF, número de vagens por planta-VP e de grãos por vagem-GV, peso de cem grãos-PCG, teor-TNG e acúmulo de nitrogênio nos grãos-ANG e rendimento de grãos-REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Safra primavera-verão 2012/13.....	80
-----------	--	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Características químicas e físicas de amostras de material dos solos utilizados, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, altitude e coordenadas geográficas de quatro localidades de Minas Gerais	96
Tabela 2	Origem (Sistema de uso da terra – SUT, Estado e País) e características culturais das estirpes de rizóbio usadas nos ensaios	99
Tabela 3	Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) dos dados referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), leituras SPAD e percentagem de leituras SPAD (PS) em relação ao tratamento adubado com 80 kg ha ⁻¹ de N e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Lavras, Lambari, Uberaba e Patos de Minas-MG	104
Tabela 4	Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), leituras SPAD, percentagem de leituras SPAD (PS) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola	108
Tabela 5	Teores médios de nitrogênio na parte aérea (TNPA, %) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola, em função de locais e tratamentos	110
Tabela 6	Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) dos dados referentes a estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND)	

	do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Lavras, Lambari, Uberaba e Patos de Minas-MG.....	115
Tabela 7	Valores médios de número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola.....	116
Tabela 8	Estande final de plantas (EF, mil plantas ha ⁻¹) do feijoeiro BRSMG Madrepérola, em função de locais e tratamentos.....	117
Tabela 9	Peso médio de cem grãos (PCG, em gramas) do feijoeiro BRSMG Madrepérola, em função de locais e tratamentos.....	122
Tabela 10	Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre as características avaliadas na floração (número-NN e massa seca-MSN de nódulos, massa seca da parte aérea-MSPA, eficiência relativa-ER, leituras SPAD e percentagem de leituras SPAD-PS e teor-TNPA e acúmulo de nitrogênio na parte aérea-ANPA) e na maturação (estande final-EF, número de vagens por planta-VP e de grãos por vagem-GV, peso de cem grãos-PCG, teor-TNG e acúmulo de nitrogênio nos grãos-ANG e rendimento de grãos-REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Safra primavera-verão 2012/13.....	127

CAPÍTULO 4

Tabela 1	Características químicas e físicas de amostras de material dos solos utilizados, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, altitude e coordenadas geográficas das localidades de Lavras e Lambari-MG	146
Tabela 2	Descrição dos fungicidas comerciais, de patógenos e doenças controlados, de ingredientes ativos ou grupos químicos constituintes e das doses recomendadas e empregadas no estudo	148
Tabela 3	Resumo da análise de variância conjunta (quadrados médios) dos dados referentes à floração: número (NN) e massa seca (MSN) de nódulos, massa seca da parte aérea (MSPA), leituras SPAD e percentagem de leituras SPAD (PS) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Lavras e Lambari-MG, 2012/13	153
Tabela 4	Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), leituras SPAD e percentagem de leituras SPAD (PS) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola.....	154

Tabela 5	Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) dos dados referentes a estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Lavras e Lambari-MG, 2012/13	162
Tabela 6	Valores médios de número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos de feijão (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola.....	163
Tabela 7	Estandes de planta (EF, mil plantas ha ⁻¹) e teores médios de nitrogênio nos grãos (TNG, em %) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola em função de locais e tratamentos fungicidas em sementes	164
Tabela 8	Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre as características avaliadas na floração (número-NN e massa seca-MSN de nódulos, massa seca da parte aérea-MSPA, teor-TNPA e acúmulo de nitrogênio na parte aérea-ANPA, leituras SPAD e percentagem de leituras SPAD-PS) e da maturação (estande final-EF, número de vagens por planta-VP e de grãos por vagem-GV, peso de cem grãos-PCG, teor-TNG e acúmulo de nitrogênio nos grãos-ANG e rendimento de grãos-REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Safra primavera-verão 2012/13.....	171

LISTA DE ABREVIÇÕES

20P	Apenas nitrogênio na semeadura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia)
ANG	Acúmulo de nitrogênio nos grãos
ANPA	Acúmulo de nitrogênio na parte aérea
BFNNL	Bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAE	Dias após emergência
DCT	Diclorofenthion-thiram
EF	Estande final
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
ER	Eficiência relativa
FB	Fixação biológica de nitrogênio
GV	Grãos por vagem
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
I + 20P	Inoculação + N semeadura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia)
I + 20P + 20C	Inoculação + N semeadura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia) + N cobertura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia)
I + 20P + 40C	Inoculação + N semeadura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia) + N cobertura (40 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia)
I + 20P + 60C	Inoculação + N semeadura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia) + N cobertura (60 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia)
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MSN	Massa seca de nódulos
MSPA	Massa seca de parte aérea
NN	Número de nódulos
PCG	Peso de cem grãos
PS	Porcentagem de leitura SPAD em relação ao tratamento adubado com 80 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia
RELARE	Rede de Laboratórios para a Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola
REND	Rendimento de grãos
SPAD	Leituras indiretas de clorofila (Soil Plant Analysis Development)
TCL	Teor de clorofila

TNG	Teor de nitrogênio nos grãos
TNPA	Teor de nitrogênio na parte aérea
UFLA	Universidade Federal de Lavras
VP	Vagens por planta

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução geral	21
1	INTRODUÇÃO	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	Bactérias fixadoras de nitrogênio no feijoeiro	25
2.2	Utilização conjunta de N-mineral e inoculação do feijoeiro	27
2.3	Tratamento de sementes com fungicidas x inoculação com rizóbio	29
	REFERÊNCIAS	33
	CAPÍTULO 2 Inoculação de sementes com rizóbio e adubação nitrogenada do feijoeiro-comum	42
1	INTRODUÇÃO	45
2	MATERIAL E MÉTODOS	47
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.1	Características avaliadas na floração	56
3.1.1	Nodulação	56
3.1.2	Massa seca de parte aérea e eficiência relativa dos tratamentos	60
3.1.3	Leituras indiretas de clorofila (SPAD) e percentagem SPAD (PS)	63
3.1.4	Teor e acúmulo de N na parte aérea do feijoeiro	65
3.2	Características avaliadas na maturação	68
3.2.1	Estande final	68
3.2.2	Componentes do rendimento	71
3.2.3	Teor e acúmulo de nitrogênio no grão	73
3.2.4	Rendimento de grãos	76
3.3	Correlações entre as características avaliadas	78
4	CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS	82
	CAPÍTULO 3 Crescimento, nutrição e desempenho agrônomico do feijoeiro submetido à inoculação das sementes com estirpes de rizóbio.....	90
1	INTRODUÇÃO	92
2	MATERIAL E MÉTODOS	94
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
3.1	Características avaliadas na floração	103
3.1.1	Nodulação	105
3.1.2	Massa seca de planta e N na parte aérea do feijoeiro	106
3.1.3	Leituras indiretas de clorofila (SPAD) e percentagem SPAD (PS)	112
3.2	Características avaliadas na maturação	113
3.2.1	Estande final	116
3.2.2	Componentes do rendimento	119

3.2.3	Nitrogênio no grão e produtividade do feijoeiro	122
3.3	Correlações entre as características avaliadas	125
4	CONCLUSÕES.....	128
	REFERÊNCIAS.....	129
	CAPÍTULO 4 Compatibilidade entre inoculação com rizóbio e tratamento fungicida em sementes de feijoeiro-comum	139
1	INTRODUÇÃO	141
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	144
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	152
3.1	Características avaliadas na floração.....	152
3.2	Características avaliadas na maturação	160
3.3	Correlações entre as características avaliadas	169
4	CONCLUSÕES.....	172
	REFERÊNCIAS.....	173

CAPÍTULO 1

Introdução geral

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma leguminosa que apresenta capacidade de fixação do nitrogênio (N) atmosférico, através da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e de outros gêneros, capazes de fornecer pelo menos parte do nitrogênio requerido pela planta para seu desenvolvimento, traduzindo-se em significativa economia no uso de fertilizantes nitrogenados (DÖBEREINER; DUQUE, 1980).

A simbiose com leguminosas se destaca por sua importância econômica, relacionada não só à ampla distribuição geográfica e utilização do hospedeiro, como também à maior eficiência do processo, decorrente de uma parceria mais evoluída entre vegetal e microrganismo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). O N é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas e as suas principais fontes são os íons amônio e nitrato, resultantes da decomposição da matéria orgânica do solo e dos fertilizantes nitrogenados, além do N₂ atmosférico; daí a importância da adubação nitrogenada e da fixação simbiótica.

Apesar de o feijoeiro ter capacidade de estabelecer simbiose mutualística com essas bactérias, fatores bióticos e abióticos podem atuar reduzindo a eficiência dessa relação. Dentre esses limitadores, os que mais interferem são a competição do rizóbio com estirpes nativas estabelecidas no solo (ARAÚJO et al., 2007; CASSINI; FRANCO, 2006) e condições ambientais adversas, como alta temperatura (PINTO et al., 1998; RAPOSEIRAS et al., 2002) e acidez do solo (ALI et al., 2009; RODRIGUES; LARANJO; OLIVEIRA, 2006; RUFINI et al., 2011). Fatores intrínsecos à bactéria, outros

envolvendo microrganismos do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) e fatores associados à planta hospedeira (FONSECA et al., 2013; MORAES et al., 2010) e ao solo (TSAI, 1993), tais como deficiência de cálcio, molibdênio, magnésio e fósforo, além de toxidez de alumínio e manganês, podem também influenciar no processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN).

O grande desafio que se apresenta na cultura do feijoeiro é, portanto, conseguir um manejo adequado dessa simbiose, visando aumentar a eficiência da FBN, de modo a suprir os requerimentos de N da planta.

Nesse sentido, muitas pesquisas vêm sendo realizadas e já demonstram resultados promissores para a adoção dessa tecnologia em campo (FERREIRA et al., 2009; FONSECA et al., 2013; SOARES et al., 2006). Contudo, considerando-se a diversidade de climas, solos e cultivares de feijoeiro encontrados, mais investigações ainda devem ser realizadas. Além desses, outros questionamentos como a possibilidade de complementação de N na forma mineral, estirpes mais eficientes e compatibilidade entre inoculantes e tratamento químico em semente, ainda exigem maior esclarecimento.

Por essa razão foi realizado o presente estudo, o qual procurou definir doses de N compatíveis com o bom funcionamento da FBN, de modo a permitir incremento da produtividade de feijoeiro-comum, diminuindo a utilização de fertilizantes e, conseqüentemente, reduzindo os problemas ambientais advindos dessa aplicação. O trabalho visou ainda a comparação da eficiência de novas estirpes de rizóbio e o estudo da interação inoculação x tratamento fungicida da semente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), com uma produção anual superior a 3 milhões de toneladas (praticamente 20% da produção mundial), colhida atualmente em cerca de 4 milhões de hectares (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013) e destinada totalmente ao mercado interno. Minas Gerais é o segundo maior produtor dessa leguminosa no país, com produção inferior apenas à do Estado do Paraná. A cultura do feijoeiro tem sua importância social e econômica evidenciada pelo enorme contingente de pequenos produtores e trabalhadores rurais ainda envolvidos na sua produção, e por representar importante fonte proteica na dieta alimentar da população brasileira, principalmente de baixa renda.

Devido ao ciclo curto e ao pequeno volume de solo explorado pelas raízes do feijoeiro, a baixa disponibilidade de nutrientes no solo é um dos principais fatores limitantes da produtividade. Dado ao alto teor de N nos grãos e demais tecidos, este é o nutriente mais extraído e exportado pela planta, que tem como fontes desse elemento: a matéria orgânica presente no solo, a aplicação de fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de N₂ atmosférico.

No solo, a decomposição da matéria orgânica resulta em mineralização do N, que fica sujeito a perdas. Os adubos nitrogenados, além do alto custo econômico e, às vezes, baixa frequência de resposta (FRANCO, 1977), apresentam ainda um custo ecológico adicional nos solos tropicais (PELEGRIN et al., 2009), onde as perdas por lixiviação de nitrato e por escoamento superficial devido a chuvas ou irrigação, são estimadas em torno de 50% das quantidades aplicadas (STRALIOTTO; TEIXEIRA; MERCANTE, 2002). O N perdido neste processo é altamente poluente e, uma vez carregado para o lençol freático, provoca a contaminação dos aquíferos subterrâneos, rios e lagos.

Grandes perdas de N ocorrem também em forma gasosa, retornando à atmosfera, principalmente por meio de desnitrificação e volatilização (CANTARELLA, 2007).

Como a maioria das leguminosas, o feijoeiro é capaz de utilizar o N atmosférico fixado em suas raízes por bactérias de vários gêneros. Diversos fatores, edáficos e climáticos, além daqueles relacionados com a planta hospedeira e com a população nativa de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas – BFNNL, podem limitar a FBN (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Nessa cultura, fatores tais como acidez do solo, temperatura, deficiências nutricionais, toxidez de alumínio, disponibilidade de água e fisiologia da planta em simbiose são limitantes à fixação biológica de nitrogênio. Nesta espécie em particular, na qual as cultivares melhoradas são selecionadas na presença de fertilizantes nitrogenados em detrimento da sua eficiência na FBN, o ciclo curto e o sistema radicular superficial expõem a bactéria a grandes variações de temperatura (ANDRADE et al., 2001). Além disso, a baixa competitividade do rizóbio do feijoeiro-comum com bactérias nativas do solo resulta em baixa eficiência da FBN na espécie (DENARDIN, 1991). Assim, em determinadas situações, a vantagem de se inocular as sementes de feijão é reduzida, devido à ocorrência generalizada de rizóbios nos solos brasileiros. Do mesmo modo, aplicações de doses elevadas de N, principalmente na semeadura, tem ação negativa sobre a nodulação e a FBN (SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

Em Minas Gerais, as recomendações oficiais de adubação para o feijoeiro-comum variam de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N no plantio e de 20 a 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura, dependendo do nível tecnológico do produtor e expectativa de produtividade. Com a aplicação total de apenas 50 kg ha⁻¹ de N (plantio + cobertura), por exemplo, espera-se uma produtividade de 1.800 kg ha⁻¹ de grãos (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999), para a qual é estimada absorção

de N superior a 100 kg ha⁻¹ (VIEIRA, 2006). Considerando-se as perdas de N no solo e a baixa recuperação da adubação nitrogenada, verifica-se que somente o N do solo mais o N aplicado não podem suprir toda a demanda desse nutriente, sendo possível que a FBN seja responsável pela aquisição de parte do nitrogênio necessário, mesmo sem o emprego da inoculação das sementes, ou seja, apenas com a contribuição de rizóbios nativos (CASSINI; FRANCO, 2006).

2.1 Bactérias fixadoras de nitrogênio no feijoeiro

O feijoeiro-comum é considerado uma planta promíscua, com capacidade de se associar a vários gêneros de bactérias. São descritos atualmente vários gêneros e espécies de bactérias nodulíferas para a cultura: *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* (JORDAN, 1984), *R. tropici* (MARTINEZ-ROMERO et al., 1991), *R. etli* bvs. *mimosae* e *phaseoli* (SEGOVIA; YOUNG; MARTINEZ-ROMERO, 1993; WANG et al., 1999), *R. gallicum* bvs. *gallicum* e *phaseoli* (AMARGER; MACHERET; LAGUERRE, 1997), *R. giardinii* bvs. *giardinii* e *phaseoli* (AMARGER; MACHERET; LAGUERRE, 1997), *R. mongolense* (VAN BERKUN et al., 1998), *R. yanglingense* (TAN et al., 2001), *R. (Sinorhizobium) fredii* (SCHOLLA; ELKAN, 1984), *Sinorhizobium americanum* (TOLEDO; LLORET; MARTINEZ-ROMERO, 2003) *R. (Mesorhizobium) loti* (JORDAN, 1984) e *R. (Mesorhizobium) huahuii* (CHEN et al., 1991) e *Azorhizobium doebereinae* (MOREIRA et al., 2006). Apesar de sua alta capacidade de nodulação, nem todos os gêneros são capazes de fornecer nitrogênio de forma satisfatória à cultura (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O inoculante brasileiro para o feijoeiro-comum foi, durante muito tempo, produzido utilizando-se BFNNL das espécies *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* e *R. etli*. Algumas destas bactérias foram obtidas no exterior e testadas por instituições de pesquisa no Brasil. Sabe-se que as estirpes de *R.*

leguminosarum bv. *phaseoli* e *R. etli* estão sujeitas a elevado grau de instabilidade genética (FLORES et al., 1988; SOBERÓN-CHAVES et al., 1986), podendo perder sua eficiência simbiótica com certa facilidade.

Atualmente, as estirpes recomendadas como inoculantes comerciais para essa cultura no Brasil contêm duas estirpes de *R. tropici*: CIAT 899^T (= BR 322 = SEMIA 4077) e PRF 81 (=BR 520 = SEMIA 4080). Entre as bactérias nodulíferas, trabalhos apontam para uma melhor resposta cultivar/bactéria para as estirpes do gênero *Rhizobium*.

Estima-se que as quantidades de N fixadas por bactérias no feijoeiro variam de 4 a 165 kg ha⁻¹ a cada ano (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Rennie (1984) verificou taxa de fixação de até 110 kg ha⁻¹ de N por cultivo e Tsai et al. (1993) encontraram valor de fixação de 60 kg ha⁻¹ de N. Em solos de cerrado e sem irrigação, Peres et al. (1994) observaram que os ganhos de produtividade obtidos com a inoculação de estirpes de *Rhizobium* foram de 63 a 290 kg ha⁻¹ em relação às testemunhas não inoculadas.

Avaliando o comportamento do feijoeiro cv. IAC Carioca inoculado com as estirpes CIAT 899^T, F.35, F.54, F.81 e CM 255 de *R. tropici*, Ferreira et al. (2000) obtiveram, sob sistema de irrigação, produtividades de 2.142 kg ha⁻¹ com a estirpe F.35 e de 1.921 kg ha⁻¹ com a testemunha sem nitrogênio mineral e sem inoculação, representando um aumento de 12% na produtividade. Com a mesma cultivar, Mostasso et al. (2002) obtiveram resultados de rendimento de grãos de até 2.600 kg ha⁻¹, como resultado da inoculação com estirpes selecionadas de solos do Distrito Federal, sendo que as melhores (H.12, H.20, H.53, H.54 e H.57) mostraram-se similares à CIAT 899^T. Lemos et al. (2003) utilizando a cv. Carioca, inoculada com a estirpe CM 255 de *R. tropici*, obtiveram produtividades de 2.858 kg ha⁻¹.

Na região de Formiga - MG, com a cv. Pérola, Nogueira (2005) testou as estirpes CIAT 899^T de *R. tropici*, UFLA 02-100 de *R. etli*, UFLA 02-86 de *R.*

etli bv. *phaseoli* e UFLA 02-127 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, mais duas testemunhas (sem N mineral e sem inoculação e outra com 80 kg ha⁻¹ de N). Observou que a inoculação com as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127 contribuiu de forma significativa para o aumento de rendimento de grãos no feijoeiro, com economia do fertilizante nitrogenado. Essas mesmas estirpes mantiveram bom desempenho nos trabalhos de Soares et al. (2006), que destacaram ainda a estirpe UFLA 02-68 de *R. etli* bv. *mimosae*. Nos trabalhos de Ferreira et al. (2009), essa última estirpe superou as demais, inclusive a CIAT 899^T, e promoveu rendimento de grãos semelhante ao da testemunha com 80 kg ha⁻¹ de N.

Todos esses resultados deixam claro que a fixação de nitrogênio pode ser uma alternativa viável para substituição total ou parcial de fertilizantes nitrogenados na cultura do feijoeiro.

2.2 Utilização conjunta de N-mineral e inoculação do feijoeiro

Tanto o excesso como a ausência de N no solo afeta a FBN de várias formas. A adição de elevadas doses de N afeta inicialmente o número e peso de nódulos, mas segundo Ruschel e Ruschel (1975) e Ruschel e Saito (1977), parece não inibir o desenvolvimento do nódulo. De maneira geral, entretanto, aplicações de doses elevadas de N, principalmente na semeadura, têm ação negativa sobre a nodulação e a FBN (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011). Por outro lado, níveis muito baixos de nitrato no solo podem ser limitantes à atividade simbiótica (ROSOLEM, 1987).

Trabalhos vêm demonstrando que pequenas doses de N na semeadura, como adubação de arranque, beneficiam o desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro, originalmente superficial e de baixa exploração do solo, de forma a aumentar os sítios de infecção radicular, beneficiando as bactérias inoculadas às

sementes e, conseqüentemente, aumentando a taxa de N fixado (TSAI et al., 1993). Isso ficou evidenciado com doses de 10 kg ha⁻¹ de N (FULLIN et al., 1999), 20 kg ha⁻¹ de N (PELEGRIN et al., 2009; SOARES, 2011) ou mesmo 40 kg ha⁻¹ de N (BRITO; MURAOKA; SILVA, 2011).

Ruschel, Saito e Tulmann Neto (1979) observaram que, nos tratamentos com inoculação e adubação nitrogenada (100 kg ha⁻¹), a produção de grãos do feijoeiro aumentou em 2 a 2,5 vezes, respectivamente, quando o parcelamento foi realizado aos 20 e 30 dias após a semeadura. Vargas et al. (1993), em estudo com diferentes genótipos de feijão comum verificaram efeito da inoculação com *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* combinada a N-mineral, porém as respostas foram diferenciadas nas cultivares e dependeram da dose aplicada. Para Bassan et al. (2001), todavia, a inoculação de sementes com a estirpe CIAT 899^T de *R. tropici* não influenciou na produtividade da cv. Pérola, que teve os maiores incrementos em função da adubação com 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Andrade et al. (2001), com a cv. Carioca-MG, também não observaram diferenças de rendimento de grãos entre a testemunha absoluta (1.160 kg ha⁻¹) e o tratamento apenas inoculado (1.282 kg ha⁻¹); inoculação + N cobertura foi intermediário (1.723 kg ha⁻¹) e N semeadura (15 kg ha⁻¹ de N fonte sulfato de amônio) + N cobertura (30 kg ha⁻¹ de N fonte ureia) foi o melhor tratamento (2.241 kg ha⁻¹). De acordo com Silva et al. (2009), a adubação nitrogenada de 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura reduziu de forma linear a nodulação (estirpes CIAT 899^T + PRF 81) do feijoeiro, e não contribuiu para o aumento do número de vagens por planta e produtividade de grãos. Essa grande variabilidade de resultados quando se combina inoculação e adubação nitrogenada é comum, e ocorre principalmente em função das diferentes condições experimentais e dos inúmeros fatores atuantes na resposta.

Em Dourados-MS, Pelegrin et al. (2009) verificaram que a inoculação das sementes da cv. Pérola associada com 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura trouxe

retornos econômicos semelhantes aos da adubação com até 160 kg ha⁻¹ de N mineral. Da mesma forma, Soares (2011), em quatro experimentos na região de Lavras com sementes da cv. BRSMG Majestoso inoculadas com a estirpe CIAT 899^T, observaram que a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N fonte ureia na semeadura proporcionou rendimento de grãos que não diferiu dos tratamentos que receberam doses de N de até 80 kg ha⁻¹ de N (20 kg ha⁻¹ na semeadura + 60 kg ha⁻¹ em cobertura), concluindo que a inoculação conjunta com pequenas doses de N na semeadura contribui para maior lucratividade nas lavouras de feijoeiro-comum, tanto em plantio direto como em plantio convencional.

Como em alguns feijoeiros, principalmente nos de hábito determinado, um rápido declínio nas taxas de fixação tem sido observado na fase de enchimento de grãos (CASSINI; FRANCO, 2006), é possível que a adubação nitrogenada em cobertura possa compensar o decaimento da atividade fotossintética e da fixação do N, garantindo, assim, ganhos significativos à cultura.

A definição de doses de N compatíveis com o bom funcionamento da FBN, que permita incremento da produtividade de feijoeiro-comum, é relevante e contribuiria na redução do uso de fertilizantes e, conseqüentemente, dos problemas ambientais advindos dessa aplicação.

2.3 Tratamento de sementes com fungicidas x inoculação com rizóbio

Comumente é documentado na literatura (PEREIRA et al., 2009; 2010) que os principais pesticidas conhecidos para o tratamento de sementes de leguminosas são, de certa forma, danosos para os rizóbios. Na maioria dos casos essas bactérias permanecem viáveis nas sementes, mas não são capazes de infectar as plantas hospedeiras ou têm sua capacidade de fixar N, reduzida. A presença dos fungicidas na rizosfera altera os exsudados das raízes e, como

consequência, a emissão dos sinais moleculares e os estágios iniciais da infecção radicular, diminuindo a nodulação e a FBN (MARTENSSON, 1992). Exemplo disso foi documentado por Rennie et al. (1985), ao combinar sementes de ervilha, lentilha e guandu com fungicidas e *R. leguminosarum*, o que resultou em decréscimos na atividade da nitrogenase.

Para Silva Neto et al. (2013), o tratamento de sementes com formulações à base de fludioxonil e de carbendazim reduziram a formação de nódulos em feijão-caupi cv. BRS Guariba, que ainda assim apresentou nodulação satisfatória, com média de 15 nódulos por planta. Com sementes de grão de bico inoculadas com rizóbios, os produtos comerciais Crown, Arrest e Captan diminuíram não só a nodulação como o crescimento de plantas e o teor de N nas mesmas (KYEI-BOAHEN; SLINKARD; WALLEY, 2001). Outros produtos à base de mancozeb e thiram também reduziram o número de nódulos nessa cultura, mas de forma menos drástica que a formulação química carbendazim (2 g i.a. por kg de semente), cujo efeito negativo atingiu ainda o teor de clorofila e o conteúdo de N na parte aérea (AAMIL; ZAIDI; KHAN, 2004).

Outros estudos demonstraram que o tratamento fungicida em sementes pode proporcionar aumento (LOPES; PORTUGAL, 1986) ou não afetar a nodulação de leguminosas (KUCEY; BONETTI, 1988). No caso da soja, pesquisadores registraram moderada nodulação com uso de tratamentos químico e biológico em sementes, mas as respostas estiveram condicionadas ao momento de aplicação dos fungicidas (ZILLI et al., 2010) e à estirpe adotada (ZILLI et al, 2009; 2010). Mesmo assim, os melhores resultados foram obtidos com a inoculação isolada, indicando sensibilidade das bactérias aos produtos empregados.

Em feijão, cultura em que grande parcela dos fitopatógenos é disseminada via sementes, o tratamento químico é crucial. Contudo, poucos são os estudos que avaliam o efeito dos fungicidas na inoculação e na FBN

(ARAÚJO et al., 2007; ARAÚJO; ARAÚJO, 2006; GRAHAM et al.; 1980; GUENE; DIOUF; GUEYE, 2003; RAMOS; RIBEIRO JR., 1993).

De acordo com Graham et al. (1980) existe incompatibilidade entre os fungicidas Thiram e Captan e *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* quando ocorre um intervalo de 24 horas entre inoculação e semeadura, o que afeta a sobrevivência das células bacterianas e, posteriormente, a nodulação e fixação de nitrogênio no feijoeiro.

Ramos e Ribeiro Jr. (1993) investigando a sobrevivência de três estirpes (CIAT 899^T, CIAT 652 e CPAC 1135) inoculadas em sementes da cv. Carioca sete dias após tratamento fungicida (Vitavax, Ridomil, Benlate, Banrot ou Difolatan), verificaram compatibilidade rizóbio-fungicida com a cepa CIAT 899^T. O período de 2 horas de contato com os fungicidas foi suficiente para reduzir o número de células viáveis das estirpes CIAT 652 e CPAC 1135. Segundo os pesquisadores, os produtos comerciais Benlate e Banrot foram os mais danosos ao rizóbio. Em contrapartida, quando avaliados nodulação e crescimento do feijoeiro, a combinação entre CIAT 652 + Benlate resultou em aumento do número e peso de nódulos, sem interferir na massa da planta.

Para Araújo e Araújo (2006), o fungicida Benlate é um dos maiores causadores de mortalidade de rizóbios inoculados em sementes de feijão, mas associam também aos produtos comerciais Vitavax e Captan, efeito tóxico às bactérias.

O ingrediente ativo diclorofenthion-thiram (DCT) reduziu a zero o número de nódulos da estirpe ISRA 353 (*R. etli*) inoculada na cv. Paulista por Guene, Diouf e Gueye (2003) e em decorrência disso, não se constatou FBN. A estirpe ISRA 554 (*R. tropici*) também foi afetada pelo DCT, que atuou principalmente sobre a massa de nódulos, mas os efeitos não limitaram o acúmulo de N nos grãos. Por outro lado, a formulação carbendazim não interferiu na nodulação, crescimento vegetal e produção de vagens por planta e

de grãos por vagem da cv. Carioca inoculada com as estirpes CIAT 899^T + PRF 81 (ARAÚJO et al., 2007).

Considerando a rapidez com que novos produtos (fungicidas e cultivares melhoradas de feijoeiro) são lançados no mercado, fica evidente a necessidade de mais estudos envolvendo a associação entre tratamento químico e emprego de agentes biológicos em sementes. O aprofundamento no assunto auxiliaria os produtores na tomada de decisão quanto a tratamentos fungicidas de menor impacto sobre a eficiência de nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio.

REFERÊNCIAS

AAMIL, M.; ZAYD, A.; KHAN, M. S. Fungicidal impact on chickpea--Mesorhizobium symbiosis. *Journal of Environmental Science and Health. Part B*, New York, v. 39, n. 5/6, p. 779-790, 2004.

ALI, S. F. et al. Selection of stress-tolerant rhizobial isolates of wild legumes growing in dry regions of Rajasthan, India. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 4, n. 1, p. 13-18, Jan. 2009.

AMARGER, N.; MACHERET, V.; LAGUERRE, G. *Rhizobium gallicum* sp.nov. and *Rhizobium giardinii* sp.nov. from *Phaseolus vulgaris* nodules. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 47, n. 4, p. 996-1006, Oct. 1997.

ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molibídica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, n. 4, p. 934-940, jul./ago. 2001.

ARAÚJO, A. S. F.; ARAÚJO, R. S. Sobrevivência e nodulação do *Rhizobium tropici* em sementes de feijão tratadas com fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 3, p. 973-976, maio/jun. 2006.

ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.

BASSAN, D. A. Z. et al. 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.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. P. 345-470.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T. J.; BOREM, A. (Ed.) **Feijão**. 2. ed. atua. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. p. 143-170.

CHEN, W. X. et al. *Rhizobium huahuii* sp.nov. isolated from root nodules of *Astragalus sinicus*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 41, n. 2, p. 275-280, 1991.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB.
Acompanhamento de safra brasileira: grãos: décimo levantamento, julho 2013. Brasília, DF. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_09_04_53_boletim_graos_junho__2013.pdf> Acesso em: 31 jul. 2013.

DENARDIN, N. D. **Seleção de estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* tolerantes a fatores de acidez e resistentes a antibióticos**. 1991. 89 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

DÖBEREINER, J.; DUQUE, F. F. Contribuição da pesquisa em fixação biológica de nitrogênio para o desenvolvimento do Brasil. **Revista de Economia Rural**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 447-460, 1980.

FERREIRA, A. N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 57, n. 3, p. 507-512, jul./set. 2000.

FERREIRA, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, out. 2009.

FLORES, M. et al. Genomic instability in *Rhizobium phaseoli*. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 170, n. 3, p. 1191-1196, Mar. 1988.

FONSECA, G. G. et al. Growth and accumulation of n in bean plant cultivars inoculated with rhizobium strains. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 56, p. 83-84, 2013.

FRANCO, A. A. Nutritional restrains for tropical grain legume symbiosis. In: VINCENT, J. M. et al. (Ed.) **Exploiting the legume-*Rhizobium* in tropical agriculture**. Hawaii: University of Hawaii, 1977. p. 75-96.

FULLIN, E. A. et al. Nitrogênio e molibdênio na adubação do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 7, p. 1145-1149, 1999.

GRAHAM, P. H. et al. Survival of *Rhizobium phaseoli* in contact with chemical seed protectant. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 4, p.625-627, 1980.

GUENE, N. F. D.; DIOUF, A.; GUEYE, M. Nodulation and nitrogen fixation of field grown common bean (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by fungicide seed treatment. **African Journal of Biotechnology**, [S.l], v. 2, n. 7, p. 198-201, July, 2003.

JORDAN, D. C. Family III. Rhizobiaceae. In: KRIEG, N. R.; HOLT, J. G. (Ed.). **Bergey's manual of systematic bacteriology**. Baltimore: Williams and Wilkins, 1984. v. 1. p. 234-244.

KUCEY, R. M. N.; BONETTI, R. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and captan on growth and N, fixation by *Rhizobium-inoculated* field beans. **Canadian of Soil Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, p. 143-149, 1988.

KYEI-BOAHEN, S.; SLINKARD, A. E.; WALLEY, F. L. Rhizobial survival and nodulation of chickpea as influenced by fungicide seed treatment. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 47, n. 6, p. 585-589, June 2001.

LEMOS, L. B. et al. Inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada em genótipos de feijoeiro. **Agronomia**, Seropédica, SP, v. 37, n. 1, p. 27-32, mar. 2003.

LOPES, E. S.; PORTUGAL, E. P. Compatibilidade entre o tratamento de sementes de amendoim com fungicidas, sobrevivência de *Rhizobium e* nodulação. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 45, n. 2, p. 293-302, 1986.

MARTENSSON, A. M. Effects of agrochemicals and heavy metals on fast-growing rhizobia and their symbiosis with small-seeded legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 24, n. 5, p. 435-445, May 1992.

MARTINEZ-ROMERO, E. et al. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 41, n. 3, p. 417-426, July 1991.

MORAES, W. B. et al. Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. **Idesia**, Tarapacá, v. 28, n.1, p. 61-68, jan./abr. 2010.

MOREIRA, F. M. S. et al. *Azorhizobium doebereinae* sp. Nov. microsymbiont of *Sesbania virgata* (Caz.) Pers. **Systematic and Applied Microbiology**, Oxford, v. 29, n. 3, p. 197-206, Apr. 2006.

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

MOSTASSO, L. et al. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 121-132, Jan. 2002.

NOGUEIRA, C. O. G. **Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas que nodulam o feijoeiro-comum em Formiga-MG.** 2005. 66 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 219-226, jan./fev. 2009.

PEREIRA, C. E. et al. Efeito do tratamento das sementes de soja com fungicidas e período de armazenamento na resposta da planta inoculada com *Bradyrhizobium*. **Revista Agroambiente**, Roraima, RR, v. 4, p. 62-66, jul./dez. 2010.

PEREIRA, C. E. et al. Tratamento fungicida via peliculização e inoculação de *Bradyrhizobium* em sementes de soja. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, CE, v. 40, n. 3, p. 433-440, jul./set. 2009.

PERES, J. R. R. et al. Efeito da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 415-420, jan./fev. 1994.

PINTO, P. P. et al. Effects of high temperature on survival, symbiotic performance and genomic modifications of bean nodulating *Rhizobium* strains. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, SP, v. 29, n. 4, p. 295-300, Oct./Dec.1998.

RAMOS, M. L. G.; RIBEIRO JR., W. Q. Effect of fungicides on survival of *Rhizobium* on seeds and the nodulation of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, p. 145-150, 1993.

RAPOSEIRAS, R. et al. Variabilidade de colônias isoladas em feijão de nodular *Rhizobium* estirpes antes e depois da exposição a alta temperatura. **Brazilian Journal Microbiology**, São Paulo, SP, v. 33, n. 2, p. 149-154, abr./jun. 2002.

- RENNIE, R. J. Comparison of N balance and ^{15}N isotope dilution to quantify N_2 fixation in field grown legumes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 5, p. 785-790, 1984.
- RENNIE, R. J. et al. The effect of seed-applied pesticides on growth and N_2 fixation in pea, lentil, and fababean. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 65, n. 1, p. 23-28, 1985.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 306-307.
- RODRIGUES, C. S.; LARANJO, M.; OLIVEIRA, S. Effect of heat and pH stress in the growth of chickpea mesorhizobia. **Current Microbiology**, New York, v. 53, n. 1, p. 1-7, July 2006.
- ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro-comum**. Piracicaba, SP: Potafós, 1987. 91 p. (Boletim técnico, 8).
- RUFINI, M. et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 81-88, jan. 2011.
- RUSCHEL, A. P.; RUSCHEL, R. Avaliação da fixação simbiótica de nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 10, n. 1, p. 11-17, 1975.
- RUSCHEL, A. P.; SAITO, S. M. T. Efeito da inoculação de *Rhizobium*, nitrogênio e matéria orgânica na fixação simbiótica de nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 1, n. 1, p. 21-24, 1977.

- RUSCHEL, A. P.; SAITO, S. M. T.; TULMANN-NETO, A. Eficiência da inoculação de *Rhizobium* em *Phaseolus vulgaris* L: I. Efeitos de fontes de nitrogênio e cultivares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 3, n. 1, p. 13-17, 1979.
- SCHOLLA, L.; ELKAN, G. H. *Rhizobium fredii* sp.nov., a fast-growing species that effectively nodulates soybean. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 34, n. 4, p. 484-486, 1984.
- SEGOVIA, L.; YOUNG, J. P. W.; MARTINEZ-ROMERO, E. Reclassification of American *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* type I strains as *Rhizobium etli* sp. Nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 43, n. 2, p. 374-377, Apr. 1993.
- SILVA NETO, M. L. et al. Compatibilidade do tratamento de sementes de feijão-caupi com fungicidas e inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 1, p. 80-87, jan. 2013.
- SILVA, E. F. et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, São Paulo, SP, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009.
- SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II- Feijoeiro-comum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 803-811, set./out. 2006.
- SOARES, B. L. **Avaliação técnico-econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes**. 2011. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.
- SOBERÓN-CHAVES, G. et al. Genetic rearrangements of a *Rhizobium phaseoli* symbiotic plasmid. **Journal of Bacteriology**, Oxford, v. 167, n. 2, p. 487-491, Aug. 1986.

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, abr. 2011.

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

TAN, Z. Y. et al. *Rhizobium yanglingense* sp. nov. isolated from arid and semiarid regions in China. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Reading, v. 51, n. 3, p. 901-914, May 2001.

TOLEDO, I.; LLORET, L.; MARTINEZ-ROMERO, E. *Sinorhizobium americanum* sp. nov., a new *Sinorhizobium* species nodulating native *Acacia* spp. in Mexico. **Systematic and Applied Microbiology**, Jena, v. 26, n. 1, p. 54-64, Mar. 2003.

TSAI, S. M. et al. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, p. 131-138, 1993.

VAN BERKUN, P. et al. *Rhizobium mongolense* sp. nov. is one of three rhizobial genotypes identified which nodulate and from nitrogen fixing symbioses with *Medicago ruthenica* [(L.)] ledebour. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 48, n. 1, p. 13-22, Jan. 1998.

VARGAS, M. A. T. et al. Resposta do feijoeiro à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, em condições de cerrado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina, PR. **Resumos...** Londrina, PR: IAPAR, 1993. p. 126.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. atual. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. p. 115-142.

WANG, E. T. et al. *Rhizobium etli* bv. *mimosae*, a móvel biovar isolated from mimosae affinis. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 49, n. 4, p. 1479-1491, Oct. 1999.

ZILLI, J. E. et al. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 1875-1881, 2010.

ZILLI, J. E. et al. Influence of fungicide seed treatment on Soybean nodulation and grain yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 917-923, July/Aug. 2009.

CAPÍTULO 2

Inoculação de sementes com rizóbio e adubação nitrogenada no feijoeiro-comum

RESUMO

Os resultados sobre a contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) no feijoeiro-comum em resposta à inoculação de sementes com rizóbio ainda não são definitivos. Uma das estratégias para maximizar o aproveitamento da FBN nessa cultura é conciliar a inoculação com a adubação mineral nitrogenada. O objetivo do presente trabalho foi, portanto, verificar a compatibilidade da adubação nitrogenada com a inoculação de sementes de feijão e aferir a sua contribuição para a cultura dessa leguminosa. Quatro experimentos de campo foram conduzidos em sistema convencional na primavera-verão 2012/13, nas regiões Sul (Lavras e Lambari), Alto Paranaíba (Patos de Minas) e Triângulo (Uberaba) de Minas Gerais. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com 4 repetições e 7 tratamentos: **1:** Testemunha sem N na semeadura e sem inoculação das sementes, **2:** Só Inoculação na semeadura, **3:** Só N na semeadura (20 kg ha⁻¹ de N), **4:** Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N), **5:** Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (20 kg ha⁻¹ de N), **6:** Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (40 kg ha⁻¹ de N), **7:** Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) + N cobertura (60 kg ha⁻¹ de N). A cultivar de feijoeiro foi a BRSMG Madrepérola, inoculada com a estirpe CIAT 899^T de *Rhizobium tropici* e a fonte de N foi ureia. Na floração foram avaliados número de nódulos, massa seca de nódulos e da parte aérea, teor e acúmulo de N na parte aérea, eficiência relativa e teor de clorofila. Na maturação determinou-se o estande final, o rendimento de grãos com seus componentes primários e o teor e acúmulo de N nos grãos. Concluiu-se que a presença de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e de até 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura não reduzem a nodulação e nem o estande final do feijoeiro. Os tratamentos só com inoculação e testemunha absoluta promovem teores de N na parte aérea semelhantes aos dos tratamentos adubados com N. A associação de inoculação + 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura resulta em matéria seca, acúmulo de N na parte aérea e eficiência relativa superiores aos mesmos tratamentos isoladamente. O tratamento inoculação + 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura propicia teor e acúmulo de N no grão e rendimento de grãos equivalentes aos dos tratamentos adubados com as maiores doses de N. O ambiente tem grande influência sobre as características avaliadas. No solo de

Lavras há maior nodulação, população e crescimento de plantas, bem como maior peso de cem grãos, acúmulo de nitrogênio nos grãos e rendimento de grãos. As populações nativas de rizóbio promovem nodulação e teor de nitrogênio no grão equivalentes aos propiciados pela estirpe inoculada CIAT 899^T.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio. Inoculante. Doses de nitrogênio. *Rhizobium sp. Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

The results about the contribution of biological nitrogen fixation (BNF) on common bean in response to seed inoculation with *Rhizobium* are not yet definitive. One strategy to maximize the BNF use on beans is to associate the inoculation with mineral nitrogen fertilization. The objective of this study was to determine the compatibility of the nitrogen (N) with the inoculation on beans and to determine their contribution to the bean crop. Four field experiments were conducted at 2012/13 spring-summer season, in the South (Lavras and Lambari), Alto Parnaíba (Patos de Minas) and Triângulo (Uberaba) of Minas Gerais State. Was used the randomized block design with four replications and 7 treatments: **1:** Control without mineral N at sowing and without seed inoculation, **2:** Only inoculation at sowing, **3:** Only nitrogen at sowing (20 kg N ha⁻¹), **4:** Inoculation + N sowing (20 kg N ha⁻¹), **5:** Inoculation + N sowing (20 kg N ha⁻¹) + N coverage (20 kg N ha⁻¹), **6:** Inoculation + N sowing (20 kg N ha⁻¹) + N coverage (40 kg N ha⁻¹), **7:** Inoculation sowing + N (20 kg N ha⁻¹) + N coverage (60 kg N ha⁻¹). The bean cultivar was BRSMG Madrepérola, inoculated with the *Rhizobium tropici* CIAT 899^T strain and the N source was urea. At flowering were evaluated: number of nodules, dry weight of nodules and shoot, N content and N accumulation in the shoot, relative efficiency and chlorophyll content. At maturation were determined the final stand, grain yield with its primary components and N content and N accumulation in the grains. It was concluded that the presence of 20 kg N ha⁻¹ at sowing and 60 kg N ha⁻¹ was not reduced nodulation nor the final stand of the bean. The only inoculation treatments and absolute control promote N content and chlorophyll in shoots similar to the N fertilized treatments. The association inoculation + 20 kg N ha⁻¹ at sowing results in higher dry matter and N accumulation in shoots and relative efficiency that these treatments alone. The inoculation + 20 kg N ha⁻¹ at sowing treatment provide N content and N accumulation in the grain and grain yield equivalent to the fertilized treatments with higher N doses. The environment has a great influence on the characteristics evaluated. On Lavras soil there greater nodulation, plant growth and population, and the greater weight of hundred grains, nitrogen accumulation in the grains and grain yield. The native populations of rhizobia promotes nodulation, chlorophyll content in the plant and N content in the grain equivalent to the inoculated strain CIAT 899^T.

Keywords: Biological nitrogen fixation. Inoculant. Nitrogen dosage. Combined *Rhizobium* sp. *Phaseolus vulgaris*.

1 INTRODUÇÃO

A produtividade do feijoeiro está diretamente relacionada à sua nutrição nitrogenada (BARBOSA et al., 2010). Entretanto, o nitrogênio é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no sistema solo-planta, sendo necessária a busca de técnicas que possam maximizar sua eficiência de absorção pelas plantas (FAGERIA; BALIGAR, 2005; SANGOI et al., 2003). Neste sentido, estudos com bactérias simbióticas fixadoras de N_2 vêm sendo realizados na cultura do feijoeiro com o intuito de substituir, pelo menos parcialmente, a adubação nitrogenada na cultura (FERREIRA et al., 2009; 2012; MORAES et al., 2010; RUFINI et al., 2011).

A eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem seus efeitos condicionados à concentração desse nutriente no meio, bem como à presença de rizóbios nativos, os quais dificultam a atuação das bactérias introduzidas. Nem sempre as respostas à inoculação são satisfatórias, necessitando de complementação com nitrogênio mineral (PELEGRIN et al, 2009; SOARES, 2011).

Poucos são os trabalhos relacionados à adubação mineral conjunta com a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio em feijoeiro-comum e suas respostas são variadas. De modo geral, os resultados indicam que níveis muito baixos de nitrato no solo podem ser limitantes à atividade simbiótica (ROSOLEM, 1987). Trabalhos recentes vêm demonstrando que pequenas doses de nitrogênio na semeadura, como adubação de arranque do ciclo do feijoeiro-comum, beneficiam o desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro, que é superficial e de baixa exploração do solo, de forma a aumentar os sítios de infecção radicular, beneficiando as bactérias inoculadas às sementes e, conseqüentemente, aumentando a taxa de nitrogênio. Isso ficou evidenciado com doses de 10 kg ha^{-1} de N (FULLIN et al., 1999), 20 kg ha^{-1} de N (PELEGRIN et

al., 2009; SOARES, 2011) ou mesmo 40 kg ha⁻¹ de N (BRITO; MURAOKA; SILVA, 2011). Já teores muito elevados de N-mineral no solo promovem redução na nodulação de plantas, em função da falta de estímulos relacionados à deficiência desse nutriente (PELEGRIN et al., 2009; SILVA et al., 2009).

Com vistas a se definir uma dose adequada ao bom funcionamento da FBN, que permita incremento da produtividade de feijoeiro-comum em Minas Gerais, diminuindo a utilização de fertilizantes e, conseqüentemente, os problemas ambientais advindos dessa aplicação, é que foi realizado o presente trabalho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Quatro experimentos de campo foram conduzidos na safra primavera-verão 2012/13 nas regiões Sul, Alto Paranaíba e Triângulo de Minas Gerais. No Sul, os experimentos foram implantados em Lavras, no Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um Latossolo Vermelho escuro distrófico (Tabela 1), a 920 m de altitude sobre o nível do mar, a 21°14'S de latitude e 45°00'W de longitude, e em Lambari, na Fazenda Experimental de Lambari, a 986 m de altitude, 21°58'S de latitude e 45°20'W de longitude, em um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (Tabela 1).

No Alto Paranaíba, o experimento foi conduzido em Patos de Minas, na Fazenda Experimental Sertãozinho, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), com altitude de 833 metros, latitude de 18°40'18" S e longitude de 46°29'27" W, em área de pastagem, sem registro de cultivos anteriores com feijão. O solo onde se instalou o ensaio é um Latossolo Vermelho Escuro distroférico de textura franca (Tabela 1).

No Triângulo Mineiro, o experimento foi instalado em Uberaba, em área experimental do Instituto Federal Tecnológico do Triângulo Mineiro, situado a 760 metros de altitude, latitude de 19°43'48" S e longitude de 47°57'56" W, em um Latossolo Vermelho eutroférico de textura franco arenosa (Tabela 1).

Segundo a classificação de Köppen, as três primeiras localidades possuem clima do tipo Cwa – tropical de altitude, com o verão quente e úmido e inverno frio e seco (VIANELLO; ALVES, 1991).

O clima de Uberaba é do tipo Aw, tropical quente úmido, com inverno frio (15/16 °C) e seco, precipitação média anual de 1.474 mm e temperatura média diária de 22,6 °C.

Um resumo das principais ocorrências climáticas durante a condução dos experimentos é ilustrado pela Figura 1. As informações foram obtidas nas estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Lavras, Uberaba e Patos de Minas. Como a estação de Lambari se encontra desativada, foram utilizados os registros mais próximos, obtidos da estação INMET em Maria da Fé.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições e sete tratamentos: **1:** (TEST) - Testemunha (sem nitrogênio na semente e sem inoculação das sementes), **2:** (INOC) - Só Inoculação na semente, **3:** (20P) - Só nitrogênio na semente (20 kg ha^{-1} de N), **4:** (I + 20P) - Inoculação + N semente (20 kg ha^{-1} de N), **5:** (I + 20P + 20C) - Inoculação + N semente (20 kg ha^{-1} de N) + N cobertura (20 kg ha^{-1} de N), **6:** (I + 20P + 40C) - Inoculação + N semente (20 kg ha^{-1} de N) + N cobertura (40 kg ha^{-1} de N), **7:** (I + 20P + 60C) - Inoculação + N semente (20 kg ha^{-1} de N) + N cobertura (60 kg ha^{-1} de N). A fonte de nitrogênio foi sempre ureia. As adubações de cobertura foram fracionadas em duas vezes no caso do tratamento 6 ($20 + 20 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) e três vezes ($20 + 20 + 20 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) no tratamento 7, iniciando as aplicações a partir do aparecimento do 1º par de folhas trifoliadas, com intervalo de 10 dias, sucessivamente.

Tabela 1 Características químicas e físicas de amostras de material dos solos utilizados, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, altitude e coordenadas geográficas de quatro localidades de Minas Gerais

Características	Locais			
	Lavras ¹	Lambari ¹	Uberaba ²	Patos de Minas ²
pH (H ₂ O)	5,9 (AM)	5,9 (AM)	6,0 (AM)	6,4 (AF)
P disp (mg dm ⁻³)	5,81 (Ba)	10,64 (M)	20,70 (M)	19,80 (M)
K (mg dm ⁻³)	128,0 (MB)	74,0 (M)	64,0 (M)	131,0 (MB)
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,5 (B)	2,5 (B)	1,6 (M)	2,6 (B)
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,1 (B)	0,90 (M)	0,50 (M)	0,90 (M)
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1 (MBa)	0,1 (MBa)	0,1 (MBa)	0,1 (MBa)
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,04 (M)	3,62 (M)	1,30 (Ba)	4,00 (M)
SB (cmol _c dm ⁻³)	4,93 (B)	3,59 (M)	2,30 (M)	3,80 (B)
MO (dag kg ⁻¹)	2,61 (M)	3,99 (M)	1,20 (Ba)	2,90 (M)
V (%)	54,94 (M)	49,79 (M)	63,50 (B)	48,90 (M)
t (cmol _c dm ⁻³)	5,03 (B)	3,69 (M)	2,40 (M)	3,90 (M)
T (cmol _c dm ⁻³)	8,97 (B)	7,21 (M)	3,60 (Ba)	7,80 (M)
m (%)	1,99 (MBa)	2,71 (MBa)	4,20 (MBa)	2,50 (MBa)
Argila (dag kg ⁻¹)	59	54	13	18
Silte (dag kg ⁻¹)	7	13	9	35
Areia (dag kg ⁻¹)	34	33	78	47
Classe Textural	Argilosa	Argilosa	Franco arenosa	Franco arenosa
Altitude (m)	920	986	760	833
Latitude	21°14'S	21°58'S	19°43'48" S	18°40'18" S
Longitude	45°00'W	45°20'W	47°57'56" W	46°29'27" W

¹ e ²: Análises realizadas nos Laboratórios de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba de Minas Gerais (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), respectivamente. Interpretação de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999): AM=acidez média, AF=acidez fraca, MB=muito bom, B=bom, M=médio, Ba=baixo e MBa=muito baixo

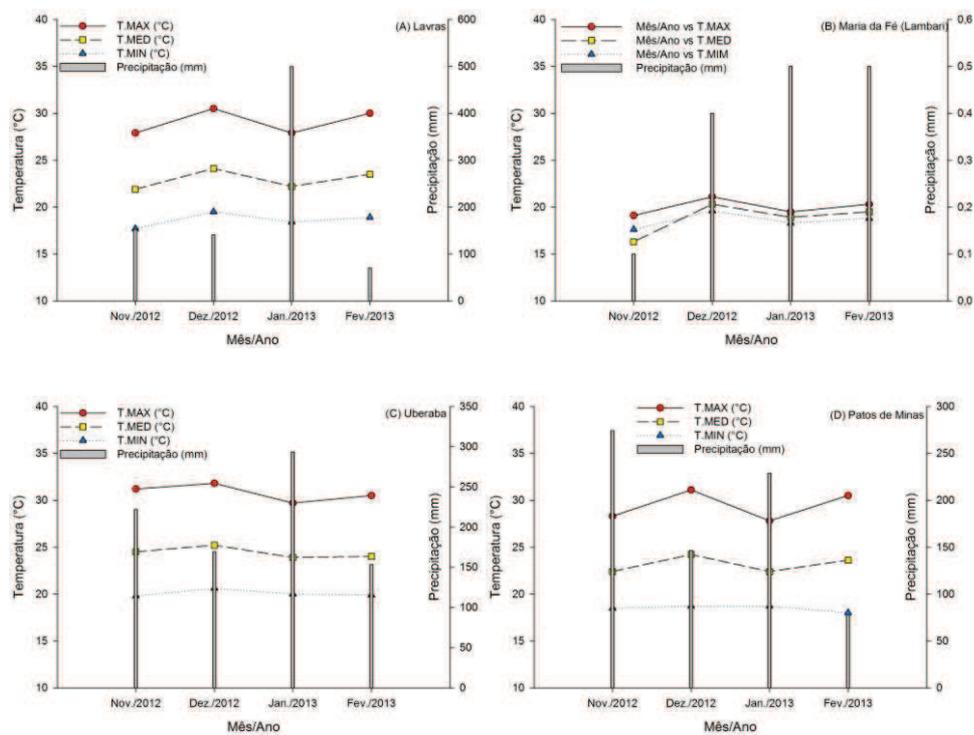


Figura 1 Variação mensal da temperatura máxima, média e mínima e da precipitação pluvial de 01 de novembro de 2012 a 28 de fevereiro de 2013, em Lavras (A), Maria da Fé-Lambari (B), Uberaba (C) e Patos de Minas (D). Safra primavera-verão, 2012/13

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia

A cultivar utilizada foi a BRSMG Madrepérola, cuja coloração clara dos grãos se mantém por maior período de tempo em relação às demais cultivares do tipo carioca existentes no mercado. Apresenta alto potencial produtivo e bom nível de resistência às principais doenças que ocorrem em Minas Gerais. As plantas são de porte prostrado, hábito de crescimento indeterminado tipo III, com baixa tolerância ao acamamento. Os grãos tipo carioca são bege claro com rajas marrom claro e a massa média de 100 grãos é de 24,5 g (ABREU et al., 2011).

A estirpe utilizada para a inoculação foi a CIAT 899^T (SEMIA 4077) de *Rhizobium tropici* (GRAHAM; HALLIDAY, 1976), aprovada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) como inoculante para cultura do feijoeiro-comum. O inoculante foi preparado no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, cultivado em meio 79 (FRED; WAKSMAN, 1928) esterilizado, também conhecido como meio YMA. Após 48h de crescimento, na fase log, o material foi transferido para turfa esterilizada. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 (m:v) turfa: cultura, foi empregada na base de 100g por kg de semente. A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem de unidades formadoras de colônias (UFC), sendo que o número mínimo legal de células viáveis, em torno de 10⁹ células de *Rhizobium* por grama de inoculante na semeadura, foi observado (BRASIL, 2010).

Cada unidade experimental (12m²) foi constituída de 6 linhas de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m e a área útil correspondeu às quatro fileiras centrais. A densidade de semeadura foi de 20 sementes por metro, na profundidade de 3 a 4 cm, desbastando-se posteriormente para 15 plantas por metro.

A semeadura, realizada em 12/11/12 em Lavras, 19/11/12 em Uberaba, 20/11/12 em Patos de Minas e 03/12/12 em Lambari, foi efetuada imediatamente

após a inoculação das sementes. As linhas 1 e 6 foram consideradas bordaduras, as linhas 2 e 3 utilizadas para as amostragens na floração e as linhas 4 e 5 utilizadas para a colheita, na maturação.

Em Lavras e Lambari todas as parcelas receberam adubação de base equivalente a 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 40 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), conforme recomendação da 5ª aproximação (CHAGAS et al., 1999). Em Patos de Minas e Uberaba a adubação de base foi de 350 kg ha⁻¹ do formulado 00-30-15. Em todas as localidades esses fertilizantes foram aplicados mecanicamente durante o sulcamento.

Para controle das plantas daninhas foi aplicada uma mistura de 0,9 L de fomesafem (Flex®) + 1,7 L de fluazifop-butil (Fusilade®) por hectare. Quando necessário, realizou-se capina manual complementar. Nenhum dos ensaios recebeu irrigação. Em Lambari, não foi necessário o controle de pragas, já nas demais localidades realizou-se uma aplicação preventiva do inseticida lambda-cialotrina (Karatê 50 CE®, 150 mL ha⁻¹ p.c.) aos 20 dias após a emergência – DAE. O volume de calda aplicado equivaleu a 400 L ha⁻¹. Em Patos de Minas foi necessária ainda uma aplicação de isca formicida granulada para o controle de formigas.

Na plena floração (estádio R₆ segundo FERNANDES; GEPTS; LÓPES, 1985) foram realizadas leituras indiretas de clorofila na última folha trifoliolada completamente desenvolvida (5 leituras por folíolo, totalizando 15 leituras por folha, em 5 plantas por parcela, nas linhas 2 e 3), com o aparelho Minolta SPAD-502. Os dados foram comparados à média de quatro repetições de uma parcela adubada com 80 kg ha⁻¹ de N (Referência), conduzido em área contígua, no mesmo período dos ensaios, para obtenção da percentagem de leituras SPAD (PS) em relação à máxima adubação nitrogenada recomendada pela Rede de Laboratórios para a Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola (RELARE). Nessa parcela, a

adubação nitrogenada foi fracionada em duas aplicações (40 kg ha^{-1} de N na semeadura + 40 kg ha^{-1} de N em cobertura); ambas, aplicadas manualmente. A PS foi calculada com base nos valores das leituras SPAD do tratamento referência em cada local, o que equivaleu a PS 100%.

Ainda na floração, retirou-se aleatoriamente de cada parcela uma amostra de 12 plantas (linhas 2 e 3) para determinação do número (unidade/12 plantas) e massa seca (g/12 plantas) de nódulos, bem como da massa seca de planta (g/12 plantas) e teor (%) e acúmulo de N (g/12 plantas) na parte aérea. As amostras de parte aérea foram acondicionadas em sacos de papel, após a coleta no campo e, depois de devidamente identificadas, foram secas em casa de vegetação. Posteriormente, as amostras foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar à temperatura de $60\text{-}70 \text{ }^{\circ}\text{C}$, até atingirem peso constante. As amostras do sistema radicular, contendo os nódulos de rizóbio, foram acondicionadas em sacos plásticos, também devidamente identificados, e armazenadas em câmara fria à temperatura de $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Imediatamente após a contagem, os nódulos foram armazenados em pequenos frascos e colocados para secar em estufa até peso constante. Após a secagem, os nódulos foram submetidos à pesagem em balança de precisão. Por meio da expressão $ER = (\text{MSPA} / \text{MSPA com } 80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de N mineral}) \times 100$, expressa em percentagem, foi ainda calculada a eficiência relativa de cada tratamento em relação ao tratamento referência. A ER 100% foi obtida com base nos valores de MSPA do tratamento 80 kg ha^{-1} de N de cada local.

A colheita dos grãos foi realizada no estádio R9 (FERNANDEZ; GEPTS; LÓPEZ, 1985), aos 76 e 79 DAE, respectivamente, em Lavras (02/02/2013) e Lambari (26/02/2013) e aos 81 DAE em Uberaba (14/02/2013) e Patos de Minas (15/02/2013). Foram determinados o estande final (mil plantas ha^{-1}), o rendimento de grãos (kg ha^{-1}) e seus componentes primários (número de vagens por planta e de grãos por vagem, e peso de 100 grãos, em gramas), além

do teor (%) e acúmulo de N (kg ha^{-1}) nos grãos. O estande final foi obtido por contagem de todas as plantas presentes nas linhas 4 e 5. Os componentes do rendimento foram determinados em amostra de 10 plantas, enquanto o rendimento de grãos foi obtido a partir da massa total de grãos produzidos na parcela útil (linhas 4 e 5), incluindo a citada amostra de 10 plantas. A umidade inicial nos grãos foi determinada com medidor de umidade Gehaka G600, no Laboratório de Grandes Culturas, do Departamento de Agricultura da UFLA, corrigindo-se o rendimento em função da umidade do grão para 130 g kg^{-1} . O teor de N na parte aérea e no grão foi determinado no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, pelo método semi-microkjedhal (nitrogênio total), de acordo com Sarruge e Haag (1979). Para tanto, amostras foram submetidas à moagem (tritador Oster, da Gehaka, velocidade de 24.000 rpm), no Laboratório de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura da UFLA. O teor de N nos grãos foi determinado adotando-se a mesma metodologia empregada para as amostras da parte aérea, substituindo-se os valores da massa seca de planta pelos do rendimento de grãos. O N acumulado na parte aérea foi calculado multiplicando-se a massa seca de planta pela percentagem de N, e dividindo-se por 100.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância individual (PIMENTEL-GOMES, 2009) e, posteriormente, realizou-se análise conjunta envolvendo as quatro localidades, observando-se a homogeneidade dos quadrados médios residuais entre os locais. Os valores de número e massa seca de nódulos foram previamente transformados em $(x+1)^{0,5}$ para atender os pressupostos de homogeneidade de variâncias. Nos casos de efeito significativo de tratamentos, a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Também foram estimadas correlações lineares de Pearson entre todas as variáveis-resposta do estudo, sendo essa associação linear avaliada ao nível 5% de significância pelo teste t de Student. As análises de

variância e aplicação dos testes foram realizadas utilizando-se o *software* de análise estatística Sisvar[®] (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características avaliadas na floração

A análise de variância conjunta revelou efeito significativo de locais (L) sobre todas as variáveis avaliadas. Os tratamentos (T) influenciaram a matéria seca de parte aérea (MSPA), a eficiência relativa (ER) e o acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro. A interação LxT foi significativa sobre MSPA, ER e percentagem de leituras SPAD (PS). A julgar pelo coeficiente de variação (CV%), foi boa (OLIVEIRA et al., 2009) a precisão experimental (Tabela 2).

3.1.1 Nodulação

Na Tabela 3 verifica-se que a nodulação (número - NN e massa seca de nódulos - MSN) variou entre os locais de estudo, o que evidencia a influência do ambiente no estabelecimento da simbiose. Em geral, o NN foi elevado em todas as localidades estudadas. A maior média dessa variável ocorreu em Lavras, enquanto os menores valores foram verificados em Patos de Minas; em Lambari e Uberaba foram observados números intermediários. Contudo, esta variável não deve ser analisada isoladamente, pois, muitas vezes, há formação de muitos nódulos de tamanho reduzido, o que resulta em menor eficiência da FBN (DÖBEREINER; ARRUDA; PENTEADO, 1966). De fato, embora os valores da MSN tenham sido, de certa maneira, proporcionais aos do NN, o reduzido número de nódulos em Lambari, em relação à média verificada em Lavras, foi compensado com nódulos de maior massa. Isso também foi verificado nos trabalhos de Ferreira et al. (2012) e Rufini et al. (2011).

Os bons resultados de MSN nos municípios do Sul de Minas podem ser devidos, pelo menos parcialmente, a condições mais favoráveis à nodulação, relacionadas ao clima mais ameno (Figura 1) e ao solo com maior teor de matéria orgânica, dentre outras (Tabela 1).

Na literatura há grande variabilidade de resultados quando se associa inoculação e adubação nitrogenada, provavelmente em função das diferentes condições experimentais e do grande número de fatores atuantes na resposta. De modo geral, tanto a presença como a ausência de N afeta a FBN, sendo os efeitos condicionados à concentração desse nutriente no meio. Segundo Moreira e Siqueira (2006), altos teores de N-mineral no solo promovem redução na nodulação de plantas, em função da falta de estímulos relacionados à deficiência desse nutriente. De acordo com Brito, Muraoka e Silva (2011) e Pelegrin et al. (2009), pequenas quantidades de N aplicadas no início do crescimento radicular aumentam os sítios de infecção e, conseqüentemente, ocorre maior formação de nódulos e atuação na FBN, ao passo que níveis muito baixos de nitrato no solo podem ser limitantes à atividade simbiótica, conforme mencionado por Rosolem (1987).

No caso do presente estudo, o fornecimento de doses de N total de até 80 kg ha⁻¹ não teve efeito negativo sobre a nodulação, permitindo a formação de nódulos em quantidade e massa semelhantes às obtidas pelos demais tratamentos (Tabela 3). Certamente este resultado é devido ao fato de que, mesmo nas mais altas doses totais empregadas, a dose de N na semeadura (a que exerce maior efeito sobre o rizóbio) foi sempre baixa, com adição de apenas 20 kg ha⁻¹.

Tabela 2 Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade e Médios dos dados referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca de raiz (MSPA), eficiência relativa (ER), leituras SPAD e percentagem de leituras SPAD (PS) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola

FV	GL	Características						
		NN ¹	MSN ¹	MSPA	ER	SPAD	PS	TN
Bloco (Local)	12	54,7967*	0,1187	4097,9119**	1991,7803**	6,5712	57,0215	0,11
Local (L)	3	632,0354**	0,6067**	48411,9189**	1437,5971*	424,4248**	605,3581**	5,772
Tratamentos (T)	6	53,5835	0,0860	5176,7030**	3803,0226**	5,1167	54,1387	0,14
LxT	18	38,1960	0,0586	1861,8865**	1006,8568*	6,6971	67,4721*	0,34
Erro	72	28,3002	0,0785	730,5524	469,6918	4,2284	38,5933	0,20
CV (%)	-	25,95	22,88	22,20	22,82	5,91	5,97	17,0

** e *: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F

¹Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$

Tabela 3 Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), leituras SPAD e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola

Locais	NN (ud/12 pls)	MSN (g/12 pls)	SPAD	TNPA (%)	ANPA (g/12 pls)
Lavras	742 A	1,34 A	39,6 A	2,0 C	3,5 B
Lambari	471 B	1,43 A	30,8 D	2,6 B	2,3 C
Uberaba	411 B	1,00 B	32,6 C	3,1 A	4,2 A
Patos de Minas	255 C	0,61 C	36,1 B	2,4 B	2,0 C
Tratamentos					
TEST	537	1,11	34,3	2,7	2,6 B
INOC	527	1,43	35,3	2,4	2,1 B
20P	497	1,05	35,5	2,4	2,6 B
I + 20P	498	1,21	34,5	2,5	3,3 A
I + 20P +20C	507	1,16	35,4	2,4	3,3 A
I + 20P +40C	399	0,90	34,4	2,5	3,6 A
I + 20P +60C	325	0,80	34,3	2,5	3,4 A
Média	470	1,09	34,76	2,5	3,0

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade

Na literatura, diversos trabalhos relatam menor nodulação com o aumento da dose de N na sementeira (PELEGRIN et al., 2009; SILVA et al.; 2009).

Soares (2011), por exemplo, também avaliando a inoculação e doses de nitrogênio na sementeira e em cobertura, observou que os tratamentos que receberam altas doses de N apresentaram menor MSN, caracterizando efeito inibitório parcial dessa variável, quando as doses de nitrogênio total foram superiores a 40 kg ha⁻¹. Outros autores, como Soares et al. (2006), Souza, Soratto e Pagani (2011) e Valadão et al. (2009) e verificaram que o N fornecido via adubação, em quantidades que variaram de 60 a 350 kg ha⁻¹, reduziu o estabelecimento das bactérias simbióticas e, conseqüentemente, o número e a massa seca dos nódulos.

No atual estudo, a TEST não diferiu do tratamento INOC, o que certamente está relacionado à boa nodulação apresentada pelos rizóbios nativos (Tabela 3), resultado esse que tem sido frequente em muitas situações (KANEKO et al., 2010; PELEGRIN et al., 2009; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

3.1.2 Massa seca de parte aérea e eficiência relativa dos tratamentos

O N tem grande relevância na produção de matéria seca da parte aérea por se tratar de um componente da clorofila e, por isso, influencia o processo fotossintético, favorecendo o crescimento vegetativo do feijoeiro (SILVEIRA; DAMASCENO, 1993). Trabalhos relacionados à inoculação com bactérias e adubação mineral do feijoeiro apresentam resultados bastante variados em relação a essa característica (FARINELLI et al., 2006; PELEGRIN et al., 2009; SOARES et al., 2006).

A significância da interação locais x tratamentos (Tabela 2) indica que o efeito dos tratamentos sobre a MSPA foi dependente do local. A maior média dessa variável foi observada em Lavras. Nessa localidade, as plantas apresentaram MSPA 100% superior às médias de Lambari e Patos de Minas. Valores intermediários foram verificados em Uberaba (Tabela 4).

Em Lavras, apenas o tratamento I+20P se diferenciou dos demais, superando-os (Tabela 4). De acordo com esse resultado, a estirpe CIAT 899^T foi favorecida pela complementação de 20 kg ha⁻¹ de N mineral em semeadura, o que possivelmente contribuiu para que se atingissem os níveis de N adequados ao requerimento inicial da simbiose, os quais, de certa forma, proporcionaram maior crescimento. Nessa mesma localidade o fornecimento adicional de N em cobertura parece ter influenciado negativamente o crescimento do feijoeiro (Tabela 4), o que leva a suspeitar de eventual efeito fitotóxico que, entretanto,

não foi detectado visualmente. Em Lambari e Patos de Minas não se observaram diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 4). Em contrapartida, em Uberaba, para que se atingissem maior crescimento das plantas foi necessário complementação com N em cobertura. Logo, os tratamentos I+20P+20C, I+20P+40C e I+20P+60C apresentaram MSPA superior aos demais tratamentos, os quais não diferenciaram entre si (Tabela 4).

Tabela 4 Massa seca da parte aérea (MSPA, em g/12 plantas), em função de locais e tratamentos

Tratamentos	MSPA (g/12 plantas)				Média
	Lavras	Lambari	Uberaba	Patos de Minas	
TEST	163,95 B	82,80 A	103,93 B	59,15 A	102,46 B
INOC	165,40 B	63,23 A	80,40 B	75,20 A	96,06 B
20P	174,60 B	79,55 A	119,85 B	74,60 A	112,15 B
I + 20P	222,70 A	86,88 A	119,55 B	115,38 A	135,88 A
I + 20P + 20C	157,33 B	101,83 A	165,93 A	98,80 A	130,97 A
I + 20P + 40C	180,63 B	119,00 A	174,03 A	95,43 A	142,27 A
I + 20P + 60C	159,30 B	99,18 A	180,75 A	89,95 A	132,29 A
Média	174,84 a	90,35 c	134,78 b	86,93 c	121,72

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade

Observando-se a Tabela 1 verifica-se que em Uberaba a produção de massa seca de planta pode ter sido fortemente influenciada pela textura arenosa do solo e do conseqüente baixo conteúdo de matéria orgânica. De fato, as altas precipitações que ocorreram no início do cultivo nesse local (Tabela 4), aliadas ao alto teor de areia, podem ter favorecido a lixiviação do nitrogênio aplicado na semeadura, levando o feijoeiro a responder à adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 4).

O comportamento equivalente ocorrido nos quatro locais entre os tratamentos TEST e INOC, sugere boa atuação dos rizóbios nativos, comparável à da estirpe CIAT 899^T quando não há fornecimento adicional de N. Pelegrin et al. (2009) em Dourados-MS, em Latossolo Vermelho distroférico, Farinelli et al. (2006) e Soratto et al. (2005) em Botucatu-SP, em Nitossolo Vermelho distrófico, todos com a cv. Pérola, também não encontraram diferenças na MSPA de tratamentos inoculados e testemunha. Já Bassan et al. (2001), em trabalho com a cultivar Pérola e Soares et al. (2006), com a cultivar Talismã, verificaram que os tratamentos com inoculação foram superiores quando comparados ao tratamento sem inoculação e sem N-mineral.

Como já mencionado, a eficiência relativa dos tratamentos (ER), foi calculada com o objetivo de comparar o crescimento proporcionado por cada tratamento com aquele obtido em parcelas que receberam 80 kg ha⁻¹ de N, fracionados 40 kg ha⁻¹ de N em semeadura e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura (doses comumente empregadas em estudos envolvendo inoculação). O desdobramento da interação locais x tratamentos não acusou diferenças entre os tratamentos em Lavras (Tabela 5). Nas demais localidades, maiores ER foram obtidas quando a inoculação foi complementada por 20 kg ha⁻¹ de N em semeadura (Patos de Minas) e por até 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Lambari, Uberaba e Patos de Minas). Em três das quatro localidades, portanto, o emprego simultâneo de inoculação + adubação nitrogenada aumentou a eficiência relativa do tratamento.

Tabela 5 Eficiência relativa dos tratamentos (ER, em %), em função de locais e tratamentos

Tratamentos	ER* (%)				Média
	Lavras	Lambari	Uberaba	Patos de Minas	
TEST	82,51 A	86,07 B	71,71 B	71,44 B	77,93 B
INOC	83,24 A	65,72 B	55,48 B	90,82 B	73,81 B
20P	87,87 A	82,69 B	82,69 B	90,10 B	85,84 B
I + 20P	112,08 A	90,31 B	81,80 B	139,34 A	105,88 A
I + 20P + 20C	79,18 A	105,85 A	114,49 A	119,32 A	104,71 A
I + 20P + 40C	90,90 A	123,70 A	120,08 A	115,25 A	112,48 A
I + 20P + 60C	80,17 A	103,09 A	124,72 A	108,64 A	104,15 A
Média	87,99 b	93,92 b	92,99 b	104,99 a	94,97

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. * Valores obtidos em comparação à MSPA do tratamento adubado com 80 kg ha⁻¹ de N, considerado 100% (Lavras – 198,70 g; Lambari – 96,2 g; Uberaba – 144,93 g e Patos de Minas – 82,80 g)

As bactérias nativas, representadas pelo tratamento TEST, foram tão eficientes quanto a estirpe introduzida (tratamento INOC), o que pode ser observado por meio do teste de médias (Tabela 5). A resultados semelhantes chegaram Ferreira et al. (2009) e Soares et al. (2006).

3.1.3 Leituras indiretas de clorofila (SPAD) e percentagem SPAD (PS)

A leitura SPAD média situou-se próxima a 35, e, portanto, dentro da faixa esperada para plantas com boa nutrição de N em feijoeiro do grupo carioca no estágio de florescimento (SILVEIRA; BRAZ; DIDONET, 2003). Ainda que alguns tratamentos tenham recebido doses adicionais de N na forma mineral, não foram verificadas quaisquer diferenças entre os tratamentos quanto a esse parâmetro. Blackmer, Schepers e Vigil (1993) observaram que outros fatores, além da disponibilidade de N e fixação biológica, como idade e teor de água na planta, densidade de plantas, cultivar, disponibilidade de outros nutrientes ou estresse ambiental, podem afetar as medições de intensidade da cor verde da

folha pelo medidor de clorofila, o que pode ter interferido nesses resultados. Já a PS, percentagem das leituras SPAD em relação ao tratamento adubado com 80 kg ha⁻¹ de N em cada local, mostrou interdependência entre os fatores estudados, ou seja, o efeito dos tratamentos variou conforme o local (Tabelas 2 e 6).

De acordo com a Tabela 6, verifica-se que apenas em Uberaba a PS foi inferior a 100%, o que significa que nessa localidade, o tratamento adubado com 80 kg ha⁻¹ de N apresentou maiores leituras SPAD que os tratamentos avaliados, os quais apresentaram, em média, 97,6% da leitura SPAD da adubação padrão ou referência. Nas demais localidades as médias das percentagens de leitura superaram 100%, indicando que foram superiores à leitura do tratamento referência.

Tabela 6 Percentagem de leituras SPAD (PS) do feijoeiro BRSMG Madrepérola em relação ao tratamento isento de inoculação e adubado com 80 kg ha⁻¹ de N

Tratamentos	PS* (%)				Média
	Lavras	Lambari	Uberaba	Patos de Minas	
TEST	107,33 A	101,90 C	98,55 A	102,67 A	102,6
INOC	106,52 A	114,58 A	98,06 A	104,97 A	106,0
20P	107,84 A	107,04 B	99,40 A	110,66 A	106,2
I + 20P	110,56 A	103,77 B	95,97 A	101,84 A	103,0
I + 20P + 20C	110,26 A	105,19 B	96,68 A	109,91 A	105,5
I + 20P + 40C	111,71 A	92,84 C	95,67 A	107,90 A	102,0
I + 20P + 60C	105,01 A	100,30 C	99,39 A	105,40 A	103,5
Média	108,46 a	103,66 c	97,67 c	106,19 b	104,0

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Valores obtidos em comparação às leituras SPAD do tratamento isento de inoculação e adubado com 80 kg ha⁻¹ de N, considerado 100%. (Lavras – 36,5; Lambari – 29,7; Uberaba – 33,4 e Patos de Minas – 34,0)

Na maioria dos locais de cultivo não houve efeito dos tratamentos, o que ocorreu apenas em Lambari (Tabela 6). Merece destaque o bom comportamento

do INOC nesse município, pois ele se distinguiu significativamente dos demais tratamentos, o que significa dizer que a inoculação proporcionou nas plantas uma tonalidade verde que superou a de todos os tratamentos. De acordo com os dados médios, esse tratamento apresentou maior leitura que o tratamento referência (80 kg ha^{-1} de N), atingindo acréscimos da ordem de 14%. Nessa localidade, os valores menos expressivos foram observados na TEST, I+20P+40C e I+20P+60C, ou seja, na testemunha sem inoculação e nos tratamentos com maior dose de N em cobertura. Em Lavras, Uberaba e Patos de Minas não houve diferenças significativas entre os tratamentos, o que também parece indicar boa eficiência dos rizóbios nativos.

3.1.4 Teor e acúmulo de N na parte aérea do feijoeiro

O teor de nitrogênio da parte aérea (TNPA) é um dos indicadores de quão eficiente foi a absorção e assimilação do N, inclusive via FBN. De certa forma o acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) também tem a mesma utilidade, embora seja dependente da produção de massa seca da planta. Como já mencionado, ambas as características foram afetadas pelo local de cultivo do feijoeiro, mas apenas o ANPA foi influenciado pelos tratamentos (Tabelas 2 e 3).

De fato, o TNPA não se elevou com o emprego da inoculação de sementes com rizóbio ou mesmo com o aumento da dose de N fornecida (Tabela 3). Soares (2011) cita que as respostas à inoculação sinalizam para aumentos de teores foliares com o fornecimento de fertilizante nitrogenado mineral. Contudo, vários autores na literatura, da mesma forma do atual estudo, não verificaram interferência da inoculação nos teores de N na parte aérea do feijoeiro (KANEKO et al., 2010; ROMANINI JR. et al., 2007; SILVA et al., 2009). Araújo et al. (2007), entretanto, observaram maior concentração de N nas

plantas inoculadas, em relação à testemunha sem inoculação e sem adubação mineral e ao tratamento não inoculado adubado em cobertura com 45 kg ha⁻¹ de N, enquanto que Souza, Soratto e Pagani (2011) verificaram que acréscimos nas doses de N em cobertura diminuíram o teor e o acúmulo de N na parte aérea do feijoeiro inoculado com estirpe PRF 81. Para Arf et al. (2004), a resposta dessa variável é relacionada à diversos outros fatores como teor de N disponível no solo (proveniente da mineralização da matéria orgânica), temperatura e cultivar utilizada, o que pode ter influenciado nos resultados da atual pesquisa.

Em geral, todos os tratamentos situaram-se abaixo da faixa de TNPA considerada adequada na floração, entre 3 e 5% (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Esses níveis de suficiência de N na parte aérea do feijoeiro são observados em solos com alto grau de fertilidade ou com populações de rizóbios nativos abundantes e de alta eficiência simbiótica (ALMEIDA et al., 2000; FARINELLI et al., 2006). Por outro lado, em solos mais pobres em N e com baixas populações de rizóbios com eficiência simbiótica elevada, o efeito da aplicação de fertilizantes nitrogenados tem proporcionado teores foliares superiores aos verificados nas plantas-testemunha, sem adubação nitrogenada (CARVALHO et al., 2001; MERCANTE; OTSUBO; LAMAS, 2006). Embora abaixo dos valores desejados, os teores obtidos no presente estudo foram bem próximos aos relacionados por Oliveira et al. (1996), que consideram aceitáveis valores acima de 2,8%. Isso sinaliza no sentido de que houve ficiência no fornecimento do N (rizóbios introduzidos e nativos, complementado por N das demais fontes orgânicas e minerais).

Como já era esperado, o menor TNPA foi verificado em Lavras, localidade em que as plantas atingiram a maior MSPA (Tabelas 3 e 4). De acordo com Fernandes et al. (2005) plantas mais altas e com maior massa seca, devido ao efeito de diluição de nutrientes, apresentam menores teores de N em sua composição. Embora em Uberaba as plantas não tenham apresentado

crescimento muito inferior, o maior TNPA ali verificado parece ter forte relação com o menor estande de plantas, como será discutido mais adiante. Concentrações intermediárias de N na planta foram verificadas em Lambari e Patos de Minas.

O nitrogênio, em particular, tem grande importância nas fases de florescimento e enchimento de grãos, quando a demanda é alta. Como o nitrogênio das folhas é translocado para os grãos, caso o acúmulo desse nutriente na planta não atinja quantidades consideráveis nos primeiros 50 dias de ciclo da cultura, pode ocorrer redução da produtividade de grãos (PORTES, 1996).

No que diz respeito ao ANPA, a maior média ocorreu em Uberaba, de modo semelhante ao TNPA, enquanto que os menores valores foram verificados em Lambari e Patos de Minas (Tabela 3). Como o ANPA tem relação direta com o crescimento de planta, a MSPA pode auxiliar na compreensão desses resultados. De fato, em Lambari e Patos de Minas, onde as plantas produziram menor massa seca, foram observados os menores acúmulos de N na parte aérea. Outra variável com efeito no N acumulado é o TNPA. Dessa forma, altos valores de MSPA e de TNPA refletem em maior acúmulo de N na parte aérea, o que ocorreu em Uberaba. Em Lavras, apesar de as plantas terem apresentado elevado crescimento, o baixo conteúdo de N foliar certamente foi o responsável pelo acúmulo intermediário observado. Soares (2011) também relatou diferenças no ANPA de solos de duas diferentes localidades mineiras, contudo, associando o ocorrido ao maior teor de matéria orgânica existente em um daqueles solos, o qual teria disponibilizando maior quantidade de N para as plantas.

Os tratamentos de inoculação e doses de N também influenciaram na quantidade de nitrogênio acumulada no feijoeiro, sendo que nos tratamentos com inoculação complementada por N-mineral houve os maiores ANPA observados. A inoculação com a estirpe CIAT 899^T isoladamente, apresentou-se de forma semelhante à TEST e 20P, com o menor acúmulo de N na planta;

quando o fertilizante nitrogenado foi adicionado à inoculação, o ANPA foi elevado em 41% (média dos tratamentos I+20P, I+20P+20C, 40C e 60C). Esses mesmos tratamentos haviam se destacado quanto ao ANPA nos estudos de Soares (2011), em Patos de Minas. Considerando-se que no período da floração e enchimento de grãos há intensa translocação de N das folhas para as partes reprodutivas, esse acréscimo poderia ser determinante no incremento da produtividade. Apesar disso, não foram verificados ganhos no rendimento de grãos quando as doses de ureia excederam 20 kg ha⁻¹ de N, indicando que, nas condições do estudo, não houve vantagem em se realizar a aplicação do nutriente em cobertura, principalmente porque representaria custo adicional, financeiro e ambiental.

3.2 Características avaliadas na maturação

Assim como verificado na floração, a análise de variância conjunta dos dados da maturação revelou efeito de locais (L) sobre todas as variáveis. Ainda foram significativos os efeitos principais de tratamentos (T) sobre o peso de cem grãos (PCG) e teor de nitrogênio nos grãos (TNG), bem como a interação LxT sobre o rendimento (REND) e o acúmulo de N nos grãos (ANG). Apenas o número de vagens por planta (VP) e o ANG apresentaram coeficientes de variação (CV%) acima dos recomendados por Oliveira et al. (2009); os demais valores do CV% demonstraram boa precisão experimental (Tabela 7).

3.2.1 Estande final

De acordo com Kaneko et al. (2010), o estabelecimento da população de plantas é dependente das reservas da semente, da barreira formada pela camada de solo que as cobre, da umidade do solo e da ausência de ataque de patógenos e

pragas nas primeiras fases de estabelecimento da cultura. Por meio da Tabela 8, observa-se que em Lavras as plantas atingiram a maior densidade do estudo e que a menor população ocorreu em Uberaba. Lambari e Patos de Minas apresentaram populações intermediárias.

Dourado Neto e Fancelli (2000) indicam que o estande mínimo para feijão com hábito de crescimento do tipo III é de 170 mil plantas. Pelos valores médios da Tabela 8 verifica-se que a população final de feijoeiro alcançada em Lavras foi 64% maior que aquela densidade. Os menores EF verificados em Uberaba (14% abaixo da recomendação) e em Patos de Minas, podem ter sido influenciados pela elevada precipitação ocorrida nos estádios iniciais da cultura (Figura 1), o que, somado à menor retenção desses solos devido ao alto teor de areia (Tabela 1), pode ter favorecido a lixiviação de nutrientes e dificultado o suprimento das necessidades das plantas, resultando em menor número de feijoeiros por área.

Diferentes populações de plantas podem modificar a plasticidade, ou efeito de compensação, existente entre os componentes do rendimento (SOUZA et al., 2008). Dessa forma, é bem possível que o EF tenha atuado sobre VP, GV e PCG, influenciando nos resultados obtidos, de forma a se obter maiores valores dos componentes primários nos ambientes de menor densidade de plantas, como em Uberaba e Patos de Minas, resultando em modificações sobre o rendimento de grãos.

As médias do EF pouco variaram em função dos tratamentos e não se verificou qualquer tendência. Para Romanini Jr. et al. (2007), a aplicação de 10 kg ha⁻¹ de N é suficiente para aumentar a população final de plantas e permitir uma nutrição adequada do feijoeiro em sua fase inicial de desenvolvimento. Sousa, Soratto e Pagani (2011) obtiveram alto EF mesmo na ausência de aplicação de nitrogênio, o que também ocorreu no presente trabalho, indicando boa fertilidade dos solos e boa atuação dos rizóbios nativos e introduzidos.

Tabela 7 Resumo da análise de variância conjunta com fontes de variação, número de graus de liberdade, médias dos dados referentes a estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos (GV), peso de cem grãos (PCG), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola

FV	GL	Características					
		EF	VP	GV	PCG	TNG	ANG
Bloco (Local)	12	1441,9516	4,1603	0,3083	6,0894	0,3308	734,7511
Local (L)	3	95620,7403**	196,8317**	17,5946**	242,1520**	12,1624**	15952,7351**
Tratamentos (T)	6	2023,9688	4,6651	0,2869	13,0039*	1,2145*	472,5573
LxT	18	1730,6553	9,5824	0,4330	5,5271	0,6213	1225,4677**
Erro	72	1284,3527	5,8095	0,4181	4,6236	0,5421	37608,9456
CV (%)	-	15,61	27,33	15,22	9,46	17,07	31,68

** e *: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F

Tabela 8 Valores médios de estande final (EF), número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG) e teor de nitrogênio nos grãos (TNG) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola

Locais	EF (mil plantas ha⁻¹)	VP - (unidade) -	GV	PCG (g)	TNG (%)
Lavras	278 A	7,6 B	4,2 B	24,91 A	4,6 B
Lambari	258 B	6,8 B	5,4 A	22,03 B	3,6 D
Uberaba	146 D	12,7 A	4,0 B	25,00 A	4,0 C
Patos de Minas	236 C	8,2 B	3,5C	18,79 C	5,1 A
Tratamentos					
TEST	246	7,8	4,3	22,82 A	4,2 B
INOC	230	8,5	4,2	23,08 A	4,3 B
20P	237	9,1	4,1	21,77 B	4,0 B
I + 20P	210	9,5	4,4	24,05 A	4,6 A
I + 20P + 20C	225	8,7	4,5	23,40 A	4,0 B
I + 20P + 40C	229	9,0	4,2	21,91 B	4,7 A
I + 20P + 60C	230	9,1	4,1	21,74 B	4,3 B
Média	230	8,8	4,3	22,68	4,3

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade

Não foram verificadas reduções de estande com a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura. Com a aplicação de doses maiores, a literatura é rica em trabalhos que mostram redução da população de plantas por meio do efeito salino do fertilizante nitrogenado (ALVES JR. et al., 2009; ARF et al., 2011).

3.2.2 Componentes do rendimento

Segundo Portes (1996), plantas de feijão bem nutridas produzem mais flores e, conseqüentemente, mais vagens por planta. Entretanto, as maiores doses de N empregadas no presente estudo não resultaram em maior VP (Tabelas 7 e 8). Esse resultado foi diferente daqueles encontrados por Andrade et al. (2001), nos quais a adubação mineral em cobertura refletiu em maior produção de

vagens por planta, mostrando que o nitrogênio em semeadura mais cobertura, assim como inoculação mais N em cobertura proporcionaram maiores valores para VP, quando comparados aos tratamentos testemunha absoluta (sem N e sem inoculação) e apenas inoculação.

Apenas em Uberaba as médias de VP se afastaram das demais localidades (Tabela 8), provavelmente em função de correlação negativa entre EF e VP, o que é frequentemente relatado na literatura (SOUZA; ANDRADE; ALVES, 2004; SOUZA et al., 2008).

Apesar de o número de grãos por vagem (GV) ser uma característica de alta herdabilidade, algumas pesquisas revelam que uma nutrição adequada em N aumenta o número de óvulos fertilizados por vagem (PORTES, 1996). No presente estudo, os tratamentos apresentaram médias equivalentes. Andrade et al. (2001) e Araújo et al. (2007) também não observaram variação no GV de tratamentos inoculados e não inoculados. Isso reforça mais uma vez que as populações nativas de rizóbio desempenharam sobre essa variável papel comparável ao das bactérias introduzidas, mesmo quando a inoculação foi complementada por N-mineral.

Contrariando estudos que sinalizam para menor resposta dessa variável a modificações do ambiente (CALONEGO et al., 2010; VIANA et al., 2011), o GV foi influenciado pelo local de condução dos ensaios. Em Lambari as plantas atingiram maior formação de grãos por vagem, ao passo que o menor GV ocorreu em Patos de Minas (Tabela 8).

O peso de cem grãos (PCG) foi influenciado pelos locais e pelos tratamentos. Lavras e Uberaba produziram grãos mais pesados e o contrário ocorreu em Patos de Minas. Em Lambari esses grãos apresentaram massa intermediária. De modo geral, o PCG mostrou que houve certa compensação com o GV, pelo menos em Lavras, Uberaba e Lambari (Tabela 8). Ou seja, nessas localidades, quando as vagens produziram pequeno número de grãos, os

mesmos se apresentaram mais pesados, o que remete ao equilíbrio fisiológico entre fonte e dreno, o qual pode ter se manifestado na massa dos grãos.

Entre os tratamentos, o peso médio de cem grãos variou de 21,74 g a 24,05 g (Tabela 8). A análise de variância revelou diferenças significativas (Tabela 7), mas foram de pequena magnitude e todos os valores situaram-se ligeiramente abaixo das 24,5 g citadas na descrição da cultivar BRSMG Madrepérola (ABREU et al., 2011). Acredita-se que essas diferenças podem ter sido detectadas apenas em função da boa precisão experimental obtida com a variável PCG (CV= 9,46%).

3.2.3 Teor e acúmulo de nitrogênio no grão

O teor de nitrogênio no grão (TNG) é um dos indicativos da eficiência do uso do nitrogênio e, nas leguminosas, também da eficiência da FBN. É uma característica importante, pois indica a condição nutricional que a planta apresenta na maturação, pois nos estádios de floração e enchimento de grãos, há intensa translocação de N das folhas para os órgãos reprodutivos. De acordo com a análise de variância (Tabela 7), essa variável foi influenciada tanto pelo local ($p \leq 0,01$) quanto pelos tratamentos ($p \leq 0,05$). Em Patos de Minas e Lambari, respectivamente, foram verificados o maior e menor valor para essa variável (Tabela 8). Em Lavras e Uberaba os valores foram intermediários.

Deve ser verificado que os valores médios dos componentes do rendimento certamente influenciaram o teor de N no grão. Observa-se, por exemplo, que o maior TNG foi obtido em Patos de Minas, local onde GV e PCG foram respectivamente os menores (Tabela 7). Esse resultado indica a possibilidade de ter ocorrido um efeito de concentração do TNG em relação a outros locais. A esse resultado também chegou Fonseca (2011), embora o autor não tenha correlacionado essas variáveis. Já em Uberaba, provavelmente o

estande final, o mais baixo de todos os locais, também tenha contribuído para este efeito de concentração sobre o TNG.

Quando os efeitos principais de tratamentos foram analisados quanto ao TNG, apenas dois grupos de médias foram identificados pelo teste Scott-Knott (Tabela 8). Os tratamentos testemunha, só inoculação ou só N na semeadura apresentaram TNG entre 4,0 e 4,3% (média de 4,1%), enquanto entre os tratamentos que associaram inoculação + N essa média foi de 4,4% (valores entre 4,0 e 4,7%). Desse resultado pode-se inferir que a inoculação, isoladamente, foi capaz de promover TNG equivalente ao de alguns tratamentos que receberam as maiores doses de N. Deve ser mencionado ainda que, apesar dessas diferenças, os valores médios de todos os tratamentos situarem-se dentro da faixa encontrada na literatura (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997) como teores normais nos grãos. Devido ao grande número de fatores envolvidos na nodulação e fixação simbiótica de N, bem como nos efeitos da adubação nitrogenada, entretanto, os resultados na literatura apresentam ampla variação quanto ao teor de N no grão. Pelegrin et al. (2009), por exemplo, verificaram que os tratamentos TEST, INOC e 20P não se diferiram do tratamento I+20P. Por sua vez, Araújo et al. (2007) e Soares et al. (2006) verificaram que a inoculação permitiu elevação nesses valores.

No que diz respeito ao acúmulo de nitrogênio no grão (ANG), a resposta dos tratamentos demonstrou-se dependente dos locais de condução dos experimentos (Tabela 9). Nota-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos em Uberaba e Patos de Minas. Em Lavras, os tratamentos INOC, 20P e I+20P foram os que mais acumularam N no grão, enquanto os tratamentos com N em cobertura acumularam menos N e não diferiram da TEST (Tabela 9) Nessa localidade, a inoculação com a estirpe CIAT 899^T proporcionou acréscimo no ANG da ordem de 33% em relação à testemunha. Esse resultado

não foi observado em trabalho realizado por Soares (2011) em Lavras e outros dois locais com a cultivar BRSMG Majestoso.

Tabela 9 Acúmulo médio de nitrogênio nos grãos (ANG, em kg ha⁻¹) do feijoeiro BRSMG Madrepérola, em função de locais e tratamentos

Tratamentos	ANG (kg ha ⁻¹)				Média
	Lavras	Lambari	Uberaba	Patos de Minas	
TEST	97,5 B	77,1 A	59,4 A	32,2 A	66,5
INOC	130,6 A	41,7 B	61,2 A	63,6 A	74,3
20P	120,0 A	62,1 B	57,5 A	40,2 A	69,9
I + 20P	124,1 A	76,5 A	53,0 A	55,0 A	77,2
I + 20P + 20C	98,6 B	49,6 B	67,1 A	53,3 A	67,1
I + 20P + 40C	98,5 B	98,3 A	56,0 A	70,9 A	80,9
I + 20P + 60C	72,7 B	90,5 A	66,0 A	47,1 A	69,1
Média	106,0 a	70,8 b	60,0 c	51,8 c	72,2

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente

No presente trabalho, o fornecimento de N-mineral em sementeira (20P) não proporcionou incrementos nesse acúmulo, já que permitiu médias equivalentes às adquiridas pela inoculação isolada (INOC). Em Lavras todavia, aplicações adicionais de N em cobertura reduziram o ANG da bactéria em 30%. É relevante se considerar que os tratamentos que receberam cobertura nitrogenada nessa localidade também apresentaram reduzidos MSPA (Tabela 4) e rendimento de grãos-REND (Tabela 10), exceto o tratamento I+20P+20C. Como o ANG é derivado do rendimento de grãos, esse pode ter sido o responsável pelo comportamento dos tratamentos em relação ao N acumulado no grão.

Em Lambari, o bom desempenho da TEST, em termos de N acumulado no grão, pode estar relacionado ao elevado teor de matéria orgânica (Tabela 1).

É possível que esses resultados conflitantes de ANG ocorridos em Lambari estejam relacionados à menor precisão alcançada na estimativa dessa variável (Tabela 7), hipótese essa também levantada por Figueiredo (2012) quando buscou compreender a falta de diferenças significativas do ANG de seu trabalho.

Independente dessas respostas conflitantes, em análise mais ampla os resultados de ANG mostram que, novamente, a inoculação conjunta com 20 kg ha⁻¹ de N em sementeira é benéfica às plantas, permitindo uma recomendação generalizada desse tratamento em todos os solos estudados. Brito, Muraoka e Silva (2011) enfatizam que o fornecimento de nitrogênio para a planta é maior por meio FBN que pelo N orgânico ou N-mineral, mas que pode ser complementado por essas fontes.

3.2.4 Rendimento de grãos

A produtividade de grãos média do estudo, 1.703 kg ha⁻¹, foi muito superior à média estimada pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013) para a safra das águas 2012/13 em Minas Gerais, da ordem de 818 kg ha⁻¹. Os rendimentos verificados nos ensaios foram superiores à média mineira: 65% em Lavras, 59% em Lambari e 46% em Uberaba. O menor ganho em produtividade ocorreu em Patos de Minas, onde esse percentual pouco ultrapassou 20% da média, ainda assim considerada alta. Esse desempenho inferior pode ser creditado às condições edafoclimáticas mais intensas verificadas no Alto Paranaíba, as quais reduziram as oportunidades de destaque entre as localidades e que, possivelmente, permitiu que a eficiência dos tratamentos fosse ali mais evidente (Tabela 10).

Mostasso et al. (2002) comprovaram que a inoculação do feijoeiro, em condições favoráveis, com cultivares e estirpes adequadas, pode alcançar produtividade de até 2.600 kg ha⁻¹. De fato, alto REND foi verificado neste

trabalho com o emprego da estirpe CIAT 899^T, que apenas nas representantes do Sul de Minas demonstrou ser influenciada pelo N-mineral adicional (Tabela 10). Em Lavras, a produtividade decresceu com o fornecimento de doses de 40 e 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura, possivelmente em função das mesmas razões que reduziram o ANG desses tratamentos e que já foram discutidos anteriormente.

Tabela 10 Rendimento de grãos (REND, em kg ha⁻¹) do feijoeiro BRSMG Madreperola, em função de locais e tratamentos

Tratamentos	REND (kg ha ⁻¹)				Média
	Lavras	Lambari	Uberaba	Patos de Minas	
TEST	2.356 A	1.968 A	1.442 A	700 A	1.617
INOC	2.795 A	1.133 B	1.678 A	1.201 A	1.702
20P	2.805 A	1.885 A	1.506 A	826 A	1.765
I + 20P	2.413 A	2.024 A	1.237 A	1.011 A	1.671
I + 20P + 20C	2.371 A	2.023 A	1.565 A	1.109 A	1.767
I + 20P + 40C	1.800 B	2.561 A	1.474 A	1.190 A	1.767
I + 20P + 60C	1.612 B	2.381 A	1.645 A	974 A	1.652
Média	2.307 a	1.997 b	1.507 c	1.002 d	1.703

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente

Em Uberaba e Patos de Minas, os tratamentos não diferiram quanto ao rendimento de grãos (Tabela 10). Em Lavras, a testemunha produziu igual à maioria dos tratamentos, mas as maiores doses de N em cobertura reduziram rendimento. Já em Lambari, apenas o tratamento INOC foi inferior. Soares (2011), com a cultivar BRSMG Majestoso e emprego da estirpe CIAT 899^T, também verificou bom comportamento dos tratamentos que receberam aplicação de 20 ou 40 kg ha⁻¹ de N mineral. Segundo o autor esses tratamentos proporcionaram produtividades que não diferiram dos que receberam doses de N de até 80 kg ha⁻¹ de N (20 em semeadura + 60 em cobertura), concluindo que a

inoculação conjunta com pequenas doses de N contribuiu para maior lucratividade nas lavouras de feijoeiro-comum, tanto sob plantio direto como no plantio convencional. Pelegrin et al. (2009) também relataram ganhos com o emprego do tratamento inoculado + 20 kg ha⁻¹ de N, cuja receita líquida se assemelhou à do tratamento que recebeu 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

É interessante mencionar o bom desempenho desses mesmos tratamentos (I+20P e I+20P+20C) no atual estudo, tendo esses se destacado no crescimento de plantas (MSPA), percentagem de leituras SPAD em relação ao tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N, massa (PCG) e produtividade de grãos e acúmulo de N nos mesmos, além de em outros parâmetros, o que repetiu na maioria dos locais de estudo. Como ambos os tratamentos apresentaram comportamento semelhante, sugere-se o emprego da inoculação complementada por pequenas doses de N-mineral apenas em semeadura. De forma complementar, a adubação nitrogenada em cobertura pode ser empregada caso necessário, ou seja, quando uma avaliação da nutrição nitrogenada for realizada, por exemplo, com auxílio de um clorofilômetro, antes do florescimento da cultura.

Vale ressaltar que esses resultados representam não somente uma economia em fertilizantes, mas também uma contribuição ecológica, devido aos possíveis problemas relacionados à utilização de altas doses de adubos nitrogenados, principalmente se mal manejados.

3.3 Correlações entre as características avaliadas

Na Tabela 11 são apresentadas as estimativas do coeficiente de correlação de Pearson obtidas com os valores das características na análise conjunta. Como pode ser observado, de maneira geral, essas estimativas coincidiram com as encontradas na literatura e confirmam uma série de

argumentos empregados anteriormente nas discussões desse trabalho. Neste sentido, destacam-se as correlações positivas entre MSPA e ANPA e entre REND e ANG, e as correlações negativas entre MSPA e SPAD e entre EF e VP (Tabela 11).

Tabela 11 Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre as características avaliadas na floração e massa seca-MSN de nódulos, massa seca da parte aérea-MSPA, eficiência relativa-ER, leitura de SPAD-PS e teor-TNPA e acúmulo de nitrogênio na parte aérea-maturação (estande final-EF, número de vagens por planta-VP e de grãos por vagem-GV, peso de grãos-PCG, teor-TNG e acúmulo de nitrogênio nos grãos-ANG e rendimento de grãos-REND) em BRSMG Madrepérola. Safra primavera-verão 2012/13

Características	Características											
	MSN	MSPA	SPAD	PS	ER	TNPA	ANPA	EF	VP	GV	PCG	REND
NN	0,78*	0,25**	0,18	0,06	-0,81	-0,17	0,09	0,25	-0,08	0,16	0,36**	0,51**
MSN		0,04	-0,09	-0,04	-0,17	-0,07	-0,02	0,17	-0,09	0,14	0,22*	0,37**
MSPA			0,34**	0,01	0,58**	-0,19*	0,81**	-0,14	0,34**	0,01	0,45**	0,37**
SPAD				0,79**	-0,09	-0,41**	-0,03	0,31**	-0,16	-0,37**	0,05	0,03
PS					0,12	-0,33**	-0,19*	0,40**	-0,35	-0,06	-0,14	0,07
ER						0,08	0,58**	-0,19**	0,29**	0,07	0,01	0,03
TNPA							0,35**	-0,47**	0,42**	-0,07	0,00	0,07
ANPA								-0,42**	0,58**	-0,05	0,43**	0,19*
EF									-0,65**	0,13	0,17	0,35**
VP										-0,24	0,32**	-0,02
GV											0,19*	0,44**
PCG												0,55**
REND												
TNG												

** e *: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste t

4 CONCLUSÕES

A presença de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e de até 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura não reduz a nodulação e nem o estande final do feijoeiro.

Os tratamentos só com inoculação e testemunha absoluta promovem teores de N parte aérea semelhantes aos dos tratamentos adubados com N.

A associação de inoculação + 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura resulta em matéria seca, acúmulo de N na parte aérea e eficiência relativa superiores aos mesmos tratamentos isoladamente.

O tratamento inoculação + 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura propicia teor e acúmulo de N no grão e rendimento de grãos equivalentes aos dos tratamentos adubados com as maiores doses de N.

O ambiente tem grande influência sobre as características avaliadas. No solo de Lavras há maior nodulação, população e crescimento de plantas, bem como maior peso de cem grãos, acúmulo de nitrogênio nos grãos e rendimento de grãos.

As populações nativas de rizóbio promovem nodulação e teor de nitrogênio no grão equivalentes aos propiciados pela estirpe inoculada CIAT 899^T.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. et al. **BRSMG Madrepérola**: cultivar de feijão tipo Carioca com escurecimento tardio dos grãos. Santo Antônio do Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. (Comunicado técnico, 200).
- ALMEIDA, C. et al. Ureia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 57, n. 2, p. 293-298, abr./jun. 2000.
- ALVES JR., J. et al. Adubação nitrogenada do feijoeiro, em plantio e cobertura, em plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 4, p. 943-949, jul./ago. 2009.
- ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, n. 4, p. 934-940, jul./ago. 2001.
- ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.
- ARF, M. V. et al. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 41, n. 3, 430-438, jul./set. 2011.
- ARF, O. et al. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 131-138, fev. 2004.
- BARBOSA, G. F. et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 32, n. 1, p. 117-123, 2010.

BASSAN, D. A. Z. et al. 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.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S.; VIGIL, M. F. Chlorophyll meter reading in corn as affected by plant spacing. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 24, n. 17/18, p. 2507-2516, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 30, de 12 de nov. 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa da União**, Brasília, DF, 17 nov. 2010. Disponível em: <http://www.fiscolex.com.br/doc_13261309_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_30_DE_12_DE_NOVEMBRO_DE_2010.aspx>. Acesso em: 25 mar. 2012.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

CALONEGO, J. C. et al. Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 41, n. 3, p. 334-340, 2010.

CARVALHO, M. A. C. et al. 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, p. 617-624, 2001.

CHAGAS, J. M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 306-307.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB.

Acompanhamento de safra brasileira: grãos: décimo levantamento, julho 2013. Brasília, DF. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_09_04_53_boletim_graos_junho__2013.pdf> Acesso em: 31 jul. 2013.

DÖBEREINER, J.; ARRUDA, N. B.; PENTEADO, A. F. Avaliação da fixação do nitrogênio em leguminosas pela regressão do N total das plantas sobre o peso de nódulos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 1, p. 233-237, 1966.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2000. 385 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 88, n. 5, p. 97-185, 2005.

FARINELLI, R. et al. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 307-312, fev. 2006.

FERNANDES, F. A. et al. Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 27, n. 1, p. 7-15, 2005.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción**. Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

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

FERREIRA, P. A. A. et al. Efficient nitrogen-fixing *Rhizobium* strains isolated from amazonian soils are highly tolerant to acidity and aluminium. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Heidelberg, v. 28, n. 5, p. 1947-1959, May 2012.

FERREIRA, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, out. 2009.

FIGUEIREDO, M. A. **Inoculação com *Rhizobium* spp. e adubações nitrogenada e molibdica no feijoeiro-comum**. 2012. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

FONSECA, G. G. **Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com estirpes de rizóbio em Minas Gerais**. 2011. 165 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. **Laboratory manual of general microbiology**. New York: McGraw-Hill, 1928. 143 p.

FULLIN, E. A. et al. Nitrogênio e molibdênio na adubação do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 7, p. 1145-1149, 1999.

GRAHAM, P. H.; HALLIDAY, J. Inoculation: nitrogen fixation in the gender *Phaseolus*. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE *RHIZOBIUM*, 8., 1976, Cali. **Anais...** Cali: CIAT, 1976. p. 313-337.

KANEKO, F. H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, SP: Potafos, 1997. 319 p.

MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A.; LAMAS, F. M. Inoculação de *Rhizobium tropici* e aplicação de adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito, MS. **Anais...** Fertbio: A busca das raízes. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. CD-ROM. (Documentos, 82).

MORAES, W. B. et al. Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. **Idesia**, Tarapacá, v. 28, n.1, p. 61-68, jan./abr. 2010.

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

MOSTASSO, L. et al. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 121-132, Jan. 2002.

OLIVEIRA, I. P. et al. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, SP: Potafós, 1996. p. 169-221.

OLIVEIRA, R. L. et al. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 1, p. 113-119, jan./fev. 2009.

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 219-226, jan./fev. 2009.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2009. 451 p.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, SP: Potafós, 1996. p. 101-137.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 306-307.

ROMANINI JR., A. et al. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro-comum, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 23, n. 4, p. 74-82, 2007.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro-comum**. Piracicaba, SP: Potafós, 1987. 91 p. (Boletim técnico, 8).

RUFINI, M. et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 81-88, jan. 2011.

SANGOI, L. et al. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 33, n. 1, p. 65-70, jan./fev. 2003.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1979. 27 p.

SILVA, E. F. et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, São Paulo, SP, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, set. 2003.

SILVEIRA, P. M.; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 11, p. 1269-1276, nov. 1993.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II- Feijoeiro-comum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 803-811, set./out. 2006.

SOARES, B. L. **Avaliação técnico-econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes**. 2011. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

SORATTO, R. P. et al. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 64, n. 2, p. 211-218, 2005.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; ALVES, V. G. Populações de plantas, adubação e calagem para o feijoeiro (cv. IAPAR 81) em Gleissolo de Ponta Grossa, estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 26, n. 3, p. 347-352, 2004.

SOUZA, A. B. et al. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 38, n. 1, p. 39-43, jan./mar. 2008.

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

VALADÃO, F. C. A. et al. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 741-747, 2009.

VIANA, T. O. et al. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 1, p. 115-120, jan./fev. 2011.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1991. 449 p.

CAPÍTULO 3

Crescimento, nutrição e desempenho agrônômico do feijoeiro submetido à inoculação das sementes com estirpes de rizóbio

RESUMO

A simbiose do feijoeiro-comum com bactérias fixadoras de nitrogênio pode permitir boas produtividades com redução da utilização de fertilizantes nitrogenados e dos custos econômicos e ambientais do cultivo dessa leguminosa. Considerando a diversidade de climas e de solos no Brasil, é importante validar estirpes em diferentes condições edafoclimáticas, com vistas a consolidar sua recomendação como inoculantes. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência agrônômica de estirpes de *Rhizobium* inoculadas em sementes do feijoeiro cultivar BRSMG Madrepérola. Quatro experimentos de campo foram conduzidos na primavera-verão 2012/2013, em Lavras, Lambari, Uberaba e Patos de Minas. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com 4 repetições e 7 tratamentos: inoculação com as estirpes CIAT 899^T de *Rhizobium tropici*, UFLA 02-68 de *R. etli* bv. *mimosae*, UFLA 02-100 de *R. etli*, UFLA 02-127 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* e UFLA 04-173 de *R. miluonense*, mais duas testemunhas, uma sem inoculação e com nitrogênio (N) fonte ureia, na dose de 80 kg ha⁻¹ N (½ em semeadura e ½ em cobertura aos 20 dias após a emergência) e outra sem inoculação e sem N mineral. A estirpe CIAT 899^T já é recomendada para a fabricação de inoculante comercial e as demais foram coletadas na Amazônia e demonstraram alta eficiência na fixação biológica de nitrogênio (FBN). Na floração foram avaliados: número e massa seca de nódulos, massa seca da parte aérea e teor de clorofila nas folhas, além de teor e acúmulo de N na parte aérea e eficiência relativa dos tratamentos. Na maturação avaliou-se o estande, rendimento de grãos e seus componentes, além do teor e acúmulo de N no grão. Concluiu-se que a adubação nitrogenada com 40 kg ha⁻¹ na semeadura reduz o número de nódulos em relação aos tratamentos inoculados. As estirpes inoculadas UFLA 02-100, UFLA 02-127 e UFLA 04-173 e as estirpes nativas proporcionam número de nódulos equivalentes ao da estirpe CIAT 899^T. No que diz respeito ao teor e acúmulo de N nos grãos e ao rendimento de grãos, as estirpes inoculadas UFLA 02-127, UFLA 04-173 e CIAT 899^T têm desempenho equivalente ao da adubação com 80 kg ha⁻¹ de N. O ambiente tem grande influência sobre as características avaliadas: no solo de Lavras há maior nodulação, maior crescimento do feijoeiro e maior acúmulo de N na parte aérea e no grão, resultando em maior rendimento de grãos.

Palavras-chave: Fixação Biológica de Nitrogênio. Inoculante. *Rhizobium spp.* *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

The symbiosis of common bean with nitrogen fixing bacteria can offer good yields with reduced fertilizers use and reduced economic and environmental costs of cultivation of this legume. Considering the diversity of climates and soils in Brazil, it is important to validate rizobia strains on different environmental conditions, in order to consolidate its recommendation as inoculants. This study aimed to evaluate the agronomic effectiveness of *Rhizobium* strains inoculated on bean seed of the BRSMG Madrepérola cultivar. Four field experiments were conducted in 2012/13 spring-summer season, at Lavras, Lambari, Uberaba and Patos de Minas, Minas Gerais State, Brazil. Was used the randomized block design with four replications and 7 treatments: inoculation with the *Rhizobium tropici* CIAT 899^T, *R. etli* bv. *mimosae* UFLA 02-68, *R. etli* UFLA 02-100, *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* UFLA 02-127 and *R. miluonense* UFLA 04-173 strains), more two without inoculation controls: one with nitrogen (N) supply urea at a dose of 80 kg N ha⁻¹ (½ at sowing and ½ at top dressing at 20 days after emergence) and other without mineral N. The CIAT 899^T strain is recommended for the commercial inoculant and the others were collected in the amazon soil and demonstrated high efficiency in biological nitrogen fixation. At flowering were evaluated: number and dry weight of nodules, dry weight of shoots and chlorophyll content in the leaves, and N content and N accumulation in the shoot and relative efficiency of the treatments. At maturation were evaluated the stand, grain yield and its components, and the N content and N accumulation in the grain. It was concluded that N fertilization with 40 kg ha⁻¹ at planting reduces the number of nodules compared to inoculated treatments. Strains inoculated with UFLA 02-100, UFLA 02-127 and UFLA 04-173 and native strains provide equivalent number of nodules that the type strain CIAT 899^T. With regard to the N content and N accumulation in the grains and grain yield, strains inoculated UFLA 02-127, 04-173 and UFLA CIAT 899^T have performance equivalent to fertilization with 80 kg N ha⁻¹. The environment has a great influence on the characteristics evaluated: the Lavras soil show greater nodulation, higher bean plant growth and higher N accumulation in shoots and grain, resulting in higher yield.

Keywords: Biological nitrogen fixation. Inoculant. *Rhizobium spp.* *Phaseolus vulgaris*.

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma leguminosa que apresenta capacidade de fixação do nitrogênio (N) atmosférico, através da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e de outros gêneros, capazes de fornecer pelo menos parte do N requerido pela planta para seu desenvolvimento, traduzindo-se em significativa economia no uso de fertilizantes nitrogenados (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Apesar dessa competência, fatores bióticos e abióticos podem atuar reduzindo a eficiência dessa relação. Dentre esses limitadores, os que mais interferem são a competição do rizóbio com estirpes nativas estabelecidas no solo (ARAÚJO et al., 2007; CASSINI; FRANCO, 2006) e condições ambientais adversas, como alta temperatura (PINTO et al., 1998; RAPOSEIRAS et al., 2002) e acidez do solo (ALI et al., 2009; RODRIGUES; LARANJO; OLIVEIRA, 2006; RUFINI et al., 2011). Fatores intrínsecos à bactéria, outros envolvendo microrganismos do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) e fatores associados à planta hospedeira (FONSECA et al., 2013; MORAES et al., 2010) e ao solo (TSAI, 1993), tais como deficiência de cálcio, molibdênio, magnésio e fósforo, além de toxidez de alumínio e manganês, podem também influenciar no processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN). Fica evidente, portanto, que a estirpe de rizóbio desempenha papel fundamental na simbiose com o feijoeiro.

Vários trabalhos têm mostrado no campo bons resultados com a inoculação do feijoeiro, não só com a estirpe CIAT 899^T, cuja eficiência simbiótica com feijão já é bem conhecida, mas também com estirpes isoladas de solos ácidos e com alto teor de Al da Amazônia, estresses predominantes em solos tropicais (FERREIRA et al., 2009; 2012; NOGUEIRA, 2005; SOARES, 2011; SOARES et al., 2006).

Na região de Formiga - MG, com a cv. Pérola, Nogueira (2005) testou as estirpes CIAT 899^T de *R. tropici*, UFLA 02-100 de *R. etli*, UFLA 02-86 de *R.*

etli bv. *phaseoli* e UFLA 02-127 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, mais duas testemunhas (sem N mineral e sem inoculação e outra com 80 kg ha⁻¹ de N). Observou que a inoculação com as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127 contribuiu de forma significativa para o aumento de rendimento de grãos no feijoeiro, com economia do fertilizante nitrogenado. Essas mesmas estirpes mantiveram bom desempenho nos trabalhos de Soares et al. (2006), que destacaram ainda a estirpe UFLA 02-68 de *R. etli* bv. *mimosae*. Nos trabalhos de Ferreira et al. (2009), essa última estirpe superou as demais, inclusive a CIAT 899^T, e promoveu rendimento de grãos semelhante ao da testemunha com 80 kg ha⁻¹ de N. Vale mencionar que o bom comportamento das estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-68 foi ainda verificado em outros municípios mineiros, nos quais a inoculação proporcionou alto retorno econômico em cultivos, independente do emprego de médio ou baixo nível de tecnologia (SOARES, 2011).

Considerando a diversidade de climas e de solos no Brasil, é importante validar, em diferentes condições edafoclimáticas, estirpes que vêm apresentando bons resultados, com vistas a consolidar sua recomendação e consequente aprovação como inoculantes. Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência agrônômica de estirpes de *Rhizobium* isoladas na Amazônia, em experimentos de campo em distintas regiões de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Quatro experimentos de campo foram conduzidos na safra primavera-verão 2012/13 nas regiões Sul (Lavras e Lambari), Triângulo (Uberaba) e Alto Paranaíba (Patos de Minas) de Minas Gerais. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro repetições e cinco tratamentos inoculados com *Rhizobium* spp. (estirpes CIAT 899^T, UFLA 02-68, UFLA 02-100, UFLA 02-127 e UFLA 04-173), mais duas testemunhas sem inoculação: uma com N-ureia (80 kg ha⁻¹ N, ½ em semeadura e ½ em cobertura, entre os estádios V3 e V4 do ciclo cultural definidos por Fernandez, Gepts e López (1985), e outra sem N.

Em Lavras, o experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um Latossolo Vermelho escuro distrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2006), onde a cultura antecessora havia sido crotalária. Em Lambari, instalou-se o experimento na Fazenda Experimental de Lambari, de propriedade da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais (EPAMIG), em um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), anteriormente cultivado com milho. Em Patos de Minas o experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Sertãozinho, da EPAMIG, em área de pastagem, sem registro de cultivos anteriores com feijão; o solo foi um Latossolo Vermelho escuro distroférico de textura franca (EMBRAPA, 2006). Segundo a classificação de Köppen, as três localidades possuem clima do tipo Cwa-tropical de altitude, com o verão quente e úmido e inverno frio e seco (VIANELLO; ALVES, 1991).

No experimento de Uberaba, utilizou-se área experimental do Instituto Federal Tecnológico do Triângulo Mineiro, em um Latossolo de textura franco arenosa (EMBRAPA, 2006). O clima do município é do tipo Aw, tropical

quente úmido, com inverno frio (15/16 °C) e seco (SILVA; GUIMARÃES, TAVARES, 2003).

A análise química e física de amostras de solo retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, nos quatro locais, forneceu os resultados representados na Tabela 1. Um resumo das principais ocorrências climáticas durante a condução dos experimentos é apresentado na Figura 1. As informações relativas a Lavras, Uberaba e Patos de Minas foram obtidas nas estações locais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Em relação a Lambari, onde a estação do INMET se encontra desativada, foram utilizados os registros oficiais da estação mais próxima (Maria da Fé).

A estirpe CIAT 899^T é uma das estirpes recomendadas no Brasil para a fabricação de inoculantes comerciais de sementes de feijão (HUNGRIA et al., 2000; TOLEDO; MARCONDES; LEMOS, 2009). As estirpes UFLA 02-68, UFLA 02-100, UFLA 02-127 e UFLA 04-173 foram coletadas em diferentes ambientes e solos da Amazônia e vêm demonstrando alta eficiência na fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro-comum (FERREIRA et al. 2009; 2012; OLIVEIRA-LONGATTI; MARRA; MOREIRA, 2013; RUFINI et al., 2011). Algumas características dessas estirpes são apresentadas na Tabela 2.

Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, cultivados em meio 79 (FRED; WAKSMAN, 1928) esterilizado, também conhecido como meio YMA. Após 48h de crescimento, na fase log, o material foi transferido para turfa esterilizada. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 (m:v) turfa: cultura, foi empregada na base de 100 g por kg de semente. A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem de unidades formadoras de colônias (UFC), atendendo ao número mínimo legal de células viáveis, em torno de 10⁹ UFC de *Rhizobium* por grama de inoculante na semeadura (BRASIL, 2010).

Tabela 1 Características químicas e físicas de amostras de material dos solos utilizados, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, altitude e coordenadas geográficas de quatro localidades de Minas Gerais

Características	Locais			
	Lavras ¹	Lambari ¹	Uberaba ²	Patos de Minas ²
pH (H ₂ O)	5,9 (AM)	5,9 (AM)	6,0 (AM)	6,4 (AF)
P disp (mg dm ⁻³)	5,81 (Ba)	10,64 (M)	20,70 (M)	19,80 (M)
K (mg dm ⁻³)	128,0 (MB)	74,0 (M)	64,0 (M)	131,0 (MB)
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,5 (B)	2,5 (B)	1,6 (M)	2,6 (B)
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,1 (B)	0,90 (M)	0,50 (M)	0,90 (M)
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1 (MBa)	0,1 (MBa)	0,1 (MBa)	0,1 (MBa)
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,04 (M)	3,62 (M)	1,30 (Ba)	4,00 (M)
SB (cmol _c dm ⁻³)	4,93 (B)	3,59 (M)	2,30 (M)	3,80 (B)
MO (dag kg ⁻¹)	2,61(M)	3,99(M)	1,20 (Ba)	2,90 (M)
V(%)	54,94 (M)	49,79 (M)	63,50 (B)	48,90 (M)
t (cmol _c dm ⁻³)	5,03 (B)	3,69 (M)	2,40 (M)	3,90 (M)
T (cmol _c dm ⁻³)	8,97 (B)	7,21 (M)	3,60 (Ba)	7,80 (M)
m (%)	1,99 (MBa)	2,71 (MBa)	4,20 (MBa)	2,50 (MBa)
Argila (dag kg ⁻¹)	59	54	13	18
Silte (dag kg ⁻¹)	7	13	9	35
Areia (dag kg ⁻¹)	34	33	78	47
Classe Textural	Argilosa	Argilosa	Franco arenosa	Franco arenosa
Altitude (m)	920	986	760	833
Latitude	21°14'S	21°58'S	19°43'48" S	18°40'18" S
Longitude	45°00'W	45°20'W	47°57'56" W	46°29'27" W

¹ e ²: Análises realizadas nos Laboratórios de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba de Minas Gerais (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), respectivamente. Interpretação de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999): AM=acidez média, AF=acidez fraca, MB=muito bom, B=bom, M=médio, Ba=baixo e MBa=muito baixo

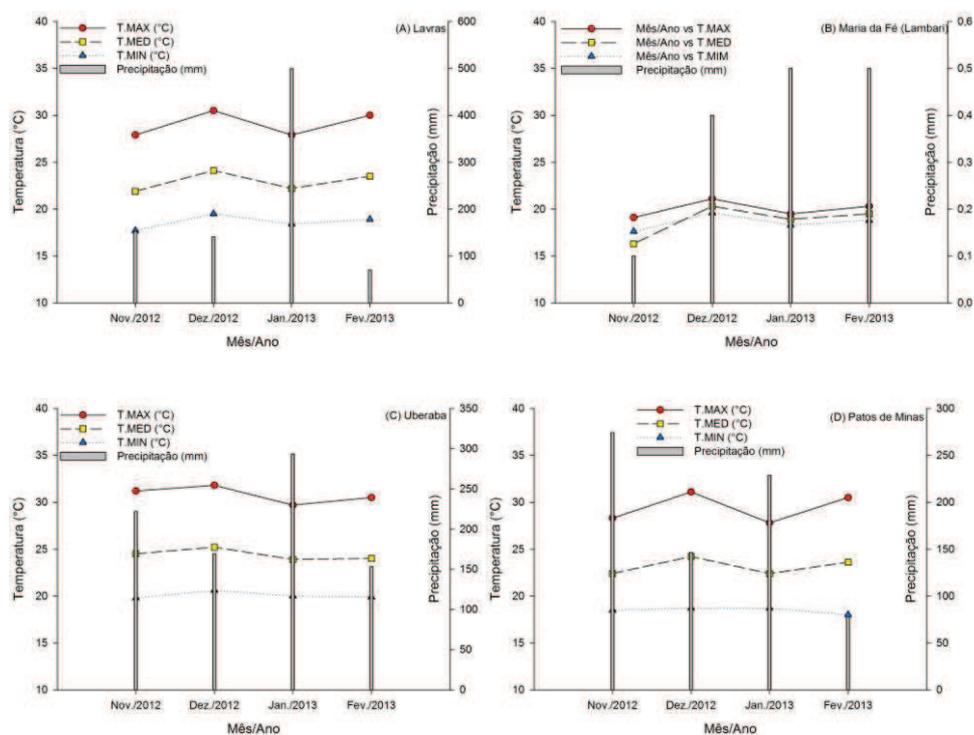


Figura 1 Variação mensal da temperatura máxima, média e mínima e da precipitação pluvial de 01 de novembro de 2012 a 28 de fevereiro de 2013, em Lavras (A), Maria da Fé-Lambari (B), Uberaba (C) e Patos de Minas (D). Safra primavera-verão, 2012/13

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia

A cultivar utilizada foi a BRSMG Madrepérola, de alto potencial produtivo e bom nível de resistência às principais doenças que ocorrem em Minas Gerais. As plantas são de porte prostrado, hábito de crescimento indeterminado tipo III, com baixa tolerância ao acamamento. Os grãos tipo carioca são bege claro com rajadas marrom claro e a massa média de 100 grãos é de 24,5 g (ABREU et al., 2011).

Cada unidade experimental (12m^2) foi constituída de 6 linhas de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m e a área útil correspondeu às quatro fileiras centrais. A densidade de semeadura foi de 20 sementes por metro, na profundidade de 3 a 4 cm, desbastando-se posteriormente para 15 plantas por metro.

A semeadura, realizada em 12/11/12 em Lavras, 19/11/12 em Uberaba, 20/11/12 em Patos de Minas e 03/12/12 em Lambari, foi efetuada imediatamente após a inoculação das sementes. As linhas 1 e 6 foram consideradas bordaduras, as linhas 2 e 3 utilizadas para as amostragens na floração e as linhas 4 e 5 utilizadas para a colheita na maturação.

Em Lavras e Lambari todas as parcelas receberam adubação de base equivalente a 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato triplo) e 40 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio), conforme recomendação da 5ª aproximação (CHAGAS et al., 1999). Em Patos de Minas e Uberaba, a adubação de base foi de 350 kg ha^{-1} do formulado 00-30-15. Em todas as localidades esses fertilizantes foram aplicados mecanicamente durante o sulcamento.

Para controle das plantas daninhas foi aplicada uma mistura de 0,9 L de fomesafem (Flex®) + 1,7 L de fluazifop-butil (Fusilade®) por hectare. Quando necessário, realizou-se capina manual complementar. Nenhum dos ensaios recebeu irrigação. Em Lambari, não foi necessário o controle de pragas, já nas demais localidades realizou-se uma aplicação preventiva do inseticida lambda-cialotrina (Karatê 50 CE, 150 mL ha^{-1} p.c.), aos 20 dias após a emergência (DAE). O volume de calda aplicado equivaleu a 400 L ha^{-1} .

Tabela 2 Origem (Sistema de uso da terra – SUT, Estado e País) e características culturais das estirpes de nos ensaios

Estirpe	*SUT/ Estado/País	Característica cultural						Identi
		ACI ¹	D ²	PG ³	pH ⁴	AI ⁵	Cor ⁶	
UFLA 02-68	Capoeira, RO-Brasil	3	>2	Alta	Neutra	Sim	Branca	<i>Rhizobium et</i>
UFLA 02-100	Capoeira, RO-Brasil	3	>2	Pouca	Neutra	Sim	Branca	<i>R.</i>
UFLA 02-127	Capoeira, RO-Brasil	3	>2	Média	Neutra	Sim	Branca	<i>R. leguminosar</i>
UFLA 04-173	Agricultura, AM-Brasil	3	2	Média	Neutra	Não	Branca	<i>R. milu</i>
CIAT 899 ^T	Colômbia	3	>2	Alta	Ácida	Não	Amarela	<i>R. tr</i>

*SUT=Sistema de uso da Terra. RO=Rondônia. AM=Amazonas. ¹ACI=Tempo, em dias de crescimento de c
²D=Diâmetro da colônia (mm). ³PG=Produção de goma. ⁴pH=Alteração do pH meio de cultivo. ⁵AI=Absorção de in
de cultura indicada pela coloração amarela/azul no centro das colônias. ⁶Cor=Coloração das colônias
Fonte: Oliveira-Longatti, Marra e Moreira (2013)

Na plena floração (estádio R6, segundo FERNANDEZ; GEPTS; LÓPEZ, 1985) foram realizadas leituras indiretas de clorofila na última folha trifoliolada completamente desenvolvida (5 leituras por folíolo, totalizando 15 leituras por folha, em 5 plantas por parcela, nas linhas 2 e 3), com um aparelho Minolta SPAD-502. As leituras foram ainda comparadas à média do tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N, obtendo-se a percentagem de leitura SPAD (PS) em relação à adubação nitrogenada de referência, recomendada pela Rede de Laboratórios para a Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola (RELARE). A PS foi calculada com base nos valores das leituras SPAD do tratamento referência em cada local, o que equivaleu a PS 100%.

Ainda na floração, retirou-se aleatoriamente de cada parcela uma amostra de 12 plantas (linhas 2 e 3) para determinação do número e massa seca (g) de nódulos, bem como da massa seca de planta (g) e teor (%) e acúmulo (g) de N na parte aérea. As amostras de parte aérea foram acondicionadas em sacos de papel, após a coleta no campo e, depois de devidamente identificadas, foram pré-secadas em casa de vegetação. Posteriormente, as amostras seguiram à secagem em estufa com circulação de ar à temperatura de 60-70°C até atingirem peso constante. Já as amostras do sistema radicular, contendo os nódulos de rizóbio, foram acondicionadas em sacos plásticos, também devidamente identificados, e armazenadas em câmara fria à temperatura de 6°C. Imediatamente após a contagem dos nódulos, foram armazenados em pequenos frascos e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar, até atingirem peso constante. Após a secagem, os nódulos foram submetidos à pesagem em balança de precisão. Por meio da expressão $ER = (MSPA / MSPA \text{ com } 80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de N mineral}) \times 100$, expressa em percentagem, foi ainda calculada a eficiência relativa.

A colheita dos grãos foi realizada no estádio R9, aos 76 e 79 DAE, respectivamente, em Lavras (02/02/2013) e Lambari (26/02/2013) e aos 81 DAE em Uberaba (14/02/2013) e Patos de Minas (15/02/2013). Foram determinados o estande final (mil plantas ha^{-1}), o rendimento de grãos (kg ha^{-1}) e seus componentes primários (número de vagens por planta e de grãos por vagem, e peso de 100 grãos em gramas), além do teor (%) e acúmulo de N (kg ha^{-1}) nos grãos. O estande final foi obtido por contagem de todas as plantas presentes nas linhas 4 e 5. Os componentes do rendimento foram determinados em amostra de 10 plantas, enquanto o rendimento de grãos foi obtido a partir da massa total de grãos produzidos na parcela útil (linhas 4 e 5), incluindo a citada amostra de 10 plantas. A umidade inicial nos grãos foi determinada com Medidor de Umidade Gehaka G600, no Laboratório de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura da UFLA, corrigindo-se o rendimento em função da umidade do grão para 130 g kg^{-1} . O teor de N na parte aérea e no grão foi determinado no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, pelo método semi-microkjedhal (nitrogênio total), de acordo com Sarruge e Haag (1979). Para tanto, amostras foram submetidas à moagem (tritador Oster, da Gehaka, velocidade de 24.000 rpm), no Laboratório de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura da UFLA. O N acumulado na parte aérea foi calculado multiplicando-se a massa seca de planta pela percentagem de N, e dividindo-se por 100. O teor e acúmulo nos grãos foram determinados adotando-se a mesma metodologia empregada para as amostras da parte aérea, substituindo-se os valores da massa seca de planta pelos do rendimento de grãos.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância individual (PIMENTEL-GOMES, 2009) e, posteriormente, realizou-se análise de variância conjunta, observando-se a homogeneidade dos quadrados médios residuais. As variáveis número e massa seca de nódulos foram previamente transformadas em

$(x+1)^{0,5}$. Nos casos de efeito significativo de tratamentos, a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Também foram estimadas correlações lineares de Pearson ao nível 5% de significância pelo teste t de Student. As análises de variância e aplicação dos testes foram realizadas utilizando-se o *software* de análise estatística Sisvar[®] (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características avaliadas na floração

Na análise de variância conjunta dos dados do florescimento verificou-se significância de locais (L) sobre todas as características, exceto sobre a eficiência relativa (ER). Os tratamentos influenciaram o número de nódulos (NN) e o teor de N na parte aérea (TNPA). O TNPA foi ainda afetado pela interação L x tratamentos (Tabela 3). Com exceção do acúmulo de N na parte aérea (ANPA), os coeficientes de variação (CV%) indicaram boa precisão experimental (OLIVEIRA et al., 2009), e mostraram-se compatíveis com outros observados na literatura (NOGUEIRA, 2005; SOARES et al., 2006).

Tabela 3 Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) dos dados referentes ao número de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER), leitura de percentagem de leituras SPAD (PS) em relação ao tratamento adubado com 80 kg ha⁻¹ de N e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Localidades: Uberaba e Patos de Minas-MG

FV	GL	QM						
		NN ¹	MSN ¹	MSPA	ER	SPAD	PS	TN
Bloco (Locais)	12	51,7763**	0,1568**	1555,7836	1047,3662	5,7115	51,3430	0,21
Locais (L)	3	576,2983**	1,1466**	77668,4620**	1170,5573	106,8009**	694,4556**	7,486
Tratamentos (T)	6	48,7199**	0,1445	1405,0581	952,5681	5,0175	48,4769	0,29
L x T	18	21,7207	0,0461	564,6298	319,8071	7,1443	65,3302	0,286
Erro	72	20,5052	0,0592	1125,9766	638,2623	5,0426	43,3973	0,12
CV (%)	-	24,11	19,91	27,37	27,02	6,55	6,40	14,0

** e *: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F

¹Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$

3.1.1 Nodulação

Na Tabela 3 verifica-se que a nodulação (número - NN e massa seca de nódulos - MSN) variou entre os locais de estudo, o que evidencia forte influência do ambiente no estabelecimento da simbiose. Em Lavras, NN e MSN foram aproximadamente três vezes superiores aos registrados em Patos de Minas, enquanto em Uberaba os valores dessas características foram intermediários (Tabela 4). Embora Lambari tenha apresentado mesma quantidade de nódulos que Uberaba, no primeiro local de cultivo os nódulos apresentaram-se mais pesados, equivalendo-se aos verificados em Lavras. Segundo Xavier et al. (2006), a interação entre a leguminosa e o rizóbio é influenciada por características genótípicas do macro e microssimbionte e modulada por uma intensa troca de sinais moleculares. Para Hensen et al. (2004), essas respostas são ainda condicionadas por fatores edafoclimáticos, os quais certamente interferiram nos resultados. De fato, precipitações excessivas foram verificadas em Patos de Minas e Uberaba no período inicial de condução dos ensaios (Tabela 1), o que pode ter dificultado o acesso e permanência dos rizóbios nos sítios de infecção nodular. A maior fração arenosa desses solos pode ainda ter agravado a situação. Esses argumentos parecem coerentes e, aparentemente, as influências ocorreram de forma mais intensa em Patos de Minas, onde os reflexos foram sentidos inclusive no TNPA e ANPA (Tabela 4).

Os tratamentos diferiram significativamente quanto ao número de nódulos (Tabelas 3 e 4). Os menores NN, em torno de 300 nódulos por 12 plantas, foram obtidos na testemunha adubada com N e na inoculação com a estirpe UFLA 02-68. Essa mesma estirpe havia apresentado baixa nodulação nos estudos de Rufini et al. (2011), os quais verificaram que essa estirpe demonstrou maior sensibilidade aos efeitos do ambiente. O menor número de nódulos do tratamento que recebeu adubação nitrogenada confirma as considerações de

Moreira e Siqueira (2006), que associam a redução na formação de nódulos ao excesso de N-mineral no solo, pela falta de estímulos relacionados à deficiência nutricional na planta. Ferreira et al. (2009, 2012) também observaram NN reduzido em decorrência da aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N, que afetou inclusive a MSN.

O bom desempenho das demais estirpes introduzidas quanto ao NN também foi observado no tratamento sem inoculação e sem N-mineral (Tabela 4), o que significa a presença de estirpes nativas eficientes de rizóbio no solo, as quais foram capazes de nodular tanto quanto as bactérias inoculadas, resultando em médias equivalentes de NN e MSN. Esse resultado tem sido frequente em muitas situações (KANEKO et al., 2010; PELEGRIN et al., 2009; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

Apesar do efeito significativo sobre o NN, no presente trabalho o efeito negativo da adição de N não foi observado sobre a MSN (Tabela 3), cujas médias foram equivalentes entre todos os tratamentos (Tabela 4).

3.1.2 Massa seca de planta e N na parte aérea do feijoeiro

Assim como na NN e MSN, em Lavras também foi observada a maior massa seca de parte aérea (MSPA), mais que o dobro das verificadas em Patos de Minas e Lambari. Como o acúmulo de nutrientes pelas plantas, inclusive de N, é proporcional à matéria seca acumulada, Lavras também proporcionou maior ANPA (Tabela 4). Patos de Minas e Lambari reproduziram, também no ANPA, os piores resultados; contudo, em Patos de Minas houve acúmulo ainda menor (Tabela 4), seguramente em função das altas lâminas de água ocorridas até a floração, o que possivelmente influenciou nodulação, e à menor fertilidade natural do solo, constatada pelos menores valores de saturação por bases (V%, Tabela 1). Uberaba manteve o comportamento intermediário no parâmetro

MSPA e, em termos de ANPA, situou-se inferior apenas a Lavras (Tabela 4). Aparentemente o pH do solo, um fator de grande influência no desenvolvimento do feijoeiro e do rizóbio (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), não foi um fator determinante neste estudo (Tabela 1 e Tabela 4).

Assim como o feijoeiro é uma das espécies mais sensíveis à acidez do solo, as bactérias nodulíferas fixadoras de N também podem ser influenciadas pelo pH do meio. De modo geral, o aumento do pH do solo favorece a simbiose entre bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas e o feijoeiro-comum. De acordo com Rufini et al. (2011), estirpes como UFLA 02-100 e CIAT 899^T são pouco sensíveis a reduções no pH de 6,9 a 5,0; muito embora Frey e Blum (1994) afirmem que a CIAT 899^T seja mais competitiva em pH 5,0 do que em maiores que 6,0. Já a estirpe UFLA 02-68 parece ter maior afinidade a ambientes ácidos (RUFINI et al., 2011). No entanto, o hospedeiro parece ser mais afetado pela acidez do solo do que a bactéria e não apenas o pH atua sobre o crescimento da planta, mas também a fertilidade do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O crescimento das plantas e a quantidade de N acumulada no feijoeiro, com ou sem inoculação, se mantiveram equivalentes ao proporcionado pela adubação mineral com 80 kg ha⁻¹ de N (Tabela 4), contradizendo estudos de Soares et al. (2006), os quais apenas observaram maior MSPA e ANPA com o emprego da estirpe UFLA 02-127, que não diferiu da testemunha nitrogenada. O ocorrido demonstra boa atividade das bactérias fixadoras de N, assim como também observaram outros autores (FERREIRA et al., 2009; PELEGRIN et al., 2009; ROMANINI JR. et al., 2007).

Tabela 4 Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSA) relativa (ER), leituras SPAD, percentagem de leituras SPAD (PS) e acúmulo de nitrogênio (ANPA) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola

Locais	NN (unidade/12 plantas)	MSN ---(g/12 plantas)---	MSPA	ER* (%)	SPAD	PS* (%)
Lavras	620 A	1,41 A	193,75 A	97,51	35,0 B	95,8 B
Lambari	415 B	1,60 A	82,59 C	85,85	31,6 C	106,3 A
Uberaba	335 B	0,92 B	131,27 B	90,57	34,4 B	102,9 A
Patos de Minas	200 C	0,44 C	82,80 C	100,01	36,2 A	106,4 A
Tratamentos						
UFLA 02-68	296 B	1,24	110,73	84,96	33,8	101,5
UFLA 02-100	393 A	1,18	119,35	92,92	34,1	102,1
UFLA 02-127	413 A	1,01	127,35	97,24	34,6	103,8
UFLA 04-173	484 A	1,49	131,53	98,79	35,0	105,0
CIAT 899 ^T	419 A	1,06	128,96	99,69	34,4	103,4
Test. c/N ¹	308 B	0,65	130,66	99,99	33,4	100,0
Test. s/N ²	435 A	1,02	109,64	80,79	34,7	104,3
Média	392	1,09	122,60	93,48	34,3	103,0

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott de 5% de probabilidade. *Valores obtidos, respectivamente, em comparação à MSPA (Lavras – 198,70; Lambari – 144,93 e Patos de Minas – 82,80) e às leituras SPAD (Lavras – 36,5; Lambari – 29,7; Uberaba – 33,4 e Patos de Minas – 36,2) do tratamento adubado com 80 kg ha⁻¹ de N, considerado 100%. ¹Test. c/N=Testemunha nitrogenada (80 kg ha⁻¹ de N) e inoculação. ²Test. s/N=Testemunha sem adubação nitrogenada e sem inoculação

Apesar do efeito sobre a MSPA, os locais não apresentaram diferenças quanto à eficiência relativa (ER), cujos valores de ER variaram de 85,85 a 100% entre os quatro locais (Tabela 4). Como essa variável é um indicador de quanto o crescimento do feijoeiro se aproximou do crescimento do tratamento padrão, com 80 kg ha⁻¹ de N, isto significa dizer que em todas as localidades o feijoeiro apresentou crescimento bastante próximo do apresentado na testemunha adubada com N. Em Lambari, onde ocorreu a menor relação, o crescimento médio foi equivalente a praticamente 86% daquela testemunha.

Embora não tenham sido verificadas diferenças significativas nas médias de ER entre locais e entre tratamentos (Tabela 3), as maiores intempéries ocorridas em Patos de Minas (Tabela 1), somadas à menor fertilidade do solo, possivelmente atuaram sobre a nodulação e outras variáveis, e, podem ter contribuído para que as respostas aos tratamentos fossem ali mais evidentes (Tabela 4). Da mesma forma, Ferreira et al. (2009) avaliando a eficiência relativa dos mesmos tratamentos, em Lavras, não verificaram diferenças significativas nesse parâmetro. Soares et al. (2006) relatou situação parecida; entretanto, a testemunha sem inoculação ou N-mineral apresentou a menor eficiência numérica, o que resultou na menor produtividade.

No que diz respeito ao TNPA, um dos indicativos de quão eficiente foi a absorção e assimilação do N, inclusive via FBN, os teores médios encontrados (Tabela 4) situaram-se abaixo da faixa de suficiência indicada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), que é superior a 3%. Os efeitos dos tratamentos foram dependentes dos locais de cultivo (Tabela 3), conforme pode ser visto no desdobramento da interação locais x tratamentos apresentado na Tabela 5. Diferenças significativas entre tratamentos somente foram verificadas em Lavras, onde a testemunha adubada com 80 kg ha⁻¹ de N apresentou o maior teor de N observado (3%) e não diferiu significativamente da estirpe UFLA 04-173 (2,8%). Elbanna, Elbadry e Gamal-Eldin (2009), igualmente verificaram que os

isolados R11, R13, R28, R49 e R52 obtiveram médias equivalentes e em alguns casos, até mesmo superiores à da testemunha nitrogenada, o que os permitiu serem considerados potenciais para a fixação de nitrogênio na cultura do feijão-vagem, também da mesma espécie *Phaseolus vulgaris*.

As demais estirpes, em Lavras, apresentaram teores de N que não diferiram da testemunha sem N. Nos demais locais, todos os tratamentos inoculados se igualaram a ambas as testemunhas (Tabela 5). Em Selvíria-MS, com a cv. IAC Carioca, Ferreira et al. (2000) não verificaram variação no teor de N da parte aérea em função da estirpe de rizóbio empregada. Para Arf et al. (2004) a resposta do TNPA é relacionada ainda a diversos outros fatores, como teor de N disponível no solo (proveniente da mineralização da matéria orgânica), temperatura e cultivar utilizada.

Tabela 5 Teores médios de nitrogênio na parte aérea (TNPA, %) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola, em função de locais e tratamentos

Tratamentos	TNPA (%)				Média
	Lavras	Lambari	Uberaba	Patos de Minas	
UFLA 02-68	2,4 B	2,9 A	2,9 A	1,6 A	2,4 A
UFLA 02-100	1,6 B	2,7 A	2,6 A	1,9 A	2,2 B
UFLA 02-127	2,5 B	2,6 A	2,8 A	1,3 A	2,3 B
UFLA 04-173	2,8 A	2,5 A	3,0 A	1,9 A	2,5 A
CIAT 899 ^T	2,3 B	2,7 A	3,0 A	1,8 A	2,4 A
Test. c/N ¹	3,0 A	2,6 A	2,9 A	1,8 A	2,6 A
Test. s/N ²	2,5 B	2,9 A	3,1 A	1,6 A	2,5 A
Média	2,4 a	2,7 c	2,9 b	1,7 d	2,4

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ¹Test. c/N=Testemunha nitrogenada (80 kg ha⁻¹ de N-ureia) e sem inoculação. ²Test. s/N=Testemunha sem adubação nitrogenada e sem inoculação

Por outro lado, estudando o comportamento de estirpes de rizóbio sobre as cultivares de feijão BRSMG Madrepérola e Bolinha, em Uberaba e Patos de

Minas, Fonseca et al. (2013) registraram maiores teores de N foliar quando as sementes foram inoculadas com CIAT 899^T, independentemente do local. O local de cultivo também não interferiu na atuação das bactérias inoculadas em sementes da cv. BRSMG Madrepérola e avaliadas por Figueiredo (2012) em Patos de Minas e Pitangui-MG; todavia, a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura + inoculação com rizóbios proporcionou maiores TNPA em Patos de Minas.

Altos teores de N no feijoeiro são esperados em solos com alto grau de fertilidade ou com populações de rizóbios nativos abundantes e de alta eficiência simbiótica (ALMEIDA et al., 2000; SORATTO; CARVALHO; ARF, 2004), condições certamente não encontradas em Patos de Minas. Uberaba e Lambari, por sua vez, demonstraram possuir rizóbios mais efetivos, proporcionando maior TNPA, mesmo na ausência de inoculação e N-mineral. Na literatura, em solos mais pobres em N e com baixas populações de rizóbios eficientes, o efeito da aplicação de fertilizantes nitrogenados tem proporcionado teores foliares superiores aos verificados nas plantas-testemunha, sem adubação nitrogenada (CARVALHO et al., 2001; MERCANTE; OTSUBO; LAMAS, 2006).

Os valores do TNPA dos feijoeiros cultivados em Lambari e Uberaba, embora abaixo dos valores desejados, situaram-se bem próximos aos relacionados por Oliveira et al. (1996), que consideraram aceitáveis valores acima de 2,8% de N na parte aérea. Em Patos de Minas, os tratamentos também não diferiram, entretanto, as médias representaram apenas cerca de 60% do TNPA obtido em Lambari e Uberaba. Investigando o comportamento das estirpes UFLA 02-68, UFLA 02-100 e CIAT 899^T, além de outras do gênero *Rhizobium*, quanto ao efeito do pH em Lavras, Rufini et al. (2011) também não atingiram a faixa crítica de 3% de N mencionada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

A similaridade verificada entre as estirpes e a testemunha adubada com N em Lambari, Uberaba e Patos de Minas (Tabela 5) afasta-se dos resultados

relatados por Ferreira et al. (2009) e Valadão et al. (2009), em que o fornecimento de N-mineral resultou em maiores TNPA que as inoculações. Em Lavras, onde o TNPA da testemunha nitrogenada atingiu 3%, esse resultado parece ter ocorrido, permitindo complementação nos teores proporcionados pela população nativa.

3.1.3 Leituras indiretas de clorofila (SPAD) e percentagem SPAD (PS)

Com relação às leituras realizadas com o clorofilômetro Minolta SPAD-502, os valores indicaram maior intensidade da cor verde dos folíolos em Patos de Minas, intensidade intermediária em Lavras e Uberaba e menor intensidade em Lambari (Tabela 4). De acordo com Blackmer, Schepers e Vigil (1993), outros fatores, além da fixação biológica, como disponibilidade de N no solo, idade e teor de água na planta, densidade de plantas, cultivar, disponibilidade de outros nutrientes ou estresse ambiental, podem afetar as medições de intensidade da cor verde da folha pelo medidor de clorofila, o que pode ter interferido nesses resultados. Entretanto, apesar da significância (Tabela 3), os valores médios foram muito próximos (31,6 a 36,2), o que restringe a importância prática das diferenças, provavelmente detectadas em função da alta precisão estatística (Tabela 3) com que foi estimada a característica em questão (CV~6%). Esta mesma discussão é válida para os efeitos de locais sobre a percentagem de leitura SPAD (PS) (Tabelas 3 e 4).

Não se verificou diferenças entre os tratamentos quanto ao SPAD (Tabela 4). Deve ser mencionado que, embora o emprego da inoculação não tenha proporcionado aumentos nas leituras SPAD e nos teores de clorofila das plantas (Tabela 4), permitiu que se atingissem os valores comumente registrados na literatura com o emprego de altas doses de N (SILVEIRA; BRAZ; DIDONET, 2003). Esses mesmos valores foram proporcionados pelas estirpes

nativas (Testemunha sem N). Uma vez que a maior parte do nitrogênio absorvido durante a fase de desenvolvimento vegetativo é direcionada para a síntese dos pigmentos foliares responsáveis pela fotossíntese, o teor de clorofila (TCL) é indicativo da eficiência na fixação do nitrogênio atmosférico pela estirpe de rizóbio (NASCIMENTO et al., 2012). Carvalho et al. (2003), estudando o efeito de doses crescentes de N (0 a 140 kg ha⁻¹) na cultura do feijoeiro, obtiveram teores de clorofila variando de 2,87 a 3,85 mg dm⁻², compatíveis, portanto, com os valores verificados no presente estudo (Tabela 4). Isso ratifica a boa atuação dos rizóbios nativos e introduzidos que, mesmo com variações no NN e TNPA, proporcionaram teores de clorofila equivalentes aos provenientes de aplicações de 80 kg ha⁻¹ de N-mineral (Testemunha c/N). Esses resultados se confirmam também tomando por base os valores de eficiência relativa dos tratamentos (ER), os quais também não se diferenciaram (Tabela 4).

Outra variável que corrobora os resultados acima é a percentagem de leitura SPAD em relação ao tratamento adubado com 80 kg ha⁻¹ de N (PS). Com seu auxílio, é possível inferir que os tratamentos proporcionaram percentagens de leitura no mínimo semelhantes às da testemunha nitrogenada (100% ou mais) e que somente em Lavras essas leituras ficaram abaixo daquele valor (Tabela 4).

3.2 Características avaliadas na maturação

Assim como constatado na floração, a análise de variância conjunta dos dados da maturação revelou efeito de locais (L) sobre todas as variáveis (Tabela 6). Os tratamentos (T) somente não influenciaram o número de vagens por planta-VP e de grãos por vagem-GV. Foi ainda significativa a interação LxT sobre o estande final de plantas (EF) e peso de cem grãos (PCG). Os valores do CV% demonstraram boa precisão experimental (OLIVEIRA et al., 2009), exceto no caso das variáveis VP e acúmulo de N nos grãos (ANG), cuja precisão foi

regular (Tabela 6). Os valores médios das características avaliadas por ocasião da maturação são apresentados na Tabela 7.

Tabela 6 Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) dos dados referentes a estande final de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grão (PCG), teor (TNG) nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrugada, Lambari, Uberaba e Patos de Minas-MG

FV	GL	QM					
		EF	VP	GV	PCG	TNG	ANG
Bloco (Locais)	12	2887,8162**	6,7315	0,3095	4,1234	0,4164	846,5570**
Locais (L)	3	51037,7046**	469,0929**	31,8851**	578,5977**	4,5141**	45085,7799**
Tratamentos (T)	6	4741,6667**	23,3883	0,3099	26,7002**	1,5072**	1547,6010**
L x T	18	2715,3522**	15,1110	0,6226	9,2383*	0,5531	566,8273
Erro	72	2715,3522	11,4959	0,4742	4,2325	0,3601	466,6058
CV (%)	-	14,21	33,67	16,09	9,25	13,35	27,69

** e *: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F

Tabela 7 Valores médios de número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola

Locais	VP - (unidade) -	GV	TNG (%)	ANG (kg ha⁻¹)	REND (kg ha⁻¹)
Lavras	10,2 B	4,6 B	4,5 B	134,7 A	3.000 A
Lambari	6,2 D	5,6 A	4,2 B	69,7 B	1.659 B
Uberaba	15,7 A	4,0 C	4,3 B	67,8 B	1.579 B
Patos de Minas	8,2 C	3,0 D	5,1 A	39,9 C	795 C
Tratamentos					
UFLA 02-68	10,1	4,1	4,5 A	66,0 B	1.488 B
UFLA 02-100	9,8	4,2	4,7 A	79,2 A	1.713 B
UFLA 02-127	9,2	4,5	4,5 A	77,9 A	1.820 A
UFLA 04-173	9,5	4,2	4,7 A	85,4 A	1.845 A
CIAT 899 ^T	10,8	4,5	4,7 A	86,1 A	1.844 A
Test. c/N ¹	12,2	4,2	4,6 A	88,2 A	1.922 A
Test. s/N ²	8,7	4,1	3,8 B	63,4 B	1.677 B
Média	10,1	4,3	4,5	78,0	1.758

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ¹Test. c/N=Testemunha nitrogenada (80 kg ha⁻¹ de N-ureia) e sem inoculação. ²Test. s/N=Testemunha sem adubação nitrogenada e sem inoculação

3.2.1 Estande final

O estande final-EF variou de 179 mil plantas ha⁻¹ em Uberaba até 281 mil plantas ha⁻¹ em Lavras (Tabelas 7 e 8). O baixo estande verificado em Uberaba pode ter sido influenciado pela alta pluviosidade registrada início do cultivo (Figura 1), o que, somado à menor retenção desse solo devido ao alto teor de areia (Tabela 2), pode ter favorecido a lixiviação de nutrientes e dificultado o suprimento das necessidades das plantas, resultando em menor número de feijoeiros por área. Patos de Minas, assim como Uberaba, também esteve sujeita a altas precipitações (Figura 1), influenciando negativamente o estande de plantas.

Dadas as diferenças entre os locais estudados, o efeito dos tratamentos foi dependente do local (Tabelas 6 e 8). Em Lavras e Patos de Minas, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que as inoculações e a adubação nitrogenada não influenciaram o estande do feijoeiro, pois todos os tratamentos apresentaram EF equivalentes.

Tabela 8 Estande final de plantas (EF, mil plantas ha⁻¹) do feijoeiro BRSMG Madrepérola, em função de locais e tratamentos

Tratamentos	EF (mil plantas ha ⁻¹)				Média
	Lavras	Lambari	Uberaba	Patos de Minas	
UFLA 02-68	238 A	206 B	168 B	239 A	217 B
UFLA 02-100	272 A	271 A	209 A	202 A	238 B
UFLA 02-127	296 A	287 A	174 B	244 A	253 A
UFLA 04-173	291 A	173 B	168 B	281 A	228 B
CIAT 899 ^T	296 A	269 A	139 B	253 A	239 A
Test. c/N ¹	265 A	268 A	179 B	199 A	227 B
Test. s/N ²	288 A	259 A	216 A	245 A	252 A
Média	281 a	248 b	179 c	237 b	236

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente. ¹Test. c/N=Testemunha nitrogenada (80 kg ha⁻¹ de N-ureia) e sem inoculação. ²Test. s/N =Testemunha sem adubação nitrogenada e sem inoculação

Em Uberaba, o tratamento com N mineral apresentou redução do estande em relação à testemunha sem N, o que pode estar relacionado a um efeito salino do fertilizante nitrogenado sobre a semente de feijão, reduzindo-lhe a germinação e emergência, conforme relataram Alves Jr. et al. (2009), Arf et al. (2011) e Souza et al. (2008). Entretanto, nesta localidade, os tratamentos inoculados também apresentaram redução de estande, exceto no caso da estirpe UFLA 02-100, a qual proporcionou estande que não diferiu da testemunha sem N. Em Lambari as estirpes UFLA 02-68 e UFLA 04-173 aparentemente

conferiram menor EF ao feijoeiro do que as demais estirpes e as duas testemunhas.

Deve ser observado, entretanto, que os efeitos dos tratamentos sobre o estande não foram consistentes, talvez em função da maior contribuição da variação devido a locais verificada na análise de variância para esta característica (Tabela 6). Deve ser mencionado ainda que, apesar das diferenças significativas observadas, as reduções de EF verificadas foram de pequena magnitude, pois mesmo em Uberaba, onde ocorreu o menor estande, a densidade obtida foi equivalente à desejada para um feijoeiro com hábito de crescimento tipo III, da ordem de 170 mil plantas (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000).

Ainda deve ser levado em consideração que na literatura o que se encontra não é redução e sim acréscimo na germinação e emergência do feijoeiro com a inoculação das sementes com rizóbio (KANEKO et al., 2010; ROMANINI JR. et al., 2007; VENEGAS; SCUDELER, 2011). Embora a fixação biológica de nitrogênio nos nódulos de leguminosas seja vista como primeira função da simbiose, a segunda seria a produção de ácido indol-acético, de modo que ambas as funções suprem a hospedeira na relação rizóbio-leguminosas (GHOSH; BASU, 2006 apud OLIVEIRA, 2011). Essas bactérias apresentam ainda capacidade antifúngica (OLIVEIRA-LONGATHI; MARRA; MOREIRA, 2013) e de solubilizar o fosfato inorgânico de baixa solubilidade (MARRA et al., 2011; 2012; OLIVEIRA-LONGATHI; MARRA; MOREIRA, 2013), reduzindo a incidência de fungos patogênicos e podendo aumentar a disponibilidade de fósforo para as leguminosas e favorecer o estabelecimento da planta e a manutenção de suas necessidades. Bassan et al. (2001) em Selvíria-MS e Venegas e Scudeler (2011) em Rondonópolis-MS, por exemplo, todos com a cv. Pérola, registraram acréscimos na percentagem de germinação de sementes e na emergência de plântulas mediante inoculação com rizóbio, tendo

os maiores ganhos destes autores sido registrados com as estirpes BR 520 e BR 320.

3.2.2 Componentes do rendimento

A associação dos componentes primários do rendimento resulta na característica de maior importância econômica na cultura do feijoeiro, o rendimento de grãos. A seguir serão discutidos esses componentes que são o número de vagens por planta (VP), o número de grãos por vagem (GV) e o peso médio de cem grãos (PCG).

O número de vagens por planta apresentou a seguinte ordem decrescente: Uberaba>Lavras>Patos de Minas>Lambari e, aparentemente, sofreu influência da população de plantas em cada localidade, ou seja, com o aumento da densidade populacional, em geral houve diminuição do VP (Tabela 7). Esses resultados são coerentes e coincidem com os de vários estudos com o feijoeiro, como os de Souza, Andrade e Alves (2004) e Souza et al. (2008). Segundo Arf et al. (1996), o número de vagens é o primeiro componente do rendimento a ser definido na fase reprodutiva, sendo mais facilmente afetado pelo aumento da população, devido ao ambiente de competição. Assim, o EF verificado em Uberaba, Patos de Minas e Lambari (Tabelas 7 e 8) pode ter influenciado nesse resultado, pois menor número de plantas conduz a melhor utilização dos recursos luz, água e nutrientes pelas plantas sobreviventes. De fato, observa-se que em Uberaba ocorreu a maior formação de vagens por planta e que as menores médias dessa variável foram vistas em Lambari.

Segundo Goulden (1976), a competição decorrente no número de plantas na área pode ocasionar abortamento de flores e chochamento das vagens, com redução do número de grãos produzidos por vagem. Isso parece ter sido determinante no GV, pelo menos em Lambari, Patos de Minas e Uberaba. Para

Adams (1967) e Bennet, Adams e Burga (1977) após o número de vagens por planta, o ambiente de competição interfere mais diretamente no número de grãos por vagem e só, por último, na massa desses grãos. A ordem decrescente do GV entre os locais foi: Lambari>Lavras>Uberaba>Patos de Minas (Tabela 7).

Com relação aos tratamentos, as médias de VP e GV variaram muito pouco e não se verificou qualquer tendência (Tabela 7). Como plantas de feijão bem nutridas em nitrogênio produzem mais flores e, conseqüentemente, mais vagens por planta, com acréscimos também no número de óvulos fertilizados por vagem (PORTES, 1996), infere-se que os todos os tratamentos, inclusive a testemunha sem N, supriram as demandas de nitrogênio da planta de forma semelhante à do tratamento adubado com 80 kg ha⁻¹ de N. Estes resultados comprovam outros anteriores, como por exemplo, os Araújo et al. (2007) e Figueiredo (2012). Nos estudos de Romanini Jr. et al. (2007), a inoculação com estirpes de rizóbio influenciou essas variáveis somente no segundo ano de cultivo. Para Fonseca (2011), a inoculação com a estirpe CIAT 899^T produziu mais vagens, superando a UFLA 04-173 e os rizóbios nativos. Bassan et al. (2001), ao contrário, verificaram que a inoculação com a estirpe CIAT 899^T reduziu o VP, GV e até mesmo peso médio de grão em relação aos que não foram inoculados, mas que isso não afetou a produtividade. Segundo os autores, a não resposta à inoculação esteve associada à agressividade da estirpe nativa, que dificultou a atuação da cepa introduzida, uma vez que estas competem pelos sítios de infecção nodular.

No que diz respeito ao PCG, o efeito dos tratamentos foi dependente dos locais de condução dos experimentos (Tabelas 6 e 9). Grãos mais pesados foram obtidos em Lavras, superando os registrados por Abreu et al. (2011) na descrição da mesma cultivar BRSMG Madrepérola. Em contrapartida, em Patos de Minas, os grãos apresentaram redução de 35% em relação àquele peso estimado. Em Lambari e Uberaba, os tratamentos não diferiram quanto ao peso do grão.

Em Lavras as estirpes UFLA 02-127 e UFLA 04-173 superaram os demais tratamentos quanto a essa variável, inclusive a testemunha nitrogenada e as estirpes UFLA 02-68 e CIAT 899^T. Em Patos de Minas, UFLA 02-127, UFLA 04-173, CIAT 899^T e testemunha sem N foram os tratamentos que se destacaram quanto ao PCG. Figueiredo (2012) também observou grãos mais pesados com esses dois últimos tratamentos. Bassan et al. (2001), ao contrário, verificaram que os tratamentos adubados com 10 kg ha⁻¹ de N na sementeira e submetidos à inoculação com a estirpe CIAT 899^T apresentaram menor PCG em relação aos que foram adubados e não inoculados, mas que não isso não afetou na produtividade de grãos.

É interessante observar que os resultados do presente estudo confirmam outros anteriores pelo fato de destacarem a existência de interdependência entre os componentes do rendimento, geralmente conhecida como plasticidade do feijoeiro (SOUZA; ANDRADE; ALVES, 2004; SOUZA et al., 2008). De acordo com essa propriedade, o feijoeiro pode proporcionar produtividades comparáveis em diferentes situações, com base no equilíbrio entre os componentes do rendimento. Desse modo, em Lambari houve alto EF e GV, mas os baixos VP e PCG limitaram a produtividades, levando a rendimentos que não diferiram dos de Uberaba. O maior EF de Patos de Minas, contudo, não o favoreceu em relação a Uberaba, tendo a produtividade sido reduzida em função dos baixos valores dos componentes do rendimento (Tabela 9).

Tabela 9 Peso médio de cem grãos (PCG, em gramas) do feijoeiro BRSMG Madrepérola, em função de locais e tratamentos

Tratamentos	PCG (g)				Média
	Lavras	Lambari	Uberaba	Patos de Minas	
UFLA 02-68	26,16 B	19,55 A	23,47 A	13,06 B	20,56 B
UFLA 02-100	24,42 B	20,36 A	24,07 A	14,28 B	20,78 B
UFLA 02-127	28,59 A	21,87 A	24,81 A	17,16 A	23,11 A
UFLA 04-173	29,52 A	24,96 A	25,49 A	16,56 A	24,13 A
CIAT 899 ¹	25,43 B	19,96 A	26,88 A	19,24 A	22,87 A
Test. c/N ¹	25,70 B	21,86 A	24,90 A	14,29 B	21,70 B
Test. s/N ²	24,22 B	21,22 A	24,22 A	17,85 A	21,88 B
Média	26,29 a	21,40 c	24,83 b	16,06 d	22,15

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente. ¹Test. c/N=Testemunha nitrogenada (80 kg ha⁻¹ de N-ureia) e sem inoculação. ²Test. s/N =Testemunha sem adubação nitrogenada e sem inoculação

3.2.3 Nitrogênio no grão e produtividade do feijoeiro

O teor de nitrogênio no grão (TNG) é um dos indicativos da eficiência do uso do nitrogênio e, nas leguminosas, também da eficiência da FBN. É uma característica importante, pois indica a condição nutricional que a planta apresenta na maturação, pois nos estádios de floração e enchimento de grãos, há intensa translocação de N das folhas para os órgãos reprodutivos. De acordo com a análise de variância (Tabela 6), essa variável foi influenciada tanto pelo local quanto pelos tratamentos ($p \leq 0,01$). Em Lavras, Lambari e Uberaba os teores de N nos grãos variaram de 4,2 a 4,5% e não diferiram entre si, mas em Patos de Minas o teor (5,1%) superou o das primeiras localidades. A superioridade desse local quanto ao TNG certamente teve relação com os reduzidos valores dos componentes do rendimento – VP, GV e PCG (Tabela 7), resultando no efeito de concentração de N no grão, o que não o favoreceu no

ANG porque o rendimento de grãos nesse local foi bem abaixo dos das demais localidades.

Quanto ao efeito dos tratamentos, verifica-se que todas as inoculações promoveram TNG (4,5 a 4,7%) similares aos obtidos com a testemunha nitrogenada (4,6%), que teve o emprego de 80 kg ha⁻¹ de N. Todos esses tratamentos, entretanto, superaram os 3,8% proporcionados pelos rizóbios nativos. Resultados contrários, ou seja, de bactérias nativas eficientes na determinação de maiores valores de TNG foram obtidos por Silva et al. (2009) em estudos envolvendo inoculação, doses de N e exsudatos de *Mimosa flocculosa*, e por Figueiredo (2012), na avaliação de molibdênio foliar, inoculação e adubação nitrogenada em semeadura.

Ainda no que diz respeito ao nitrogênio no grão, os maiores acúmulos (ANG) foram obtidos em Lavras, certamente influenciados pelo maior EF (Tabela 7) nessa localidade e, os menores, em Patos de Minas, por influência de menores valores de estande e dos componentes do rendimento (Tabela 7). Lambari e Uberaba apresentaram ANG intermediário. Com relação aos tratamentos, apenas a estirpe UFLA 02-68 apresentou baixo acúmulo de N nos grãos, que não diferiu da testemunha sem N. As demais inoculações apresentaram ANG superior e não diferiram da testemunha com N.

O rendimento de grãos seguiu, nas diferentes localidades, a mesma ordem decrescente observada para o acúmulo de N no grão, ou seja, Lavras>Lambari,Uberaba>Patos de Minas (Tabela 7). Do mesmo modo observado em relação ao ANG, o maior rendimento de grãos certamente foi função do maior estande observado em Lavras, enquanto o menor rendimento em Patos de Minas foi consequência do menor desempenho em relação aos componentes do rendimento (Tabela 7) e às condições climáticas.

Em Lavras (3.000 kg ha⁻¹), a produtividade foi muito superior à média estimada pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013) para a

safras das águas 2012/13 em Minas Gerais (818 kg ha^{-1}). Os rendimentos de grãos de Lambari e Uberaba ainda foram superiores à média estadual, porém, em Patos de Minas ele ficou abaixo daquela média.

As estirpes UFLA 02-127, 04-173 e CIAT 899^T apresentaram rendimentos médios entre 1.820 e 1.845 kg ha^{-1} , que não diferiram da testemunha com N (1.922 kg ha^{-1}). As estirpes UFLA 02-68 (1.488 kg ha^{-1}) e UFLA 02-100 (1.713 kg ha^{-1}) por sua vez, não diferiram da testemunha sem N (1.677 kg ha^{-1}) (Tabela 7).

Na literatura, são encontrados diversos trabalhos que demonstram a resposta positiva da inoculação sobre ANG e REND do feijoeiro. Mostasso et al. (2002) comprovaram que o emprego da técnica em condições favoráveis, com cultivares e estirpes adequadas, pode alcançar produtividade de até 2.600 kg ha^{-1} . Do mesmo modo, Ferreira et al. (2000) e Moraes et al. (2010) verificaram que a inoculação com estirpes eficientes ou mesmo a FBN promovida por rizóbios nativos, pode reduzir o fornecimento de N mineral à cultura, sem afetar a produtividade do feijoeiro. No atual estudo, três estirpes (UFLA 02-127, UFLA 04-173 e CIAT 899^T) proporcionaram rendimentos de grãos equivalentes ao do tratamento adubado com 80 kg ha^{-1} de N, enquanto duas outras (UFLA 02-68 e UFLA 02-100), da mesma forma que a população nativa, ainda produziram cerca de duas vezes o rendimento médio estadual (Tabela 7).

No presente trabalho, a estirpe UFLA 02-68 apresentou desempenho inferior quanto à nodulação, teor e acúmulo de N no grão e rendimento de grãos. Outros autores como Ferreira et al. (2009), Rufini et al. (2011) e Soares et al. (2006), também relataram desempenho inferior dessa estirpe em situações distintas. De acordo com Rufini et al. (2011), por exemplo, a nodulação foi prejudicada com o emprego da estirpe em questão, cujo número de nódulos foi 30% menor que os obtidos com as estirpes CIAT 899^T e UFLA 02-100. Baixo ANG com a bactéria UFLA 02-68 foi observado por Ferreira et al. (2009). Para

Soares et al. (2006), o bom TNG da estirpe não resultou em altos ANG ou REND, os quais ficaram abaixo do verificado com outras bactérias do gênero *Rhizobium*.

Já o desempenho negativo da estirpe UFLA 02-100 quanto ao REND diverge do encontrado por Nogueira (2005) que, avaliando a eficiência de rizóbios e a diversidade de populações nativas em Formiga-MG, observou elevada produtividade de grãos não apenas com o emprego dessa, mais também da estirpe UFLA 02-127, contribuindo para redução no uso de adubos nitrogenados.

Considerando-se que para cada 1.000 kg ha⁻¹ de feijão carioca produzidos é estimada a absorção de 40 kg de N (VIEIRA et al., 1984) e que os tratamentos inoculados na semente produziram na média 1.742 kg ha⁻¹ de grãos (Tabela 7), a contribuição do solo e das estirpes significou a absorção de 70 kg de N.

Nas condições do desenvolvimento deste trabalho, pode-se afirmar que a técnica de inoculação do feijoeiro com estirpes de *Rhizobium* é alternativa real de contribuição para aumento da produtividade desta importante cultura em Minas Gerais. Esses resultados são motivadores e representam não somente uma economia em fertilizantes, mas também uma contribuição ecológica, devido aos possíveis problemas relacionados à utilização de altas doses de adubos nitrogenados, principalmente se mal manejados.

3.3 Correlações entre as características avaliadas

Na Tabela 10 são apresentadas as estimativas do coeficiente de correlação de Pearson obtidas com os valores das características na análise conjunta. Como pode ser observado, de maneira geral, essas estimativas coincidiram com as encontradas na literatura e confirmam uma série de

argumentos empregados anteriormente nas discussões desse trabalho. Neste sentido, destacam-se as correlações positivas entre MSPA e ANPA e entre REND e ANG, e as correlações negativas entre MSPA e SPAD e entre EF e VP (Tabela 10).

Tabela 10 Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre as características avaliadas na floração e massa seca-MSN de nódulos, massa seca da parte aérea-MSPA, eficiência relativa-ER, percentagem de leituras SPAD-PS e teor-TNPA e acúmulo de nitrogênio na parte aérea-maturação (estande final-EF, número de vagens por planta-VP e de grãos por vagem-GV, peso-PCG, teor-TNG e acúmulo de nitrogênio nos grãos-ANG e rendimento de grãos-REND) em BRSMG Madrepérola. Safra primavera-verão 2012/13

	Coeficiente da Correlação de Pearson – Análise conjunta											
	MSN	MSPA	ER	SPAD	PS	TNPA	ANPA	EF	VP	GV	PCG	REND
NN	0,74**	0,36**	-0,06	-0,08	-0,25**	0,23*	0,36**	-0,45**	-0,12	0,29**	0,52**	0,51**
MSN		0,05	-0,17	-0,21**	-0,07	0,21*	0,09	-0,17	-0,18	0,32**	0,37**	0,31**
MSPA			0,59**	0,19**	-0,38**	0,24*	0,90**	-0,80**	0,42**	0,09	0,61**	0,68**
ER				0,19	-0,02	-0,05	0,48**	-0,14	0,26**	-0,08	-0,02	0,08
SPAD					0,60**	-0,19*	0,12	-0,22*	0,14	-0,40**	-0,10	-0,10
PS						0,03	-0,29**	0,45**	-0,12	-0,03	-0,34**	-0,47**
TNPA							0,58**	-0,17	0,27**	0,40	0,45**	0,29**
ANPA								-0,71**	0,47**	0,18	0,65**	0,63**
EF									-0,35**	-0,07	-0,67**	-0,67**
VP										-0,25**	0,34**	0,14
GV											0,32**	0,44**
PCG												0,68**
REND												
TNG												
ANG												

** e *: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste t

4 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada com 40 kg ha^{-1} na semeadura reduz o número de nódulos em relação aos tratamentos inoculados.

As estirpes inoculadas UFLA 02-100, UFLA 02-127 e UFLA 04-173 e as estirpes nativas proporcionam número de nódulos equivalentes ao da estirpe CIAT 899^T.

No que diz respeito ao teor e acúmulo de N nos grãos e ao rendimento de grãos, as estirpes inoculadas UFLA 02-127, UFLA 04-173 e CIAT 899^T têm desempenho equivalente ao da adubação com 80 kg ha^{-1} de N.

O ambiente tem grande influência sobre as características avaliadas. No solo de Lavras há maior nodulação, maior crescimento do feijoeiro, maior acúmulo de N na parte aérea e no grão, resultando em maior rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. et al. **BRSMG Madrepérola**: cultivar de feijão tipo Carioca com escurecimento tardio dos grãos. Santo Antônio do Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. (Comunicado técnico, 200).
- ALI, S. F. et al. Selection of stress-tolerant rhizobial isolates of wild legumes growing in dry regions of Rajasthan, India. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 4, n. 1, p. 13-18, Jan. 2009.
- ADAMS, M. W. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, (*Phaseolus vulgaris* L.). **Crop Science**, Madison, v. 7, p. 505-510, 1967.
- ALMEIDA, C. et al. Ureia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 57, n. 2, p. 293-298, abr./jun. 2000.
- ALVES JR., J. et al. Adubação nitrogenada do feijoeiro, em plantio e cobertura, em plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 4, p. 943-949, jul./ago. 2009.
- ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.
- ARF, M. V. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 41, n. 3, 430-438, jul./set. 2011.
- ARF, O. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 9, p. 629-634, set. 1996.

ARF, O. et al. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 131-138, fev. 2004.

BASSAN, D. A. Z. et al. 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.

BENNET, J. P.; ADAMS, M. W.; BURGA, C. Pod yield component variation and intercorrelation in (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by planting density. **Crop Science**, Madison, v. 17, n. 1, p. 73-75, Jan. 1977.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S.; VIGIL, M. F. Chlorophyll meter reading in corn as affected by plant spacing. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 24, n. 17/18, p. 2507-2516, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 30, de 12 de nov. 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa da União**, Brasília, DF, 17 nov. 2010. Disponível em: <http://www.fiscolex.com.br/doc_13261309_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_30_DE_12_DE_NOVEMBRO_DE_2010.aspx>. Acesso em: 25 mar. 2012.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. (Ed.) **Feijão**. 2. ed. atua. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. p. 143-170.

CARVALHO, M. A. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro⁽¹⁾. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 445-450, 2003.

CARVALHO, M. A. C. et al. 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, p. 617-624, 2001.

CHAGAS, J. M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 306-307.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos: décimo levantamento**, julho 2013. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_09_04_53_boletim_graos_junho_2013.pdf> Acesso em: 31 jul. 2013.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2000. 385 p.

ELBANNA, K.; ELBADRY, M.; GAMAL-ELDIN, H. Genotypic and phenotypic characterization of rhizobia that nodulate snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Egyptian soils. **Systematic and Applied Microbiology**, Oxford, v. 32, p. 522-530, 2009.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción**. Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FERREIRA, A. N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 57, n. 3, p. 507-512, jul./set. 2000.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e**

Agrotecnologia, Lavras, MG, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FERREIRA, P. A. A. et al. Efficient nitrogen-fixing *Rhizobium* strains isolated from amazonian soils are highly tolerant to acidity and aluminium. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Heidelberg, v. 28, n. 5, p. 1947-1959, May 2012.

FERREIRA, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, out. 2009.

FIGUEIREDO, M. A. **Inoculação com *Rhizobium* spp. e adubações nitrogenada e molibdica no feijoeiro-comum**. 2012. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

FONSECA, G. G. **Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com estirpes de rizóbio em Minas Gerais**. 2011. 165 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

FONSECA, G. G. et al. Growth and accumulation of n in bean plant cultivars inoculated with rhizobium strains. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 56, p. 83-84, 2013.

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. **Laboratory manual of general microbiology**. New York: McGraw-Hill, 1928. 143 p.

FREY, S.D.; BLUM, L. K. Effect of pH on competition for nodule occupancy by type I and type II strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*. **Plant Soil**, The Hague, v. 163, p. 157-164, 1994.

GOULDEN, D. S. Effects of plant population and row spacing on yield and components of yield of Navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.) New Zealand. **New**

Zealand Journal of Experimental Agriculture, Wellington, v. 4, n. 2, p. 177-180, 1976.

HENSEN, B. et al. Fungicide seed treatment effects on disease and nodulation of field pea in North Dakota. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 92, p. 245-249, 2004.

HUNGRIA, M. et al. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 32, n. 11/12, p. 1515-1528, Oct. 2000.

KANEKO, F. H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, SP: Potafos, 1997. 319 p.

MARRA, L. M. et al. Biological nitrogen fixation and phosphate solubilization by bacteria isolated from tropical soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 357, v. 1/2, p. 289-307, Aug. 2012.

MARRA, L. M. et al. Solubilisation of inorganic phosphates by inoculant strains from tropical legumes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 68, n. 5, p. 603-609, set./out. 2011.

MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A.; LAMAS, F. M. Inoculação de *Rhizobium tropici* e aplicação de adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito, MS. **Anais...** Fertbio: A busca das raízes. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. CD-ROM. (Documentos, 82).

- MORAES, W. B. et al. Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. **Idesia**, Tarapacá, v. 28, n. 1, p. 61-68, jan./abr. 2010.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2006. 729 p.
- MOSTASSO L. et al. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 121-132, Jan. 2002.
- NASCIMENTO, R. do et al. Índice SPAD em feijão caupi inoculado com rizóbio e submetidos a diferentes níveis de salinidade. **Revista Verde**, Mossoró, RN, v. 7, n. 3, p. 14-16, jul./set. 2012.
- NOGUEIRA, C. O. G. **Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas que nodulam o feijoeiro-comum em Formiga-MG**. 2005. 66 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.
- OLIVEIRA-LONGATTI, S. M. O.; MARRA, L. M.; MOREIRA, F. M. S. Evaluation of plant growth-promoting traits of *Burkholderia* and *Rhizobium* strains isolated from Amazon soils for their co-inoculation in common bean. **African Journal of Microbiology Research**, [S.l.], v. 7, n. 11, p. 948-959, Mar. 2013.
- OLIVEIRA, I. P. et al. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, SP: Potafós, 1996. p. 169-221.

OLIVEIRA, R. L. et al. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 1, p. 113-119, jan./fev. 2009.

OLIVEIRA, S. M. **Rizobactérias promovem o crescimento de feijoeiro-comum e de milho por diferentes processos**. 2011. 103 p. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 219-226, jan./fev. 2009.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2009. 451 p.

PINTO, P. P. et al. Effects of high temperature on survival, symbiotic performance and genomic modifications of bean nodulating *Rhizobium* strains. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, SP, v. 29, n. 4, p. 295-300, Oct./Dec.1998.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, SP: Potafós, 1996. p. 101-137.

RAPOSEIRAS, R. et al. Variabilidade de colônias isoladas em feijão de nodular *Rhizobium* estirpes antes e depois da exposição a alta temperatura. **Brazilian Journal Microbiology**, São Paulo, SP, v. 33, n. 2, p. 149-154, abr./jun. 2002.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 306-307.

RODRIGUES, C. S.; LARANJO, M.; OLIVEIRA, S. Effect of heat and pH stress in the growth of chickpea mesorhizobia. **Current Microbiology**, New York, v. 53, n. 1, p. 1-7, July 2006.

ROMANINI JR., A. et al. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro-comum, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 23, n. 4, p. 74-82, 2007.

RUFINI, M. et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 81-88, jan. 2011.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1979. 27 p.

SILVA, E. F. et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, São Paulo, SP, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009.

SILVA, J. W.; GUIMARAES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 27, n. 3, p. 665-674, maio/jun. 2003.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, set. 2003.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II- Feijoeiro-comum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 803-811, set./out. 2006.

SOARES, B. L. **Avaliação técnico-econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes**. 2011. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

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, v. 39, n.9, p. 895-901, set. 2004.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; ALVES, V. G. Populações de plantas, adubação e calagem para o feijoeiro (cv. IAPAR 81) em Gleissolo de Ponta Grossa, estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 26, n. 3, p. 347-352, 2004.

SOUZA, A. B. et al. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 38, n. 1, p. 39-43, jan./mar. 2008.

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

TOLEDO, B. F. B.; MARCONDES, S. J.; LEMOS, E. G. M. Caracterização de rizóbios indicados para produção de inoculantes por meio de sequenciamento parcial do 16S rRNA. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 4, p. 384-381, abr. 2009.

TSAI, S. M. et al. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, p. 131-138, 1993.

VALADÃO, F. C. A. et al. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazonica**, Manaus, AM, v. 39, n. 4, p. 741-747, 2009.

VENEGAS, F.; SCUDELER, F. Compatibilidade de diferentes cepas de *Rhizobium tropici* com o fungo *Trichoderma harzianum* no tratamento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Campo Grande, MS, v. 15, n. 5, p. 19-30, maio 2011.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1991. 449 p.

VIEIRA, R. F. et al. **Desempenho de sementes de feijão oriundas de adubação com macro e micronutrientes em duas gerações de plantio**. Goiânia, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 1984.

XAVIER, G. R. et al. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Caatinga**, Mossoró, RN, v. 19, n. 1, p. 25-33, jan./mar. 2006.

CAPÍTULO 4

Compatibilidade entre inoculação com rizóbio e tratamento fungicida em sementes de feijoeiro-comum

RESUMO

Em feijão, poucos são os estudos que avaliam o efeito do tratamento fungicida da semente sobre a inoculação com rizóbio e seus efeitos sobre a FBN. Assim, com o objetivo de verificar a compatibilidade entre fungicidas comercialmente recomendados para tratamento de sementes de feijoeiro e a inoculação com rizóbio, dois experimentos foram conduzidos em campo, na primavera-verão 2012/2013, em Lavras e Lambari, Sul de Minas Gerais. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro repetições e esquema fatorial 5 x 2, envolvendo cinco tratamentos de sementes (fungicidas *Vitavax-Thiram*®, *Maxim XL*®, *Certeza*® e *Carbomax*® + uma testemunha sem fungicida), na presença ou ausência de inoculação com rizóbio. Sementes da cultivar BRSMG Madrepérola foram tratadas com os fungicidas, nas doses recomendadas pelos fabricantes, secadas à sombra por uma hora para só depois receberem a inoculação com a estirpe CIAT 899^T de *Rhizobium tropici*. Na floração foram avaliados: nodulação, massa seca da parte aérea, teores indiretos de clorofila e teor de nitrogênio (N) e acúmulo de N na planta. Na colheita foram avaliados o estande final e o rendimento de grãos e seus componentes, além do teor e acúmulo de N no grão. Concluiu-se que, os fungicidas não influenciam a nodulação, o crescimento do feijoeiro, o N na parte aérea e nem o rendimento de grãos. Os rizóbios nativos proporcionam nodulação e rendimento de grãos equivalentes à da inoculação com a estirpe CIAT 899^T. Não há efeito do tratamento fungicida sobre o estande em Lavras, mas o produto *Vitavax-Thiram* reduz o estande final do feijoeiro dependendo do local. Em Lambari, o produto *Carbomax* propicia menor teor de N nos grãos em relação à testemunha e demais tratamentos fungicidas. O ambiente tem grande influência sobre as características avaliadas. Em Lavras há maior número de nódulos, maior teor de clorofila, maior acúmulo de N na parte aérea, maior número de vagens por planta, maior peso de cem grãos e maior acúmulo de N nos grãos, o que resulta em maior rendimento de grãos.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio. Tratamento de sementes. *Rhizobium sp.* *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

On common beans, there are few studies that evaluate the effect of fungicide treatment on seed inoculation with *Rhizobium* and their effects on FBN. Thus, in order to verify the compatibility between commercial fungicides recommended for treatment of bean seeds and *Rhizobium* inoculation, two field experiments were conducted in the 2012/13 spring-summer season, at Lavras and Lambari, south of Minas Gerais State, Brazil. Was used the randomized block design with four replications and a 5 x 2 factorial scheme, involving five seed treatments (Vitavax-Thiram®, Maxim XL®, Certeza® and Carbomax® fungicides + one untreated control) in the presence or absence of inoculation with *Rhizobium*. Seeds of BRSMG Madrepérola cultivar were treated with fungicides at the doses recommended by the manufacturers, dried in the shade for an hour to receive the inoculation with strain CIAT 899^T of *Rhizobium tropici*. At flowering were evaluated: nodulation, shoot dry mass, chlorophyll and nitrogen (N) content and accumulation in the shoot. At harvest were evaluated the final stand and grain yield and its components, and the N content and N accumulation in the grain. It was concluded that, fungicides do not affect the nodulation, the bean growth, the N in the shoot N nor the grain yield. Native rhizobia provide nodulation and grain yield equivalent to inoculation with strain CIAT 899^T. There is no effect of fungicide treatment on the stand at Lavras, but the Vitavax-Thiram reduces the bean final stand. At Lambari, the Carbomax provide lower N grain content compared to control and other fungicides treatments. The environment has a great influence on the characteristics evaluated. At Lavras, greater number of nodules, higher chlorophyll content, higher N accumulation in shoots, higher number of pods per plant, greater one hundred seed weight and greater N accumulation in grains, which results in higher grain yield.

Keywords: Biological nitrogen fixation. Treatments seeds. *Rhizobium sp.* *Phaseolus vulgaris*.

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), a exemplo de outras leguminosas, apresenta a propriedade de fixar o nitrogênio (N) da atmosfera quando em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, o que pode contribuir para boa produtividade de grãos, com redução no uso de fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, redução nos custos de produção (FERREIRA et al., 2009; PELEGRIN et al., 2009; SOARES, 2011; SOARES et al., 2006).

Devido ao elevado número de problemas sanitários apresentados por essa leguminosa, o tratamento de sementes, principalmente com fungicidas, é uma estratégia obrigatória em lavouras comerciais de feijão. Para essa cultura em particular, o tratamento fungicida em sementes é o controle químico mais eficiente, pois na sua quase totalidade, os patógenos da cultura são transmitidos via semente, interna ou externamente. O emprego desses produtos confere proteção inicial contra patógenos presentes no solo, elimina aqueles associados às sementes e evita a disseminação e a entrada de novos contaminantes na área de plantio (MACHADO, 2000).

Diversos trabalhos têm demonstrado redução de rizóbios nas sementes de soja e de outras leguminosas quando em contato direto com fungicidas (AAMIL; ZAIDI; KHAN, 2004; PEREIRA et al., 2009; 2010; SILVA NETO et al., 2013). Outros estudos demonstram que o tratamento com fungicidas em sementes pode proporcionar aumento (LOPES; PORTUGAL, 1986) ou não afetar a nodulação de leguminosas (KUCEY; BONETTI, 1988). Em feijão, contudo, poucos são os estudos que avaliam o efeito desses defensivos na inoculação e na fixação biológica de nitrogênio-FBN (ARAÚJO; ARAÚJO, 2006; ARAÚJO et al., 2007; GRAHAM et al., 1980, GUENE; DIOUF; GUEYE, 2003; RAMOS; RIBEIRO JR., 1993).

De acordo com Graham et al. (1980) existe incompatibilidade entre os fungicidas Thiram e Captan e *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* quando ocorre um intervalo de 24 horas entre inoculação e semeadura, o que afeta a sobrevivência das células bacterianas e, posteriormente, a nodulação e fixação de nitrogênio.

Ramos e Ribeiro (1993) investigando a sobrevivência de três estirpes (CIAT 899^T, CIAT 652 e CPAC 1135) inoculadas em sementes da cv. Carioca, sete dias após tratamento fungicida (Vitavax, Ridomil, Benlate, Banrot ou Difolatan), verificaram compatibilidade rizóbio-fungicida com a cepa CIAT 899^T. O período de 2 horas de contato foi suficiente para reduzir o número de células viáveis das estirpes CIAT 652 e CPAC 1135. Segundo os pesquisadores, os produtos comerciais Benlate e Banrot foram os mais danosos ao rizóbio. Em contrapartida, quando avaliados nodulação e crescimento do feijoeiro, a combinação CIAT 652 + Benlate resultou em aumento do número e peso de nódulos, sem interferir na massa da planta.

Para Araújo e Araújo (2006), o fungicida Benlate é um dos maiores causadores de mortalidade de rizóbios inoculados em sementes de feijão, mas associam também aos produtos comerciais Vitavax e Captan, efeito tóxico às bactérias.

O ingrediente ativo diclorofenthion-thiram (DCT) reduziu a zero o número de nódulos da estirpe ISRA 353 (*R. etli*) inoculada na cv. Paulista por Guene, Diouf e Gueye (2003) e em decorrência disso, não se constatou FBN. A estirpe ISRA 554 (*R. tropici*) também foi afetada pelo DCT, que atuou principalmente sobre a massa de nódulos, mas os efeitos não limitaram o acúmulo de N nos grãos. Por outro lado, a formulação carbendazim não interferiu na nodulação, crescimento vegetal e produção de vagens por planta e de grãos por vagem da cv. Carioca inoculada com as estirpes CIAT 899^T + PRF 81 (ARAÚJO et al., 2007).

Considerando a rapidez com que novos produtos (fungicidas e cultivares melhoradas de feijoeiro) são lançados no mercado, fica evidente a necessidade de mais estudos envolvendo a associação entre tratamento químico e emprego de agentes biológicos em sementes. Por essa razão, o presente estudo teve por objetivo avaliar a compatibilidade entre tratamentos fungicidas e inoculação de sementes de feijão com rizóbio, de modo a auxiliar os produtores na tomada de decisão quanto à seleção de produtos de menor impacto sobre a nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos de campo foram conduzidos na safra primavera-verão 2012/13, na Região Sul (Lavras e Lambari) de Minas Gerais. O delineamento estatístico de cada experimento foi blocos ao acaso, com quatro repetições e esquema fatorial 5 x 2 envolvendo cinco tratamentos de sementes (*Vitavax-Thiram*®, *Maxim XL*®, *Certeza*® e *Carbomax*®, mais uma testemunha sem tratamento fungicida) e dois tipos de inoculação (com e sem rizóbio, estirpe CIAT 899^T de *Rhizobium tropici*).

Em Lavras, o experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um Latossolo Vermelho escuro distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006), onde a cultura antecessora havia sido crotalária. Em Lambari, instalou-se o experimento na Fazenda Experimental de Lambari, de propriedade da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais (EPAMIG), em um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), anteriormente cultivado com milho. Segundo a classificação de Köeppen, as duas localidades possuem clima do tipo Cwa – tropical de altitude, com o verão quente e úmido e inverno frio e seco (VIANELLO; ALVES, 1991).

Os resultados das análises química e física de amostras de solo, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, a altitude e as coordenadas geográficas dos locais de condução dos ensaios, são apresentados na Tabela 1. Um resumo das principais ocorrências climáticas durante a condução dos experimentos é apresentado na Figura 1. As informações relativas a Lavras foram obtidas na estação local do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Em relação a Lambari, onde a estação do INMET se encontra desativada, foram utilizados os registros oficiais da estação mais próxima (Maria da Fé).

Foram empregadas sementes certificadas de feijoeiro-comum cv. BRSMG Madrepérola, de bom potencial produtivo e hábito de crescimento tipo III (ABREU et al., 2011). As sementes foram tratadas com os fungicidas comerciais em sacos plásticos por meio da aplicação direta do produto em suas respectivas doses (Tabela 2), com auxílio de uma pipeta graduada. Após a aplicação dos tratamentos, os sacos contendo as sementes com o produto ou água destilada (testemunha) foram inflados com ar e agitados por dois minutos, visando homogeneizar a distribuição. A seguir, as sementes tratadas foram secas à sombra por uma hora para só depois receberem as inoculações (ARAÚJO et al., 2007).

A estirpe de rizóbio empregada foi a CIAT 899^T de *Rhizobium tropici* (GRAHAM; HALLIDAY, 1976), aprovada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a fabricação de inoculantes comerciais de sementes de feijão. O inoculante foi preparado no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo, da UFLA. A estirpe foi inoculada em meio 79 (FRED; WAKSMAN, 1928) esterilizado, também conhecido como meio YMA. Após 4 dias de crescimento, na fase log, o material foi transferido para turfa esterilizada. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 (m:v) turfa:cultura, foi empregada na base de 100 g por 10 kg de semente.

Tabela 1 Características químicas e físicas de amostras de material dos solos utilizados, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, altitude e coordenadas geográficas das localidades de Lavras e Lambari-MG

Características	Locais	
	Lavras ¹	Lambari ¹
pH (H ₂ O)	5,9 (AM)	5,9 (AM)
P disp (mg dm ⁻³)	5,81 (Ba)	10,64 (M)
K (mg dm ⁻³)	128,0 (MB)	74,0 (M)
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,5 (B)	2,5 (B)
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,1 (B)	0,90 (M)
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1 (MBa)	0,1 (MBa)
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,04 (M)	3,62 (M)
SB (cmol _c dm ⁻³)	4,93 (B)	3,59 (M)
MO (dag kg ⁻¹)	2,61(M)	3,99(M)
V(%)	54,94 (M)	49,79 (M)
t (cmol _c dm ⁻³)	5,03 (B)	3,69 (M)
T (cmol _c dm ⁻³)	8,97 (B)	7,21 (M)
m (%)	1,99 (MBa)	2,71 (MBa)
Argila (dag kg ⁻¹)	59	54
Silte (dag kg ⁻¹)	7	13
Areia (dag kg ⁻¹)	34	33
Classe Textural	Argilosa	Argilosa
Altitude (m)	920	986
Latitude	21°14'S	21°58'S
Longitude	45°00'W	45°20'W

¹ e ²: Análises realizadas nos Laboratórios de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba de Minas Gerais (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), respectivamente. Interpretação de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999): AM=acidez média, AF=acidez fraca, MB=muito bom, B=bom, M=médio, Ba=baixo e MBa=muito baixo

A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem de unidades formadoras de colônias (UFC), sendo que o número mínimo legal de células viáveis, em torno de 10⁹ células de *Rhizobium* por grama de inoculante na semeadura, foi observado (BRASIL, 2010).

Cada unidade experimental (parcela, 12 m²) foi constituída de 6 linhas de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m e a área útil correspondeu às quatro fileiras centrais. A densidade de semeadura foi de 20 sementes por metro, na

profundidade de 3 a 4 cm, desbastando-se posteriormente para 15 plantas por metro. Todas as parcelas receberam adubação de base equivalente a 300 kg ha^{-1} do formulado 8-28-16, aplicado mecanicamente durante o sulcamento. A semeadura manual, realizada em 28/11/12 em Lavras e em 03/12/12 em Lambari, foi efetuada imediatamente após a inoculação das sementes. As linhas 1 e 6 foram consideradas bordaduras, as linhas 2 e 3 utilizadas para as amostragens na floração e as linhas 4 e 5 utilizadas para a colheita, na maturação.

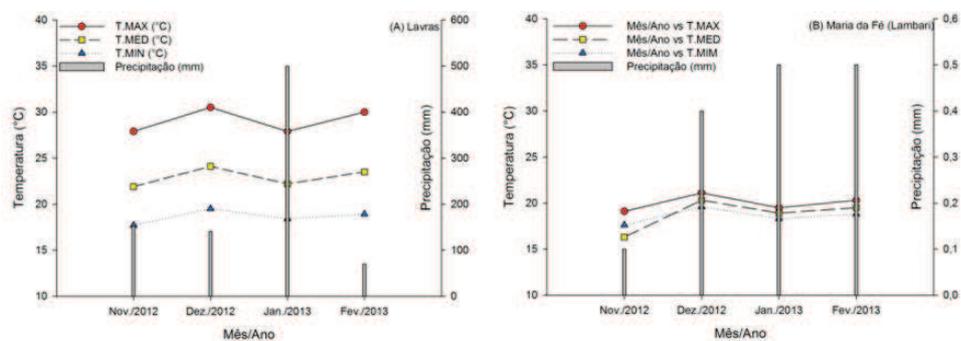


Figura 1 Variação mensal da temperatura máxima, média e mínima e da precipitação pluvial de 01 de novembro de 2012 a 28 de fevereiro de 2013, em Lavras (A) e Maria da Fé-Lambari (B). Safra primavera-verão, 2012/13

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia

Tabela 2 Descrição dos fungicidas comerciais, de patógenos e doenças controlados, de ingredientes ativos ou grupos químicos constituintes e das doses recomendadas e empregadas no estudo

Nome	Controle/Fungo	Controle/Doença	Ingrediente ativo/Grupo químico	Dose (mL/100 kg semente)
Vitavax-Thiram WP®	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	carboxina (carboxanilida)	300
	<i>Cladosporium spp.</i>	Fungo pós- colheita		
	<i>Aspergillus spp.</i>	Tombamento	+ thiram (dimetilditiocarbamato)	
	<i>Alternaria spp.</i>	Mancha de alternaria		
	<i>Alternaria alternaria</i>	Mancha de alternaria		
	<i>Fusarium solani f. sp. phaseoli</i>	Podridão radicular seca		
	<i>Rizoctonia solani</i>	Damping off; Tombamento		
Maxim XL®	<i>Aspergillus spp.</i>	Tombamento	fludioxonil (fenilpirrol) + metalaxil-M (acilalaninato)	300
	<i>Penicillium spp.</i>	Fungo de armazenamento		
	<i>Rizoctonia solani</i>	Damping off; Tombamento		
	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose		
Certeza®	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	fluazinam (fenilpiridinilamina)	180
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Mofo Branco Podridão de Sclerotinia		
	<i>Aspergillus flavus</i>	Fungo de pós- colheita	+ tiofanato-metílico (benzimidazol precursor de)	
	<i>Penicillium spp.</i>	Fungo de armazenamento		
	<i>Aspergillus spp.</i>	Tombamento		
Carbomax 500 SC®	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	carbendazim (benzimidazol)	100

Fonte: Agrofit (BRASIL, 2013)

Nos dois locais, para o controle das plantas daninhas foi aplicada uma mistura de 0,9 L de fomesafem (Flex®) + 1,7 L de fluazifop-butil (Fusilade®) por hectare. Quando necessário, realizou-se capina manual complementar. Nenhum dos ensaios recebeu irrigação. Em Lambari, não foi necessário o controle de pragas, já em Lavras realizou-se uma aplicação preventiva do inseticida lambda-cialotrina (Karatê 50 CE, 150 mL ha⁻¹ p.c.) aos 20 dias após a emergência (DAE). O volume de calda aplicado equivaleu a 400 L ha⁻¹.

Nas duas localidades não foram registradas quaisquer sintomas de enfermidades nos estádios iniciais do feijoeiro. Em Lambari ocorreram sintomas moderados de doenças características de final de ciclo, basicamente ferrugem e mancha angular.

Na plena floração (estádio R6, segundo FERNANDEZ; GEPTS; LÓPEZ, 1985) foram realizadas leituras indiretas de clorofila na última folha trifoliolada completamente desenvolvida (5 leituras por folíolo, totalizando 15 leituras por folha, em 5 plantas por parcela, nas linhas 2 e 3), com um aparelho Minolta SPAD-502. As leituras foram ainda comparadas à média do tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N, obtendo-se a percentagem de leitura SPAD (PS) em relação à adubação nitrogenada de referência, recomendada pela Rede de Laboratórios para a Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola (RELARE). A PS foi calculada com base nos valores das leituras SPAD do tratamento referência em cada local, o que equivaleu a 100%.

Ainda na floração, retirou-se aleatoriamente de cada parcela uma amostra de 12 plantas (linhas 2 e 3) para determinação do número e massa seca (g) de nódulos, bem como da massa seca de planta (g) e teor (%) e acúmulo (g) de N na parte aérea. As amostras de parte aérea foram acondicionadas em sacos de papel, após a coleta no campo e, depois de devidamente identificadas, foram pré-secadas em casa de vegetação. Posteriormente, as amostras seguiram à

secagem em estufa com circulação de ar à temperatura de 60-70°C, até atingirem peso constante. Já as amostras do sistema radicular, contendo os nódulos de rizóbio, foram acondicionadas em sacos plásticos, também devidamente identificados, e armazenadas em câmara fria à temperatura de 6°C. Imediatamente após a contagem dos nódulos, foram armazenados em pequenos frascos e colocados para secar em estufa até atingirem peso constante. Após a secagem, os nódulos foram submetidos à pesagem em balança de precisão.

A colheita dos grãos foi realizada no estádio R9, aos 76 e 79 DAE, respectivamente, em Lavras (18/02/2013) e Lambari (26/02/2013). Foram determinados o estande final (mil plantas ha⁻¹), o rendimento de grãos (kg ha⁻¹) e seus componentes primários (número de vagens por planta e de grãos por vagem, e peso de 100 grãos em gramas), além do teor (%) e acúmulo de N (kg ha⁻¹) nos grãos. O estande final foi obtido por contagem de todas as plantas presentes nas linhas 4 e 5. Os componentes do rendimento foram determinados em amostra de 10 plantas, enquanto o rendimento de grãos foi obtido a partir da massa total de grãos produzidos na parcela útil (linhas 4 e 5), incluindo a citada amostra de 10 plantas. A umidade inicial nos grãos foi determinada com Medidor de Umidade Gehaka G600, corrigindo-se o rendimento em função da umidade do grão para 130 g kg⁻¹. O teor de N na parte aérea e no grão foi determinado no Laboratório de Microbiologia do Solo, do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, pelo método semi-microkjedhal (nitrogênio total), de acordo com Sarruge e Haag (1979). Para tanto, amostras foram submetidas à moagem (tritador Oster, da Gehaka, velocidade de 24.000 rpm), no Laboratório de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura da UFLA. O N acumulado na parte aérea foi calculado multiplicando-se a massa seca de planta pela percentagem de N, e dividindo-se por 100. O teor e acúmulo nos grãos foram determinados adotando-se a mesma metodologia empregada para as

amostras da parte aérea, substituindo-se os valores da massa seca de planta pelos do rendimento de grãos.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância individual e, posteriormente, realizou-se análise de variância conjunta, observando-se a homogeneidade dos quadrados médios residuais (PIMENTEL-GOMES, 2009). As variáveis número e massa seca de nódulos foram previamente transformadas em $(x+1)^{0.5}$. Nos casos de efeito significativo de tratamentos, a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Também foram estimadas correlações lineares de Pearson ao nível 5% de significância pelo teste t de Student. As análises de variância e aplicação dos testes foram realizadas utilizando-se o *software* de análise estatística Sisvar[®] (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características avaliadas na floração

A análise de variância conjunta (Tabela 4) revelou que houve efeito significativo de locais sobre todas as características avaliadas. Em relação às demais fontes de variação, inclusive as interações, não houve significância. Com exceção do acúmulo de N na parte aérea (ANPA), os coeficientes de variação (CV%) foram bons (OLIVEIRA et al., 2009) e se mostraram compatíveis com outros observados na literatura, como os de Soares et al. (2006).

Confirmando o resultado da análise de variância, verifica-se que realmente houve pequena oscilação entre as médias dos tratamentos inoculados e não inoculados quanto à nodulação (NN e MSN), à massa seca de parte aérea (MSPA) e ao conteúdo de N na parte aérea (TNPA e ANPA). Isso significa que as bactérias nativas foram tão capazes de nodular, promover o crescimento de plantas e fixar N atmosférico no feijoeiro quanto a bactéria inoculada (estirpe CAT 899), resultando em médias equivalentes de NN, MSN, MSPA, TNPA e ANPA (Tabela 4).

Tabela 3 Resumo da análise de variância conjunta (quadrados médios) dos dados referentes à floração: massa seca (MSN) de nódulos, massa seca da parte aérea (MSPA), leituras SPAD e percentagem de SPAD (PS) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro em Lavras e Lambari-MG, 2012/13

FV	GL	QM					
		NN ¹	MSN ¹	MSPA	SPAD	PS	TNP
Bloco (Local)	6	94,1565**	0,0966**	759,4323*	24,7289**	187,0938**	0,042
Local (L)	1	76,5608*	0,18908*	24095,1872**	6015,9398**	17226,3956**	2,3120
Inoculação (I)	1	46,1301	0,0263	60,5520	0,0328	0,1523	0,112
Fungicida (F)	4	6,6054	0,0235	195,1872	7,2046	59,2155	0,049
L x F	4	23,5619	0,0563	589,6948	3,4492	24,5561	0,285
L x I	1	3,2865	0,0422	136,7645	9,0990	83,8247	0,264
F x I	4	17,1347	0,0138	421,3392	8,7534	66,8648	0,116
L x F x I	4	30,1267	0,0459	597,8748	9,2026	70,9930	0,044
Erro	54	17,8422	0,0289	294,3491	7,1138	56,4712	0,182
CV (%)	-	25,76	15,63	21,68	7,09	6,70	17,0

** e *: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F

¹Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$

Tabela 4 Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA) e percentagem de leituras SPAD (PS) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea de feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola

Locais	NN (unidade/12 plantas)	MSN ------(g/12 plantas)-----	MSPA	SPAD	PS* (%)	TNPA (%)
Lavras	327 A	0,61 B	61,78 B	46,3 A	126,9 A	2,7 A
Lambari	259 B	0,83 A	96,49 A	29,0 B	97,5 B	2,4 B
Inoculação						
Presença	266	0,68	78,27	37,7	112,2	2,5
Ausência	320	0,77	80,01	37,6	112,2	2,6
Fungicidas						
Vitavax-Thiram®	260	0,59	76,79	38,0	113,2	2,6
Maxim XL®	292	0,76	74,31	38,1	113,3	2,5
Certeza®	298	0,82	81,66	38,3	114,1	2,5
Carbomax®	322	0,76	82,63	36,7	109,6	2,5
Test.	293	0,68	80,30	37,1	110,8	2,5
Média	293	0,72	79,14	37,6	112,2	2,5

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott de 5% de probabilidade. *Valores obtidos em comparação às leituras SPAD do tratamento adubado com 80% considerado 100% (Lavras – 36,5; Lambari – 29,7; Uberaba – 33,4 e Patos de Minas – 34,0)

Resultados similares, de eficiência de estirpes nativas, têm sido frequentes em muitas situações (FERREIRA et al., 2009; MORAES et al., 2010; RUFINI et al., 2011). Romanini Jr. et al. (2007), estudando o efeito da inoculação com *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* (estirpes CM 255 + CM 01 e CM 225 + CM 255) na cv. IAC Carioca Eté, e Pelegrin et al. (2009) com *R. tropici* (CIAT 899^T) na cv. Pérola, também não encontraram diferenças para as mesmas características avaliadas. Por outro lado, também há registros nos quais as contribuições da inoculação sobre essas características foram superiores, como nos casos das estirpes CIAT 899^T e UFLA 04-173 de *R. miluonense* na cv. BRSMG Talismã (FERREIRA et al., 2012). Essas diferenças de resultados certamente são consequência da existência de muitos fatores envolvidos, relacionados ao solo, clima, macro e microssimbionte (MORAES et al., 2010; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Verifica-se ainda (Tabela 4) que os produtos fungicidas empregados no tratamento das sementes não influenciaram a nodulação (NN e MSN), o crescimento do feijoeiro (MSPA), a intensidade da cor verde dos folíolos (SPAD e PS) e nem o conteúdo de N na parte aérea (TNPA e ANPA).

Em um dos poucos trabalhos envolvendo fungicidas e inoculação com rizóbio no feijoeiro-comum (ARAÚJO; ARAÚJO, 2006; ARAÚJO et al., 2007; GRAHAM et al., 1980; GUENE; DIOUF; GUEYE, 2003; RAMOS; RIBEIRO JR., 1993), Graham et al. (1980) verificam incompatibilidade entre *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* e os produtos químicos Thiram e Captan, o que ocorreu de forma mais pronunciada quando o intervalo entre inoculação e semeadura foi de 24 horas, afetando a sobrevivência das células bacterianas nas sementes e, posteriormente, a nodulação e fixação de nitrogênio. Já a investigação de Araújo et al. (2007), envolvendo sementes da cultivar Carioca tratadas com fungicida à base de carbendazim (0,5 g kg⁻¹ de semente) e

inoculada com rizóbio (estirpes CIAT 899^T e PRF 81), não indicou efeito do produto sobre NN, MSN e MSPA, o que também ocorreu no atual trabalho.

Ramos e Ribeiro (1993) relataram que sementes de feijão da cv. Carioca apresentaram igual MSPA quando inoculadas com a estirpe CIAT 652 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, em contato ou não com o fungicida Benlate (benomyl). Fato semelhante havia sido descrito em relação ao TNPA e ANPA por Guene, Diouf e Gueye (2003), empregando a cv. Paulista inoculada com *R. tropici* e *R. etli* após subsequente tratamento com diclorofenthion-thiram (DCT).

Na presença de Benlate e inoculante granular, todavia, Ramos e Ribeiro (1993) verificaram reduções drásticas no NN. Assim como esses, outros autores também obtiveram resultados de incompatibilidade inoculante-fungicida em sementes de feijão. Araújo e Araújo (2006), por exemplo, observaram elevadas reduções na MSN da cv. Aporé com os fungicidas Rhodiauran (thiram) e Vitavax-Thiram (carboxin + thiram), os quais propiciaram MSN equivalente às obtidas com as estirpes nativas. Vale lembrar que no presente trabalho, o produto comercial Vitavax-Thiram não causou qualquer dano à nodulação.

No citado trabalho de Guene, Diouf e Gueye (2003), quando o tratamento com DCT foi associado à estirpe ISRA 554 de *R. tropici*, os autores observaram nódulos, ainda que em pequena quantidade, mas quando a estirpe utilizada foi a ISRA 353 de *R. etli*, contudo, registrou-se inibição total da nodulação, com reflexos no desenvolvimento da cultura e na FBN. É necessário enfatizar que ambas as estirpes apresentavam alta capacidade de nodulação com o feijoeiro, além de elevado potencial na FBN, razões pelas quais haviam sido selecionadas para o estudo. Esses resultados levantam à hipótese de que além do fungicida, a seleção da estirpe deve ser criteriosa quando as sementes necessitarem de tratamento químico.

Comumente é documentado na literatura (PEREIRA et al., 2009; 2010) que os principais pesticidas conhecidos para o tratamento de sementes de

leguminosas são, de certa forma, danosos para os rizóbios. Na maioria dos casos essas bactérias permanecem viáveis nas sementes, mas não são capazes de infectar as plantas hospedeiras ou têm reduzida sua capacidade de fixar nitrogênio. Exemplo disso foi documentado por Rennie et al. (1985) ao combinar sementes de ervilha, lentilha e guandu com fungicidas e *R. leguminosarum*, o que resultou em decréscimos na atividade da nitrogenase.

Em soja, com a cv. BRS Tracajá, pesquisadores registraram moderada nodulação com uso de tratamentos químico (carbendazim + thiram e carboxin + thiram) e inoculação com rizóbio em sementes, mas as respostas estiveram condicionadas ao momento de aplicação dos fungicidas (ZILLI et al., 2010) e à estirpe adotada (ZILLI et al, 2009; 2010); mesmo assim, os melhores resultados foram obtidos com a inoculação isolada, indicando sensibilidade das bactérias aos produtos empregados.

Para Silva Neto et al. (2013), formulações à base de fludioxonil e carbendazim reduziram a formação de nódulos em feijão-caupi cv. BRS Guariba inoculada com a estirpe BR 3262 de *Bradyrhizobium*. Com sementes de grão de bico inoculadas com rizóbios, os produtos comerciais Crown, Arrest e Captan diminuíram não só a nodulação como o crescimento de plantas e o teor de N retido nas mesmas (KYEI-BOAHEN; SLINKARD; WALLEY, 2001). Outros produtos à base de mancozeb e thiram também reduziram o NN nessa cultura, mas de forma menos drástica que a formulação carbendazim (2 g i.a. por kg de semente), cujo efeito negativo atingiu ainda o teor de clorofila e o conteúdo de N na parte aérea (AAMIL; ZAIDI; KHAN, 2004), características não influenciadas pela inoculação e pelos fungicidas no presente trabalho com feijoeiro-comum (Tabela 4).

No presente trabalho, como já mencionado, não se verificou efeito dos fungicidas e nem da sua interação com a inoculação sobre a nodulação (Tabela 3), e as médias de NN e MSN foram similares entre os tratamentos (Tabela 4).

Apesar de não ter sido realizado um teste de sobrevivência das bactérias, admite-se que ambas as estirpes de rizóbio (nativa e introduzida) foram tolerantes aos produtos aplicados nas sementes.

Por ocasião do florescimento, o TNPA das plantas ficou em torno de 2,5% (Tabela 4), próximo, portanto, dos 2,8% a 5% de N considerados adequados nesse estágio fenológico do feijoeiro (MALAVOLTA, VITTI, OLIVEIRA, 1997; OLIVEIRA et al., 1996). Embora abaixo dos valores desejados, não foram constatados sintomas de deficiência de N, o que indica que houve razoável contribuição dos rizóbios introduzidos e nativos nesse parâmetro, complementando o fornecimento de N das demais fontes orgânicas e minerais. O baixo acúmulo de N dos tratamentos foi o resultado desse teor e do crescimento reduzido das plantas (Tabela 4).

As leituras indiretas de clorofila (SPAD) e a percentagem de leituras SPAD não se mostraram influenciados com a prática da inoculação (I) e nem em função do uso dos fungicidas (F) estudados. A primeira característica não apresentou diferenças entre os níveis de I e F, o que se torna evidente quando são observados os valores médios da Tabela 4. Os valores SPAD atingidos se equivaleram aos registrados na literatura com o emprego de altas doses de N (SILVEIRA; BRAZ; DIDONET, 2003). Isso sugere que as plantas apresentaram tonalidade verde intensa, típica de boa nutrição nitrogenada. Como parte do N absorvido durante a fase de desenvolvimento vegetativo é direcionado para a síntese dos pigmentos foliares responsáveis pela fotossíntese, o teor de clorofila é indicativo da eficiência na assimilação do nutriente (NASCIMENTO et al., 2012). Portanto, acredita-se que tenha ocorrido boa contribuição dos rizóbios nativos e introduzidos, já que mesmo com dificuldades na obtenção de elevados TNPA e ANPA, proporcionaram teores de clorofila equivalentes ao da aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N-mineral. Esses resultados são igualmente confirmados pelos valores das percentagens de leituras SPAD (PS) em relação ao tratamento

referência (80 kg ha⁻¹ de N-mineral), os quais apresentaram, em média, leituras SPAD 12% maiores que as obtidas com o tratamento referência (Tabela 4).

Pereira et al. (2010), avaliando o efeito das combinações de fungicidas carbendazim + thiram e thiabendazole + thiram sobre *Bradyrhizobium* em soja, também não verificaram efeitos sobre o teor de clorofila. Todavia, ao serem avaliadas doses crescentes de carbendazim, thiram, captan e mancozeb em grão de bico inoculado com rizóbio, Aamil, Zaidi e Khan (2004) relataram reduções na clorofila, cujo efeito mais tóxico foi percebido com a dose de 2 g de carbendazim por kg de semente. Em trabalho parecido, Rennie et al. (1985) constataram maior interferência sobre a inoculação quando os produtos continham acima de 29,5% de captan em sua composição. No presente trabalho, mesmo na presença de carbendazim (produto comercial Carbomax) não se detectou redução na TCL ou em qualquer das variáveis analisadas.

Com relação aos efeitos de locais (Tabela 3), em Lavras foi verificada a maior quantidade de nódulos (NN) que em Lambari (Tabela 4). De acordo com Döbereiner, Arruda e Penteadó (1966), nem sempre elevado NN é indicativo de vantagem simbiótica, pois muitas vezes há formação de nódulos de tamanho reduzido, o que resulta em menor eficiência da FBN. De fato, em Lambari o baixo NN foi compensado por nódulos de maior peso (maior MSN), com reflexos positivos no crescimento, ou maior MSPA, do feijoeiro (Tabela 4), como também encontrou Ferreira et al. (2012) inoculando 15 estirpes de rizóbio na cultivar BRSMG Talismã.

Com base nos valores médios das características em cada local, os dados de Lavras sugerem que o NN parece influenciar mais o teor de clorofila (SPAD e PS), enquanto os dados de Lambari sugerem que a MSN parece influenciar mais o crescimento (MSPA) e, conseqüentemente, o acúmulo de N (ANPA). De forma geral, em Lavras as leituras SPAD foram, inclusive, superiores às verificadas com o tratamento referência, adubado com 80 kg ha⁻¹ de N-mineral.

É interessante se mencionar que em Lambari o teor de matéria orgânica do solo (Tabela 1) pode ter sido decisivo para que as plantas atingissem maior MSPA e ANPA em relação a Lavras. Esse argumento, no entanto, não pode ser empregado no caso das leituras SPAD e PS e até mesmo com os teores de N na planta, que foram bastante superiores em Lavras.

3.2 Características avaliadas na maturação

Com relação às avaliações realizadas no estágio de maturação dos grãos, assim como ocorrido na floração, não se verificou efeito significativo da inoculação. Entretanto, houve efeito significativo de fungicidas (F) e da interação local (L) x F sobre o estande final (EF) e sobre o teor de N no grão (TNG), enquanto as demais características foram influenciadas por L (Tabela 5). Os valores do coeficiente de variação (CV (%)) indicaram que, em geral, houve boa precisão (OLIVEIRA et al., 2009) na estimativa das variáveis resposta (Tabela 6).

Os valores médios das características são apresentados na Tabela 6. Com o auxílio dessa tabela é possível se observar que a inoculação não interferiu na população de plantas (Tabelas 5 e 6), contrariando os resultados obtidos na safra outono-inverno 2003 por Romanini Jr. et al. (2007), quando a inoculação com *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* favoreceu o estabelecimento e a densidade de plantas em relação ao tratamento não inoculado. Esses mesmos autores, todavia, na safra agrícola de 2002, e outros como Kaneko et al. (2010) na safra de 2007, obtiveram resultados semelhantes ao do presente trabalho (sem efeito da inoculação).

Os fungicidas interferiram no EF e no TNG (Tabela 5), mas seus efeitos variaram conforme o local de cultivo (Tabela 7). Em Lavras, o EF não variou com o tratamento fungicida, mas em Lambari ocorreu menor densidade de

plantas com o emprego do produto comercial Vitavax-Thiram (Tabela 7). Entretanto, o valor médio nessa localidade se mostrou compatível com as populações teóricas desejadas para feijoeiro do tipo III, da ordem de 170 mil plantas (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000). Isso significa que, ainda que algum efeito fitotóxico do Vitavax-Thiram tenha atuado sobre o feijoeiro em Lambari, ele não foi suficiente para reduzir o EF de forma drástica.

Tabela 5 Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) dos dados referentes a estande final de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), peso de cem grãos (PCG), teor (TNG) de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepreta, Lambari-MG, 2012/13

FV	GL	QM					
		EF	VP	GV	PCG	TNG	ANG
Bloco (Local)	6	2065,4167*	11,2559*	0,6452	2,0827	0,5850	372,7061
Local (L)	1	2531,2500	26,1633**	44,3871**	441,8470**	0,0078	922,0093**
Inoculação (I)	1	1280,0000	2,7714	0,8968	0,0891	0,4485	123,5791
Fungicida (F)	4	6017,7188**	3,6831	2,4453	3,0865	1,3716**	289,6309
L x F	4	5885,1563**	8,0520	2,0148	8,6521	1,4208**	704,6872
L x I	1	80,0000	3,2200	0,6884	0,1950	0,1665	37,1418
F x I	4	1727,2656	2,4736	2,2898	6,0470	0,6949	354,1081
L x F x I	4	1339,7656	1,1423	1,0402	2,3401	0,6350	867,8779
Erro	54	765,1273	3,6412	0,9839	6,2229	0,3963	554,4334
CV (%)	-	11,42	23,71	20,90	10,53	15,35	24,98

** e *: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F

Tabela 6 Valores médios de número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV), acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos de feijão (REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola

Locais	VP - (unidade) -	GV	PCG (g)	ANG (kg ha⁻¹)	REND (kg ha⁻¹)
Lavras	8,6 A	4,0 B	26,05 A	105,0 A	2.571 A
Lambari	7,5 B	5,5 A	21,35 B	83,5 B	2.040 B
Inoculação					
Presença	8,2	4,9	23,73	93,0	2.303
Ausência	7,9	4,7	23,67	95,5	2.307
Fungicidas					
Vitavax-Thiram®	8,8	4,1	23,56	99,9	2.210
Maxim XL®	8,0	4,8	23,88	94,7	2.331
Certeza®	7,6	5,2	23,12	93,4	2.171
Carbomax®	7,8	4,9	24,31	88,1	2.345
Test.	8,0	4,7	23,62	95,3	2.468
Média	8,1	4,8	23,70	94,3	2.305

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade

Nessa localidade, os demais tratamentos de sementes proporcionaram EF maiores, equivalentes aos observados em Lavras, o que significa que os fungicidas, em geral, mantiveram bom comportamento em ambas as localidades. Dentro do local Lavras, o número de plantas obtido com Vitavax-Thiram esteve próximo dos alcançados com os demais tratamentos, não se detectando diferenças entre os fungicidas (Tabela 7).

Vale mencionar que não houve benefício na aplicação do tratamento de sementes quando se considerou a densidade final de plantas, haja vista que a testemunha proporcionou EF equivalente ao dos fungicidas, em ambos os ambientes. Em avaliação de cinco fungicidas em sementes de ervilha seca inoculadas com rizóbio comercial, Hensen et al. (2004) também não verificaram vantagens do uso de fungicidas sobre essa variável, nem sobre a incidência de

doenças radiculares. No presente estudo, entretanto, não foram observados sintomas de enfermidades nos estádios iniciais do feijoeiro.

Tabela 7 Estandes de planta (EF, mil plantas ha⁻¹) e teores médios de nitrogênio nos grãos (TNG, em %) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola em função de locais e tratamentos fungicidas em sementes

Fungicidas	EF		Média	TNG		Média
	(mil plantas ha ⁻¹)			(%)		
	Lavras	Lambari		Lavras	Lambari	
Vitavax-Thiram®	247 A	171 B	209 B	4,7 A	4,3 A	4,5 A
Maxim XL®	254 A	239 A	247 A	4,0 B	4,1 A	4,0 B
Certeza®	240 A	250 A	245 A	4,3 A	4,2 A	4,3 A
Carbomax®	251 A	255 A	253 A	4,0 B	3,4 B	3,7 B
Test.	247 A	268 A	257 A	3,5 B	4,5 A	4,0 B
Média	248	237	242	4,0	4,1	4,1

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade

Com relação ao teor de nitrogênio no grão, os valores médios de cada local foram muito próximos e a análise de variância não indicou efeito significativo de locais, mas houve diferenças entre os fungicidas nas duas localidades. Em Lambari, apenas Carbomax proporcionou TNG inferior aos demais tratamentos, inclusive à testemunha sem fungicida. Sementes não tratadas se mostraram capazes de proporcionar teor de N no grão equivalente ao dos melhores fungicidas. Em Lavras, entretanto, os fungicidas Carbomax e Maxim XL forneceram menor TNG e não diferiram da testemunha sem fungicida.

Algum fator desfavorável pode ter ocorrido em Lavras, afetando não apenas o tratamento isento de químicos na semente, como também os que receberam os produtos Maxim XL e Carbomax. Os três tratamentos

apresentaram valores de TNG equivalentes e inferiores aos do Vitavax-Thiram e Certeza. Esse resultado sugere que os dois últimos fungicidas, os quais contêm carboxina + thiram (Vitavax-Thiram) e fluazinam + tiofanato-metílico (Certeza) na formulação poderiam ter controlado algum patógeno na cultura, garantindo teores de N superiores no grão produzido em Lavras. Este argumento, entretanto, não tem sustentação porque não foram observados sintomas de quaisquer enfermidades no feijoeiro nos outros tratamentos.

Outra hipótese que poderia ser levantada seria a existência de algum efeito estimulante ou elicitador daqueles fungicidas sobre a translocação de N para os grãos, porque esses efeitos dos tratamentos fungicidas foram detectados sobre o TNG, mas não haviam sido detectados sobre o TNPA por ocasião do florescimento (Tabelas 3 e 4). Neste caso, entretanto, o produto à base de carbendazim (Carbomax), inferior nas duas localidades (Tabela 7), certamente não apresentaria essa propriedade.

Com a cv. Carnaval de ervilha (*Pisum sativum*), Kutcher et al. (2002) também observaram efeitos dos fungicidas sobre o teor de N no grão, que variaram conforme o local de cultivo no Canadá. Em Outlook, por exemplo, a aplicação isolada de Thiram proporcionou teores de N inferiores aos obtidos com aplicações de Apron (metalaxyl) na semente, mas o efeito negativo do produto foi eliminado quando ambos os produtos foram combinados, permitindo TNG equivalentes aos da aplicação de Apron. Ainda assim, os pesquisadores concluíram não ter existido vantagens na aplicação dos pesticidas, que ora se assemelharam à testemunha e ora foram inferiores. Em outra localidade, Swith Corrent, todavia, apenas a combinação dos dois produtos garantiu altas percentagens do nutriente no grão, justificando o tratamento químico de sementes. Deve ser mencionado, entretanto, que nesse trabalho com ervilha, houve incidência de *Fusarium spp.*, com baixo níveis de severidade.

No presente trabalho não houve interferência da inoculação sobre o TNG, assim como também verificaram Ferreira et al. 2009 e Pelegrin et al., 2009.

Com relação aos componentes do rendimento, o número de vagens por planta (VP), de grãos por vagem (GV) e o peso médio de cem grãos (PCG) quase não se alteraram com o emprego dos fungicidas e nem mesmo com as inoculações (Tabela 6). Araújo et al. (2007), também não obtiveram variações no VP e GV da cultivar Carioca, mesmo quando o inoculante (CIAT 899^T + PRF 81) esteve em contato com a formulação carbendazim. Fato semelhante foi mencionado por Guene, Diouf e Gueye (2003) com a cv. Paulista e a estirpe ISRA 554 de *R. tropici* quando na presença de diclorofenthion-thiram.

Equivalência de VP, GV e PCG entre tratamentos inoculados e não inoculados com rizóbio, como no presente trabalho, foi igualmente registrada por Araújo et al. (2007) e também por Rufini et al. (2011) com a cv. BRSMG Majestoso. Os autores atribuíram os resultados à boa atuação das bactérias nativas instaladas naqueles solos.

No trabalho de Fonseca (2011), as inoculações não afetaram o GV, mas a estirpe CIAT 899^T produziu mais VP que os rizóbios nativos, enquanto a UFLA 04-173 apresentou PCG menor. Bassan et al. (2001), ao contrário, verificaram que a inoculação com a estirpe CIAT 899^T reduziu o VP, GV e PCG em relação aos que não foram inoculados, mas que isso não afetou a produtividade. Os autores associaram o ocorrido à agressividade da estirpe nativa, que dificultou a atuação da cepa introduzida, uma vez que estas competem pelos sítios de infecção nodular.

Embora tenha afetado o EF em Lambari (Tabela 7), o fungicida Vitavax-Thiram não prejudicou a formação de vagens, a fertilização dos óvulos ou o enchimento dos grãos (Tabela 6). Pelo contrário, o reduzido número de plantas conduziu a melhor utilização de água, luz e nutrientes disponíveis, dando

condições para que as plantas sobreviventes apresentassem VP, GV e PCG equivalentes aos dos demais tratamentos (Tabela 6).

Merece destaque a alta produtividade média alcançada nos ensaios, da ordem de 2.300 kg ha⁻¹, normalmente só atingida em cultivos de alto nível tecnológico (BARBOSA; GONZAGA, 2012). Esse valor representa quase três vezes o rendimento médio registrado em Minas Gerais pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013) na mesma safra (primavera-verão 2012/13), próximo de 820 kg ha⁻¹.

Acompanhando o efeito sobre os componentes da produtividade, as características rendimento de grãos (REND) e acúmulo de N nos grãos (ANG) não foram influenciadas pela inoculação e nem pelos fungicidas nas sementes (Tabela 6). Na literatura, entretanto, são encontrados vários trabalhos que demonstram resposta positiva da inoculação sobre ANG e REND do feijoeiro. Mostasso et al. (2002), por exemplo, afirmaram que o emprego da inoculação, com cultivares, estirpes e condições adequadas (adubações generosas com fósforo e potássio, além de aplicações de micronutrientes), pode alcançar produtividade de até 2.600 kg ha⁻¹, pouco acima das verificadas no presente estudo.

No presente trabalho, rendimentos de 2.300 kg ha⁻¹ foram obtidos mesmo sem inoculação, ou seja, apenas com as bactérias nativas (Tabela 6). Do mesmo modo, Moraes et al. (2010) verificaram que a inoculação com estirpes eficientes ou mesmo a FBN promovida por rizóbios nativos, pode reduzir o fornecimento de N mineral sem afetar a produtividade do feijoeiro.

Com base no desempenho da testemunha sem fungicida quanto ao REND e ANG, equivalente aos dos fungicidas avaliados, admite-se não ter existido vantagens do tratamento químico sobre essas variáveis (Tabela 6). Resultados semelhantes foram relatados por Zilli et al. (2009) em soja quando inoculadas as estirpes SEMIA 5080/ 5079 ou 5019 de *Bradyrhizobium elkanii*;

com a estirpe SEMIA 587, todavia, houve queda na quantidade de grãos produzidos e de N acumulado, com decréscimos mais pronunciados com o uso carbendazim + thiram.

Do mesmo modo, Guene, Diouf e Gueye (2003) não observaram variação na produção de feijão quando associaram inoculação (*R. etli*) ao diclorofenthion-thiram em sementes; com *R. tropici*, entretanto, as reduções atingiram 20% no REND e 26% no ANG, em comparação à testemunha apenas inoculada.

A ausência de respostas ao emprego de fungicidas no presente estudo sugere a ocorrência de fatores adversos, que impediram que o ingrediente ativo exercesse sua função (BARBOSA; GONZAGA, 2012; GOURLAT, 1998). Outras possibilidades dizem respeito à boa procedência da semente (BARBOSA; GONZAGA, 2012), à bagagem genética da cultivar (PEREIRA et al., 2013) ou até mesmo à ação antifúngica desempenhada pelos rizóbios (OLIVEIRA-LONGATHI; MARRA; MOREIRA, 2013), os quais podem ter atuado como proteção adicional à planta. Deve ser lembrado, entretanto, que no presente trabalho não foram constatados quaisquer sintomas de ocorrência de doenças.

Já o ambiente de cultivo exerceu forte efeito sobre o rendimento de grãos, seus componentes primários e N acumulado, da mesma forma que Fonseca (2011) e Soares (2011) verificaram influência significativa do local de instalação dos experimentos sobre REND, VP, GV, PCG e ANG.

Em Lavras ocorreram os mais elevados valores de VP e PCG (Tabela 7). O grão foi maior nessa localidade, superando o peso relatado por ocasião do registro da cultivar utilizada (BRSMG Madrepérola), de 24,5 g (ABREU et al., 2011). Esse resultado foi determinante para que Lavras sobressaísse também em termos de produtividade (Tabela 7).

Contrariando estudos que sinalizam menor resposta do GV a modificações do ambiente (CALONEGO et al., 2010; VIANA et al., 2011), essa variável também foi influenciada pelo local. Em Lambari, as plantas atingiram a maior GV do estudo, o que possivelmente foi influenciado pelo menor VP apresentado pelo feijoeiro nessa localidade. A literatura é farta de relatos de existência de correlação negativa entre as duas variáveis, ou seja, quanto maior o VP, menor o GV. Nos ensaios realizados por Soares (2011) em Bambuí, Pitangui e Presidente Olegário, por exemplo, foi observada a mesma correlação.

Apesar do maior GV em Lambari, o ocorrido não foi suficiente para que se atingisse o rendimento de grãos (REND) observado em Lavras. Por outro lado, em Lavras houve maior VP e maior PCG, os quais foram decisivos para os maiores rendimentos de grãos nessa localidade (Tabela 7).

De modo geral, o PCG manteve relação de compensação com o GV. Isso significa que quando as vagens produziram pequeno número de grãos, os mesmos se apresentaram mais pesados, o que leva a crer que o equilíbrio fisiológico entre fonte e dreno pode ter regido aquela relação.

Como já mencionado, o teor de TNG teve médias muito semelhantes nos dois locais, mas o ANG em Lavras foi 20% maior que em Lambari, devido ao maior REND apresentado.

3.3 Correlações entre as características avaliadas

Na Tabela 8 são apresentadas as estimativas do coeficiente de correlação de Pearson obtidas com os valores das características na análise conjunta. Como pode ser observado, de maneira geral, essas estimativas coincidiram com as encontradas na literatura e confirmam uma série de argumentos empregados anteriormente nas discussões desse trabalho. Neste sentido, destacam-se as

correlações positivas entre MSPA e ANPA e entre REND e ANG, e as correlações negativas entre MSPA e SPAD e entre EF e VP (Tabela 8).

Tabela 8 Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre as características avaliadas na floração (massa seca-MSN de nódulos, massa seca da parte aérea-MSPA, teor-TNPA e acúmulo de nitrogênio na parte aérea-ANPA, leituras SPAD e percentagem de leituras SPAD-PS) e da maturação (estande final por planta-VP e de grãos por vagem-GV, peso de cem grãos-PCG, teor-TNG e acúmulo de nitrogênio nos grãos-ANG e rendimento de grãos-REND) do feijoeiro cv. BRSMG Madrepérola. Safra 2012/13

Coeficiente da Correlação de Pearson – Análise conjunta												
	NN	MSN	MSPA	TNPA	ANPA	SPAD	PS	EF	VP	GV	PCG	REND
NN		0,73**				0,20	0,20	0,15	-0,18	0,05	-0,21	-0,20
MSN			0,01	0,00	0,02	-0,21*	-0,19	0,15	-0,01	-0,17	0,18	0,06
MSPA				-0,19	0,28**	-0,62**	-0,56**	0,13	0,15	-0,38**	0,48**	0,30**
TNPA					0,22*	0,29**	0,23*	-0,22*	0,02	0,28*	-0,38**	-0,15
ANPA						-0,49**	-0,45**	0,04	0,15	-0,26*	0,28**	0,23*
SPAD							0,98**	-0,13	-0,28**	0,56**	-0,69**	-0,50**
PS								-0,12	-0,27**	0,52**	-0,65**	-0,47**
EF									-0,34**	0,08	0,16	0,20
VP										-0,36**	0,18	0,49**
GV											-0,42**	-0,27*
PCG												0,60**
REND												
TNG												
ANG												

** e *: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste t

4 CONCLUSÕES

Os fungicidas não influenciam a nodulação, o crescimento do feijoeiro, o N na parte aérea e nem o rendimento de grãos.

Os rizóbios nativos proporcionam nodulação e rendimento de grãos equivalentes à da inoculação com a estirpe CIAT 899^T.

Não há efeito do tratamento fungicida sobre o estande em Lavras, mas o produto Vitavax-Thiram reduz o estande final do feijoeiro dependendo do local.

Em Lambari, o produto Carbomax propicia menor teor de N nos grãos em relação à testemunha e demais tratamentos fungicidas.

O ambiente tem grande influência sobre as características avaliadas. Em Lavras há maior número de nódulos, maior teor de clorofila, maior acúmulo de N na parte aérea, maior número de vagens por planta, maior peso de cem grãos e maior acúmulo de N nos grãos, o que resulta em maior rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS

AAMIL, M.; ZAYD, A.; KHAN, M. S. Fungicidal impact on chickpea--Mesorhizobium symbiosis. *Journal of Environmental Science and Health. Part B*, New York, v. 39, n. 5/6, p. 779-790, 2004.

ABREU, A. F. B. et al. **BRSMG Madrepérola**: cultivar de feijão tipo Carioca com escurecimento tardio dos grãos. Santo Antônio do Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. (Comunicado técnico, 200).

ARAÚJO, A. S. F.; ARAÚJO, R. S. Sobrevivência e nodulação do *Rhizobium tropici* em sementes de feijão tratadas com fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 3, p. 973-976, maio/jun. 2006.

ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira**: 2012-2014. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p. (Documentos, 272).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit**: sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 9 abr. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 30, de 12 de nov. 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa da União**, Brasília, DF, 17 nov. 2010. Disponível em: <http://www.fiscolex.com.br/doc_13261309_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_30_DE_12_DE_NOVEMBRO_DE_2010.aspx>. Acesso em: 25 mar. 2012.

BASSAN, D. A. Z. et al. 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.

CALONEGO, J. C. et al. Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 41, n. 3, p. 334-340, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB.
Acompanhamento de safra brasileira: grãos: décimo levantamento, julho 2013. Brasília, DF. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_09_04_53_boletim_graos_junho_2013.pdf> Acesso em: 31 jul. 2013.

DÖBEREINER, J.; ARRUDA, N. B.; PENTEADO, A. F. Avaliação da fixação do nitrogênio em leguminosas pela regressão do N total das plantas sobre o peso de nódulos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 1, p. 233-237, 1966.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2000. 385 p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción**. Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

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

FERREIRA, P. A. A. et al. Efficient nitrogen-fixing *Rhizobium* strains isolated from amazonian soils are highly tolerant to acidity and aluminium. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Heidelberg, v. 28, n. 5, p. 1947-1959, May 2012.

FERREIRA, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, out. 2009.

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. **Laboratory manual of general microbiology**. New York: McGraw-Hill, 1928. 143 p.

FONSECA, G. G. **Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com estirpes de rizóbio em Minas Gerais**. 2011. 165 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

GOULART, A. C. P. **Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas em condições de déficit hídrico do solo**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 6 p. (Comunicado técnico, 106).

GOULART, A. C. P. Tratamento de sementes de soja com fungicidas para o controle de patógenos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 127-131, 1998.

GRAHAM, P. H. et al. Survival of *Rhizobium phaseoli* in contact with chemical seed protectant. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 4, p.625-627, 1980.

GRAHAM, P. H.; HALLIDAY, J. Inoculation: nitrogen fixation in the gender *Phaseolus*. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE *RHIZOBIUM*, 8., 1976, Cali. **Anais...** Cali: CIAT, 1976. p. 313-337.

GUENE, N. F. D.; DIOUF, A.; GUEYE, M. Nodulation and nitrogen fixation of field grown common bean (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by fungicide seed

treatment. **African Journal of Biotechnology**, [S.l.], v. 2, n. 7, p. 198-201, July, 2003.

HENSEN, B. et al. Fungicide seed treatment effects on disease and nodulation of field pea in North Dakota. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 92, p. 245-249, 2004.

KANEKO, F. H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KUCEY, R. M. N.; BONETTI, R. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and captan on growth and N, fixation by *Rhizobium-inoculated* field beans. **Canadian of Soil Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, p. 143-149, 1988.

KUTCHER, H. R. et al. Rhizobium inoculant and seed-applied fungicide effects on field pea production. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 82, n. 4, p. 645-651, 2002.

KYEI-BOAHEN, S.; SLINKARD, A. E.; WALLEY, F. L. Rhizobial survival and nodulation of chickpea as influenced by fungicide seed treatment. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 47, n. 6, p. 585-589, June 2001.

LOPES, E. S.; PORTUGAL, E. P. Compatibilidade entre o tratamento de sementes de amendoim com fungicidas, sobrevivência de *Rhizobium* e nodulação. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 45, n. 2, p. 293-302, 1986.

MACHADO, J. C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2000. 138 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, SP: Potafos, 1997. 319 p.

- MORAES, W. B. et al. Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. **Idesia**, Tarapacá, v. 28, n. 1, p. 61-68, jan./abr. 2010.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2006. 729 p.
- MOSTASSO, L. et al. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 121-132, Jan. 2002.
- NASCIMENTO, R. do et al. Índice SPAD em feijão caupi inoculado com rizóbio e submetidos a diferentes níveis de salinidade. **Revista Verde**, Mossoró, RN, v. 7, n. 3, p. 14-16, jul./set. 2012.
- OLIVEIRA, I. P. et al. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, SP: Potafós, 1996. p. 169-221.
- OLIVEIRA-LONGATTI, S. M. O.; MARRA, L. M.; MOREIRA, F. M. S. Evaluation of plant growth-promoting traits of *Burkholderia* and *Rhizobium* strains isolated from Amazon soils for their co-inoculation in common bean. **African Journal of Microbiology Research**, [S.l.], v. 7, n. 11, p. 948-959, Mar. 2013.
- OLIVEIRA, R. L. et al. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 1, p. 113-119, jan./fev. 2009.
- PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 219-226, jan./fev. 2009.

PEREIRA, C. E. et al. Efeito do tratamento das sementes de soja com fungicidas e período de armazenamento na resposta da planta inoculada com *Bradyrhizobium*. **Revista Agroambiente**, Roraima, RR, v. 4, p. 62-66, jul./dez. 2010.

PEREIRA, C. E. et al. Tratamento fungicida via peliculização e inoculação de *Bradyrhizobium* em sementes de soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 40, n. 3, p. 433-440, jul./set. 2009.

PEREIRA, E. A. R et al. Evaluation of resistance in common bean genotypes to the causal agent of angular leaf spot. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Michigan, v. 56, p. 33-34, 2013.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2009. 451 p.

RAMOS, M. L. G.; RIBEIRO JR., W. Q. Effect of fungicides on survival of *Rhizobium* on seeds and the nodulation of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, p. 145-150, 1993.

RENNIE, R. J. et al. The effect of seed-applied pesticides on growth and N₂ fixation in pea, lentil, and fababean. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 65, n. 1, p. 23-28, 1985.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 306-307.

ROMANINI JR., A. et al. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro-comum, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 23, n. 4, p. 74-82, 2007.

RUFINI, M. et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 81-88, jan. 2011.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1979. 27 p.

SILVA NETO, M. L. et al. Compatibilidade do tratamento de sementes de feijão-caupi com fungicidas e inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 1, p. 80-87, jan. 2013.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, set. 2003.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II- Feijoeiro-comum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 803-811, set./out. 2006.

SOARES, B. L. **Avaliação técnico-econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes**. 2011. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

VIANA, T. O. et al. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 1, p. 115-120, jan./fev. 2011.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1991. 449 p.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; RAMOS, J. A. O. **Produção de semente de feijão**. Viçosa, MG: Ed. UFV. 131 p. 1993. 449 p.

ZILLI, J. E. et al. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 1875-1881, 2010.

ZILLI, J. E. et al. Influence of fungicide seed treatment on Soybean nodulation and grain yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 917-923, July/Aug. 2009.