



**MARISLAINE ALVES DE FIGUEIREDO**

**INOCULAÇÃO COM *Rhizobium* spp. E  
ADUBAÇÕES NITROGENADA E MOLÍBDICA  
NO FEIJOEIRO-COMUM**

**LAVRAS - MG**

**2012**

**MARISLAINE ALVES DE FIGUEIREDO**

**INOCULAÇÃO COM *Rhizobium* spp. E ADUBAÇÕES NITROGENADA  
E MOLÍBDICA NO FEIJOEIRO-COMUM**

Dissertação 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 Mestre.

Orientador

Dr. Messias José Bastos de Andrade

Coorientadora

Dra. Fatima Maria de Souza Moreira

**LAVRAS - MG**

**2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Figueiredo, Marislaine Alves de.

Inoculação com *Rhizobium* spp. e adubações nitrogenada e molibdica no feijoeiro-comum / Marislaine Alves de Figueiredo. – Lavras : UFLA, 2012.

99 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Molibdênio. 3. Nitrogênio. 4. Fixação biológica de nitrogênio. 5. Bactérias nitrificantes. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.65289

**MARISLAINE ALVES DE FIGUEIREDO**

**INOCULAÇÃO COM *Rhizobium* spp. E ADUBAÇÕES NITROGENADA  
E MOLÍBDICA NO FEIJOEIRO-COMUM**

Dissertação 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 Mestre.

APROVADA em 06 de setembro de 2012.

Dra. Fatima Maria de Souza Moreira	UFLA
Dra. Neiva Maria Batista Vieira	IFET – Machado
Dra. Ligiane Aparecida Florentino	UFLA

Dr. Messias José Bastos de Andrade  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2012**

A Deus, por sempre me abençoar e iluminar o meu caminho . Aos meus pais, Heider e Marlene, pela dedicação, amor e exemplo e por estarem sempre ao meu lado, me ajudando em tudo o que preciso. Aos meus irmãos Hedeilson, Milene e Madeleine, pelo amor incondicional. Aos meus cunhados pelo apoio e aos meus sobrinhos lindos, Henrique e Henzo, por existirem. As minhas avós queridas, Terezinha e Maria Augusta, pela ajuda e carinho. Ao Danilo, pelo companheirismo e amor. Aos meus familiares e amigos por acreditarem na minha vitória.

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Heider e Marlene, aos meus irmãos Hedeilson, Milene e Madeleine, aos meus cunhados, Jaqueline, Flavinho e Daniel, as minhas avós Terezinha e Maria Augusta, aos meus sobrinhos Henrique e Henzo e ao meu amor, Danilo, pela paciência, dedicação, amor e incentivo a seguir sempre em frente. Amo vocês.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Messias José Bastos de Andrade pela orientação, amizade e contribuições para minha formação profissional.

À professora Dra. Fatima Maria de Souza Moreira pela coorientação e contribuição para conclusão deste trabalho.

Ao Departamento de Ciência do Solo, em especial ao Laboratório de Microbiologia do Solo pela disponibilidade em ceder o local e materiais para a realização dos trabalhos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

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

Aos funcionários do Departamento de Agricultura, setor de Grandes Culturas, Alessandro, Júlio e Agnaldo, pela ajuda na execução das atividades.

Aos colegas de trabalho, Diego, Henrique, Otávio, Wagner, Guilherme e em especial, à Dâmiany e Bruno pela amizade, dedicação, companheirismo,

ajuda e ensinamentos, que foram de grande valia para a realização deste trabalho.

Às amigas Dayana, Noêmia, Raquel e Lara pela amizade e incentivo.

## RESUMO

O feijoeiro é exigente em nutrientes, sendo o nitrogênio (N) o mais absorvido. Devido às perdas, poluição ambiental e elevado custo dos fertilizantes nitrogenados, a fixação biológica de N (FBN) se torna uma possível solução. O molibdênio (Mo), presente nas enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, é decisivo no metabolismo do nitrogênio, inclusive na FBN. Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito da aplicação foliar de Mo na presença de inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio e adubação nitrogenada de semeadura. Foram conduzidos dois experimentos de campo na safra primavera-verão 2011/2012 em Patos de Minas e Pitangui. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com três repetições e esquema fatorial  $(3 \times 2 \times 2) + 1$ , envolvendo três tipos de inoculação (estirpes CIAT 899<sup>T</sup> de *Rhizobium tropici*, UFLA 02-100 de *Rhizobium etli*, e ausência de inoculação), duas doses de Mo foliar (0 e 80 g ha<sup>-1</sup>), duas doses de N na semeadura (0 e 20 kg ha<sup>-1</sup>) e um tratamento adicional (40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura). A cultivar foi a BRS MG Madrepérola. As fontes de N e de Mo foram ureia e molibdato de sódio, respectivamente. Cada parcela teve 6 linhas de 4m de comprimento, espaçadas de 0,50m. No preparo dos inoculantes, as estirpes foram inoculadas em *erlenmeyer* contendo meio 79 esterilizado; após 4 dias de crescimento, na fase log, o material foi transferido para *erlemmeyer* contendo turfa esterilizada; a mistura resultante, na proporção 3:2 (m:v) turfa:cultura, foi empregada na base de 100 g por 10 kg de semente, utilizando solução de sacarose 10% como adesivo. A qualidade do inoculante foi monitorada, observando-se o número mínimo legal de células viáveis (10<sup>9</sup> células de *Rhizobium* por grama de inoculante). Na floração foram avaliados: número de nódulos, massa seca de nódulos e da parte aérea, teor e acúmulo de N na parte aérea e a eficiência relativa dos tratamentos. Na colheita, foram avaliados o estande final, o rendimento de grãos e seus componentes (peso de 100 grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem). Em Pitangui obteve-se ainda o teor e o acúmulo de N nos grãos. As populações nativas de rizóbio das duas localidades proporcionam nodulação, crescimento e teor de N na parte aérea do feijoeiro equivalentes à das estirpes inoculadas. Em Patos de Minas é maior o estande final e a nodulação do feijoeiro. Nos dois ambientes, 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura não alteram a nodulação, mas reduzem o estande final. A dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N proporciona maior crescimento do feijoeiro. A aplicação foliar de Mo eleva o rendimento de grãos em solo com pH não corrigido, como o de Patos de Minas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Molibdênio. Nitrogênio. Fixação biológica de nitrogênio.

## ABSTRACT

The bean plant is demanding in nutrients, nitrogen (N) being the most absorbed. Due to losses, environmental pollution and the high cost of nitrogen fertilizer, the biological nitrogen fixation (BNF) becomes a possible solution. The molybdenum (Mo), present in the nitrogenase and reductase of the nitrate enzymes, is decisive in nitrogen metabolism, including in BNF. This study had as objective to verify the effect of foliar application of Mo in the presence of seed inoculation with two strains of rhizobia and nitrogen fertilization of sowing. Two experiments were conducted in the field in the spring-summer 2011/2012 harvest in Patos de Minas and Pitangui. The experimental design was a randomized block design with three replications and a factorial (3 x 2 x 2) + 1, involving three types of inoculation (strains CIAT 899<sup>T</sup> of *Rhizobium tropici*, UFLA 02-100 of *Rhizobium etli*, and no inoculation), two doses of Mo foliar (0 and 80 g ha<sup>-1</sup>), two doses of N at sowing (0 and 20 kg ha<sup>-1</sup>) in an additional treatment (40 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing and 40 kg ha<sup>-1</sup> of N in coverage). The cultivar was BRS MG Madrepérola. The sources of N and Mo were urea and sodium molybdate, respectively. Each plot had 6 rows of 4m length, spaced of 0.50m. In the preparation of inoculants, the strains were inoculated into erlenmeyer containing medium 79 sterilized; after 4 days of growth in log phase, the material was transferred for erlemmeyer containing sterilized peat; resulting mixture in the proportion 3:2 (m:v) peat:culture was used at 100 g per 10 kg of seed, using solution of sucrose 10% as an adhesive. The inoculant quality was monitored by observing the legal minimum number of viable cells (10<sup>9</sup> cells of *Rhizobium* per gram of inoculant). At flowering were evaluated: number of nodules, dry weight of nodules and shoot, content and N accumulation in the shoot and the relative efficiency of the treatments. At harvest were evaluated the final stand, the grain yield and its components (weight of 100 grains, number of pods per plant and number of grains per pod). In Pitangui obtained even the content and N accumulation in the grains. The native populations of rhizobia of two locations provide nodulation, growth and N content in shoot of bean plant equivalent to the strains inoculated. In Patos de Minas is the largest final stand and nodulation of bean plant. In both environments, 20 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing not affect the nodulation, but reduce the final stand. A dose 80 kg ha<sup>-1</sup> of N provides greater bean plant growth. The foliar application of Mo increases the yield of grains in soils with pH uncorrected, as of the Patos de Minas.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Molybdenum. Nitrogen. Biological nitrogen fixation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Variações diárias de precipitação pluvial no período de novembro/2011 a março/2012, no experimento conduzido em Patos de Minas, MG.....	34
Figura 2	Variações diárias de temperatura no período de novembro/2011 a março/2012, no experimento conduzido em Patos de Minas, MG...	35
Figura 3	Variações diárias de umidade relativa do ar no período de novembro/2011 a março/2012, no experimento conduzido em Patos de Minas, MG.....	36
Figura 4	Variações diárias de precipitação pluvial no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG .....	37
Figura 5	Variações diárias de temperatura no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG .....	38
Figura 6	Variações diárias de umidade relativa do ar no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultados da análise química de amostras de material dos solos utilizados, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, nas localidades de Patos de Minas e Pitangui, MG, 2011 .....	33
Tabela 2	Principais características das estirpes utilizadas .....	40
Tabela 3	Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) dos dados referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro, cultivar BRS MG Madrepérola, obtidos na floração, 2012.....	46
Tabela 4	Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (Efr) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio (ANPA) na parte aérea do feijoeiro, cultivar BRS MG Madrepérola, nos diferentes níveis dos fatores, na avaliação realizada na floração, 2012.....	48
Tabela 5	Valores médios de número (unidade/10 plantas) e massa seca (g/10 plantas) de nódulos em função de locais e doses de molibdênio, 2012.....	49
Tabela 6	Matéria seca da parte aérea (g/10 plantas) de plantas de feijão em plena floração, em função de locais, para cada combinação de doses de molibdênio e de nitrogênio, 2012 .....	53
Tabela 7	Teor de nitrogênio (%) na parte aérea de plantas de feijão em plena floração, em função de locais, para cada combinação de doses de nitrogênio e de molibdênio, 2012 .....	55

Tabela 8	Acúmulo de nitrogênio na parte aérea (g/10 plantas) de plantas de feijão em plena floração, em função de locais, para cada combinação de doses de molibdênio e de nitrogênio, 2012.....	55
Tabela 9	Matéria seca da parte aérea (g/10 plantas) de plantas de feijão em função de locais, doses de nitrogênio e de molibdênio, obtida na floração, 2012.....	56
Tabela 10	Teor de nitrogênio na parte aérea (%) de plantas de feijão em função de locais, doses de nitrogênio e de molibdênio, obtido na floração, 2012.....	57
Tabela 11	Acúmulo de nitrogênio na parte aérea (g/10 plantas) de plantas de feijão em função de locais, doses de nitrogênio e de molibdênio, obtido na floração, 2012.....	57
Tabela 12	Matéria seca da parte aérea (g/10 plantas) de plantas de feijão, cultivar BRS MG Madrepérola, para avaliar o contraste fatorial vs adicional, nas duas localidades, 2012 .....	59
Tabela 13	Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) dos dados referentes a estande final (EF), número de vagens planta <sup>-1</sup> (VP) e de grãos vagem <sup>-1</sup> (GV), peso de cem grãos (P100) e rendimento de grãos de feijão (REND), cultivar BRS MG Madrepérola, obtidos na maturação, 2012.....	61
Tabela 14	Valores médios de estande final (EF), número de vagens planta <sup>-1</sup> (VP) e de grãos vagem <sup>-1</sup> (GV), peso de cem grãos (P100) e rendimento de grãos de feijão (REND), cultivar BRS MG Madrepérola, nos diferentes níveis dos fatores, na avaliação realizada na maturação, 2012.....	64
Tabela 15	Valores médios de estande final (mil plantas ha <sup>-1</sup> ) e número de grãos por vagem em função de locais e doses de nitrogênio, 2012.....	65

Tabela 16	Estande final (mil plantas ha <sup>-1</sup> ) de plantas de feijão, cultivar BRS MG Madrepérola, para avaliar o contraste fatorial vs adicional, nas duas localidades, 2012.....	65
Tabela 17	Peso médio de cem grãos (g) de feijão em função de inoculação e doses de N e de Mo, 2012 .....	70
Tabela 18	Peso médio de cem grãos (g) de feijão em função de inoculação, para cada combinação de doses de N e de Mo, 2012.....	71
Tabela 19	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) de feijoeiro-comum de função de locais e doses de molibdênio, 2012 .....	74
Tabela 20	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes a teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) de feijão, cultivar BRS MG Madrepérola, obtidos na maturação em Pitangui-MG, 2012 .....	77
Tabela 21	Valores médios de teor (TNG) e acúmulo (ANG) de nitrogênio nos grãos de feijão, cultivar BRS MG Madrepérola, nos diferentes níveis dos fatores, na avaliação realizada na maturação, 2012 .....	78
Tabela 22	Teor médio de nitrogênio (%) nos grãos de feijão em função de doses de nitrogênio e de molibdênio, obtidos na maturação, 2012.....	79

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1	Importância do feijoeiro-comum e da FBN .....	16
2.2	Quantidade de N fixadas pelo feijoeiro-comum.....	19
2.3	Estirpes de <i>Rhizobium</i> .....	20
2.4	Disponibilidade de N x nodulação e fixação simbiótica no feijoeiro.....	23
2.5	Rizóbio do inoculante x microrganismos nativos .....	25
2.6	Molibdênio .....	26
2.7	Fixação biológica de nitrogênio e aplicação foliar de molibdênio.....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
4.1	Floração.....	45
4.1.1	Nodulação.....	47
4.1.2	Crescimento do feijoeiro e teor e acúmulo de N na parte aérea.	53
4.2	Maturação .....	59
4.2.1	Estande Final .....	62
4.2.2	Componentes primários do rendimento .....	65
4.2.2.1	Número de vagens por planta (VP).....	66
4.2.2.2	Número de grãos por vagem (GV).....	68
4.2.2.3	Peso médio de cem grãos (P100).....	69
4.2.3	Rendimento de grãos (REND).....	71
4.2.4	Teor (TNG) e acúmulo de N no grão (ANG) em Pitangui .....	75
5	CONCLUSÕES .....	81
	REFERÊNCIAS .....	82

## 1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio é o nutriente mais extraído e exportado pelo feijoeiro, que tem como fontes desse elemento o solo (por meio da decomposição da matéria orgânica), a aplicação de fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de  $N_2$  atmosférico (FBN). Nos solos tropicais, a decomposição da matéria orgânica é um processo rápido, que resulta em rápida mineralização do N, que fica sujeito a perdas. Os adubos nitrogenados, além do alto custo econômico e, às vezes, baixa frequência de resposta, os mesmos apresentam ainda um custo ecológico adicional nos solos tropicais, onde as suas perdas, principalmente por lixiviação e escoamento superficial, são estimadas em torno de 50% das quantidades aplicadas. O N perdido nesse processo é altamente poluente e, uma vez carregado para o lençol freático, provoca a contaminação dos aquíferos subterrâneos, rios e lagos. O aproveitamento dos benefícios da FBN é a mais importante solução para essa equação, mas, dentre as leguminosas, o feijoeiro-comum é aquela em que a FBN se apresenta com menor eficiência, em decorrência de diversos fatores relacionados ao ambiente, à bactéria, à planta, e à interação entre eles.

Devido à existência desses inúmeros fatores limitantes da FBN no feijoeiro-comum, a inoculação de sementes dessa espécie ainda possui descrédito junto aos agricultores e técnicos. Em nenhuma região produtora de feijão-comum do País, a inoculação de sementes é uma prática frequente e as recomendações oficiais de adubação geralmente ignoram ou são reticentes quanto à possibilidade de contribuição da FBN no atendimento à grande demanda de nitrogênio por essa leguminosa. Como consequência, o mercado de inoculantes para o feijoeiro-comum no Brasil é ainda insipiente, representando apenas 4% do mercado nacional, contra 95% dos inoculantes destinados à cultura da soja.

O feijoeiro, por ser uma cultura de ciclo curto e possuir um sistema radicular pouco profundo, é considerado exigente em nutrientes. O nitrogênio é o elemento absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro, e o molibdênio, um micronutriente importante no metabolismo do nitrogênio, bem como na fixação simbiótica desse nutriente. As principais funções do molibdênio estão ligadas à ação ou ativação enzimática, mais precisamente, no que diz respeito às enzimas nitrogenase e redutase do nitrato.

Melhor desenvolvimento do feijoeiro, maior número de vagens, melhor teor de nitrogênio nas folhas e melhor produção de grãos são geralmente verificados com a aplicação de molibdênio. Assim, o molibdênio tem despertado grande interesse em relação à cultura do feijão-comum, principalmente, devido aos resultados positivos que vêm sendo obtidos com a adubação mofbdica foliar.

Nos últimos anos tem aumentado o número de pesquisas que indicam a possibilidade da cultura realmente se beneficiar da FBN em condições de campo, desde que se aprimore o manejo dos fatores envolvidos, estabelecendo boas práticas de inoculação.

Desse modo, a aplicação de pequenas doses de nitrogênio no plantio associada à inoculação com rizóbio e adubação de molibdênio, via foliar, se torna uma importante ferramenta para que se obtenham acréscimos na produtividade do feijoeiro e garantam maior rentabilidade aos agricultores.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito da aplicação foliar de molibdênio, na presença de inoculação das sementes com diferentes estirpes de rizóbio e da adubação nitrogenada aplicada na semeadura, a fim de aumentar a eficiência da inoculação, visando à diminuição da utilização de fertilizantes e, conseqüentemente, os gastos com a adubação nitrogenada e os problemas ambientais advindos dessa aplicação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância do feijoeiro-comum e da FBN

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), com uma produção estimada no período 2011/2012 de 2,93 milhões de toneladas, ocupando uma área de 3,27 milhões de hectares (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012). Consequentemente, a produtividade média estimada de grãos de feijão para esta safra 2011/2012 é de 896 kg ha<sup>-1</sup>. Além desses números, a cultura dessa leguminosa tem sua importância social e econômica evidenciada: a) pelo enorme contingente de pequenos produtores e trabalhadores rurais ainda envolvidos na sua produção, a despeito da melhoria do nível tecnológico utilizado e da consequente mecanização e atração de grandes produtores e empresários para a sua cadeia produtiva, e b) por representar importante fonte proteica na dieta alimentar da população brasileira, principalmente de baixa renda.

A citada produtividade média da cultura no País situa-se abaixo da produtividade alcançada em outros grandes países produtores, nessa mesma época, como Estados Unidos e China, respectivamente, 1865 e 1622 kg ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2012).

Devido ao ciclo curto e pequena profundidade das raízes do feijoeiro, a baixa disponibilidade de nutrientes no solo é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade. Dado ao alto teor de nitrogênio (N) nos grãos e nos demais tecidos, esse é o nutriente mais extraído e exportado pela planta, que tem como fontes desse elemento: o solo (por meio da decomposição da matéria orgânica), a aplicação de fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de N<sub>2</sub> atmosférico.

Nos solos tropicais, a decomposição da matéria orgânica é um processo rápido, ocorrendo rápida 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 onde as suas perdas, principalmente 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 nesse processo é altamente poluente e, uma vez carregado para o lençol freático, provoca a contaminação dos aquíferos subterrâneos, rios e lagos. Outras perdas de N ocorrem em forma gasosa, retornando à atmosfera, principalmente por meio de desnitrificação e volatilização (SIQUEIRA et al., 1994).

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), como a maioria das leguminosas, é capaz de utilizar o N atmosférico fixado em suas raízes por bactérias do gênero *Rhizobium* e de outros gêneros (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). 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). No feijoeiro-comum, 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-FBN (ARAÚJO; TEIXEIRA; ALMEIDA, 2000; CASSINI; FRANCO, 2006; RAMOS et al., 2003). Nessa espécie, em particular, na qual as cultivares melhoradas foram selecionadas na presença de fertilizantes nitrogenados reduzindo a 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 com microrganismos nativos do solo resulta em baixíssima eficiência

da FBN na espécie. Do mesmo modo, aplicações de doses elevadas de N, principalmente na semeadura, tem ação negativa sobre a nodulação e a FBN (CASSINI; FRANCO, 2006; SOARES et al., 2006; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

Em Minas Gerais, as recomendações oficiais de adubação para o feijoeiro-comum variam de 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio e de 20 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, dependendo do nível tecnológico do produtor e expectativa de produtividade. Com a aplicação total de apenas 50 kg ha<sup>-1</sup> de N (plantio + cobertura), por exemplo, espera-se uma produtividade de 1800 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (CHAGAS et al., 1999), para a qual é estimada absorção de N superior a 100 kg ha<sup>-1</sup> (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, via fertilizante, não podem suprir toda a demanda do nutriente, sendo possível que a FBN seja responsável pela aquisição de parte do N necessário, mesmo sem o emprego da inoculação das sementes, ou seja, apenas com a contribuição de rizóbios nativos (CASSINI; FRANCO, 2006).

Além da relação do nitrogênio com a fixação simbiótica realizada por bactérias, o molibdênio exerce grande influência nesse processo. As principais funções desse micronutriente nas plantas estão relacionadas com o metabolismo do nitrogênio, mais precisamente, ligadas ao sistema enzimático da nitrogenase e da redutase do nitrato (DECHEN; HAAG; CARMELLO, 1991).

De acordo com a 5ª Aproximação (CHAGAS et al., 1999), deve-se efetuar a aplicação foliar de 60 g ha<sup>-1</sup> de Mo (154 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de sódio ou 111 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de amônio) na cultura do feijoeiro entre 15 e 25 DAE.

Vários trabalhos, que serão apresentados mais adiante, mostraram que aplicações de 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo proporcionaram elevadas produtividades em relação aos tratamentos que não receberam adubação foliar molíbdica.

## 2.2 Quantidade de N fixadas pelo feijoeiro-comum

Os resultados experimentais evidenciam ampla variação no potencial de fixação de nitrogênio do feijoeiro-comum no campo, já tendo sido observadas consideráveis quantidades de nitrogênio fixadas por plantas de feijoeiro inoculadas com *Rhizobium*. Rennie (1984), por exemplo, registrou fixação da ordem de até 110 kg ha<sup>-1</sup> de N por cultivo.

Para a maioria das cultivares de feijoeiro-comum utilizadas no Brasil, que apresenta boa nodulação e ciclo cultural de 80 a 90 dias, Duque et al. (1985), trabalhando com as cultivares Carioca, Negro Argel, Venezuela 350 e Rio Tabagi, e Mendes et al. (1995) estimaram que o potencial de fixação com inoculação fica em torno de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N por cultivo. Saito (1982), mais otimista, estimou uma contribuição média da ordem de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, o que, segundo o autor, representaria de 30 a 50% do N total acumulado pela planta. De acordo com Moreira e Siqueira (2006), a fixação média do feijoeiro varia desde 4 até 165 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Considerando a grande demanda de N pelo feijoeiro, tal fixação, muitas vezes, ainda não é suficiente para dispensar o uso de adubação com N mineral, mas pode ter fundamental efeito complementar. Como a eficiência de utilização do N do fertilizante raramente excede 50%, na ausência de simbiose é necessário fornecer à planta mais de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (BLISS, 1993). Em muitas regiões produtoras de Minas Gerais, como em municípios do Noroeste Mineiro, as quantidades aplicadas em lavouras irrigadas de inverno chegam a exceder 150 kg ha<sup>-1</sup> de N por ciclo de cultivo, o que se aproxima de uma taxa de aplicação de 2 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de N, econômica e ambientalmente condenável.

Uma possibilidade de reverter essa situação é o manejo da simbiose feijoeiro-rizóbio, considerando-se a aplicação do inoculante combinado com baixas doses de N (CASSINI; FRANCO, 2006).

### 2.3 Estirpes de *Rhizobium*

Inicialmente a simbiose com o feijoeiro era considerada bastante restrita, sendo relatada apenas com um grupo de bactérias, *Rhizobium phaseoli* (FRED; BALDWIN; McCOY, 1932), reclassificado posteriormente como *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* (JORDAN, 1984). Contudo, o avanço das metodologias de biologia molecular e a coleta de rizóbios em vários locais do mundo indicaram que essa leguminosa pode ser bastante promíscua em suas associações simbióticas e, até 1997, outras quatro espécies foram descritas: *R. tropici* (MARTINEZ-ROMERO et al., 1991), *R. etli* bv *phaseoli* (SEGOVIA; YOUNG; MARTINEZ-ROMERO, 1993), *R. gallicum* bvs *gallicum* e *phaseoli* e *R. giardini* bvs *giardini* e *phaseoli* (AMARGER; MACHERET; LAGUERRE, 1997). Atualmente, outras espécies/biovars de *Rhizobium* e de outros gêneros foram isolados de nódulos de feijoeiro, tais como *R. mongolense*, *R. etli* bv *mimosae*, *R. yangligense*, *Sinorhizobium fredii*, *S. americanum*, *Azorhizobium doebereineriae*, *Mesorhizobium loti* e *M. huakuii* (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Vários esforços continuam sendo feitos no sentido de se conhecer melhor a diversidade dos microrganismos que nodulam as raízes e fixam N no feijoeiro (CHUEIRE et al., 2003; MELLONI et al., 2006; SOARES et al., 2006; STOCCO et al., 2008).

O microssimbionte exerce grande influência na eficiência da FBN. O inoculante brasileiro, para o feijoeiro, durante muito tempo, foi produzido utilizando-se o rizóbio das espécies *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* e *Rhizobium etli*. Algumas dessas bactérias eram obtidas no exterior e testadas por instituições de pesquisa no Brasil (STRALIOTTO, 2011). Atualmente, sabe-se que as estirpes de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* e *R. etli* estão sujeitas ao 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 de feijoeiro no Brasil contêm duas estirpes de *R. tropici*: CIAT 899<sup>T</sup> (= BR 322 = SEMIA 4077) e PRF 81 (=BR 520 = SEMIA 4080). Foi observado que estirpes da espécie *R. tropici* são mais resistentes a temperaturas elevadas que as estirpes de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* (GOULART; BALDANI, 1993; OLIVEIRA; THUNG, 1988; RAPOUSEIRAS et al., 1998). Verificou-se maior competitividade de estirpes dessa espécie na nodulação do feijoeiro sob condições elevadas de acidez (VARGAS; GRAHAM, 1989; WOLFF et al., 1991).

Em experimentos em vasos, a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> mostrou-se mais competitiva em condições de baixo pH (STREIT et al., 1995) e altas temperaturas (OLIVEIRA; GRAHAM, 1990). Em campo, os resultados são variáveis, tendo apresentado baixa competitividade em solos do Havaí (THIES; BOHLOOL; SINGLETON, 1992) e em solos ácidos da Colômbia (WOLFF et al., 1991), e alta competitividade em solo de baixa fertilidade no Brasil (VLASSAK; VANDERLEYDEN; FRANCO, 1996; VLASSAK et al., 1997).

A estirpe PRF 81 foi isolada de solo do Paraná (HUNGRIA et al., 2000) e caracterizada como pertencente à espécie *Rhizobium tropici* (CHUEIRE et al., 2003).

Na Universidade Federal de Lavras, estirpes de rizóbio obtidas em diferentes sistemas de uso de terra (SUT), no Estado de Rondônia, demonstraram alta eficiência em vasos de Leonard (PEREIRA et al., 1998) e, posteriormente, experimentos de campo comprovaram alta eficiência agrônômica de algumas dessas estirpes em solos da região de Formiga (NOGUEIRA, 2005), Perdões (SOARES et al., 2006) e Lavras (FERREIRA et al., 2009) no Estado de Minas Gerais.

Na região de Formiga, com a cv. Pérola, Nogueira (2005) testou as estirpes BR 322 (CIAT 899<sup>T</sup>) 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<sup>-1</sup> de N). Observou-se 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.

Em Perdões, Soares et al. (2006) estudaram o comportamento das mesmas estirpes mais a estirpe UFLA 02-68 de *R. etli* bv. *mimosae*, além das testemunhas absoluta e nitrogenada (70 kg ha<sup>-1</sup> de N). Concluíram que a inoculação com as estirpes UFLA 02-86, UFLA 02-100 e UFLA 02 127 contribuiu significativamente para o aumento do rendimento, que variou de 826,43 kg ha<sup>-1</sup> a 909,65 kg ha<sup>-1</sup>, e para o acúmulo de N nos grãos da cv. Talismã, mas não diferiram da estirpe CIAT 899<sup>T</sup>.

Em Lavras, Ferreira et al. (2009), testando no campo as estirpes CIAT 899<sup>T</sup>, UFLA 02-100, UFLA 02-86, UFLA 02-127 e UFLA 02-68 inoculadas em sementes da cv. Talismã, verificaram que a estirpe UFLA 02-68 superou as demais, inclusive a CIAT 899<sup>T</sup>, e promoveu rendimento de grãos semelhante ao da testemunha com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Em um trabalho desenvolvido por Ferreira et al. (2012) em casa de vegetação, utilizando a cultivar BRS MG Talismã, verificou-se que a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> apresentou número e massa seca de nódulos semelhantes aos das estirpes UFLA 04-195, UFLA 04-173 e UFLA 04-202 de *Rhizobium miluonense*, mostrando alta eficiência simbiótica dessas estirpes.

As estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-68 foram as que apresentaram maior retorno econômico no trabalho desenvolvido por Soares (2012). Esse autor verificou também que pequenos e médios agricultores que utilizam de

baixo nível tecnológico de produção podem beneficiar-se da tecnologia de inoculação das sementes.

#### **2.4 Disponibilidade de N x nodulação e fixação simbiótica no feijoeiro**

Tanto a presença como a ausência de N afeta a FBN de várias formas. Pequenas quantidades de N aplicadas ao solo permitem aumento no crescimento de nódulos e maior FBN (BRITO; MURAOKA; SILVA, 2011; FULLIN et al., 1999; PELEGRIN et al., 2009; SOARES, 2012), enquanto níveis muito baixos de nitrato no solo podem ser limitantes à atividade simbiótica (ROSOLEM, 1987).

De maneira geral, aplicações de doses elevadas de N, principalmente na semeadura, têm ação negativa sobre a nodulação e a FBN (ANDRADE et al., 1998; CASSINI; FRANCO, 2006; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

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, ora com resultados positivos, ora sem efeito significativo.

Arf et al. (1991), estudando doses e modos de aplicação de N, associados ou não à inoculação de sementes com *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, verificaram efeito da inoculação sobre os componentes do rendimento do feijoeiro, mas não sobre a produtividade de grãos e qualidade de sementes. Bassan et al. (2001), utilizando a cv. Pérola e a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> de *R. tropici*, conduziram um fatorial 2x3x4 envolvendo inoculação (presença e ausência), molibdênio 75 g ha<sup>-1</sup> (ausência, via sulco e via foliar) e N cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup>) e apenas encontraram efeitos significativos das doses de N. Andrade et al. (2001), estudando a cv. Carioca-MG, não observaram diferenças de

rendimento de grãos entre a testemunha absoluta (1160 kg ha<sup>-1</sup>) e o tratamento apenas inoculado (1282 kg ha<sup>-1</sup>); a inoculação + N cobertura foi intermediário (1723 kg ha<sup>-1</sup>) e N semeadura + N cobertura foi o melhor tratamento (2241 kg ha<sup>-1</sup>).

Ao contrário, Ruschel, Saito e Tulmann Neto (1979) observaram que, nos tratamentos com inoculação e adubação nitrogenada (100 kg ha<sup>-1</sup>), 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) obtiveram resposta da cultura inoculada com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* à suplementação com N, sendo que os aumentos de produção variaram em função da dose e cultivar utilizada. Vieira et al. (2005) verificaram que, dependendo da safra, inoculação + PK na semeadura podem ter o mesmo efeito que N + PK na semeadura.

Romanini Júnior et al. (2007) estudaram ausência e presença de inoculação (estirpes de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* CENA CM 255 + CM 01 em 2002 e CM 255 + CM 225 em 2003) de sementes das cvs. Carioca Eté (2002) e Pérola (2003) combinadas com N mineral na semeadura (0 ou 10 kg ha<sup>-1</sup> de N, fonte ureia) e em cobertura (0, 25, 50 e 75 kg ha<sup>-1</sup> de N, fonte ureia). Concluíram que na média dos dois anos de estudo a inoculação proporcionou rendimento 17% significativamente maior que a não inoculação das sementes, que a adubação de semeadura teve efeito apenas em 2003 e que as doses de N em cobertura resultaram em acréscimo linear do rendimento dos grãos nos dois anos de estudo.

Pelegrin et al. (2009) associaram, na cv. Pérola, inoculação das sementes (*Rhizobium tropici* estirpe CIAT 899<sup>T</sup>) com 20 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral fonte ureia na semeadura e constataram que esse tratamento possibilitou rendimento de grãos de 3.339 kg ha<sup>-1</sup>, equivalente ao da aplicação de até 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, entre semeadura e cobertura (3.762 kg ha<sup>-1</sup>); a inoculação sem aplicação de N mineral

teve comportamento intermediário ( $3.131 \text{ kg ha}^{-1}$ ) entre a testemunha absoluta ( $2.967 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e os tratamentos que envolveram inoculação + N mineral.

No feijoeiro-comum de hábito determinado, um rápido declínio nas taxas de fixação tem sido observado na fase de enchimento de grãos (CASSINI; FRANCO, 2006). De acordo com Silva, Tsay e Bonnetti (1993), é possível que a adubação nitrogenada em cobertura possa compensar o rápido declínio da atividade fotossintética e da fixação do N, garantindo, assim, ganhos significativos de produtividade de feijão em simbiose eficiente com estirpes de rizóbio em solos com baixa fertilidade.

## **2.5 Rizóbio do inoculante x microrganismos nativos**

A baixa competitividade do rizóbio do feijoeiro com microrganismos nativos do solo resulta em baixíssima eficiência da FBN na espécie.

Para que uma estirpe de rizóbio possa ser recomendada para inoculação, é preciso que possua, dentre outros atributos, eficiência na fixação de  $\text{N}_2$  e capacidade de se estabelecer no solo e competir com os microrganismos ali presentes (ARAÚJO et al., 2007). Existe dificuldade no estabelecimento de estirpes eficientes no solo devido à alta promiscuidade do feijoeiro em relação ao microssimbionte (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Nesse sentido, Mercante et al. (1992) relataram que a falta de resposta do feijoeiro à inoculação é, muitas vezes, devido à presença de bactérias nativas no solo, que nodulam o feijoeiro mesmo em áreas nas quais a cultura nunca havia sido implantada. Vários autores confirmam esses resultados, ou seja, a presença de bactérias nativas no solo (KANEKO et al., 2010; PELEGRIN et al., 2009; SILVA et al., 2009; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

Assim, para a manutenção de elevadas produções com as atuais cultivares de feijoeiro-comum, o inoculante deverá vencer a sua principal

barreira, que é a competitividade com as estirpes nativas, que, naturalmente, têm baixo potencial de FBN (CASSINI; FRANCO, 2006) e grande adaptação aos solos onde habitam. De acordo com Triplett e Sadowsky (1992), entretanto, a superioridade das estirpes estabelecidas no solo, de um modo geral, resulta de uma questão numérica e não de maior competitividade dessas estirpes.

Considerando ainda, que diversos fatores bióticos e abióticos podem prejudicar a concentração de rizóbio introduzida pela inoculação, é interessante testar a introdução de maiores concentrações ou maiores doses de inoculante no caso da inoculação de sementes de feijoeiro-comum.

A investigação nesse sentido foi iniciada por Araújo et al. (2007) que compararam, na cv. Carioca, o emprego da dose recomendada de inoculante comercial ( $8 \text{ g kg}^{-1}$  de semente) com o emprego de duas doses ( $16 \text{ g kg}^{-1}$  de semente), na presença e ausência de tratamento de sementes com fungicida. Quando se realizou o tratamento de sementes, não houve diferenças entre doses, mas na ausência do tratamento, diferentemente do esperado, uma dose foi o tratamento que se destacou. Esse resultado sugere que o assunto precisa ser mais bem estudado.

## 2.6 Molibdênio

O molibdênio é um elemento de transição, que ocorre em solução aquosa, principalmente como óxido molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ), em sua mais alta forma oxidada. Várias propriedades do ânion molibdato  $\text{MoO}_4^{2-}$  se assemelham às de vários outros ânions inorgânicos divalentes, sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e fosfato ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) em particular, que tem importantes implicações na disponibilidade de molibdênio nos solos e na absorção pelas plantas (MARSCHNER, 1995).

No transporte a longas distâncias em plantas, o molibdênio é prontamente móvel no xilema e floema (KANNAN; RAMANI, 1978). A forma

em que o molibdênio é translocado é desconhecida, mas suas propriedades químicas indicam que o mais provável é o transporte como  $\text{MoO}_4^{2-}$ , ao invés da forma complexada (MARSCHNER, 1995).

Em plantas superiores, apenas algumas enzimas contêm molibdênio como um cofator. Essas enzimas possuem funções estruturais e catalíticas e estão diretamente envolvidas nas reações redox. As enzimas que contêm molibdênio são a nitrato redutase, nitrogenase, xantina oxidase / desidrogenase e, presumivelmente, sulfito redutase. As funções do molibdênio são, portanto, intimamente relacionadas com o metabolismo do nitrogênio e o requerimento de molibdênio depende fortemente do modo de fornecimento de nitrogênio (MARSCHNER, 1995).

Em leguminosas e não leguminosas dependentes da fixação de  $\text{N}_2$ , a exigência de molibdênio é grande, particularmente em nódulos radiculares das leguminosas. Quando a fonte externa é baixa, o conteúdo de molibdênio por unidade de peso seco de nódulos é geralmente maior do que o nas folhas, enquanto que, quando a oferta externa é altíssima, o conteúdo nas folhas, muitas vezes sobe mais do que nos nódulos (BRODRICK; GILLER, 1991b). Quando o molibdênio é limitado, a acumulação, preferencialmente em nódulos de raiz, pode levar a um teor de molibdênio consideravelmente menor na parte aérea e nas sementes de leguminosas noduladas (ISHIZUKA, 1982). No entanto, a alocação relativa de molibdênio para os vários órgãos da planta varia consideravelmente, não só entre espécies de plantas, mas também entre os genótipos dentro de uma espécie, por exemplo, em *Phaseolus vulgaris* (BRODRICK; GILLER, 1991a).

Vários trabalhos mostram resultados positivos em resposta à aplicação molíbdica (ALBUQUERQUE et al., 2012; ANDRADE et al., 2001; BISCARO et al., 2009; ROCHA et al., 2011). De acordo com um trabalho desenvolvido por Ascoli, Soratto e Maruyama (2008), a aplicação de molibdênio aumentou a

produtividade do feijoeiro e promoveu a obtenção de sementes que originaram plântulas com maior desenvolvimento inicial.

A ausência de suplementação de Mo via adubação foliar promoveu o acúmulo de nitrato na folha à medida que aumentou a quantidade de N fornecida, evidenciando a baixa eficiência na assimilação de N na falta desse micronutriente (CALONEGO et al., 2010).

## **2.7 Fixação biológica de nitrogênio e aplicação foliar de molibdênio**

O molibdênio é um micronutriente importante para o processo de fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro, pois é constituinte da enzima nitrogenase, a qual está presente nos bacteroides nodulares. Encontra-se, também, na enzima redutase do nitrato, indispensável para a assimilação de nitrogênio (BERGER; VIEIRA; ARAÚJO, 1996; DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

A função do molibdênio nos sistemas enzimáticos (nitrogenase e redutase do nitrato) de fixação do nitrogênio sugere que as plantas dependentes de simbiose, quando sujeitas à deficiência desse nutriente, ficam carentes de nitrogênio. A aplicação foliar de molibdênio eleva os teores de nitrogênio nas folhas dos feijoeiros, que se tornam bem mais verdes e, frequentemente, aumenta o tamanho dos grãos, o número de vagens por planta e, conseqüentemente, o rendimento de grãos (AMANE et al., 1994; ANDRADE et al., 2001; DINIZ et al., 1998).

Os fatores que mais afetam a disponibilidade do molibdênio no solo, bem como na absorção pelas plantas, são o pH, os teores de argila e de óxido de ferro e de alumínio, a matéria orgânica e a adubação com fósforo e enxofre. Nas leguminosas como feijoeiro, soja e ervilha, essa resposta é também influenciada pelo teor do elemento contido na semente. Jacob Neto e Rossetto (1998) citam

outros trabalhos (FRANCO; DAY, 1980; FRANCO; MUNNS, 1981; JACOB NETO; FRANCO, 1989) que mostram que as concentrações de nutrientes minerais nas sementes pode afetar a fixação biológica de nitrogênio das plantas por elas geradas, principalmente no caso das leguminosas. O uso de sementes produzidas em solos ricos em molibdênio constitui uma forma de garantir níveis satisfatórios do nutriente para uma cultura (SANTOS, 1991).

Berger, Vieira e Araújo (1996), estudando o efeito de doses e épocas de aplicação de Mo sobre a cultura do feijoeiro, concluíram que a dose de molibdênio, aplicada via foliar, que permitiu a maior produtividade de feijão variou de 80 a 90 g ha<sup>-1</sup> e a época mais propícia para essa aplicação variou de 14 a 28 dias após a emergência das plantas. Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996) verificaram que houve efeito quadrático das doses de molibdênio sobre o rendimento de grãos, com pontos de máximo entre 76 e 80,7 g ha<sup>-1</sup>.

Lima, Andrade e Carvalho (1999), analisando a resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e outros micronutrientes, verificaram que a aplicação de 75 g ha<sup>-1</sup> de Mo resultou em acréscimos no rendimento de grãos e seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso médio de cem grãos).

No sistema de plantio direto, Fernandes et al. (2005) obtiveram respostas para rendimento de grãos da cv. Pérola, quando aplicou Mo foliar (120 g ha<sup>-1</sup>) e N na semeadura e em cobertura (20 e 70 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

Araújo et al. (2009) avaliaram diferentes combinações de doses de nitrogênio e molibdênio na adubação da cultura do feijoeiro-comum e concluíram que, na ausência ou presença do nitrogênio na semeadura ou cobertura, o incremento da dose de molibdênio até 80 g ha<sup>-1</sup> elevou o número de vagens por planta e a produtividade de grãos do feijoeiro.

Leite et al. (2007), avaliando a influência de doses de molibdênio aplicado via foliar sobre os componentes de produção e rendimento de grãos de

feijoeiro, verificaram que a aplicação de 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo resultou em incrementos na produção de vagens da ordem de 63% em relação à obtida sem a aplicação do micronutriente. Pires et al. (2004), trabalhando com o feijão Meia Noite, também obtiveram incrementos na ordem de 62% com a aplicação dessa mesma dose.

Em um trabalho realizado em Lavras (MG), avaliou-se a resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium tropici* e verificou-se que o molibdênio proporcionou a obtenção de plantas mais altas e com maior número de vagens, resultando em acréscimo de produtividade da ordem de 91% em relação à testemunha (ANDRADE et al., 2001).

Vieira et al. (1998) observaram que a aplicação foliar de Mo em feijoeiro resultou na diminuição do número de nódulos, tanto em solos de alta como de baixa fertilidade, mas aumentou-lhes o tamanho e peso, além de aumentar também a atividade da nitrogenase. Com relação à redução do nitrato, esses autores verificaram maiores atividade e longevidade dessa enzima com a aplicação de Mo, propiciando aumento do teor de N na planta.

Silva et al. (2003), avaliando os efeitos da aplicação foliar exclusiva de molibdênio ou associada a defensivos agrícolas na cultura do feijoeiro, verificaram que essa associação não reduz os benefícios da aplicação isolada do micronutriente, garantindo assim, a diminuição de custos e racionalizando o uso de equipamentos.

Amane et al. (1999), procurando contribuir para a elucidação de qual é a combinação mais adequada de doses de Mo e N para o feijoeiro em Coimbra, na região da Zona da Mata de Minas Gerais, concluíram que a aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N no sulco de semeadura aumentou o rendimento de grãos em 97%, enquanto a aplicação de apenas Mo aumentou o rendimento em 108%.

Em um trabalho desenvolvido na mesma localidade citada acima, objetivando-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de Mo na atividade das

enzimas nitrogenase e redutase do nitrato e na produtividade do feijoeiro, foi verificado que a aplicação foliar de Mo aumentou as atividades dessas enzimas, mantendo-as em patamares mais altos durante o ciclo da cultura, proporcionando maiores teores de N nas folhas e maior produtividade. A eficiência máxima foi alcançada com  $80 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo, com produtividade de  $1.893 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos, 3,23 vezes maior que a da testemunha (sem Mo). Concluíram, também, que nos tratamentos que receberam Mo, os nódulos apresentavam-se, no período de enchimento de grãos, com maior tamanho e com coloração interna avermelhada, indicando serem ainda funcionais, fato comprovado pela maior atividade da nitrogenase, em relação ao tratamento que não recebeu Mo (PESSOA et al., 2001).

Verifica-se, portanto, que na maioria dos trabalhos citados, a dose recomendada de molibdênio, aplicada via foliar, varia de  $75$  a  $90 \text{ g ha}^{-1}$ .

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos em campo, na safra primavera-verão 2011/2012 em Patos de Minas (Fazenda Experimental de Sertãozinho) e Pitangui (Fazenda Experimental de Pitangui), em áreas da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), respectivamente, nas regiões do Alto Paranaíba e Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais.

Patos de Minas encontra-se a 833 m de altitude sobre o nível do mar, a 18°40'18" de latitude S e 46°29'27" de longitude W. Pitangui tem 650 m de altitude, 19° 40' 58" de latitude S e 44° 53' 24" de longitude W. Segundo a classificação de Köppen, o clima das duas regiões é do tipo CWA, ou seja, clima tropical de altitude, com o verão quente e úmido e inverno frio e seco (VIANELLO; ALVES, 1991).

Ambos os experimentos foram implantados em sistema de plantio convencional, com uma aração e duas gradagens. Em nenhuma das áreas havia registro de inoculação anterior para a cultura do feijoeiro. Em Patos de Minas, utilizou-se um Latossolo Vermelho Eutroférico de textura franca. Em Pitangui o solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico. A análise química de amostras retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade forneceu os resultados representados na Tabela 1.

Um resumo das principais ocorrências climáticas durante a condução dos experimentos é ilustrado pelas Figuras 1 a 6. As informações foram obtidas nas estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Patos de Minas e Divinópolis, a mais próxima (50 km) de Pitangui.

Tabela 1 Resultados da análise química de amostras de material dos solos utilizados, retiradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, nas localidades de Patos de Minas e Pitangui, MG, 2011

Características*	Locais	
	Patos de Minas	Pitangui
pH (H <sub>2</sub> O)	5,0 (Ac. Elevada)	5,8 (Ac. Média)
P disp (mg dm <sup>-3</sup> )	73,79 (MB)	9,4 (Ba)
K (mg dm <sup>-3</sup> )	51,48 (M)	210 (MB)
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,9 (Ba)	5,3 (MB)
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,3 (Ba)	1,5 (B)
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,3 (Ba)	0,1 (MBa)
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,04 (A)	3,6 (M)
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,33 (Ba)	7,3 (MB)
MO (dag kg <sup>-1</sup> )	3,14 (M)	2,2 (M)
V(%)	15,91 (MBa)	67,1 (B)
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,36 (Ba)	7,4 (B)
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,37 (M)	10,9 (B)
m (%)	18,4 (Ba)	1,3 (MBa)

\*Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez V (1999). A=alto, MB=muito bom, B=bom, M=médio, Ba=baixo e MBa=muito baixo.

### Chuva acumulada em 24 horas – Patos de Minas, MG

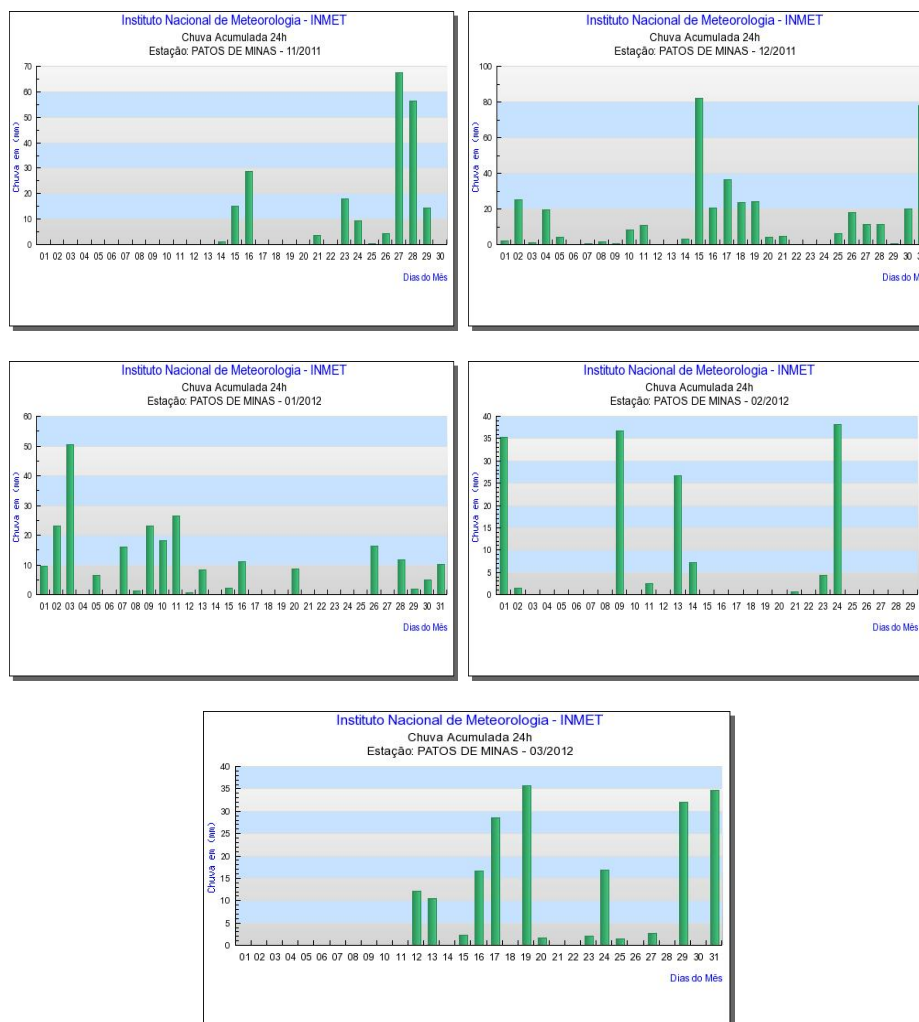


Figura 1 Variações diárias de precipitação pluvial no período de novembro/2011 a março/2012, no experimento conduzido em Patos de Minas, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2012)

## Temperaturas diárias (Máxima, Média e Mínima) – Patos de Minas, MG

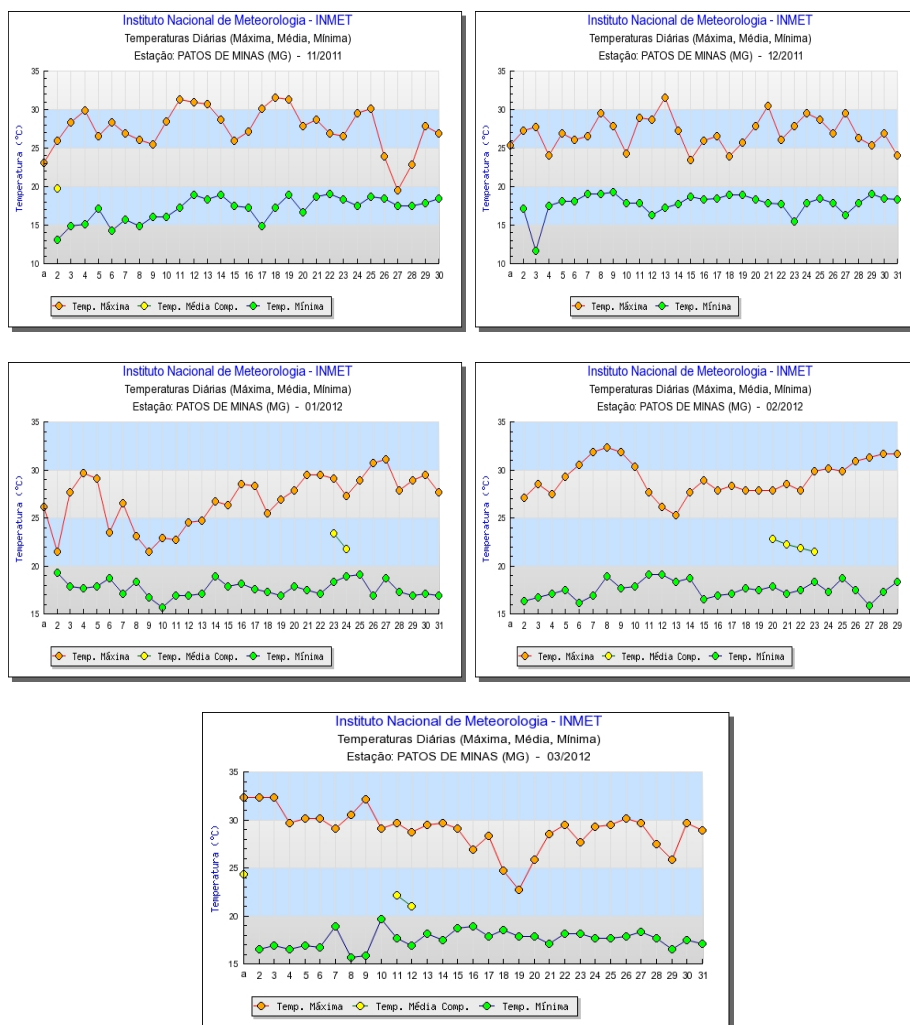


Figura 2 Variações diárias de temperatura no período de novembro/2011 a março/2012, no experimento conduzido em Patos de Minas, MG

Fonte: INMET (2012)

### Umidade relativa do ar – Patos de Minas, MG

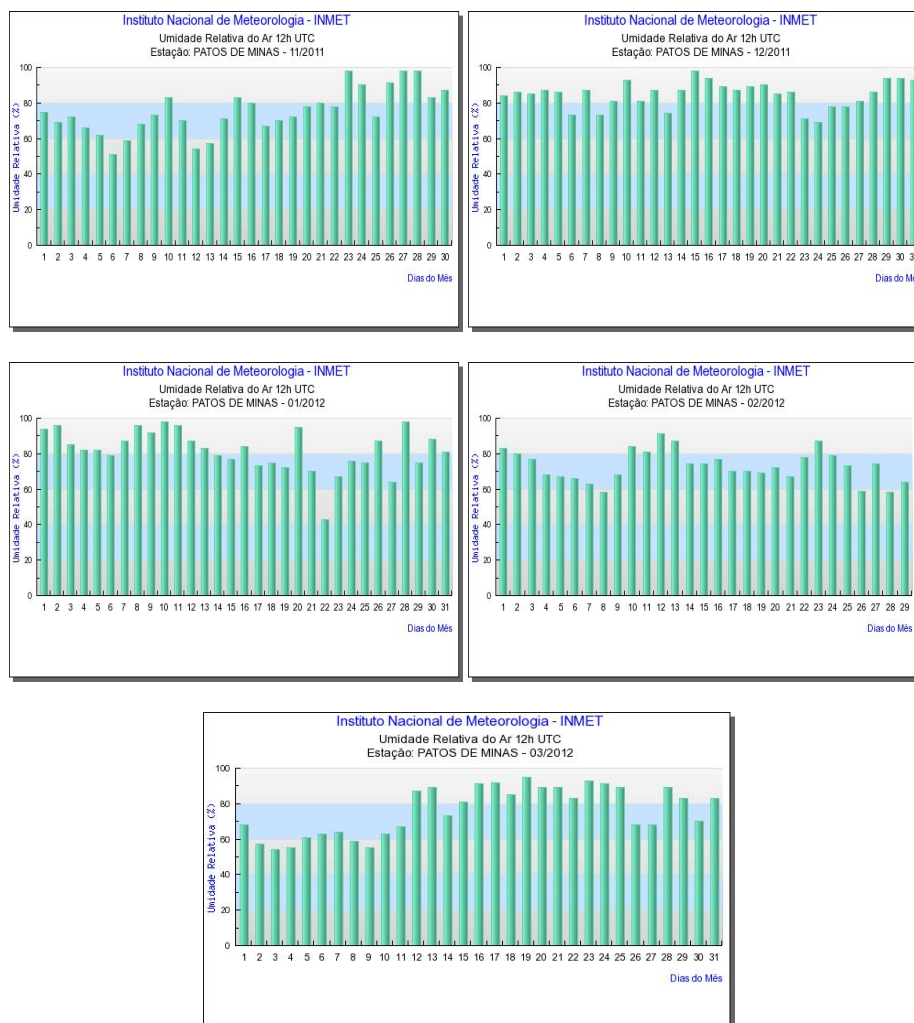


Figura 3 Variações diárias de umidade relativa do ar no período de novembro/2011 a março/2012, no experimento conduzido em Patos de Minas, MG

Fonte: INMET (2012)



### Temperaturas diárias (Máxima, Média e Mínima) – Pitangui, MG

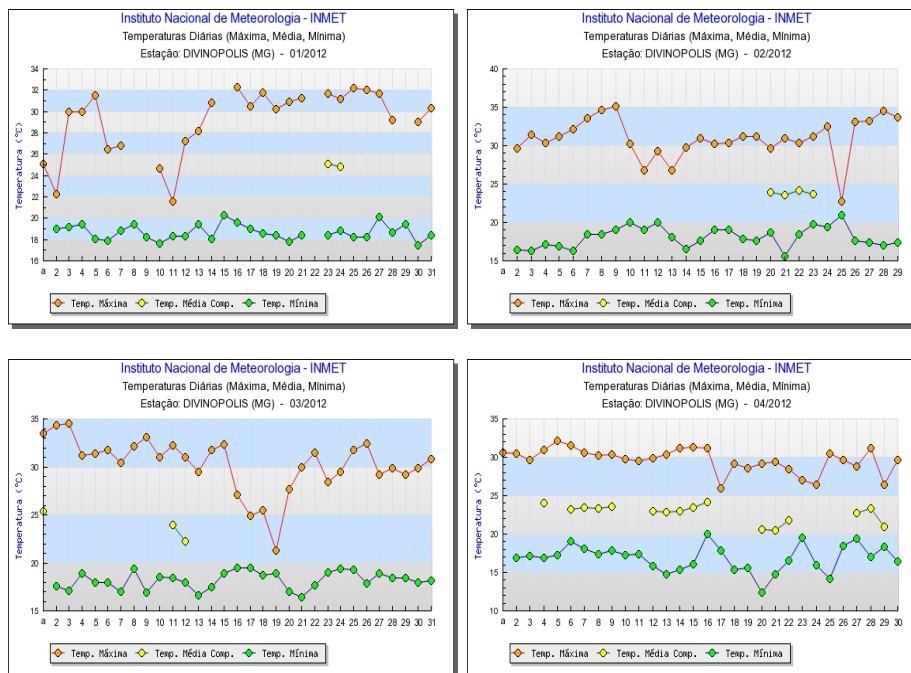


Figura 5 Variações diárias de temperatura no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG

Fonte: INMET (2012)

### Umidade relativa do ar – Pitangui, MG

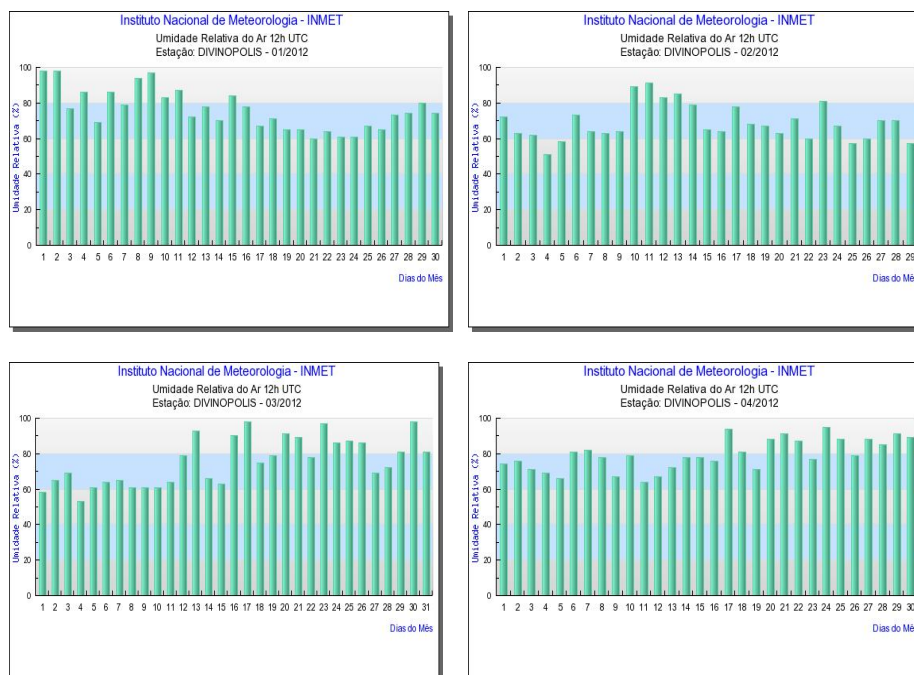


Figura 6 Variações diárias de umidade relativa do ar no período de janeiro a abril/2012, no experimento conduzido em Pitangui, MG

Fonte: INMET (2012)

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições e os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial  $(3 \times 2 \times 2) + 1$ , envolvendo três inoculações (sementes inoculadas com as estirpes CIAT 899<sup>T</sup> de *Rhizobium tropici* ou UFLA 02-100 de *Rhizobium etli*, e ausência de inoculação), duas doses de molibdênio via foliar (0 e 80 g ha<sup>-1</sup>) e duas doses de nitrogênio na semeadura (0 e 20 kg ha<sup>-1</sup>), mais um tratamento adicional testemunha com 80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (40 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e 40 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura entre os estádios V3 e V4 do ciclo cultural do feijoeiro). O tratamento adicional é a dose de nitrogênio estabelecida pelo Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Instrução normativa número 30 (BRASIL, 2010), como testemunha para experimentos que envolvem a inoculação microbiana. Nos tratamentos com adubação nitrogenada a fonte foi sempre a ureia. O Mo, fonte molibdato de sódio p.a., foi aplicado por via foliar no mesmo estágio que a cobertura nitrogenada.

A estirpe CIAT 899<sup>T</sup> é uma das estirpes aprovadas pelo MAPA para a fabricação de inoculantes comerciais de sementes de feijão (BARBOSA; GONZAGA, 2012; CHUEIRE et al., 2003; GRAHAM; HALLIDAY, 1976; ; HUNGRIA et al., 2000; MARTÍNEZ-ROMERO et al., 1991; TOLEDO; MARCONDES; LEMOS, 2009). A estirpe UFLA 02-100 de *R. etli* foi isolada no Estado de Rondônia e teve alta eficiência demonstrada em vasos de Leonard (PEREIRA et al., 1998); posteriormente, experimentos de campo comprovaram alta eficiência agrônômica dessa estirpe em solos da região de Formiga (NOGUEIRA, 2005), Perdões (SOARES et al., 2006) e Lavras (FERREIRA et al., 2009), no Estado de Minas Gerais. Algumas características dessas duas estirpes são representadas na Tabela 2.

Tabela 2 Principais características das estirpes utilizadas

<b>Estirpe*</b>	<b>Diâmetro colônia</b>	<b>pH no meio YMA (79)</b>	<b>Cromogênese em meio YMA (79)</b>	<b>Absorção de indicador/corante</b>
UFLA 02-100	2mm	Neutro	branca	não
CIAT 899 <sup>T</sup>	3mm	Ácido	amarela	sim

\*As estirpes apresentam 3 dias para aparecimento de colônias isoladas, colônia circular e lisa, produção de muco abundante e consistência gomosa  
Fonte: Nogueira (2005) e Soares et al. (2006)

Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. Cada estirpe de *Rhizobium* foi inoculada em um *erlenmeyer* contendo meio 79 (FRED; WAKSMAN, 1928), também conhecido como meio YMA (VINCENT, 1970), esterilizado. Após 4 dias de crescimento, na fase log, o material foi transferido para outro *erlenmeyer* contendo turfa esterilizada em autoclave por 20 minutos. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 (m:v) turfa:cultura, foi empregada na base de 100 g por 10 kg de semente, utilizando uma solução de sacarose a 10% como adesivo. 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  $10^9$  células de *Rhizobium* por grama de inoculante na semeadura, foi observado (BRASIL, 2010).

A aplicação de molibdênio e a adubação nitrogenada em cobertura ocorreram aos 20 dias após a emergência de plântulas (DAE), em ambos os locais. A distribuição da calda molíbdica sobre as plantas foi feita com pulverizador costal manual, equipado com um bico, trabalhando a uma altura de 0,5 m em relação ao nível do solo. A dose empregada foi de  $80 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo e o volume de calda foi equivalente a  $400 \text{ L ha}^{-1}$ . Para se evitar a deriva da solução no momento da aplicação, uma lona plástica com 1 m de altura era estendida entre as parcelas.

No tratamento adicional ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura +  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura), a adubação nitrogenada em cobertura foi realizada manualmente, com distribuição da ureia em filete lateral às linhas das plantas. Em Pitangui houve incorporação por meio de irrigação imediata.

Cada unidade experimental (parcela) foi composta por 6 linhas de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre linhas, totalizando  $12 \text{ m}^2$ . A densidade de semeadura foi de 17 sementes por metro, na profundidade de 3 a 4 cm. A semeadura, realizada em 23 de novembro de 2011 em Patos de Minas e

em 25 de janeiro de 2012 em Pitangui, 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.

A cultivar utilizada foi a BRS MG 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, atendendo às exigências dos consumidores, e a massa média de 100 grãos é de 24,5 g (ABREU et al., 2011).

Todas as parcelas receberam adubação de base equivalente a 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo), em Patos de Minas, e 110 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) em Pitangui, conforme recomendação da 5ª aproximação (CHAGAS et al., 1999). Em ambas as localidades, foram realizadas as aplicações de 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). Os fertilizantes foram aplicados mecanicamente durante o sulcamento.

Os tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região. Nos dois locais, o controle de plantas daninhas se deu por meio de capinas manuais, sempre que necessário. Não foi necessário o controle de pragas ou doenças. Apenas o ensaio de Pitangui foi irrigado, utilizando-se a aspersão (autopropelido).

Por ocasião da plena floração, no estágio R6 do ciclo do feijoeiro (50% das plantas com pelo menos 1 flor aberta, conforme Fernandez, Gepts e López (1985), aos 49 dias após emergência-DAE (18/01/2012 em Patos de Minas e 15/03/2012 em Pitangui) retirou-se, de cada parcela, com o auxílio de enxadão e tesoura de poda, para separar o sistema radicular da parte aérea, uma amostra de

10 plantas (linhas 2 e 3), para determinação do número (unidade/10 plantas) e massa seca (g/10 plantas) de nódulos, bem como da massa seca da parte aérea (g/10 plantas) e teor (%) e acúmulo de N (g/10 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 colocadas para secar em casa de vegetação e, posteriormente, em estufa com circulação de ar à temperatura de 60-70 °C, até 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, à temperatura de 60-70 °C. Após a secagem dos nódulos foram submetidos à pesagem em balança de precisão, sendo que, para cada amostra, foi determinada a respectiva massa seca de nódulos. Foi ainda calculada a eficiência relativa de cada tratamento em relação ao tratamento adicional, por meio da expressão  $E_{fr} = (MSPA / MSPA \text{ com } 80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de N mineral}) \times 100$ , expressa em porcentagem.

A colheita dos grãos foi realizada no estádio R9 (FERNANDEZ; GEPTS; LÓPEZ, 1985), aos 96 e 91 DAE, respectivamente, em Patos de Minas (05/03/2012) e Pitangui (27/04/2012). Foram determinados (linhas 4 e 5) o estande final ( mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ ), o rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e seus componentes primários (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos, em gramas). 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 determinado em Medidor de Umidade Gehaka G600, no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura da UFLA, corrigindo-se o

rendimento em função da umidade do grão para 13%. O teor (%) de N na parte aérea 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 de parte aérea foram submetidas à moagem (tritador Oster, da Gehaka, velocidade de 24.000 rpm), no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura da UFLA. O N acumulado (g/10 plantas) na parte aérea foi calculado multiplicando-se a massa seca pela porcentagem de N, e dividindo-se por 100.

Em Pitangui determinou-se ainda o teor (%) e acúmulo de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nos grãos, adotando-se a mesma metodologia empregada para as amostras da parte aérea.

As variáveis número e massa seca de nódulos foram previamente transformadas em  $(x+1)^{0,5}$ , de acordo com Alvarenga (1995) e Andrade et al. (1998). Todos os dados foram submetidos à análise de variância individual (PIMENTEL-GOMES, 2009) e, posteriormente, realizou-se análise conjunta, observando-se a homogeneidade dos quadrados médios residuais. Nos casos de efeito significativo dos tratamentos de inoculação, a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade. As comparações entre os níveis de locais, Mo e N foram efetuadas mediante o emprego do teste F, devido a esses fatores possuírem somente dois níveis. As análises de variância e aplicação dos testes foram realizadas utilizando-se o *software* de análise estatística Sisvar<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Floração

A análise de variância conjunta revelou que os efeitos principais de inoculação-I e nitrogênio-N não foram significativos, mas houve significância dos efeitos de molibdênio-Mo (a exceção da massa seca na parte aérea) e de local-L (exceto o teor de N na parte aérea). Também foram significativas as interações L x N (MSPA e ANPA), L x Mo ((NN e MSN) e L x N x Mo (MSPA, TNPA e ANPA) e os contrastes Fatorial vs Adicional (MSN e MSPA) e L vs Fatorial vs Adicional (MSPA). A julgar pelo coeficiente de variação (CV%) foi boa a precisão experimental, adequadas às características, exceto para ANPA, estimada com menor precisão (Tabela 3).

Tabela 3 Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) dos dados referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro, cultivar BRS MG Madrepérola, obtidos na floração, 2012

FV	GL	Características				
		NN	MSN	MSPA	TNPA	ANPA
<b>Locais (L)</b>	1	7775,4620*	9,9930*	13436,7188	0,5251	26,6585*
		*	*	**		*
<b>Blocos (Locais)</b>	4	112,6483*	0,0573	1742,7065	0,4459	3,5476
<b>Tratamentos</b>	(12)	46,1231	0,0884*	1072,6985	1,2441	2,3611
<b>Inoculação (I)</b>	2	30,0969	0,0090	125,8431	0,9818	1,5703
<b>Nitrogênio (N)</b>	1	36,2359	0,0584	530,0768	0,3756	0,0329
<b>Molibdênio (Mo)</b>	1	266,7965**	0,1629*	2448,3669	4,2050*	11,3765*
						*
<b>I x N</b>	2	9,0385	0,0085	206,8808	2,6310	1,6496
<b>I x Mo</b>	2	3,7027	0,0481	516,5597	0,3954	1,4367
<b>N x Mo</b>	1	43,4125	0,0159	2906,2688	0,0050	4,7535
<b>I x N x Mo</b>	2	0,4287	0,0003	700,3072	0,9829	0,6420
<b>Fatorial vs Adicional</b>	1	120,4996	0,6924*	3888,4878*	0,3618	1,5737
			*			
<b>L x Tratamentos</b>	(12)	66,2464	0,0914*	1840,1154*	1,4304	3,8740*
<b>L x I</b>	2	28,2329	0,0060	1105,4234	0,2488	0,4093
<b>L x N</b>	1	86,0269	0,0667	3596,3681*	1,8050	8,4187*
<b>L x Mo</b>	1	490,9632**	0,1771*	1880,0712	0,1800	4,9403
<b>L x I x N</b>	2	21,8798	0,0070	119,0642	0,7029	0,4482
<b>L x I x Mo</b>	2	19,5976	0,0572	39,0782	0,8929	1,6697
<b>L x N x Mo</b>	1	11,6923	0,0114	7666,9345*	6,7222*	26,9133*
				*	*	*
<b>L x I x N x Mo</b>	2	2,1303	0,0001	379,6832	0,8610	0,4960
<b>L vs Fatorial vs Adicional</b>	1	23,3988	0,0701	7530,9841*	3,0467	0,1691
				*		
<b>Erro</b>	48	31,0727	0,0359	806,9430	0,9416	1,8344
<b>CV (%)</b>	-	32,45	13,70	27,77	28,52	38,46

\*\* e \*: Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

#### **4.1.1 Nodulação**

Na Tabela 4 verifica-se que a nodulação (NN e MSN) em Patos de Minas foi superior à de Pitangui. Tal resultado pode ser devido, pelo menos parcialmente, a condições mais favoráveis à nodulação na primeira localidade, que se apresentava com maior teor de matéria orgânica e alta concentração de fósforo (Tabela 1), este último, provavelmente, atuando no aumento da disponibilidade do Mo no solo. Soares (2012), avaliando a eficiência agrônômica de novas estirpes de bactérias para feijoeiro-comum no Estado de Minas Gerais, também verificou, nos mesmos tipos de solo, que a nodulação foi maior em Patos de Minas, quando comparada à de Pitangui.

No caso do presente estudo, também pode ter influenciado a menor uniformidade de aplicação de água nas primeiras semanas, já que em Pitangui o sistema autopropelido de irrigação teve problemas operacionais, o que resultou na necessidade de se atender a demanda hídrica inicial das plantas por meio de um carro pipa.

Tabela 4 Valores médios de número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (Efr) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio (ANPA) na parte aérea do feijoeiro, cultivar BRS MG Madrepérola, nos diferentes níveis dos fatores, na avaliação realizada na floração, 2012

Tratamentos	NN (unidade /10 plantas)	MSN ----g/10 plantas---	MSPA -	Efr (%)	TNPA (%)	ANPA (g/10 plantas)
<b>Local</b>						
Patos de Minas	771A	1,92A	84,68B	66,80	3,40	2,88B
Pitangui	64B	0,05B	115,85A	91,39	3,45	4,08A
<b>Inoculação</b>						
Ausente	372	0,91	101,62	80,17	3,63	3,76
CIAT 899 <sup>T</sup>	421	1,05	101,56	80,12	3,41	3,43
UFLA 02-100	460	0,99	97,62	77,01	3,23	3,25
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
0	364	0,88	97,55	76,96	3,49	3,46
20	472	1,09	102,98	81,24	3,35	3,50
<b>Doses de Mo (g ha<sup>-1</sup>)</b>						
0	548A	1,16A	94,43	74,50	3,18B	3,08B
80	288B	0,81B	106,10	83,70	3,66A	3,88A
<b>Fatorial</b>	418	0,98B	100,26B	79,09	3,42	3,48
<b>Adicional</b>	653	2,41A	126,76A	100,00	3,17	4,01
<b>Média Geral</b>	436	1,09	102,30	81,00	3,40	3,52

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

Entretanto, como a interação L x Mo foi significativa, o efeito de local sobre a nodulação do feijoeiro mostrou-se dependente da dose de molibdênio. De fato, na Tabela 5 se observa que a magnitude da diferença entre as localidades foi maior na ausência de Mo via foliar, do que na presença da aplicação de 80 g de Mo e, conforme será discutido oportunamente, isso ocorreu em função de redução da nodulação com a aplicação de Mo em Patos de Minas.

Tabela 5 Valores médios de número (unidade/10 plantas) e massa seca (g/10 plantas) de nódulos em função de locais e doses de molibdênio, 2012

Local	Dose de Molibdênio (g ha <sup>-1</sup> )			
	NN		MSN	
	0	80	0	80
Patos de Minas	1040Aa	502Ab	2,27Aa	1,56Ab
Pitangui	56Ba	73Ba	0,05Ba	0,06Ba
<b>Média</b>	548	288	1,16	0,81

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

Os valores médios do número e massa seca de nódulos não diferiram entre plantas não inoculadas ou inoculadas com as estirpes UFLA 02-100 e CIAT 899<sup>T</sup> (Tabela 4). Isso significa que as bactérias nativas, nos dois solos, 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; SILVA et al., 2009; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

Valadão et al. (2009), avaliando a inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura-RO, verificaram que as variáveis NN e MSN apresentaram comportamento semelhante em relação à interação entre a adubação nitrogenada e a inoculação de sementes. Na ausência de N, a inoculação de sementes proporcionou aumentos significativos a essas características. Entretanto, a adubação nitrogenada reduziu o número e a massa seca dos nódulos, mesmo nos tratamentos inoculados.

Segundo Moreira e Siqueira (2006), o excesso de N-mineral no solo reduz a nodulação das plantas pela falta de estímulos relacionados à deficiência nutricional. No presente estudo, a adubação com 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na semeadura não afetou a nodulação expressa pelas médias de NN e MSN (Tabela

4), certamente por que a dose aplicada foi pequena na semeadura. Soares (2012), avaliando a inoculação e doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura, observou que os tratamentos que receberam altas doses de nitrogênio na forma de ureia apresentaram menores médias de massa seca de nódulos, caracterizando efeito inibitório parcial dessa variável, quando as doses de nitrogênio total foram superiores a  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ . Quando se analisa o contraste Fatorial x Adicional (Tabela 3) e as médias da Tabela 4, pode-se inferir que a aplicação de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura (tratamento adicional) também não afetou o NN e ainda teve efeito nutricional suficiente para proporcionar pequeno aumento na MSN quando comparada a média do fatorial, onde todas as parcelas receberam 0 ou  $20 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Tabela 4). Outros autores, como Andrade et al. (1998), Pelegrin et al. (2009), Silva et al. (2009), Soares et al. (2006), Souza, Soratto e Pagani (2011) e Valadão et al. (2009) verificaram que o N fornecido via adubação, em doses que variaram de 60 a  $350 \text{ kg ha}^{-1}$ , reduziu o estabelecimento das bactérias simbiotes e, conseqüentemente, o número e a massa seca dos nódulos.

Como já mencionado, em função da interação significativa L x Mo, a aplicação de  $80 \text{ g ha}^{-1}$  de molibdênio teve efeito diferenciado em cada localidade: causou um efeito negativo no NN e MSN em Patos de Minas, mas não se verificou esse efeito em Pitangui (Tabela 5).

Diversos autores relatam resposta positiva da aplicação foliar de Mo na nodulação do feijoeiro e de outras leguminosas (ALBUQUERQUE et al., 2012; ALVARENGA, 1995; LEITE et al., 2009; TOLEDO et al., 2010). Esse efeito ocorre porque o micronutriente molibdênio é importante na fixação biológica do nitrogênio, por se tratar de componente das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, ligadas ao metabolismo do nitrogênio (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995). A enzima nitrogenase está envolvida na fixação do nitrogênio atmosférico pelo rizóbio e a redutase do nitrato é essencial na redução

do nitrato a nitrito, permitindo posterior assimilação de proteínas pelas plantas de feijão. Desse modo, a aplicação de molibdênio aumenta a atividade dessas enzimas e promove, conseqüente, aumento na nodulação (PESSOA et al., 2001).

A disponibilidade de Mo no solo aumenta 100 vezes para cada unidade de aumento de pH (LINDSAY, 1979). Portanto, em alguns solos, a calagem pode ser suficiente para elevar, de forma adequada, a disponibilidade de Mo para as plantas. Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996), citando outros autores, afirmam que o pH é um dos principais fatores que afetam a disponibilidade de Mo nos solos, pois geralmente, com o aumento do pH há menor adsorção do micronutriente, aumentando a sua disponibilidade e, conseqüentemente, diminuindo as possibilidades de resposta. No presente estudo, em Pitangui possivelmente a ausência de resposta à aplicação de Mo ocorreu devido ao maior valor do pH do solo (5,8), que elevou a disponibilidade do micronutriente, anulando o efeito de sua aplicação. De fato, alguns autores como Guareschi e Perin (2009), Valadão et al. (2009) e Vieira et al. (2000) mostram que a aplicação de Mo não causou efeito nas características avaliadas em função do alto valor do pH (5,8; 5,9; 6,3, respectivamente). Da mesma forma, Alves et al. (2002) na cultura do feijão caupi não encontraram respostas na nodulação com a elevação das doses de Mo aplicadas 54 dias após a germinação das sementes, e relataram que tais resultados foram influenciados pela reserva de Mo contida no solo. Embora a hipótese do pH mais elevado pareça adequada, Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996) ainda levantam, com registros bibliográficos, outros fatores que poderiam estar envolvidos na ausência de resposta: teor elevado de Mo no solo ou na semente, menores teores de óxidos de ferro e alumínio e da fração argila como um todo, menor adsorção de Mo devido ao baixo teor de caulinita e maior teor de matéria orgânica no solo. Os mesmos autores ainda sugerem que em muitas ocasiões mais de um fator pode estar envolvido.

Em Patos de Minas, contrariando a literatura, no entanto, observou-se redução da nodulação quando se aplicou  $80 \text{ g Mo ha}^{-1}$ , o que pode sugerir a manifestação de efeito fitotóxico do Mo ou de algum íon acompanhante na fonte de molibdênio empregada, lembrando que a aplicação desse micronutriente foi realizada via foliar.

Albino e Campo (2001), avaliando em soja o efeito de fontes e doses de molibdênio via semente sobre a sobrevivência do *Bradyrhizobium* e fixação biológica de nitrogênio, verificaram que a utilização de molibdato de sódio diminuiu em 40% a nodulação em relação à aplicação de molibdato de amônio ou à inoculação somente e sugeriram que, provavelmente, o sódio causou um efeito salino, afetando negativamente a nodulação. Gelain et al. (2011) também verificaram redução de 23% no número de nódulos com a aplicação de  $60 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo (molibdato de sódio) nas sementes de soja. Entretanto, no presente estudo, a mesma fonte foi empregada em Pitangui, via foliar, sem apresentação desse efeito fitotóxico. Por outro lado, Silva et al. (2003), estudando a aplicação via foliar em feijoeiro não inoculado, não encontraram diferença entre as fontes molibdato de sódio e de amônio em relação aos componentes primários do rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso médio de cem grãos).

A possibilidade da presença de teores tóxicos de Mo no solo de Patos de Minas teria respaldo no teor elevado de fósforo (Tabela 1). Rodrigues (1995), em sua revisão bibliográfica encontrou indícios de que o aumento no teor de  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$  no solo leva a maior absorção e transporte de Mo das raízes para a parte aérea, caracterizando um efeito sinérgico do fósforo.

São poucos os trabalhos disponíveis na literatura que se assemelham aos de Albuquerque et al. (2012) e Guareschi e Perin (2009), que envolvem a aplicação foliar de molibdênio e inoculação, com posterior avaliação do número

e massa seca de nódulos. Portanto, verifica-se ainda necessidade de realização de estudos referentes a esses dois fatores.

#### 4.1.2 Crescimento do feijoeiro e teor e acúmulo de N na parte aérea

Considerando os valores médios de MSPA das duas localidades (Tabela 4), verifica-se que o feijoeiro apresentou maior crescimento em Pitangui e isso certamente está relacionado à maior fertilidade do solo dessa localidade, o que pode ser constatado pelos maiores valores de saturação por bases (V%) e de pH do solo em relação a Patos de Minas (Tabela 1). Mesmo quando se considera o desdobramento da interação L x N x Mo representado na Tabela 6, verifica-se que na maioria das situações o feijoeiro apresentou maior crescimento em Pitangui.

Tabela 6 Matéria seca da parte aérea (g/10 plantas) de plantas de feijão em plena floração, em função de locais, para cada combinação de doses de molibdênio e de nitrogênio, 2012

Dose de Molibdênio (g ha <sup>-1</sup> )	Dose de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Local	
		Patos de Minas	Pitangui
0	0	70,21b	125,93a
	20	97,71a	83,88a
80	0	79,59b	114,47a
	20	91,22b	139,11a
<b>Média</b>		84,68	115,85

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade

A eficiência relativa de cada tratamento foi calculada com o objetivo de comparar a MSPA de cada tratamento com a MSPA do tratamento adicional, que recebeu 80 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 4). Observa-se que a eficiência em Pitangui

foi maior do que em Patos de Minas. Em relação à inoculação, a eficiência relativa variou de 77,01 a 80,17%, sendo que as bactérias nativas do solo foram tão eficientes quanto as estirpes CIAT 899<sup>T</sup> e UFLA 02-100. As maiores doses de N e Mo apresentaram, numericamente, maior eficiência relativa em comparação a não adubação nitrogenada e molíbdica, respectivamente.

Como o feijoeiro cresceu mais em Pitangui devido à maior quantidade de MSPA em relação a Patos de Minas (Tabela 4), e praticamente, não houve diferença entre as médias de TNPA entre as duas localidades (Tabela 7), isso resultou também em maior ANPA em Pitangui, principalmente na ausência e na presença das adubações com Mo e N (Tabela 8). O feijoeiro é uma das espécies cultivadas mais sensíveis à acidez do solo e em solos ácidos há menor crescimento, tanto das raízes como da parte aérea (ANDRADE; CARVALHO; VIEIRA, 2006; CAMPANHARO et al., 2010; HUNGRIA; VARGAS, 2000), o que certamente ocorreu em Patos de Minas, onde o pH inicial era o mais baixo (pH=5) das duas localidades (Tabela 1). Ademais, como o acúmulo de nutrientes pelas plantas, inclusive N, é proporcional à matéria seca acumulada, Pitangui também proporcionou maior ANPA na maioria das situações (Tabelas 4 e 8).

Os valores médios de MSPA, TNPA e ANPA não diferiram entre plantas não inoculadas ou inoculadas com as estirpes UFLA 02-100 e CIAT 899<sup>T</sup> (Tabela 4). O TNPA é um dos indicativos de quão eficiente foi a absorção e assimilação do nitrogênio, inclusive via fixação biológica. Isso significa que, nos dois solos, as populações nativas de rizóbio foram capazes de atender à demanda de N, de modo a propiciar crescimento equivalente ao das plantas inoculadas, independentemente da estirpe de rizóbio empregada na inoculação. Esse resultado é compatível com os de vários autores, que também verificaram boa eficiência de populações nativas de rizóbio em diferentes situações (FERREIRA et al., 2000; KANEKO et al., 2010; PELEGRIN et al., 2009; ROMANINI JÚNIOR et al., 2007; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

Tabela 7 Teor de nitrogênio (%) na parte aérea de plantas de feijão em plena floração, em função de locais, para cada combinação de doses de nitrogênio e de molibdênio, 2012

Dose de Molibdênio (g ha <sup>-1</sup> )	Dose de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Local	
		Patos de Minas	Pitangui
0	0	2,82a	3,70a
	20	3,59a	2,61b
80	0	3,80a	3,66a
	20	3,38a	3,82a
<b>Média</b>		3,40	3,45

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8 Acúmulo de nitrogênio na parte aérea (g/10 plantas) de plantas de feijão em plena floração, em função de locais, para cada combinação de doses de molibdênio e de nitrogênio, 2012

Dose de Molibdênio (g ha <sup>-1</sup> )	Dose de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Local	
		Patos de Minas	Pitangui
0	0	2,03b	4,61a
	20	3,46a	2,23a
80	0	3,01a	4,19a
	20	3,03b	5,29a
<b>Média</b>		2,88	4,08

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao efeito da aplicação de N na semeadura, o desdobramento da interação L x N x Mo em outro sentido (Tabelas 9, 10 e 11) revela que na maioria das situações não houve efeito do macronutriente sobre MSPA, TNPA e ANPA confirmando, em linhas gerais, os dados da Tabela 4, que não registram diferenças entre 0 e 20 kg ha<sup>-1</sup> de N. Isso significa que, quase sempre, na ausência de adubação nitrogenada o feijoeiro apresentou o mesmo

crescimento proporcionado pela dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, a qual pode ser considerada pequena quando comparada às doses efetivamente empregadas em lavouras comerciais e é a dose recomendada oficialmente em Minas Gerais em lavouras de sequeiro, com produtividade esperada de até 1800 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (CHAGAS et al., 1999). Essa mesma dose pode ser empregada também como dose de arranque quando se emprega a inoculação das sementes com rizóbio, por não ser capaz ainda de reduzir a nodulação e a fixação simbiótica de N. Isso ficou evidenciado com doses de 10 kg ha<sup>-1</sup> de N (FULLIN et al., 1999), 20 kg ha<sup>-1</sup> de N (PELEGRIN et al., 2009; SOARES, 2012) ou mesmo 40 kg ha<sup>-1</sup> de N (BRITO; MURAOKA; SILVA, 2011).

Tabela 9 Matéria seca da parte aérea (g/10 plantas) de plantas de feijão em função de locais, doses de nitrogênio e de molibdênio, obtida na floração, 2012

Local	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de Mo (g ha <sup>-1</sup> )	
		0	80
Patos de Minas	0	70,21Aa	79,59Aa
	20	97,71Aa	91,22Aa
Pitangui	0	125,93Aa	114,47Aa
	20	83,88Bb	139,11Aa
<b>Média</b>		94,43	106,10

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10 Teor de nitrogênio na parte aérea (%) de plantas de feijão em função de locais, doses de nitrogênio e de molibdênio, obtido na floração, 2012

Local	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de Mo (g ha <sup>-1</sup> )	
		0	80
Patos de Minas	0	2,82Ab	3,80Aa
	20	3,59Aa	3,38Aa
Pitangui	0	3,70Aa	3,66Aa
	20	2,61Bb	3,82Aa
<b>Média</b>		3,18	3,67

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11 Acúmulo de nitrogênio na parte aérea (g/10 plantas) de plantas de feijão em função de locais, doses de nitrogênio e de molibdênio, obtido na floração, 2012

Local	Dose de N (Kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de Mo (g ha <sup>-1</sup> )	
		0	80
Patos de Minas	0	2,03Ba	3,01Aa
	20	3,46Aa	3,03Aa
Pitangui	0	4,61Aa	4,19Aa
	20	2,23Bb	5,29Aa
<b>Média</b>		3,08	3,88

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se que comportamento atípico foi observado em Pitangui, onde a aplicação de N na semeadura (20 kg ha<sup>-1</sup> de N) provocou menor MSPA do que a ausência de adubação nitrogenada (Tabela 9), refletindo-se ainda no TNPA (Tabela 10) e ANPA (Tabela 11). É provável que esse comportamento seja resultante de um efeito salino do fertilizante nitrogenado (ureia), já que nessa localidade houve dificuldades com a irrigação na fase inicial do experimento, conforme já relatado. Esse efeito salino da adubação nitrogenada de base tem

sido frequentemente relatado na literatura, com redução da germinação, emergência e acúmulo de matéria seca (ALVES JÚNIOR et al., 2009; KIKUTI et al., 2005; LIMA et al., 2001; RODRIGUES et al., 2002; SILVEIRA; DAMASCENO, 1993).

Ainda com relação ao efeito do N, deve ser destacada a significância do contraste L vs Fatorial vs Adicional quando se considera a MSPA (Tabela 3) que sinaliza, em Patos de Minas, um acréscimo de 69% na MSPA com a aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 12). Esse resultado é compatível com inúmeros resultados de pesquisa em que se verificaram efeitos positivos da adubação nitrogenada com doses superiores às utilizadas no adicional do presente trabalho (BARBOSA et al., 2010; FARINELLI et al., 2006; ROMANINI JÚNIOR et al., 2007; SORATTO et al., 2005; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011; VALADÃO et al., 2009). Em Pitangui, ao contrário, houve redução na MSPA com o mesmo tratamento, potencializando o efeito salino do N, que já havia se manifestado na dose 20 kg ha<sup>-1</sup> de N nessa localidade. Doses totais (semeadura + cobertura) de N da ordem de 70 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N são normalmente recomendadas para lavouras irrigadas em Minas Gerais (CHAGAS et al., 1999).

Nota-se no presente estudo, entretanto, que o teor e o acúmulo de N (TNPA e ANPA), não foram elevados com o aumento da dose de N (Tabela 4) e que a maioria dos tratamentos apresentou teores de nitrogênio na faixa considerada adequada para o feijoeiro (3 a 5% segundo MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997) e observada em solos férteis ou com populações de rizóbios nativos abundantes e de alta eficiência simbiótica (ALMEIDA et al., 2000; FARINELLI et al., 2006; SORATTO et al., 2005).

Tabela 12 Matéria seca da parte aérea (g/10 plantas) de plantas de feijão, cultivar BRS MG Madrepérola, para avaliar o contraste fatorial vs adicional, nas duas localidades, 2012

<b>Local</b>		<b>MSPA</b>
Patos de Minas	<i>Fatorial</i>	84,68B
	<i>Adicional</i>	143,12A
Pitangui	<i>Fatorial</i>	115,85A
	<i>Adicional</i>	110,40B
	<b>Média</b>	113,51

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

No desdobramento da interação L x N x Mo representado nas Tabelas 9, 10 e 11 pode ser verificado que o efeito da aplicação foliar de Mo sobre cada característica variou com o local e com a dose de N na sementeira. O crescimento do feijoeiro não foi influenciado pela dose de Mo em Patos de Minas (pH=5), mas em Pitangui (pH=5,8), na presença de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, a dose de 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo elevou a MSPA, o TNPA e o ANPA. Esse efeito positivo não era esperado em Pitangui devido ao pH mais elevado, mas é possível que o Mo tenha atuado naquela situação devido ao forte estresse o qual as plantas estavam submetidas (efeito salino do fertilizante nitrogenado), proporcionando-lhes alguma recuperação e restaurando parcialmente a nutrição nitrogenada.

#### 4.2 Maturação

A análise de variância conjunta revelou que o efeito principal de inoculação-I não foi significativo, mas houve significância dos efeitos de locais-L (exceto para rendimento de grãos-REND), de nitrogênio-N (estande final-EF e REND) e de molibdênio-Mo (somente REND). Também foram significativas as

interações N x Mo e I x N x Mo (peso médio de 100 grãos-P100), L x N (EF e grãos por vagem- GV) e L x Mo (REND), além dos contrastes Fatorial vs Adicional e L vs Fatorial vs Adicional (EF). A julgar pelo coeficiente de variação (CV%), foi boa a precisão experimental, exceto para rendimento de grãos, estimada com menor precisão (Tabela 13).

Tabela 13 Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) dos dados referentes a estande final (EF), número de vagens planta<sup>-1</sup> (VP) e de grãos vagem<sup>-1</sup> (GV), peso de cem grãos (P100) e rendimento de grãos de feijão (REND), cultivar BRS MG Madrepérola, obtidos na maturação, 2012

FV	GL	Características				
		EF	VP	GV	P100	REND
<b>Locais (L)</b>	1	74462,8205*	3117,2771*	19,4101*	338,9168*	425370,0925
		*	*	*	*	
<b>Blocos (Locais)</b>	4	780,3686	84,6922**	0,2734	1,9558	628172,5045*
<b>Tratamentos</b>	(12)	2928,7393**	26,2238	0,1404	5,2053	270965,4122
<b>Inoculação (I)</b>	2	369,8785	9,3422	0,0052	2,5994	86808,3409
<b>Nitrogênio (N)</b>	1	21183,6806*	0,5513	0,0975	2,4605	940339,2666*
		*				
<b>Molibdênio (Mo)</b>	1	734,7222	68,2501	0,2926	0,0004	813269,4392*
<b>I x N</b>	2	51,1285	29,4450	0,1753	6,3244	111503,4944
<b>I x Mo</b>	2	376,1285	43,6022	0,1904	1,7103	3113,6774
<b>N x Mo</b>	1	0,3472	27,7513	0,2850	14,0362*	484169,0009
<b>I x N x Mo</b>	2	1776,1285	2,2817	0,0758	12,1768*	167323,2463
<b>Fatorial vs Adicional</b>	1	8079,5942**	48,7903	0,1162	0,3450	276309,7213
<b>L x Tratamentos</b>	(12)	1849,2788**	19,5921	0,5165	2,9955	267979,2069
<b>L x I</b>	2	441,7535	7,5217	0,5257	0,0402	150457,7501
<b>L x N</b>	1	12534,7222*	31,3368	1,4993*	1,9045	248520,7251
		*				
<b>L x Mo</b>	1	153,1250	15,5868	0,0268	8,9817	1301129,1498**
<b>L x I x N</b>	2	339,6701	41,5489	0,1794	6,0299	182935,2771
<b>L x I x Mo</b>	2	301,8229	14,0339	0,5993	4,8234	72770,1796
<b>L x N x Mo</b>	1	112,5000	21,2335	1,4592	0,1995	533301,7726
<b>L x I x N x Mo</b>	2	1570,5729	12,1689	0,2965	0,7312	29382,3134
<b>L vs Fatorial vs Adicional</b>	1	4083,3602*	16,4008	0,0110	1,6110	261707,7960
<b>Erro</b>	48	580,1950	19,5441	0,3617	2,6928	169766,5224
<b>CV (%)</b>	-	19,62	27,76	12,07	7,77	31,85

\*\* e \*: Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

#### 4.2.1 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 de solo nas primeiras fases de estabelecimento da cultura. Dourado Neto e Fancelli (2000) indicam que o estande mínimo para plantas de feijão do tipo III é de 170 mil plantas. Pelos valores médios da Tabela 14 verifica-se que a população final de feijoeiros alcançada em Patos de Minas foi próxima a esse valor, mas em Pitangui ela ficou bem abaixo.

Esse resultado pode ter sido influenciado pela aplicação irregular de água nas primeiras semanas em Pitangui onde, como já mencionado, o sistema autopropelido de irrigação teve problemas operacionais, comprometendo assim a germinação das sementes e emergência das plântulas.

Observa-se também que, em geral, o EF foi maior na ausência de N (Tabela 14). Entretanto, como a interação L x N foi significativa, o efeito de local sobre a população final de plantas mostrou-se dependente da dose de nitrogênio. Na Tabela 15 observa-se que em Patos de Minas a aplicação de N na semeadura diminuiu o EF. Como já foi dito, esse efeito salino da adubação nitrogenada de base tem sido frequentemente relatado, com redução da germinação, emergência e acúmulo de matéria seca no feijoeiro (ALVES JÚNIOR et al., 2009; KIKUTI et al., 2005; LIMA et al., 2001; RODRIGUES et al., 2002; SILVEIRA; DAMASCENO, 1993). Rodrigues et al. (2002), avaliando a população de plantas e rendimento de grãos do feijoeiro das cultivares Carioca e Pérola em função de doses de N e de P, verificaram que a aplicação de N diminuiu tanto a população inicial de plantas quanto a final, nas safras inverno-primavera e verão-outono, atribuindo esse resultado a um possível efeito salino do fertilizante nitrogenado. No presente estudo, em Pitangui, esse efeito não se

manifestou sobre o grão e EF (Tabela 15), mas deve ser destacado que nessa localidade o estande foi bastante inferior e que outros fatores podem ter influenciado, como por exemplo, a aplicação inicial irregular de água. Provavelmente, por essa razão, não houve efeito sobre o estande, mas MSPA, TNPA e ANPA foram influenciados.

Deve ser comentado que a frequência e amplitude da resposta do feijoeiro ao nitrogênio variam de região para região e ainda, dentro de uma mesma região, em função do clima, do solo e de outros fatores (ROSOLEM, 1996). Romanini Júnior et al. (2007), por exemplo, observaram que em plantio direto, a aplicação de 10 kg ha<sup>-1</sup> de N foi suficiente para aumentar a população final de plantas e elegeram a nutrição adequada das plantas na fase inicial de desenvolvimento como provável justificativa para a maior sobrevivência.

Na Tabela 16, é representado o desdobramento do contraste L vs. Fatorial vs. Adicional, verifica-se que o tratamento adicional apresentou, nas duas localidades, menor EF, certamente por efeito salino da maior dose de N empregada na semeadura. Esse efeito foi significativo tanto em Patos de Minas (redução de 70% em relação à média do fatorial) como em Pitangui (redução de 13,5%), onde o EF já era menor, possivelmente devido atuação de outros fatores, como uniformidade na aplicação inicial de água.

Confirmando o resultado da análise de variância (Tabela 13), verifica-se na Tabela 14 que os valores médios do EF em função dos tratamentos de inoculação ou de doses de molibdênio foram próximos e não demonstraram qualquer tendência. Andrade et al. (2001) não verificaram influência da inoculação e da aplicação de Mo sobre essa característica.

Tabela 14 Valores médios de estande final (EF), número de vagens planta<sup>-1</sup> (VP) e de grãos vagem<sup>-1</sup> (GV), peso de cem grãos (P100) e rendimento de grãos de feijão (REND), cultivar BRS MG Madrepérola, nos diferentes níveis dos fatores, na avaliação realizada na maturação, 2012

<b>Tratamentos</b>	<b>EF</b> <b>(mil</b> <b>plantas ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>VP</b> <b>----- (número) -----</b>	<b>GV</b>	<b>P100</b> <b>(g)</b>	<b>REND</b> <b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Local</b>					
Patos de Minas	159A	9,0B	5,5A	23,26A	1219
Pitangui	93B	22,0A	4,5B	19,00B	1334
<b>Inoculação</b>					
Ausente	129	15,0	4,9	21,00	1328
CIAT 899 <sup>T</sup>	122	16,0	4,9	20,89	1210
UFLA 02-100	126	16,0	4,9	21,50	1291
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>					
0	143A	16,0	4,9	20,94	1391A
20	109B	16,0	5,0	21,31	1162B
<b>Doses de Mo (g ha<sup>-1</sup>)</b>					
0	123	15,0	5,0	21,13	1170B
80	129	17,0	4,9	21,13	1383A
<b>Fatorial</b>	126A	16,0	4,9	21,13	1276
<b>Adicional</b>	88B	19,0	5,0	20,88	1500
<b>Média Geral</b>	123	16,0	4,9	21,11	1294

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

Tabela 15 Valores médios de estande final (mil plantas ha<sup>-1</sup>) e número de grãos por vagem em função de locais e doses de nitrogênio, 2012

Local	Dose de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )			
	EF		GV	
	0	20	0	20
Patos de Minas	189Aa	128Ab	5,2Aa	5,6Aa
Pitangui	97Ba	89Ba	4,5Ba	4,3Ba
<b>Média</b>	143	109	4,8	4,9

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

Tabela 16 Estande final (mil plantas ha<sup>-1</sup>) de plantas de feijão, cultivar BRS MG Madrepérola, para avaliar o contraste fatorial vs adicional, nas duas localidades, 2012

Local	EF	
Patos de Minas	<i>Fatorial</i>	158,68A
	<i>Adicional</i>	93,33B
Pitangui	<i>Fatorial</i>	92,71A
	<i>Adicional</i>	81,67B
<b>Média</b>		106,60

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

#### 4.2.2 Componentes primários 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, o número de grãos por vagem e o peso médio de cem grãos.

#### 4.2.2.1 Número de vagens por planta (VP)

O número de vagens planta<sup>-1</sup>-VP foi influenciado apenas pelo fator local, sendo que o maior valor médio foi obtido em Pitangui. Nessa localidade, o baixo EF pode ter influenciado esse resultado, pois menor número de plantas conduz a melhor utilização dos recursos luz, água e nutrientes pelas plantas sobreviventes, havendo produção de maior número de vagens em cada planta. Esse fato também foi observado no feijoeiro por Alves et al. (2009) e Vieira (2009).

Confirmando a análise de variância, as médias de VP proporcionadas pela inoculação (com ambas as estirpes de rizóbio) foram muito próximas das obtidas sem inoculação (Tabela 14), indicando que as bactérias nativas tiveram eficiência semelhante a das estirpes inoculadas, no que diz respeito à formação e retenção de vagens no feijoeiro. Albuquerque et al. (2012) verificaram que o número de vagens planta<sup>-1</sup> foi maior no tratamento não inoculado e não adubado com molibdênio, mas adubado com nitrogênio em comparação aos outros tratamentos que foram inoculados juntamente com ou sem o parcelamento da adubação molíbdica. Já Soares (2012), avaliando a eficiência agrônômica de novas estirpes de bactérias para feijoeiro-comum em Minas Gerais, verificou que, nos experimentos com produtividades acima de 1100 kg ha<sup>-1</sup>, não houve diferença nos valores médios de VP entre os tratamentos inoculados e os não inoculados.

Na Tabela 14 verifica-se ainda que tanto a dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, incluída no fatorial, como a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizada no tratamento adicional, não representaram acréscimo significativo no VP. É interessante observar que, normalmente, o incremento da adubação nitrogenada eleva o VP, por proporcionar aumento na formação de flores do feijoeiro (PORTES, 1996). Esse incremento é ainda maior quando submetido a doses mais elevadas

(ALBUQUERQUE et al., 2012; ANDRADE et al., 2001; ARAÚJO et al., 2009; BISCARO et al., 2011; SORATTO et al., 2006; VIEIRA et al., 2000). No entanto, Davis (1945 citado por PORTES, 1996), afirma não ter encontrado nenhuma influência aparente de fertilizantes sobre o pegamento de vagens. Quando a planta não é bem nutrida produz menos flores e vagens do que uma planta bem nutrida. Todavia, as porcentagens de quedas de flores e vagens serão, possivelmente, as mesmas, o que justifica o equilíbrio no VP das plantas que receberam diferentes doses de N.

Do mesmo modo, não se observou efeito da aplicação foliar de Mo sobre essa variável (Tabela 14). Esse resultado condiz com os observados por Biscaro et al. (2011) em relação ao efeito isolado do Mo. No entanto, o efeito desse micronutriente mostrou-se dependente da dose de N. De acordo com o autor, o aumento da dose de Mo, possivelmente, aumentou o índice relativo de clorofila, proporcionando maior eficiência na utilização do N e, conseqüentemente, maior VP. Da mesma forma, Araújo et al. (2009) observaram relação quadrática entre esses dois nutrientes, de modo que ao se elevar as doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura, a quantidade de Mo necessária para obter a produção máxima de vagem por planta foi menor. Ao contrário, alguns autores relatam aumento no número de vagens promovido pela aplicação do Mo (FERREIRA et al., 2003; LEITE et al., 2007; PIRES et al., 2004; ROCHA et al., 2011).

Vários trabalhos mostram o efeito positivo da adubação nitrogenada ou molíbdica sobre o número de vagens planta<sup>-1</sup> (ALBUQUERQUE et al., 2012; ANDRADE et al., 2001; ROCHA et al., 2011; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

Dentre os componentes primários do rendimento, diversos autores afirmam que o VP é o componente de produção que mais influencia a produtividade (PESSOA et al., 2001; SOUZA et al., 2008; VIEIRA, 2009). Na

Tabela 14 do presente estudo, quando se comparam os locais, nota-se que de fato houve proporcionalidade entre VP e rendimento-REND, mas os demais componentes também parecem ter influenciado a produção de grãos.

#### **4.2.2.2 Número de grãos por vagem (GV)**

Essa característica também foi influenciada apenas pelo fator local, mas o maior GV, ao contrário de VP, foi encontrado em Patos de Minas. Esse fato certamente está relacionado com o menor VP apresentado pelo feijoeiro nessa localidade onde, certamente, o equilíbrio fisiológico entre fonte e dreno pode ter regido a produção de maior número de grãos e grãos maiores em cada vagem (Tabela 13). Na literatura é farta a sinalização de existência de correlação negativa entre as duas variáveis, ou seja, quanto maior o número de vagens, menor o número de grãos em cada uma delas. Soares (2012) verificou que nos experimentos instalados nas localidades Bambuí, Pítangui e Presidente Olegário, houve essa correlação negativa entre o VP e o GV. Essa proporcionalidade entre componentes do rendimento do feijoeiro é conhecida por plasticidade ou efeito de compensação, frequentemente relatada na literatura (JADOSKI et al., 2000; JAUER et al., 2003; VIEIRA, 2009).

Os resultados de GV indicam que não houve diferenças entre a inoculação e a ausência de inoculação das sementes, significando que as populações nativas de rizóbio desempenharam papel comparável ao das bactérias inoculadas, em relação a essa característica. Bassan et al. (2001), ao contrário, verificaram que os tratamentos submetidos à inoculação de sementes com a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> apresentaram menor número de grãos vagem<sup>-1</sup> em relação aos que não foram inoculados, mas não afetaram a produtividade de grãos. Araújo et al. (2007) não encontraram diferença entre os tratamentos inoculados e não inoculados. Do mesmo modo, Valadão et al. (2009) não

encontraram diferença na maioria das situações, exceto para os tratamentos submetidos à adubação molíbdica sem a aplicação de N, sendo que a inoculação reduziu o GV.

As adubações nitrogenada e molíbdica também não causaram efeito sobre o GV (Tabela 14), mas de acordo com a análise de variância, as doses de N teriam modificado o efeito de local, por meio da interação L x N (Tabela 13). Na Tabela 15, entretanto, o desdobramento da interação L x N mostrou que realmente houve diferença significativa apenas entre locais, com maior número de grãos por vagem ocorrendo em Patos de Minas, conforme já discutido. Vários trabalhos mostram o efeito positivo da adubação nitrogenada ou molíbdica sobre o número de grãos vagem<sup>-1</sup> (ALBUQUERQUE et al., 2012; ANDRADE et al., 2001; ROCHA et al., 2011; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

#### **4.2.2.3 Peso médio de cem grãos (P100)**

Em relação ao P100, os efeitos principais de inoculação, doses de N e doses de Mo não foram significativos (Tabelas 13 e 14), mas houve significância da interação tripla (Tabela 13), mostrando interdependência entre os fatores estudados. Na Tabela 17, onde está representado o desdobramento daquela interação, pode-se observar que a dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N reduziu o peso médio do grão apenas na ausência de Mo e de inoculação. Na Tabela 18, onde o desdobramento da interação é feito em outro sentido, verifica-se que as estirpes inoculadas tiveram o mesmo efeito das estirpes nativas sobre o P100, exceto na ausência de Mo e presença de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N. Nessa situação a estirpe UFLA 02-100 se mostrou superior aos demais tratamentos de inoculação. Esses efeitos, entretanto, apesar de significativos, não se mostraram consistentes e podem ter sido detectados apenas em função da boa precisão experimental obtida com a variável P100.

Bassan et al. (2001), ao contrário, verificaram que os tratamentos submetidos à inoculação de sementes com a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> apresentaram menor peso de cem grãos em relação aos que não foram inoculados, mas não afetaram a produtividade de grãos.

De qualquer forma, os resultados encontrados na literatura sobre o efeito do Mo foliar no peso de cem grãos são conflitantes. Biscaro et al. (2011), verificaram que o P100 foi influenciado negativamente pela adubação molíbdica, independente da dose de N aplicada. Ao contrário, Calonego et al. (2010) concluíram que essa característica respondeu positivamente à aplicação com Mo juntamente com menor dose de N em cobertura. Ascoli, Soratto e Maruyama (2008) não constataram efeito do Mo nos componentes de produção (número de vagens por planta, de sementes por vagem e massa de 100 grãos), mas houve aumento na produtividade de grãos. Já Andrade et al. (1998) e Ferreira et al. (2003) observaram aumento no número de vagens e massa de cem grãos com a aplicação foliar desse micronutriente.

Tabela 17 Peso médio de cem grãos (g) de feijão em função de inoculação e doses de N e de Mo, 2012

Inoculação	Dose de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de Molibdênio (g ha <sup>-1</sup> )	
		0	80
Ausente	0	22,58Aa	20,23Ab
	20	19,35Bb	21,85Aa
CIAT 899 <sup>T</sup>	0	20,51Aa	20,40Aa
	20	20,76Aa	21,87Aa
UFLA 02-100	0	21,06Aa	20,89Aa
	20	22,51Aa	21,56Aa
<b>Média</b>		21,13	21,13

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18 Peso médio de cem grãos (g) de feijão em função de inoculação, para cada combinação de doses de N e de Mo, 2012

Dose de Molibdênio (g ha <sup>-1</sup> )	Dose de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Inoculação		
		Ausente	CIAT 899 <sup>T</sup>	UFLA 02-100
0	0	22,58a	20,51a	21,06a
	20	19,35b	20,76b	22,51a
80	0	20,23a	20,40a	20,89a
	20	21,85a	21,87a	21,56a
<b>Média</b>		21,00	20,89	21,51

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

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 do feijoeiro, geralmente conhecida como plasticidade do feijoeiro (FERNANDES, 1987; SOUZA et al., 2002; SOUZA et al., 2008; TEIXEIRA et al., 2000). 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 Patos de Minas em geral houve maior estande final, maior número de grãos por vagem e maior peso médio do grão, mas o pequeno número de vagens limitou a produção de grãos, levando a rendimentos que não diferiram significativamente (Tabela 14).

#### 4.2.3 Rendimento de grãos (REND)

O rendimento de grãos foi significativamente influenciado apenas pelos efeitos principais de N e Mo, sendo este último efeito modificado pelo local, por meio da interação L x Mo (Tabelas 13 e 14).

Os valores médios do rendimento de grãos foram muito próximos, 1219 e 1334 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, em Patos de Minas e Pitangui, indicando

produtividades inferiores às esperadas com o emprego de nível tecnológico equivalente ao NT3 (CHAGAS et al., 1999), situadas na faixa entre 1800 e 2500 kg ha<sup>-1</sup>. Os rendimentos obtidos, entretanto, são compatíveis com os rendimentos médios observados em Minas Gerais nas safras das águas e da seca de 2011, respectivamente, 1167 e 1291 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2012). A queda do rendimento em relação ao esperado poderia ser creditada, pelo menos parcialmente, à baixa população de plantas obtida nas duas localidades, conforme já mencionado.

A produtividade de grãos do feijoeiro não foi influenciada pela inoculação das sementes com rizóbio, resultado semelhante aos obtidos por Kaneko et al. (2010), Silva et al. (2009) e Souza, Soratto e Pagani (2011). Esse fato novamente aponta no sentido de que a população nativa de rizóbio apresentou performance semelhante a das estirpes inoculadas. Andrade et al. (2001) verificaram que o emprego apenas da inoculação com a estirpe CIAT 899<sup>T</sup> não foi eficiente, apresentando rendimento de grãos semelhante ao da testemunha e inferior ao tratamento que recebeu N na semeadura e em cobertura. Entretanto, resultados positivos com a inoculação também são relatados na literatura (ARAÚJO et al., 2007; ROMANINI JÚNIOR et al., 2007; SOARES et al., 2006). Nogueira (2005) avaliou a eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e a diversidade de populações nativas que nodulam o feijoeiro-comum em Formiga-MG e observou que a inoculação com as estirpes UFLA 02-100 (empregada no presente trabalho) e UFLA 02-127 proporcionaram aumento no rendimento de grãos, contribuindo assim, para possibilitar menor aplicação de adubos nitrogenados.

Nas Tabelas 13 e 14 verifica-se ainda que ambas as estirpes inoculadas (CIAT 899<sup>T</sup> e UFLA 02-100) apresentaram idêntico resultado. Outros pesquisadores, como Rufini et al. (2011), trabalhando em diferentes condições, também obtiveram produtividades semelhantes entre as duas estirpes, não

diferindo dos tratamentos não inoculados. Já Ferreira et al. (2009) e Soares et al. (2006), apesar de encontrarem semelhança entre as duas estirpes, notaram comportamento diferenciado das mesmas em relação aos tratamentos não inoculados.

De acordo com Rosolem (1996), as respostas do feijoeiro ao N têm sua frequência e magnitude influenciadas pela região, pelo clima, pelas condições sanitárias da cultura e pela resposta do feijoeiro à fixação simbiótica de N. Segundo Pelegrin et al. (2009), a variabilidade nas respostas do feijoeiro às doses de N, nos diferentes experimentos, verificam-se especialmente em razão dos níveis de fertilidade do solo e do sistema de produção, além da irrigação.

Os tratamentos submetidos à adubação nitrogenada de 20 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura apresentaram menor rendimento de grãos, com redução de aproximadamente 16% (Tabela 14). Esse resultado remete a mesma hipótese cogitada para explicar o efeito do N no estande final, ou seja, é possível que o estresse salino tenha causado redução na população final de plantas, como já discutido, resultando em menor produção de grãos por área (Tabelas 13 e 14). Esse efeito salino tem sido reportado em muitas situações, por diversos autores (ALVES JÚNIOR et al., 2009; KIKUTI et al., 2005; RODRIGUES et al., 2002), ainda que sejam mais frequentes com doses superiores à empregada no fatorial do presente trabalho.

Considerando as produtividades médias da Tabela 19, a aplicação foliar de 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo proporcionou rendimentos semelhantes nas duas localidades. No entanto, devido à significância da interação L x Mo, seu desdobramento indica que esse efeito se mostrou dependente do local, ou seja, a aplicação de 80 g ha<sup>-1</sup> elevou o rendimento de grãos em cerca de 33% em Patos de Minas, mas esse efeito não ocorreu em Pitangui. Efeitos da aplicação foliar de Mo sobre o rendimento de grão e sobre componentes do rendimento são bastante frequentes na literatura. Entre outros autores, Berger, Vieira e Araújo (1996), Calonego et

al. (2010) e Ferreira et al. (2003) também verificaram maior produção de grãos em tratamentos que receberam aproximadamente 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo via foliar.

Tabela 19 Rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) de feijoeiro-comum de função de locais e doses de molibdênio, 2012

Local	Dose de Molibdênio (g ha <sup>-1</sup> )	
	0	80
Patos de Minas	979Bb	1460Aa
Pitangui	1362Aa	1305Aa
<b>Média</b>	1171	1383

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

O fato de só ter havido efeito da aplicação foliar de Mo em Patos de Minas certamente está relacionado ao menor pH no solo dessa localidade, pois a resposta ao Mo tem sido fortemente dependente da reação do solo. Em solos recentemente corrigidos como o de Pitangui, o maior pH disponibiliza o Mo nativo do solo, impedindo ou reduzindo a resposta. Ao contrário, na presença de menores valores de pH existe menor disponibilidade do nutriente, favorecendo a resposta à aplicação do micronutriente (BISCARO et al., 2011; CALONEGO et al., 2010; ROCHA et al., 2011; RODRIGUES; ANDRADE; CARVALHO, 1996).

Alguns trabalhos relatam interação significativa, ou interdependência, entre os efeitos de N e Mo, fato não verificado no presente trabalho. Calonego et al. (2010) e Nascimento, Arf e Silva (2004) também não verificaram efeito da interação entre os dois nutrientes no rendimento de grãos. Fullin et al. (1999), por exemplo, verificaram que o N aplicado ao solo é indispensável para aumentar o efeito do Mo sobre a produtividade de grãos. Biscaro et al. (2011) observaram que a aplicação de N proporcionou incremento na produtividade do

feijoeiro somente quando combinada com a aplicação de Mo via foliar, diferente dos resultados obtidos pelo mesmo autor em 2009, onde a adubação nitrogenada proporcionou aumento no rendimento independente da dose de Mo (BISCARO et al., 2009).

Deve ser observado que esse efeito do Mo ocorreu em Patos de Minas sobre o rendimento de grãos, mesmo não tendo se manifestado sobre os componentes do rendimento. Já Andrade et al. (2001) verificaram que a adição de 40 g ha<sup>-1</sup> de Mo via foliar proporcionou aumentos significativos nas características VP e GV, além do REND.

#### **4.2.4 Teor (TNG) e acúmulo de N no grão (ANG) em Pitangui**

A análise de variância (Tabela 20) revelou que os efeitos principais de inoculação-I, nitrogênio-N e molibdênio-Mo não foram significativos sobre o teor (TNG) e acúmulo de N nos grãos (ANG). Somente houve significância da interação N x Mo para o TNG, verificando assim, que o efeito do N sobre essa variável foi dependente da presença ou ausência de Mo. A análise revelou ainda boa precisão experimental para TNG (CV=10,39%), o que não ocorreu com o ANG (CV=39,37%).

No período de enchimento de grãos há intensa translocação de N das folhas para as partes reprodutivas. Sendo assim, o TNG indica a condição nutricional que a planta obteve nos estádios da maturação e pode ainda servir de indicativo da eficiência da fixação biológica de nitrogênio nas leguminosas. De certa forma o ANG também tem a mesma utilidade, embora seja dependente do rendimento de grãos.

A inoculação com as estirpes CIAT 899<sup>T</sup> e UFLA 02-100 apresentou TNG e ANG semelhantes aos dos tratamentos não inoculados (Tabela 21). Certamente, esses resultados foram obtidos devido à presença de estirpes nativas

de rizóbio eficientes no solo, conforme já discutido em relação a outras características avaliadas, tanto na floração, como na maturação. Resultados semelhantes, ou seja, de bactérias nativas eficientes na determinação de maiores teores e/ou acúmulo de N nos grãos foram obtidos por Pelegrin et al. (2009) e Silva et al. (2009). Devido ao grande número de fatores envolvidos na nodulação e fixação simbiótica de N, entretanto, os resultados na literatura apresentam ampla variação. Alguns autores, como Araújo et al. (2007) e Soares et al. (2006), por exemplo, verificaram que a inoculação proporciona aumento nos teores de N nos grãos. Soares et al. (2006), trabalhando com a cultivar BRSMG Talismã, em Perdões-MG, verificaram que todas as estirpes estudadas, inclusive as utilizadas no presente trabalho, apresentaram TNG semelhante ao da testemunha com N ( $70 \text{ kg ha}^{-1}$ ), e foram superiores à testemunha sem N. Araújo et al. (2007), estudando a inoculação e o tratamento das sementes com fungicida na cultivar Carioca, em Colorado - PR, verificaram que um tratamento inoculado e sem fungicida na semente contribuiu para acúmulo de  $71 \text{ kg ha}^{-1}$  de N nos grãos, superando a testemunha não inoculada, que acumulou apenas  $37 \text{ kg}$  de N.

Como já mencionado, os efeitos de N e Mo foram interdependentes (interação significativa) e somente influenciaram o TNG. É possível que a não significância sobre o ANG esteja relacionada à menor precisão alcançada na estimativa dessa variável. O desdobramento da interação N x Mo em relação ao TNG revelou que a aplicação de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura elevou significativamente o TNG em cerca de 15%, mas apenas quando não se aplicou o Mo via foliar (Tabela 22). Como as funções do micronutriente nas plantas estão relacionadas à nutrição nitrogenada, via nitrogenase (enzima envolvida na FBN) e/ou via nitrato redutase (envolvida na assimilação de N absorvido pelas raízes), é possível que o Mo aplicado nas folhas tenha, por uma ou ambas as vias, melhorado a aquisição de N pelas plantas (ANDRADE et al., 2001;

BISCARO et al., 2009; 2011; ROCHA et al., 2011), de tal forma que elas já não responderam à dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura.

Tabela 20 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes a teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) de feijão, cultivar BRS MG Madrepérola, obtidos na maturação em Pitangui-MG, 2012

FV	GL	Características	
		TNG	ANG
<b>Blocos</b>	2	0,1162	1791,2992*
<b>Tratamentos</b>	(12)	0,2499	270,9525
<b>Inoculação (I)</b>	2	0,0544	234,3919
<b>Nitrogênio (N)</b>	1	0,1600	8,0089
<b>Molibdênio (Mo)</b>	1	0,0044	47,2427
<b>I x N</b>	2	0,1733	228,5409
<b>I x Mo</b>	2	0,0278	70,7854
<b>N x Mo</b>	1	1,2100**	312,7003
<b>I x N x Mo</b>	2	0,3033	226,9927
<b>Fatoriais vs Adicional</b>	1	0,5067	1362,0566
<b>Erro</b>	24	0,1350	364,1756
<b>CV (%)</b>		10,39	39,37

\*\* e \*: Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 21 Valores médios de teor (TNG) e acúmulo (ANG) de nitrogênio nos grãos de feijão, cultivar BRS MG Madrepérola, nos diferentes níveis dos fatores, na avaliação realizada na maturação, 2012

<b>Tratamentos</b>	<b>TNG (%)</b>	<b>ANG (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Inoculação</b>		
Ausente	3,52	46,11
CIAT 899 <sup>T</sup>	3,43	42,71
UFLA 02-100	3,57	51,48
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>		
0	3,44	47,24
20	3,57	46,29
<b>Doses de Mo (g ha<sup>-1</sup>)</b>		
0	3,52	47,91
80	3,49	45,62
<b>Fatoriais</b>	3,51	46,77
<b>Adicional</b>	3,93	68,94
<b>Média Geral</b>	3,72	57,86

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

Como já mencionado, resultados sobre os efeitos da adubação nitrogenada são bastante controversos, dado o grande número de fatores envolvidos na resposta. Diversos autores verificaram que o aumento da dose de N até 120 (SILVA; LEMOS; TAVARES, 2006; SORATTO et al., 2005) e 160 kg ha<sup>-1</sup> (FARINELLI et al., 2006) aplicados em cobertura, proporciona maiores TNG nos grãos de feijão. Por outro lado, outros autores não têm encontrado esse efeito (FERREIRA et al., 2009; PELEGRIN et al., 2009; SILVA et al., 2009), mesmo com doses maiores de N. Ferreira et al. (2009) não verificaram diferenças significativas no TNG e ANG com aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. O aumento da dose de N até 120 kg ha<sup>-1</sup> não influenciou significativamente o TNG no trabalho desenvolvido por Silva et al. (2009), enquanto Pelegrin et al. (2009) não verificaram diferença no TNG até à dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Tabela 22 Teor médio de nitrogênio (%) nos grãos de feijão em função de doses de nitrogênio e de molibdênio, obtidos na maturação, 2012

Dose de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de Molibdênio (g ha <sup>-1</sup> )	
	0	80
0	3,27Ba	3,61Aa
20	3,77Aa	3,38Ab
<b>Média</b>	3,52	3,50

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

Por outro lado, observa-se ainda na Tabela 22, que 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo não influenciaram o TNG na ausência de adubação nitrogenada de base, mas essa mesma aplicação foliar reduziu significativamente o valor médio da variável em cerca de 9% quando se aplicou também 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura.

Na literatura existem muitos relatos sobre o incremento do TNG por efeito da aplicação de Mo. Rocha (2008) obteve acréscimos no TNG da cultivar Ouro Vermelho quando aplicou Mo via foliar em experimentos instalados na época da seca e de inverno, e sob dois sistemas de cultivo (plantio direto e convencional). Esse autor verificou que as doses estimadas de molibdênio que proporcionaram os máximos teores de N total no plantio direto foram de 96 e 209 g ha<sup>-1</sup> de Mo na época da seca e inverno, respectivamente. Já no plantio convencional, as doses estimadas foram de 215 e 203 g ha<sup>-1</sup> de Mo na época da seca e inverno, respectivamente. Gelain et al. (2011) trabalhando com a cultura da soja, verificaram aumento de 18% no TNG com a aplicação de 50 g ha<sup>-1</sup> de Mo via sementes.

Na cultura do feijoeiro a aplicação foliar de Mo tem apresentado melhores resultados que via semente ou via solo (ANDRADE et al., 2001; ARAÚJO et al., 2009; ASCOLI; SORATTO; MARUYAMA, 2008; BISCARO et al., 2011; ROCHA et al., 2011) e, de maneira geral, a falta de respostas ao micronutriente está relacionada a valores elevados de pH, dado que em solos

corrigidos aumenta a disponibilidade de Mo, fazendo com que o feijoeiro não responda à sua aplicação. Por essa razão, em diversos trabalhos, como o de Damato Neto (2010), não se verifica efeito da aplicação foliar de Mo sobre o TNG.

No caso do presente trabalho, o solo do local do experimento havia recebido calagem recentemente e apresentava pH em água igual a 5,8. Certamente essa condição influenciou os resultados, levando o feijoeiro a não responder positivamente à aplicação de Mo.

O efeito negativo na presença de N, entretanto, é mais difícil de ser interpretado, e não foi encontrado na literatura, sendo recomendável a condução de outros experimentos, com diferentes doses de ambos os nutrientes, para tentar esclarecer o ocorrido.

## 5 CONCLUSÕES

- a) As populações nativas de rizóbio existentes nas duas localidades proporcionam nodulação, crescimento e teor de N na parte aérea do feijoeiro equivalentes a das estirpes inoculadas, não havendo, portanto, efeito da inoculação nestes dois ambientes.
- b) Em Patos de Minas é maior o estande final de plantas e a nodulação do feijoeiro.
- c) Nos dois ambientes, a aplicação de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura não altera a nodulação do feijoeiro, mas já é suficiente para reduzir o estande final do feijoeiro em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada.
- d) A dose de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura) proporciona maior crescimento do feijoeiro.
- e) A aplicação foliar de Mo ( $80 \text{ g ha}^{-1}$ ) eleva o rendimento de grãos do feijoeiro em solo com pH não corrigido, como o da localidade Patos de Minas.

## REFERÊNCIAS

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

ALBINO, U. B.; CAMPO, R. J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 527-534, 2001.

ALBUQUERQUE, H. C. et al. Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiros comuns submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 214-221, 2012.

ALMEIDA, C. et al. Ureia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 293-298, 2000.

ALVARENGA, P. E. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli***. 1995. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

ALVES, A. F. et al. Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1495-1502, 2009.

ALVES, J. M. et al. Aplicação foliar de molibdênio em caupi (*Vigna unguiculata* (L.)). **Revista ciências da vida**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 193-197, 2002.

ALVES JÚNIOR, J. et al. Adubação nitrogenada do feijoeiro, em plantio e cobertura, em plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 943-949, 2009.

AMANE, M. I. V. et al. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n. 4, p. 643-650, 1999.

AMANE, M. I. V. et al. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 41, n. 234, p. 202-216, mar./abr. 1994.

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

ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, A. J.; VIEIRA, N. M. B. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. atual. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 67-86.

ANDRADE, M. J. B. et al. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 45, n. 257, p. 65-79, 1998.

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

ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L. Growth and yield of common bean cultivars at two soil phosphorus levels under biological nitrogen fixation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 809-817, Apr. 2000.

ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de N<sub>2</sub> no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.

ARAÚJO, P. R. A. et al. Combinações de doses de molibdênio e nitrogênio na adubação da cultura do feijoeiro-comum. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 227-234, 2009.

ARF, O. et al. Efeito da inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Carioca 80. **Científica**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 29-38, 1991.

ASCOLI, A. A.; SORATTO, R. P.; MARUYAMA, W. I. Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 377-384, 2008.

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: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p. (Documentos, 272).

BARBOSA, G. F. et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, 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, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.

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

BISCARO, G. A. et al. Molibdênio via semente e nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em solo de cerrado. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1280-1287, 2009.

BISCARO, G. A. et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar no feijoeiro irrigado cultivado em solo de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 665-670, 2011.

BLISS, F.A. Breeding common bean for improvement of biological nitrogen fixation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, n. 1, p. 71-79, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 30, de 12 de nov. 2010. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 17 nov. 2010. Disponível em: <[http://www.fiscolex.com.br/doc\\_13261309\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_30\\_DE\\_12\\_DE\\_NOVEMBRO\\_DE\\_2010.aspx](http://www.fiscolex.com.br/doc_13261309_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_30_DE_12_DE_NOVEMBRO_DE_2010.aspx)>. Acesso em: 25 mar. 2011.

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, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

BRODRICK, S. J.; GILLER, K. E. Genotypic difference in molybdenum accumulation affects N<sub>2</sub>-fixation in tropical *Phaseolus vulgaris*. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v. 42, p. 1339-1343, 1991a.

BRODRICK, S. J.; GILLER, K. E. Root nodules of *Phaseolus*: efficient scavengers of molybdenum for N<sub>2</sub>-fixation. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v. 42, p. 679-686, 1991b.

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

CAMPANHARO, M. et al. Acidez do solo na fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro comum. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 285-290, 2010.

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

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.

CHUEIRE, L. M. O. et al. Classificação taxonômica das estirpes de rizóbio recomendadas para as culturas da soja e do feijoeiro baseada no sequenciamento do gene 16S rRNA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 833-840, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento, julho 2012**. Brasília, 2012.

DAMATO NETO, J. Resposta do feijoeiro ao molibdênio em mistura com glyphosate no plantio direto. 2010. 46 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Função de micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Coord.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p. 65-78.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Fertilidade do solo: elementos requeridos à nutrição de plantas – Molibdênio**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 120-122.

DINIZ, A. R. et al. Avaliação preliminar da resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação foliar de molibdênio e adubação nitrogenada em cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 226-231, abr./jun. 1998.

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

DUQUE, F. F. et al. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and the quantification of the N<sub>2</sub> fixation using 15N. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 88, n. 3, p. 333-43, 1985.

FAOSTAT. **Banco de dados da FAO**. Disponível em: <[http://faostat3.fao.org/home/index.html# DOWNLOAD](http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD)>. Acesso em: 9 jul. 2012.

FARINELLI, R. et al. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 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, v. 27, n. 1, p. 7-15, Jan./Mar. 2005.

FERNANDES, M. I. P. S. **Efeito da variação de estande dos experimentos com a cultura do feijoeiro**. 1987. 37 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1987.

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, A. C. B. et al. Características agronômicas do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 65-72, 2003.

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

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

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, p. 1947-1959, 2012.

FERREIRA, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, 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.

FRANCO, A. A.; DAY, J. M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brasil. **Turrialba**, San José, v. 30, p. 99-105, 1980.

FRANCO, A. A.; MUNNS, D. N. Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 45, p. 1144- 1148, 1981.

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.

FRED, E. B.; BALDWIN, I. L.; McCOY, E. **Root nodule bacteria of leguminous plants**. Madison: University of Wisconsin, 1932. 343 p.

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, v. 34, n. 7, p. 1145-1149, 1999.

GELAIN, E. et al. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2011.

GOULART, L. S.; BALDANI, J. I. Efeito do choque térmico na expressão de estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* e *Rhizobium tropici*. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 133.

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

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A. Efeito do molibdênio nas culturas da soja e do feijão via adubação foliar. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 2, n. 3, p. 8, 2009.

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.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 65, n. 1/2, p. 151-164, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos**. 2012. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>>. Acesso em: 9 jul. 2012.

ISHIZUKA, J. Characterization of molybdenum absorption and translocation in soybean plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 28, p. 63-78. 1982.

JACOB NETO, J.; FRANCO, A. A. Determinação do nível crítico de Mo nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Turrialba**, San José, v. 39, n. 2, p. 215-223, 1989.

JACOB NETO, J.; ROSSETTO, C. A. V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 171-183, 1998.

JADOSKI, S. O. et al. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: Rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 567-573, 2000.

JAUER, A. et al. Comportamento da cultivar BR-IPAGRO 44-Guapo brilhante de feijoeiro em quatro populações de plantas na safrinha em Santa Maria-RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 201-206, 2003.

JORDAN, D. C. *Rhizobiaceae* Conn 1938. In: KRIEG, N. R.; HOLT, J. D. (Ed.). **Bergey's manual of systematic bacteriology**. London: Williams and Wilkins, 1984. v. 1, p. 234-244.

KANNAN, S.; RAMANI, S. Studies on molybdenum absorption and transport in bean and rice. **Plant Physiology**, Washington, v. 62, p. 179-181, 1978.

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

KIKUTI, H. et al. Nitrogênio e fósforo em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade cultivada BRS MG Talismã. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 415-422, 2005.

LEITE, L. F. C. et al. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 492-497, 2009.

LEITE, U. T. et al. Rendimento de grãos e componentes de rendimento do feijoeiro em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibdênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 113-120, 2007.

LIMA, E. V. et al. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 125-129, jan./mar. 2001.

LIMA, S. F.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G. Resposta do feijoeiro à adubação foliar de boro, molibdênio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 462-467, abr./jun. 1999.

LINDSAY, W. L. **Chemical equilibria in soils**. New York: J. Wiley, 1979. 449 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. New York: Academic, 1995. 889 p.

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, p. 417-426, 1991.

MELLONI, R. et al. Eficiência e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas que nodulam caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de mineração de bauxita em reabilitação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 235-246, 2006.

MENDES, I. C. 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**, Campinas, v. 18, p. 421-5, 1995.

MERCANTE, F. M. et al. **A inoculação do feijoeiro-comum com rizóbio**. Seropédica: Embrapa-CNPBS, 1992. 8 p. (Comunicado Técnico, 10).

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

NASCIMENTO, M. S.; ARF, O.; SILVA, M. G. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 153-159, 2004.

NOGUEIRA, C. O. G. **Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas que nodulam o feijoeiro-comum em Formiga, MG**. 2005. 84 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

OLIVEIRA, J. P.; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p. 175-212.

OLIVEIRA, L. A.; GRAHAM, P. H. Evaluation of strain competitiveness in + - *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* using a nod fix natural mutant. **Archives in Microbiology**, Berlin, v. 153, n. 4, p. 305-310, Mar. 1990.

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 219-226, 2009.

PEREIRA, E. G. et al. Ocorrência de leguminosas e de nodulação em relação a biodiversidade vegetal em ecossistemas florestais brasileiros. In: FertBIO'98, 1998, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: [s. n.], 1998. p. 218.

PESSOA, A. C. S. et al. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro “Ouro Negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 217-224, 2001.

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

PIRES, A. A. et al. Rendimento de grãos, componentes do rendimento e índice spad do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de época de aplicação e do parcelamento da aplicação foliar de molibdênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1092-1098, set./out. 2004.

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

RAMOS, M. L. G. et al. Effect of water stress on nitrogen fixation and nodule structure of common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 339-347, Mar. 2003.

RENNIE, R. J. Comparison of N balance and <sup>15</sup>N isotope dilution to quantify N<sub>2</sub> fixation in field grown legumes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, p. 785-790, 1984.

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

ROCHA, P. R. R. **Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2008. 46 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

ROCHA, P. R. R. et al. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, p. 9-17, 2011.

RODRIGUES, J. R. M. et al. População de plantas e rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1218-1227, 2002.

RODRIGUES, J. R. M. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicadas via foliar. 1995. 47 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

RODRIGUES, L. R. M.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicadas via foliar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 323-333, jul./set. 1996.

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

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 353-390.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: POTAFOS. 1987. 91p. (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, v. 46, n. 1, p. 81-88, 2011.

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, v. 3, n. 1, p. 13-17, 1979.

SAITO, S. M. T. Avaliação em campo da capacidade de fixação simbiótica de estirpes de *Rhizobium phaseoli*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 7, p. 999-1006, jul. 1982.

SANTOS, O. S. Molibdênio. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.191-217.

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

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

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**, Reading, v. 43, p. 374-377, 1993.

SILVA, E. F. et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada a exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 443-451, 2009.

SILVA, M. V. et al. Fontes e doses de molibdênio via foliar em duas cultivares de feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 126-133, 2003.

SILVA, P. M.; TSAI, S. M.; BONETTI, R. Response to inoculation and N fertilization for increased yield and biological nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v. 152, p. 123-130, 1993.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A.; Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 739-745, 2006.

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

SIQUEIRA, J. O. et al. **Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz, Feijão; Londrina: Embrapa Soja; Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 47-50. (Documentos, 45).

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG): II - feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 30, p. 803-811, 2006.

SOARES, B. L. **Avaliação técnica e econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes**. 2012. 151 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

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.

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

SORATTO, R. P. et al. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 259-265, 2006.

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, v. 38, n. 1, p. 39-43, 2008.

SOUZA, A. B. et al. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 87-98, 2002.

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

STOCCO, P. et al. Avaliação da biodiversidade de rizóbios simbiotes do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 3, p. 1107-1120, 2008.

STRALIOTTO, R. **A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro**. Disponível em:  
<[http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbnl\\_inocula\\_feijoeiro.html](http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbnl_inocula_feijoeiro.html)>. Acesso em: 30 ago. 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: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 122-153.

STREIT, W. et al. Competition for nodule occupancy on *Phaseolus vulgaris* by *Rhizobium etli* and *Rhizobium tropici* strains can be efficiently monitored in a ultisol during early stages of growth using a constitutive GUS gene fusion. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, n. 8, p. 1075-1081, Aug. 1995.

TEIXEIRA, I. R. et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 399-408, 2000.

THIES, J. E.; BOHLOOL, B. B.; SINGLETON, P. W. Environmental effects on competition for nodule occupancy between introduced and indigenous rhizobia and among introduced strains. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 38, n. 6, p. 493-500, Jun. 1992.

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, v. 44, n. 4, p. 384-391, abr. 2009.

TOLEDO, M. Z. et al. Nodulação e atividade da nitrato redutase em função da aplicação de molibdênio em soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 858-864, 2010.

TRIPLETT, E. W.; SADOWSKI, M. J. Genetics of competition for nodulation of legumes. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v. 46, p. 399-428, 1992.

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.

VARGAS, A. A. T.; GRAHAM, P. H. Cultivar and pH effects on competition for nodule sites between isolates of *Rhizobium* in beans. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 117, n. 2, p. 195-200, July 1989.

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., Londrina, 1993. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 126.

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

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

VIEIRA, N. M. B. **Acúmulo de nutrientes e desempenho agronômico de cultivares de feijoeiro-comum, em diferentes populações e sistemas de cultivo**. 2009. 117 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

VIEIRA, N. M. B. et al. Comportamento dos genótipos de feijoeiro em relação à adubação com nitrogênio mineral e inoculação com rizóbio. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 18, n. 1, p. 57-61, mar. 2005.

VIEIRA, R. F. et al. Foliar application of molybdenum in common beans: I. nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. **Journal Plant Nutrition**, Monticello, v. 21, n. 1, p. 169-180, 1998.

VIEIRA, S. M. et al. Nitrogênio, molibdênio e inoculante para a cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 1, n. 1/2, p. 63-66, 2000.

VINCENT, J. M. **A manual for the practical study of the root-nodule bacteria**. Oxford: Scientific, 1970. 164 p.

VLASSAK, K. et al. Evaluation of the intrinsic competitiveness and saprophytic competence of *Rhizobium tropici* IIB strains. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 24, n. 3, p. 274-282, Mar. 1997.

VLASSAK, K.; VANDERLEYDEN, J.; FRANCO, A. A. Competition and persistence of *Rhizobium tropici* and *Rhizobium etli* in a tropical soil during successive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultures. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 21, n. 1/2, p. 61-68, 1996.

WOLFF, A. B. et al. Competitiveness of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* strains in relation to environmental stress and plant defense mechanisms. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 12, n. 3, p. 170-176, 1991.