

STELLA CRISTIANI GONÇALVES MATOSO



**NODULAÇÃO E CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO EM RESPOSTA À  
APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO E INOCULANTE RIZOBIANO**

RIO BRANCO - AC

2012

STELLA CRISTIANI GONÇALVES MATOSO

**NODULAÇÃO E CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO EM RESPOSTA  
À APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO E INOCULANTE RIZOBIANO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra

RIO BRANCO - AC

2012

À minha família,  
e ao meu companheiro  
de todas as horas

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente ao Prof. Jorge Ferreira Kusdra, pela compreensão, orientação e relação humana que sempre me dedicou. Ao coordenador do programa, Sebastião Elviro de Araújo Neto, que sempre esteve disposto a colaborar e resolver os mais diversos problemas que surgiram no decorrer desta caminhada.

Deixo meus agradecimentos àqueles que atuaram diretamente na execução da fase experimental desta dissertação, os Professores Mauro Henrique Miranda de Alcântara, Aquiles da Silva, João Paulo Matozinho, Ricardo Teixeira Gregório de Andrade, Belami Cassia da Silva, Paulo Araújo de Alencar, Roger Asevedo dos Santos e Nélio Ranieli Ferreira de Paula; os alunos, Rubens Pereira Alves Júnior, Helisson Aparecido de Souza Santos, Gabriella Santana de Souza, Adilson Fábio Pintar, Eduardo Gollo Bruneto, Wagner Viana Andreatta e Gideon Rosa dos Santos; e os servidores, Israel Franquis e Leandro Dias. Também às professoras que fizeram a correção da Língua Portuguesa Maria Lúcia Colombo e Rosa Maria da Silva todos vinculados ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia.

Não posso deixar de agradecer também o Instituto Agronômico do Paraná, que cedeu as sementes e em especial à Pesquisadora Diva Souza Andrade e ao Laboratório de Microbiologia do Solo pelas análises realizadas.

Por fim, e não menos importante agradeço a grande amiga Damaris Suelen Nascimento por toda a sua colaboração e a minha família pelo apoio (coletando garrafas PET) e compreensão de minha ausência.

“Se você não tem as respostas,  
tenha as perguntas.”  
Rodrigo Bentes Diniz

## RESUMO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) é uma Fabaceae nodulífera com capacidade de se beneficiar da fixação biológica de nitrogênio (FBN). Porém, a eficiência deste processo é influenciada por diversos fatores destacando-se as características das bactérias fixadoras de nitrogênio denominadas genericamente como rizóbios, o desempenho da combinação simbiótica (cultivar de feijoeiro/estirpe de rizóbio) e a disponibilidade adequada de molibdênio (Mo) na semente e no solo. O objetivo deste trabalho foi dimensionar a magnitude da contribuição do molibdênio (fontes e doses) e de rizóbios (nativos e introduzidos) para a nodulação, acúmulo de nitrogênio e crescimento de duas cultivares de feijoeiro (IPR Colibri e IPR 139). Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação, um para cada cultivar, ambos no delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x5x2, que corresponde respectivamente à aplicação nas sementes de duas fontes (molibdato de sódio e molibdato de amônio) e cinco doses (0, 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> de sementes) de Mo na presença e ausência de inoculante rizobiano (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088). As variáveis avaliadas foram as massas secas da parte aérea, da raiz, total da planta, dos nódulos e média unitária de nódulos, número total de nódulos, nitrogênio total e da parte aérea, número de nódulos grandes, médios, pequenos e muito pequenos. A análise estatística consistiu na verificação de dados discrepantes, homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros. Para as variáveis que não atenderam os pressupostos da análise de variância transformaram-se os dados, e para àquelas que mesmo após transformação não atenderam tais pressupostos, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis. Em seguida, realizou-se a análise de variância e de regressão para verificar os efeitos isolados e/ou combinados dos produtos utilizados. Procedeu-se também a avaliação por contrastes ortogonais do efeito da ausência e presença de molibdênio independente de suas fontes, a análise de correlação linear entre as variáveis e sua comparação pelo teste t entre os experimentos. Verificou-se que a aplicação do Mo é promissora, principalmente em doses entre 2 e 3 g.kg<sup>-1</sup> de sementes e utilizando como fonte o molibdato de amônio. A inoculação de *Rhizobium tropici* SEMIA 4088 não se mostrou eficiente para aumentar o crescimento de planta, nem tampouco a nodulação e a FBN de ambas as cultivares. A IPR Colibri, mesmo sendo de ciclo curto, teve desempenho similar à IPR 139.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio. *Phaseolus vulgaris*. *Rhizobium tropici*. IPR Colibri. IPR 139.

## ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris*) is a noduliferous Fabaceae capacity to benefit from biological nitrogen fixation (FBN). However, the efficiency of this process is influenced by several factors highlighting the characteristics of nitrogen fixing bacteria generically as rhizobia, the symbiotic combination of performance (bean cultivar/strain of rhizobia) and adequate availability of molybdenum (Mo) in the seed and ground. The objective of this study was to scale the magnitude of the contribution of molybdenum (sources and doses) and rhizobia (native and introduced) for nodulation, nitrogen accumulation and growth of two bean cultivars (IPR Colibri and IPR 139). Two experiments were conducted in a greenhouse, one for each cultivar, both in a completely randomized design (DIC) in a 2x5x2 factorial scheme, corresponding respectively to the application in two seed sources (sodium molybdate and ammonium molybdate) and five doses (0, 1, 2, 3 and 4 g.kg<sup>-1</sup> seed) Mo in the presence and absence of inoculant rizobiano (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088). The variables evaluated were the dried masses of the shoot, root, whole plant, and average unit of nodules nodules, the total number of nodules, total nitrogen and shoots, number of nodules large, medium, small and very small. Statistical analysis consisted in the verification of outliers, homogeneity of variances and normality of errors. For variables that did not meet the assumptions of analysis of variance became the data, and for those who have not met even after transformation such assumptions, we used the Kruskal-Wallis test. Then there was the analysis of variance and regression analysis to determine the isolated effects and/or combination of products used. The procedure was also evaluated by orthogonal contrasts of the effect of the absence and presence of molybdenum independent of their sources, the linear correlation analysis between variables and comparison by t test between experiments. It was found that the application of Mo is promising, especially at doses between 2 and 3 g.kg<sup>-1</sup> seed and using as a source ammonium molybdate. Inoculation with *Rhizobium tropici* SEMIA 4088 was not efficient to increase plant growth, nor nodulation and FBN for both cultivars. The IPR Colibri, even though with a short-cycle performance was similar to IPR 139.

Key-words: Biological nitrogen fixation. *Phaseolus vulgaris*. *Rhizobium tropici*. IPR Colibri. IPR 139.

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Massa seca média unitária dos nódulos (MSMUN) do feijoeiro IPR Colibri em função interação entre fontes e doses de molibdênio observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE H) ..... 44
- Gráfico 2 – Nitrogênio total da parte aérea (NTPA) do feijoeiro IPR Colibri em função interação entre fontes e doses de molibdênio observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE J) ..... 44
- Gráfico 3 – Nitrogênio da parte aérea (NPA) do feijoeiro IPR Colibri em função interação entre fontes e doses de molibdênio observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (Análise de variância no APÊNDICE I) ..... 45
- Gráfico 4 – Massa seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro IPR Colibri obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE C) ..... 49
- Gráfico 5 – Massa seca total (MST) do feijoeiro IPR Colibri obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE F) ..... 50
- Gráfico 6 – Massa seca da raiz (MSR) do feijoeiro IPR Colibri obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE D) ..... 50
- Gráfico 7 – Variações de temperatura (ar e solo) e umidade relativa do ar observadas em casa de vegetação, durante a realização do experimento com feijoeiro IPR Colibri em Colorado do Oeste, RO, 2011 ..... 52
- Gráfico 8 – Nitrogênio da parte aérea (NPA) em função da interação entre doses de molibdênio e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE I) ..... 53
- Gráfico 9 – Nitrogênio total da parte aérea (NTPA) do feijoeiro IPR Colibri, em função da interação entre doses de molibdênio e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE J) ..... 54
- Gráfico 10 – Nitrogênio da parte aérea (NPA) do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE X) ..... 59

Gráfico 11 –Massa seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro IPR 139, em função da interação entre doses de molibdênio e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE S) .....	60
Gráfico 12 –Massa seca total (MST) do feijoeiro IPR 139, em função da interação entre doses de molibdênio e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE U) .....	60
Gráfico 13 –Número total de nódulos (NTN) do feijoeiro IPR 139, em função interação entre fontes e doses de molibdênio observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE V) .....	62
Gráfico 14 –Variações de temperatura (ar e solo) e umidade relativa do ar observadas em casa de vegetação, durante a realização do experimento com feijoeiro IPR 139 em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	68

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), total (MST) e número total de nódulos (NTN) do feijoeiro IPR Colibri, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....43
- Tabela 2 – Nitrogênio da parte aérea (NPA) do feijoeiro IPR Colibri, em percentual (%), em função da interação entre fontes de molibdênio e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 ..... 45
- Tabela 3 – Massa seca dos nódulos (MSN) do feijoeiro IPR Colibri, em miligramas (mg) em função da interação entre molibdênio (fontes e doses) e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011..... 47
- Tabela 4 – Comparação por contrastes ortogonais do efeito do molibdênio, independente das fontes utilizadas, sobre as massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), do feijoeiro IPR Colibri, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....48
- Tabela 5 – Massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN) e número total de nódulos (NTN) do feijoeiro IPR Colibri, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 ..... 51
- Tabela 6 – Estratificação do número total de nódulos do feijoeiro IPR Colibri, em função de tamanhos considerados “muito pequeno” (NNMP), pequeno (NNP), médio (NNM) e grande (NNG), observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....56
- Tabela 7 – Correlação linear simples entre as variáveis avaliadas em experimento realizado com feijoeiro IPR Colibri em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....57
- Tabela 8 – Massas secas da parte aérea (MSPA), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN) e nitrogênio da parte aérea (NPA) do feijoeiro IPR 139, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 ..... 58
- Tabela 9 – Número total de nódulos (NTN), massa seca média unitária de nódulos (MSMUN) e nitrogênio da parte aérea (NPA) do feijoeiro IPR 139, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 ..... 58

Tabela 10 – Comparação por contrastes ortogonais do efeito do molibdênio, independente das fontes utilizadas, sobre as massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), do feijoeiro IPR 139, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	59
Tabela 11 – Correlação linear simples entre as variáveis avaliadas em experimento realizado com feijoeiro IPR 139 em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	60
Tabela 12 – Massa seca da raiz (MSR) do feijoeiro IPR 139, em gramas (g) em função da interação entre molibdênio (fontes e doses) e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	63
Tabela 13 – Massa seca dos nódulos (MSN) do feijoeiro IPR 139, em miligramas (mg), em função da interação entre molibdênio (fontes e doses) e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	65
Tabela 14 – Nitrogênio total da parte aérea (NTPA) do feijoeiro IPR 139, em miligramas (mg), em função da interação entre molibdênio (fontes e doses) e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	67
Tabela 15 – Estratificação do número total de nódulos do feijoeiro IPR 139, em função de tamanhos considerados “muito pequeno” (NNMP), pequeno (NNP), médio (NNM) e grande (NNG), observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	70
Tabela 16 – Massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, obtidos em experimentos realizados em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	72
Tabela 17 – Efeito das fontes de molibdênio para a massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, obtidos em experimentos realizados em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	73

- Tabela 18 – Efeito das doses de molibdênio para as massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, obtidos em experimentos realizados em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 ..... 74
- Tabela 19 – Efeito da presença e ausência do inoculante rizobiano para as massas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, obtidos em experimentos realizados em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 ..... 75

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Pressupostos da análise de variância das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), do feijoeiro IPR Colibri, pelos testes de Bartlett (homogeneidade de variâncias) e de Shapiro Wilk (normalidade dos erros) .....	95
APÊNDICE B – Pressupostos da análise de variância das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), do feijoeiro IPR 139, pelos testes de Bartlett (homogeneidade de variâncias) e de Shapiro Wilk (normalidade dos erros) .....	96
APÊNDICE C – Análise de variância da massa seca da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	97
APÊNDICE D – Análise de variância da massa seca da raiz do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	97
APÊNDICE E – Análise de variância da massa seca de nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	98
APÊNDICE F – Análise de variância da massa seca total do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	98
APÊNDICE G – Análise de variância do número total de nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	99
APÊNDICE H – Análise de variância da massa seca média unitária de nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	99
APÊNDICE I – Análise de variância do nitrogênio da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	100
APÊNDICE J – Análise de variância do nitrogênio total da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	100

APÊNDICE K – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca total da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	101
APÊNDICE L – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca da raiz do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	101
APÊNDICE M – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca dos nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	101
APÊNDICE N – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca total da planta de do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	101
APÊNDICE O – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o número total de nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	102
APÊNDICE P – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca média unitária dos nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	102
APÊNDICE Q – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o nitrogênio da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	102
APÊNDICE R – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o nitrogênio total da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	102
APÊNDICE S – Análise de variância da massa seca da parte aérea do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	103
APÊNDICE T – Análise de variância da massa seca da raiz do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	103

APÊNDICE U – Análise de variância da massa seca total da planta de feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	104
APÊNDICE V – Análise de variância do número total de nódulos do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	104
APÊNDICE W – Análise de variância da massa seca média unitária de nódulos do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	105
APÊNDICE X – Análise de variância do nitrogênio da parte aérea do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	105
APÊNDICE Y – Análise de variância do nitrogênio total da parte aérea, do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	106
APÊNDICE Z – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca total da parte aérea do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	106
APÊNDICE AA – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca da raiz do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	106
APÊNDICE AB – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca total do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	107
APÊNDICE AC – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o número total de nódulos do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	107
APÊNDICE AD – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca média unitária dos nódulos do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	107
APÊNDICE AE – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o nitrogênio da parte aérea do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	107

APÊNDICE AF – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o nitrogênio total da parte aérea do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	108
APÊNDICE AG – Teste F para a homogeneidade das variâncias das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	108
APÊNDICE AH – Teste F para a homogeneidade das variâncias das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, em função das fontes de molibdênio, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	109
APÊNDICE AI – Teste F para a homogeneidade das variâncias das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, em função das doses de molibdênio, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	110
APÊNDICE AJ – Teste F para a homogeneidade das variâncias das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, em função do inoculante rizobiano, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 .....	111

## LISTA DE SIGLAS

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FBN - Fixação biológica do nitrogênio

GL - Graus de liberdade

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MA - Molibdato de amônio

MS - Molibdato de sódio

MSMUN - Massa seca média unitária de nódulos

MSN - Massa seca dos nódulos

MSPA - Massa seca da parte aérea

MSR - Massa seca da raiz

MST - Massa seca total da planta

NNG - Número de nódulos grandes

NNM - Número de nódulos médios

NNP - Número de nódulos pequenos

NNMP - Número de nódulos muito pequenos

NMP - Número mais provável

NPA - Nitrogênio da parte aérea

NTN - Número total de nódulos

NTPA - Nitrogênio total da parte aérea

QM - Quadrado médio

SQ - Soma de quadrados

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	22
2.1 FEIJOEIRO .....	23
2.1.1 Caracterização .....	23
2.1.2 Exigências edafoclimáticas .....	24
2.1.3 Demanda nutricional .....	25
2.1.3.1 Macronutrientes .....	25
2.1.3.1.1 Nitrogênio .....	26
2.1.3.1.2 Outros .....	26
2.1.3.2 Micronutrientes .....	27
2.1.3.2.1 Molibdênio .....	28
2.1.3.2.2 Outros .....	30
2.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO .....	31
2.2.1 Nodulação e assimilação do N fixado .....	32
2.2.2 Fatores que interferem .....	34
2.2.3 Inoculação de sementes .....	35
2.3 SIMBIOSE RIZÓBIO-FEIJOEIRO .....	36
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	40
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	43
4.1 EXPERIMENTO 1 .....	43
4.2 EXPERIMENTO 2 .....	57
4.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS EXPERIMENTOS 1 E 2 .....	71
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	77
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	78
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	80
<b>APÊNDICES</b> .....	94

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) apresenta importância econômica e social, pois faz parte da dieta básica do brasileiro, sendo relevante como fonte de energia, ferro e proteínas, principalmente das populações de menor poder aquisitivo. Além disso, o Brasil é grande produtor mundial desta leguminosa, que também é utilizada como alternativa econômica de exploração agrícola em pequenas propriedades, que a cultivam para consumo e comercializam o excedente, tornando-se fonte de renda e ocupação da mão-de-obra menos qualificada.

Em paralelo aos pequenos cultivos encontram-se grandes produtores, que vêm empregando número cada vez maior de recursos tecnológicos na cultura, tais como, fertilização, tratamento de sementes, inoculação de microrganismos e irrigação. Entretanto mesmo com os avanços alcançados, a produtividade média da cultura no Brasil é baixa, estimando-se para o ano agrícola de 2012, produtividade média de 960 kg.ha<sup>-1</sup>, em área plantada de 3.668.352 ha, incluindo as três safras anuais (IBGE, 2012). Em Rondônia, a cultura vem apresentando tendência de estabilização da produtividade, com média de 650 kg.ha<sup>-1</sup>, nos últimos dez anos (EMBRAPA, 2012). Verifica-se, portanto, que esta leguminosa possui interesse por parte dos produtores, consumo interno alto e potencial de aumento do desempenho produtivo.

A adubação é uma prática que eleva o rendimento da cultura. Contudo, onera a produção sendo, portanto, menos acessível aos produtores mais descapitalizados. Entre os nutrientes mais exigidos pelo feijoeiro destaca-se o nitrogênio (N) (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007), elemento este de difícil manejo devido ao seu comportamento dinâmico no solo caracterizado por vários processos relacionados à sua entrada (fixação biológica, adubação, mineralização) e saída (colheitas, erosão, lixiviação, volatilização, desnitrificação) no solo e as suas diferentes formas químicas (N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (CANTARELLA, 2007).

No caso da adubação nitrogenada, além dos problemas relacionados à perda de N que resultam em baixo aproveitamento efetivo pelas plantas, raramente acima de 50% do total aplicado nas culturas, há de se considerar o custo energético envolvido na síntese dos adubos nitrogenados. Segundo Marin et al. (2012) se faz necessário cerca de 1,3 toneladas de combustível fóssil para fixar 1 tonelada de N. Em consequência disso o custo de aquisição de adubos nitrogenados é relativamente

alto e associando-se este ao de transporte do fertilizante até o local de utilização e a necessidade de aplicá-lo em pelo menos duas oportunidades (semeadura/cobertura) em áreas muitas vezes extensas, podem-se aumentar consideravelmente os gastos relacionados ao N havendo, portanto, necessidade de ter-se efetivamente garantidos os benefícios desejados.

O alto custo econômico relacionado à adubação nitrogenada é agravado pelo também elevado custo ambiental que representa a aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo e nas culturas. Além do uso de fonte energética não renovável na síntese e industrialização do adubo sua aplicação pode ainda causar poluição de recursos hídricos subterrâneos por lixiviação de nitrato (AQUINO; ASSIS, 2005).

O fornecimento de N em formas solúveis representa maior problema em regiões de altos índices de precipitação e temperatura, como a região norte do país onde suas perdas são consideráveis. Portanto, o manejo deste nutriente nestas condições exige mais cuidado e atenção.

Com este enfoque as pesquisas buscam cada vez mais, alternativas eficazes para elevar a capacidade produtiva dos sistemas, diminuindo o uso de insumos. Neste contexto encontram-se a matéria orgânica, que auxilia na melhoria dos aspectos químicos, físicos e biológicos do solo, e a fixação biológica de nitrogênio (FBN), realizada por microrganismos de vida livre ou simbiotes, que constitui a forma mais importante de fixar nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) em amônia ( $NH_3$ ).

A simbiose mais comum ocorre entre espécies da família Fabaceae e bactérias do solo da família Rhizobiaceae, principalmente dos gêneros *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Photorhizobium*, *Rhizobium* e *Sinorhizobium* (TAIZ; ZEIGER, 2009). Embora a simbiose possa ser estabelecida com rizóbios nativos do solo, esta normalmente pode ter melhor desempenho em termos de fixação de N quando se usam os rizóbios introduzidos pelo inoculante rizobiano. Desempenho simbiótico de maior eficiência ocorre entre a soja (*Glycine max*) e *Bradyrhizobium*, onde a eficiência da FBN, obtida a partir de rizóbios introduzidos pela inoculação das sementes, supre a demanda da planta por N, dispensando a adubação nitrogenada (HUNGRIA et al., 2006).

Além de ser um método com menor impacto ambiental do que a adubação nitrogenada, a inoculação de bactérias fixadoras de N também se sobressai em relação ao custo econômico, pois uma dose de inoculante comercial, com valor de

aquisição de no máximo dez reais, é suficiente para tratar sementes necessárias ao cultivo de 1 a 2 ha (MOREIRA, 2008).

Ao contrário da soja, outras leguminosas de importância social, econômica e nutricional como o feijão ainda não se beneficiam da FBN o suficiente para substituir a fertilização nitrogenada pela aplicação do inoculante rizobiano sendo capaz apenas de, para determinadas combinações simbióticas (cultivar de feijoeiro e estirpe de rizóbio), diminuir as quantidades de N aplicadas.

Existem indicativos de que alguns fatores podem aumentar a eficiência da FBN no feijoeiro destacando-se o uso da adubação molíbdica (AMANE et al., 1999; ALBUQUERQUE et al., 2012) uma vez que o molibdênio, sendo constituinte básico das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, está diretamente envolvido no metabolismo do nitrogênio, promovendo seu aproveitamento seja na forma nítrica (nitrato redutase) ou atmosférica (nitrogenase) (TAIZ; ZEIGER, 2009). Deste modo, o principal questionamento é saber quais as fontes e quantidades de Mo capazes de favorecer desempenho simbiótico das populações de rizóbios nativas do solo e/ou introduzidas pela inoculação de sementes.

Estudos desta natureza se justificam pela possibilidade de ganhos econômicos e ambientais derivados de obtenção de melhor desempenho da simbiose mediante uso de tecnologia acessível e facilmente aplicável como o uso de inoculante rizobiano e molibdênio nas sementes.

Com base nos aspectos citados, o objetivo deste trabalho foi dimensionar a magnitude da contribuição do Mo (fontes e doses) e de rizóbios (nativos e introduzidos) para a nodulação, acúmulo de nitrogênio e crescimento de duas cultivares de feijoeiro.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa posição de destaque no cenário mundial e também no Brasil, sendo que o país é o maior produtor e ao mesmo tempo o maior consumidor deste grão (BERTOLDO et al., 2008). A preferência do consumidor é regionalizada e varia de acordo com determinadas características culinárias, como tempo de cozimento, aroma, cor, sabor e textura. Os genótipos desta espécie permitem esta variabilidade, uma vez que apresentam divergências nesses caracteres.

O consumo *per capita* de feijão é de 16 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no país, e na região Norte gira em torno de 11 kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, sendo que seu consumo é maior entre a população rural com 13 kg.hab.ano<sup>-1</sup> (WANDER, 2005). Este componente da dieta alimentar brasileira é de suma importância, principalmente entre as famílias de menor poder aquisitivo, devido ao seu alto conteúdo proteico e teores elevados de lisina, que exercem efeitos complementares às proteínas dos cereais, fibra alimentar, teores elevados de carboidratos complexos e presença de vitaminas do complexo B (PERINA, 2008).

Esta leguminosa possui, além de importância econômica e nutricional, valor social, pois em sistemas menos tecnificados emprega grande quantidade de mão-de-obra, gerando empregos e fixando o homem no campo. Nos sistemas de produção, o feijoeiro, por vezes, é cultivado como atividade secundária, em partes por ser considerada cultura de risco devido a sua suscetibilidade às doenças e a intempéries climáticas, e também pela preferência dos produtores, principalmente os grandes, por culturas de exportação. Deste modo, a agricultura familiar é responsável pela maior parte da produção de feijão. Juntos, estes fatores fazem com que o Brasil importe um dos principais componentes da sua alimentação (FERREIRA et al., 2002; WANDER, 2007).

O feijoeiro é cultivado no Brasil em três safras distintas dentro de um ano agrícola, o que lhe confere boa oportunidade de renda nas entressafras e, segundo Barbosa Filho et al. (2001), é uma das principais culturas semeadas nos períodos de estiagem, em sistemas irrigados, nas regiões central e sudeste do Brasil. Neste período o plantio de feijão, denominado de terceira época ou também feijão de inverno, tem contribuído para incrementar a cultura, principalmente em termos de produtividade e minimização de riscos climáticos.

## 2.1 FEIJOEIRO

O feijoeiro pertence à divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, subclasse Rosidae, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* (CRONQUIST, 1981). Possui grande polimorfismo, principalmente nos caracteres hábito de crescimento, dimensão e cor da flor, forma dos frutos e sementes.

### 2.1.1 Caracterização

O feijoeiro apresenta três centros primários de diversidade genética: o mesoamericano, que abrange desde o sudeste dos Estados Unidos até o Panamá; o sul dos Andes, que vai desde o norte do Peru até as províncias do noroeste da Argentina; e o norte dos Andes, que se estende desde a Colômbia e Venezuela até o norte do Peru. Além destes três centros primários, possui ainda outros centros secundários (EMBRAPA, 2010a).

A planta é herbácea anual; possui germinação epígea, sistema radicular bem desenvolvido e profundo, podendo alcançar 90 cm na ausência de impedimentos físicos; folhas alternas e trifoliadas, compostas por dois folíolos laterais e um central, com pequenas estípulas na base do pecíolo. Seu caule é herbáceo, volúvel, delgado, frágil, anguloso, de secção quadrangular, levemente pubescente e por vezes raiado de púrpura. As inflorescências surgem agrupadas em 4 a 8 flores, estando inseridas pelo pedúnculo nas axilas das folhas ou nos gomos terminais de alguns ramos, dependendo do tipo de crescimento. Os frutos são denominados vagens e apresentam diferenças de acordo com a cultivar (LIMA; PIRES, 2010).

O ápice do caule principal do feijoeiro determina seu tipo de crescimento, que pode ser sempre vegetativo, sendo as plantas de crescimento indeterminado, ou dar origem a uma inflorescência, no caso das plantas de crescimento determinado. As mudanças morfológicas e fisiológicas na planta servem para identificar os estádios da escala de desenvolvimento da cultura (INFANTE et al., 2003).

O desenvolvimento do feijoeiro compreende duas fases distintas, vegetativa e reprodutiva. A primeira abrange desde o desdobramento das folhas primárias até o aparecimento dos botões florais, quando se inicia a fase reprodutiva que se estende até a completa formação dos grãos e maturação dos mesmos. Nas plantas de crescimento

indeterminado não ocorre total distinção destas fases, havendo sobreposição das mesmas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007). A fase vegetativa compreende os estádios: V0 (germinação), V1 (emergência), V2 (folhas primárias), V3 (primeira folha trifoliolada) e V4 (terceira folha trifoliolada), enquanto que a fase reprodutiva é representada pelos estádios: R5 (pré-floração), R6 (floração), R7 (formação das vagens), R8 (enchimento das vagens) e R9 (ponto de maturação fisiológica) (FERNANDEZ et al., 1985).

O feijoeiro é classificado em quatro tipos principais de acordo com seu hábito de crescimento: Tipo I, compreende as plantas de crescimento determinado; Tipo II, caracterizado pelo crescimento indeterminado e arbustivo; Tipo III, de crescimento indeterminado e prostrado e; Tipo IV, de crescimento indeterminado e trepador (CIAT, 1978).

#### 2.1.2 Exigências edafoclimáticas

A produtividade do feijoeiro é influenciada por diversos fatores, dentre eles estão extremos de temperatura, estresse hídrico, nutrição mineral inadequada e uso incorreto de inseticidas (YOKOYAMA et al., 1996). A temperatura média ideal para o desenvolvimento da cultura varia de 18 a 24 °C, durante o dia e de 15 a 21 °C, durante a noite. Sob temperaturas elevadas, próximas de 35 °C, praticamente não ocorre vingamento de vagens. Quando se associa altas temperaturas e baixos níveis de umidade no solo ocorre elevado abortamento de flores, má formação das vagens e aumento da ocorrência de grãos chochos (EMBRAPA, 2010b).

A precipitação média anual mínima exigida pela cultura é de 300 mm bem distribuídos para se obter a produção característica de cada cultivar, sem o uso de irrigação (BONATO, 2008). O excesso de chuvas além de favorecer a ocorrência de doenças, como a mela causada pelo fungo *Thanatephorus cucumeris*, quando ocorre na época da colheita, dificulta o arranque, a secagem e a trilhagem das plantas, comprometendo o rendimento e a qualidade dos grãos (EMBRAPA, 2010b).

Com relação ao solo, a cultura se adapta melhor aqueles de textura média, friáveis (soltos e leves), isentos de camadas adensadas, que impeçam o crescimento das raízes e favoreçam ao encharcamento da área e com aeração e capacidade de retenção de umidade adequadas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007).

### 2.1.3 Demanda nutricional

A maior exigência do feijoeiro está relacionada aos atributos químicos do solo, que devem ser de média a alta fertilidade, pH entre 5,8 e 6,2, com altos teores de fósforo, cálcio e magnésio, baixa concentração de alumínio e manganês (EMBRAPA, 2010b).

Os nutrientes podem ser fornecidos pelo próprio solo, matéria orgânica ou adubação, tanto na semeadura quanto em cobertura, sob diversos manejos. Para alcançar bons níveis de produtividade a prática da adubação se torna indispensável, bem como a calagem em solos ácidos.

O feijoeiro, como as demais culturas, exige para completar seu ciclo biológico e reprodutivo, macro e micronutrientes essenciais e ainda outros considerados benéficos (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

#### 2.1.3.1 Macronutrientes

Os macronutrientes são elementos exigidos em maiores quantidades pelas plantas e constituem 99,95% de sua matéria seca (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Este grupo de elementos é constituído pelo nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), que em situação de deficiência no sistema limitam o crescimento e desenvolvimento da planta. Portanto, para que as culturas possam alcançar altas produtividades estes devem estar disponíveis no solo ou serem fornecidos via fertilização química ou orgânica. Carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), principais constituintes de qualquer planta, também são necessários não havendo, entretanto, preocupação em fornecê-los via adubação, pois são supridos via dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O) (LOPES et al., 2004).

As cultivares de feijoeiro variam quanto às exigências em macronutrientes. Pesanha et al. (1994) avaliaram 65 cultivares de feijão com relação às suas demandas nutricionais e tolerância a acidez, e constataram que existem cultivares mais exigentes em nutrientes e que há diferença entre os elementos mais requeridos, e ainda que algumas são mais tolerantes a pH ácido, como a A222 e CNF145, e outras mais sensíveis como a cultivar Negro Argel. Fageria e Santos (1998) observaram que em solo de várzea o feijão acumulou macronutrientes na seguinte ordem: N > K > Ca > P > Mg. Porém de modo geral o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura é o N, seguido do K e P.

### 2.1.3.1.1 Nitrogênio

O efeito positivo do N sobre a produtividade da cultura é indiscutível (BARBOSA et al., 2010). Ele é absorvido na forma amoniacal e nítrica e, devido ao intenso processo de nitrificação que ocorre no solo quando este é fornecido na forma de adubo é recomendável seu parcelamento (BONATO, 2008). Segundo Barbosa Filho e Silva (2000) as exigências do feijoeiro com relação a este nutriente são maiores em cultivos irrigados.

O N além de melhorar caracteres relacionados à produtividade pode, ainda, aumentar a qualidade fisiológica das sementes, sendo indispensável também para a produção destas (CRUSCIOL et al., 2003). Com relação às doses aplicadas e aos seus parcelamentos, as pesquisas são muito divergentes, existindo diversas recomendações.

Mercante et al. (1992) recomendam a inoculação como única fonte de N para cultivares que apresentam boa nodulação, como as do grupo Carioca e Ouro Negro, e para níveis de produtividade de até  $1.500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  em solos pobres em N, e ainda para produtividades maiores em solos de várzea, ricos em matéria orgânica e sob irrigação. Stralotto (2010) alcançou resultados, em condições de campo, que indicam produtividades superiores a  $2.500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a partir do benefício do processo da FBN.

Carvalho (2002) concluiu que mesmo sistemas de cultivo capazes de manter altos teores de matéria orgânica no solo não são suficientes para suprir a demanda por N do feijoeiro, e que a aplicação combinada de Co, Mo e rizóbio específico para o feijoeiro pode substituir a adubação nitrogenada de plantio e até mesmo a de cobertura. De acordo com Vidor et al. (1989) em casos de falhas na nodulação ou para assegurar maiores produtividades, pode-se realizar a adubação de cobertura com até  $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N, dos 20 aos 25 dias após a emergência.

### 2.1.3.1.2 Outros

Se por um lado o N é o nutriente mais exigido pelas plantas de feijão, por outro o P é o mais limitante (ARF, 1994; FAGERIA; BALIGAR, 1996), pois a maioria dos solos brasileiros, principalmente os mais intemperizados, possuem quantidades relativamente pequenas de P disponível para as plantas, e ainda grande afinidade por este elemento fixando-o rapidamente na fase sólida do solo sendo esta fixação,

muitas vezes, tão forte que o P acaba não se tornando disponível novamente.

São poucos os resultados de pesquisa com relação à adubação fosfatada (FAGERIA; SANTOS, 1998), mas Fageria et al. (1996) afirmam que para se obter produções compensadoras de feijão é indispensável o fornecimento de P via fertilizante, devido aos baixos teores disponíveis às plantas encontrados na maioria dos solos.

Segundo Fageria et al. (2003), na cultura do feijão o P influencia no aumento da produção de matéria seca da parte aérea, do número de vagens e massa de grãos, principais determinantes da produtividade. Oliveira et al. (1987) ao avaliarem cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de P, constataram que a maior produção de grãos foi obtida na faixa de 30 a 120 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Em condições de casa de vegetação, Zucareli et al. (2006) verificaram que com o fornecimento de 150 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> houve aumento do número de vagens por planta, e por consequência, do número de sementes por planta.

O K, assim como os demais, desempenha funções importantes na planta. Porém o seu fornecimento não apresenta dificuldade, devendo-se atentar para solos propensos a salinidade. Vários experimentos (LIMA et al., 2001; ROSOLEM, 1996; SILVEIRA; DAMASCENO, 1993; THEODORO; MARINGONI, 2006) avaliando doses de 0 a 120 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em solos com baixos níveis de K disponível, detectaram que, independente das quantidades aplicadas via solo, o teor de K na parte aérea das plantas de feijão não difere significativamente. Com isso infere-se que o feijão, a exemplo do que ocorre na cultura da soja, consiga absorver quantidades significativas de K não trocáveis no solo. Deste modo, atualmente os estudos com relação ao K no feijoeiro enfocam principalmente a prevenção de doenças.

Os outros macronutrientes apesar de exigidos em quantidades expressivas, não apresentam grandes complicações nos seus fornecimentos. O Ca e o Mg são aplicados via calagem, e o S pode ser fornecido em conjunto com outras fontes, como o superfosfato simples.

### 2.1.3.2 Micronutrientes

Os micronutrientes também são elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas sendo, porém apenas exigidos em pequenas quantidades por não participarem de estruturas vegetais. São divididos em catiônicos, que incluem

cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) e zinco (Zn) e aniônicos, dos quais fazem parte o boro (B), o cloro (Cl) e o molibdênio (Mo). Além dos micronutrientes essenciais há também os elementos considerados apenas como benéficos que incluem o silício (Si), o selênio (Se) e o cobalto (Co). Estes, embora não atendam os critérios de essencialidade, do ponto de vista da nutrição de plantas, possuem papel fundamental para algumas espécies de plantas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

A diferença entre os macro e micronutrientes se refere apenas às quantidades exigidas pelas plantas, sendo que em sistemas deficientes em micronutrientes as culturas demonstram reduções na produtividade similares àquelas decorrentes de deficiência de macronutrientes (HAVLIN et al., 2005).

Solos de alta fertilidade normalmente possuem a capacidade de fornecer os micronutrientes necessários para as culturas. Contudo, a remoção destes elementos por cultivos sucessivos, os processos de erosão, a redução da matéria orgânica e a presença de acidez podem levar à ocorrência de deficiência de alguns micronutrientes essenciais e/ou benéficos.

Diversos fatores podem influenciar a disponibilidade dos micronutrientes, destacando-se o teor de matéria orgânica, o pH e a textura do solo. Em pH alto ocorre diminuição da solubilização do Cu, Zn, Fe e Mn, e o aumento da disponibilidade do Mo, Cl e B. A matéria orgânica pode ser fonte de micronutrientes e também pode retê-los. Em alguns casos, como o do Cu, esta retenção pode ser relativamente forte não retornando o elemento para a solução do solo. Em outros casos, como o do Mn essa fixação pode ser apenas temporária. Quanto à textura, normalmente solos arenosos apresentam maior deficiência de micronutrientes devido à lixiviação dos mesmos (ABREU et al., 2007).

#### 2.1.3.2.1 Molibdênio

O teor de Mo na litosfera é de 2,3 mg.kg<sup>-1</sup>. Este elemento é originário da decomposição de rochas e apresenta-se geralmente na forma aniônica (MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). No solo ele pode estar não disponível, retido no interior das estruturas dos minerais, parcialmente disponível ou trocável, adsorvido nas argilas, de modo especial nos óxidos de Fe e Al e ligado à matéria orgânica e, por fim, disponível, na solução do solo em função do pH e do teor de fósforo disponível (HAVLIN, 2005).

As plantas em geral requerem este nutriente em pequenas quantidades, sendo que suas concentrações variam de 0,01 a 500 mg.kg<sup>-1</sup> de matéria seca, o que representa de forma generalizada, de 40 a 50 g.ha<sup>-1</sup>, para suprir as necessidades das culturas. A sua absorção se dá principalmente por fluxo de massa na forma MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Uma vez absorvido o Mo é considerado moderadamente móvel na planta, mas a sua translocação não é conhecida e seus sintomas de deficiência ocorrem nas folhas mais velhas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Apesar de ser requerido em pequenas quantidades pelas plantas, o cultivo sucessivo sem a reposição do Mo exportado, aliado a sua baixa concentração nos solos pode acarretar em sua deficiência no sistema solo-planta (SFREDO et al., 1997).

A deficiência de Mo nas plantas pode ocorrer devido à ausência deste elemento no solo ou em decorrência da sua indisponibilidade, o que é mais comum. A fixação do Mo se dá na sua forma aniônica e, principalmente, em solos ácidos e com altos teores de óxidos de Fe e Al (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Com relação à matéria orgânica há controvérsias sobre sua influência neste micronutriente podendo esta, tanto disponibilizá-lo quanto retê-lo (ABREU et al., 2007).

Os teores de P e S também interferem na disponibilidade de Mo às plantas, sendo que o primeiro, em altas quantidades, aumenta a absorção de Mo, enquanto o segundo, quando presente na solução do solo como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, diminui sua disponibilidade para as plantas (HAVLIN, 2005). De modo geral, em solos deficientes em Mo, a aplicação de fertilizantes contendo S acentua essa deficiência e, em contraste, a adubação fosfatada aumenta sua absorção pelas plantas.

Com a observação dos problemas de deficiência de Mo, tornou-se necessário fornecê-lo ao feijoeiro a partir da adubação mineral (SFREDO et al., 1997). A aplicação deste micronutriente pode ser feita de diversas formas. Na década de 1960 o seu fornecimento era realizado quando a semente passava pelo processo de peletização (RUSCHEL et al., 1970). Atualmente, essa prática não vem sendo adotada, pois o pélete pode dificultar as trocas gasosas da semente, prejudicando-a.

Segundo Vargas e Ramirez (1989) o melhor é aplicar o Mo no solo, antes da semeadura. Todavia, devido aos problemas de imobilização deste elemento no solo, a eficiência deste método é questionável e pode demandar maior quantidade de fertilizante. Com a aplicação foliar tem-se obtido bons resultados (FULLIN et al., 1999; PESSOA et al., 2001; SILVA et al., 2003a). Contudo, em decorrência da facilidade, do baixo custo e da eficiência de aplicação, a utilização do Mo via semente, por

ocasião da semeadura, imediatamente antes do inoculante é uma boa alternativa (CAMPO; LANTMANN, 1998).

As principais fontes de Mo são o molibdato de amônio  $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}]$ , com 54% de Mo, molibdato de sódio ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ), com 39% de Mo, ácido molíbdico ( $\text{H}_2\text{MoO}_4$ ), com 59% de Mo e o trióxido de molibdênio ( $\text{MoO}_3$ ), com 66% de Mo (HAVLIN, 2005).

Ao contrário do Fe, Co e outros micronutrientes e similar ao Cl e o B, o Mo torna-se mais disponível em pH próximo da neutralidade (LOPES et al., 2004).

#### 2.1.3.2.2 Outros

O Fe constitui cerca de 5% da crosta terrestre, sendo o segundo metal mais abundante no solo, atrás apenas do alumínio. No solo este elemento pode ser encontrado em vários minerais, primários ou secundários, nas formas  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ , dependendo da oxirredução do sistema e, também, ligado a complexos orgânicos (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

A absorção deste micronutriente pelas plantas se dá como  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  e Fe-quelato. Uma vez absorvido, sua principal função é a ativação de enzimas, participando de reações fundamentais de oxirredução em hemoproteínas, tais como, leg-hemoglobina, catalase, peroxidase e outras, e também em proteínas não-hémicas com ligação Fe-S, como a ferredoxina, nitrogenase e sulfato redutase (HAVLIN, 2005).

Normalmente os solos são bem providos de Fe não havendo problemas frequentes de deficiência deste, na maioria dos solos cultivados. Contudo o teor de Mn no solo tem grande influência na disponibilidade deste micronutriente, assim como o Cu, Zn, Co e Mo, sendo, porém, estes últimos com menor importância (ABREU et al., 2007). Deste modo a disponibilidade de Fe depende mais do equilíbrio entre as concentrações destes nutrientes, principalmente o Mn, do que do seu teor absoluto.

No caso de sintomas de deficiência de Fe nas plantas o mais adequado é o seu fornecimento via adubação foliar, pois estes sintomas não se devem à ausência de Fe no solo, mas sim do desequilíbrio dos teores de nutrientes e a sua aplicação via solo não o disponibilizaria para as plantas.

No solo os teores de Co variam de 1 a 40  $\text{mg.kg}^{-1}$ , sendo que em solos ácidos normalmente os níveis deste nutriente são inferiores a 10  $\text{mg.kg}^{-1}$ . Além da acidez, a

dinâmica do Co é influenciada também pelos teores de Mn razão pela qual, solos ricos em Mn podem apresentar deficiência de Co (HAVLIN, 2005).

A absorção deste elemento pelas plantas se dá por fluxo de massa, principalmente como  $\text{Co}^{2+}$ . Após absorvido sua translocação só ocorre após a formação de quelados com ácidos orgânicos (MALAVOLTA, 1980). As principais fontes de Co utilizadas na adubação são o cloreto de cobalto, sulfato de cobalto e nitrato de cobalto (MORAES, 2006).

Apesar do efeito benéfico deste elemento para a FBN constata-se na literatura que o feijoeiro não tem respondido à aplicação de Co via semente (KUSDRA, 2002) e foliar (ZINATO et al., 2010). Além disso, não são bem conhecidas as doses de Co, aplicadas via semente. Entretanto, segundo Marcondes e Caires (2005), são comuns efeitos tóxicos em plantas de soja quando o Co é aplicado via sementes.

## 2.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

O N é o elemento mais abundante da atmosfera compondo cerca de 78% do ar atmosférico que representa seu grande reservatório natural. É presente ainda no solo, na água, e nos seres vivos. Mesmo com esta abundância no ambiente o N geralmente é fator limitante para as plantas, pois apenas cerca de 0,0007% deste é facilmente disponível aos vegetais (HAVLIN, 2005).

O nitrogênio atmosférico está na forma gasosa, extremamente estável, sendo a tríplex ligação covalente entre os dois átomos de nitrogênio da molécula do  $\text{N}_2$  uma das mais fortes que se tem conhecimento, razão pela qual não pode ser utilizado diretamente pelos seres vivos, exceto por microrganismos diazotróficos como bactérias da família Rhizobiaceae de vida livre ou simbióticas que possuem a enzima nitrogenase, que catalisa a redução do N da forma molecular ( $\text{N}_2$ ) para amônia ( $\text{NH}_3$ ) em temperatura ambiente, condição normal de pressão e utilizando apenas energia metabólica (ATP) (FANCELLI; TSUMANUMA, 2007).

No processo de síntese de adubos nitrogenados por um processo conhecido como Haber-Bosch também se promove a fixação do N atmosférico. Este, porém, requer alto custo energético derivado de fonte não renovável (petróleo) para gerar as condições necessárias (pressões de 250 a 500 atmosferas e temperaturas de 400 °C a 800 °C) para que ocorra sua fixação industrial (MARIN et al., 2012).

A fixação biológica constitui a forma mais importante de fixar  $N_2$  em amônia ( $NH_3$ ), possuindo importância singular no ciclo biogeoquímico deste elemento. Além disso, constitui alternativa para o manejo sustentável dos solos (HUNGRIA; VARGAS, 2000). Segundo Carvalho (2002) a FBN possui inúmeras vantagens, dentre elas, o baixo custo e, por consequência, a acessibilidade aos produtores, a inexistência de problemas ambientais, devido a sua ausência de impacto e, ainda, a abundância de N na atmosfera tornando esta fonte inesgotável. Neste contexto Barbosa et al. (2010) mencionam que o solo representa fonte de N facilmente esgotável em função dos cultivos sucessivos.

Existem também outras associações entre microrganismos diazotróficos e monocotiledôneas, chamadas de simbioses associativas, onde ocorre não apenas a colonização das raízes, mas também de tecidos internos (CANTARELLA, 2007).

#### 2.2.1 Nodulação e assimilação do N fixado

O processo da FBN pela simbiose rizóbio/fabáceas ocorre no interior de estruturas altamente especializadas encontradas nas raízes da maioria das plantas desta família, denominadas de nódulos radiculares, que são compartimentos, vesículas membranosas, onde os bacteróides, rizóbios transformados, se estabelecem (YAMADA et al., 2007). Para que ocorra a infecção das raízes é necessário que haja troca de sinais moleculares entre os simbioses. Neste processo são envolvidos genes específicos de ambos os organismos (CANTARELLA, 2007).

A infecção das raízes inicia-se logo após a germinação da semente, seja por rizóbios naturalmente existentes no solo (nativos) ou introduzidos por inoculantes rizobianos. A atração da bactéria pela planta se dá em decorrência de isoflavonóides e betainas secretados pelas raízes (TIMMERS et al., 1999). A bactéria se prende aos pêlos radiculares que, a partir de diversos processos envolvendo fitormônios formam os nódulos, que por sua vez, desenvolvem características vasculares, permitindo o transporte do N fixado para a planta e dos fotoassimilados para os bacteróides (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As bactérias fixam o  $N_2$  a partir da enzima nitrogenase, que pode ser dividida em dois componentes, a Fe-proteína e a MoFe-proteína. A Fe-proteína, frequentemente é reduzida por um doador de elétrons, a ferredoxina reduzida. A Fe-proteína reduzida

se liga com o magnésio ATP (adenosina trifosfato), que recebe elétrons. Estes são transferidos para outra enzima a molibdênio ATP e desta os elétrons são passados para o N, transformando-o em  $\text{NH}_3$ , sendo liberado por difusão do bacterióide para o citosol da célula infectada (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A atividade da nitrogenase requer condições anaeróbias para a fixação do N, pois ela envolve trocas de alta energia dos elétrons e o oxigênio, como forte aceptor de elétrons, pode danificar esses sítios e inativar irreversivelmente esta enzima. Porém situação contrária ocorre nas células bacterianas que necessitam de oxigênio para a sua respiração e produção de energia (HUNGRIA et al., 1997b).

Para solucionar este problema os simbiossitos desenvolveram um mecanismo de transporte de oxigênio para o nódulo sem interferir na eficiência da nitrogenase, através da leg-hemoglobina, que é uma hemoproteína. A planta hospedeira produz a porção globina assim que é infectada pelo rizóbio e este, por sua vez, sintetiza a fração heme. Esta heme proteína possui afinidade tão alta pelo oxigênio que o transfere aos rizóbios sem influenciar a nitrogenase. Desta forma, o nódulo é um compartimento tão especializado que torna compatíveis dois processos fisiologicamente incompatíveis, que são a manutenção da atividade da enzima (nitrogenase), que requer condições anaeróbias, e das células bacterianas (rizóbios), que requerem condições aeróbias (POSTGATE, 1989).

O amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), a amônia ( $\text{NH}_3$ ) e o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) não assimilados podem ser tóxicos para as plantas (TEIXEIRA, 2006). Em comparação ao nitrato o amônio pode ser acumulado em níveis relativamente altos pelas plantas, ou então pode ser translocado via xilema sem efeitos deletérios, mas ambos necessitam ser rapidamente assimilados a fim de evitar danos aos tecidos. Portanto quando os bacteróides fixam  $\text{N}_2$  em  $\text{NH}_3^-$ , este último é rapidamente convertido em formas orgânicas nos nódulos, antes de ser translocado para outras partes da planta. As fabáceas podem exportar o N fixado como amidas ou ureídas. O feijoeiro é um exportador de ureídas denominadas alantoína, ácido alantóico e citrulina. Estes três compostos são transportados pelo xilema até a parte aérea onde são catabolizados a amônio (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A assimilação ocorre a partir da combinação do amônio com o glutamato, formando o aminoácido glutamina pela ação da enzima glutamina sintase, conhecida como glutamina: 2-oxo-glutarato aminotransferase ou GOGAT. Uma vez assimilado em glutamina o N é incorporado a outros aminoácidos por meio do processo denominado transaminação, realizado pelas enzimas aminotransferases (LARCHER, 2004).

### 2.2.2 Fatores que interferem

A FBN é um processo dispendioso para a planta, pois para cada elétron transferido da Fe-proteína para a MoFe-proteína são consumidos dois ATPs. Para reduzir uma molécula de  $N_2$  são necessários oito elétrons e, portanto, 16 ATPs (MALAVOLTA, 2006). Devido a isso, este processo só ocorre se for vantajoso para o macrossimbionte. Na ocasião do florescimento, por exemplo, o hospedeiro cessa o fornecimento de carboidratos para o rizóbio, o nódulo entra em senescência, a leg-hemoglobina é degradada e o bacteróide se torna novamente um organismo de vida livre (LARCHER, 2004).

A eficiência da nodulação, e conseqüentemente, da FBN depende de diversos fatores, dentre os quais estão temperatura (HUNGRIA; FRANCO, 1993), acidez do solo (COLETTA FILHO, 1993; TAYLOR et al., 1991), relação interespecífica entre os simbiontes (planta e rizóbio) (ARAÚJO et al., 1996; TAIZ; ZEIGER, 2009), concentração de nutrientes (TSAI, 1993) e umidade do solo (MNASRI et al., 2007).

Com relação aos nutrientes, a toxicidade por alumínio e manganês, deficiências de cálcio, fósforo e micronutrientes, são prejudiciais à simbiose (LOVATO et al., 1985). A ausência ou presença de N também interfere na simbiose de forma considerável (PEREIRA, 1982). O principal aspecto da fertilização de macronutrientes na FBN, bem como de outros processos fisiológicos da planta, está relacionado ao equilíbrio na aplicação destes nutrientes, pois o metabolismo de um pode influenciar o outro, e uma adubação desequilibrada pode ter efeitos negativos, quando o seu objetivo é justamente o contrário.

Existem micronutrientes essenciais a FBN, tais como Fe, Mo e Co. Estes elementos quando se encontram indisponíveis às leguminosas podem limitar a FBN, pois constituem enzimas responsáveis pela fixação e assimilação do N.

O Mo exerce importante papel nas reações de transferência de elétrons, participa como cofator das enzimas nitrogenase, redutase do nitrato e na formação da MoFe-proteína (TAIZ; ZEIGER, 2009). Como a leg-hemoglobina, ferredoxina e a nitrogenase estão diretamente relacionadas à FBN, o Fe possui papel singular neste processo fisiológico. O Co é constituinte da vitamina  $B_{12}$ , importante na síntese da coenzima cobamida que por sua vez é necessária à formação da leg-hemoglobina, responsável pela respiração dos nódulos (SOMASEGARAN; HOBEN, 1994).

Após a ocorrência da nodulação existem fatores que influenciam a quantidade de N fixado tais como o número total de nódulos e o tamanho dos mesmos, sendo que nódulos pequenos não fixam quantidades expressivas de N (HANSEN et al., 1993), passando deste modo a ser dreno de fotoassimilados, em vez de fonte de N.

O montante de N fixado depende ainda do fornecimento de fotoassimilados para as bactérias fixadoras, não só em quantidade, mas também em qualidade (CARVALHO, 2002). Segundo Larcher (2004) de um a dois terços dos carboidratos produzidos pela planta até a fase de florescimento são translocados para as raízes e nódulos.

### 2.2.3 Inoculação de sementes

A inoculação de rizóbios nas sementes de fabáceas constitui importante estratégia para diminuir a necessidade de adubação nitrogenada em culturas como a soja e o feijoeiro. O inoculante consiste numa cultura de uma espécie de rizóbio, selecionada pela eficiência em fixar  $N_2$ , veiculada em um material que, de modo geral, é a turfa previamente esterilizada podendo, porém, ser apresentado também na formulação líquida (MERCANTE et al., 1992).

No Brasil, durante muito tempo, o inoculante foi produzido utilizando-se bactérias obtidas no exterior e testadas no país. Com a evolução das pesquisas, foi constatada a inadequação destas estirpes aos solos tropicais. Atualmente, os inoculantes comerciais são produzidos a partir de espécies adaptadas à maioria dos solos do país, resistentes a altas temperaturas, acidez do solo e altamente competitivas, sendo capazes de formar a maioria dos nódulos da planta, sobressaindo-se à população de rizóbio presente no solo (STRALIOTTO et al., 2010).

O sucesso da nodulação e da FBN de fabáceas submetidas à inoculação de sementes depende, além de fatores relacionados à planta, ao rizóbio e ao solo, também de aspectos inerentes a qualidade do produto biológico (inoculante rizobiano), especialmente do número de células viáveis (UFC) por ocasião da inoculação, e da metodologia adotada na aplicação do produto nas sementes, principalmente dos cuidados tomados durante o processo de inoculação (EMBRAPA, 2010c).

Segundo Straliozzo (2010) no caso da aplicação de micronutrientes e de defensivos agrícolas deve-se tratar primeiro as sementes com estes produtos, deixar secar e só então proceder a inoculação. É importante verificar a compatibilidade do

produto com o inoculante antes da sua utilização. Atenção especial deve ser dada aos fungicidas, pois estes podem ser altamente tóxicos ao rizóbio, devendo-se escolher os de menor toxidez e mantendo-se o inoculante em contato com estes produtos o menor tempo possível.

### 2.3 SIMBIOSE RIZÓBIO-FEIJOEIRO

O feijoeiro, como as demais espécies da família Fabaceae, realiza simbiose com bactérias da família Rhizobiaceae e, conseqüentemente, tem potencial para se beneficiar da FBN. Contudo nesta cultura a FBN promovida pelos rizóbios introduzidos pelo inoculante ainda não é suficiente para suprir as necessidades de N das plantas, situação esta, obtida há muito tempo na cultura da soja que inoculada torna-se autossuficiente em N e, portanto, independente de adubações nitrogenadas (HUNGRIA et al., 2006).

A inoculação do rizóbio no feijoeiro permite reduzir, em média, até 20% da adubação nitrogenada (CANTARELLA, 2007). Contudo, há estudos que alcançaram melhores resultados (FERREIRA et al., 2000; HUNGRIA et al., 1999), mostrando a possibilidade de em determinadas cultivares e solos substituir completamente a adubação nitrogenada pela inoculação.

No início das pesquisas relacionadas à simbiose no feijoeiro, as espécies de rizóbios eram consideradas bastante restritas, sendo constatado apenas um grupo de bactérias simbióticas, *Rhizobium phaseoli* (FRED et al., 1932), que foram reclassificadas como *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* (JORDAN, 1984). Com o avanço da biologia molecular e coleta de rizóbios em várias localidades constatou-se que esta Fabaceae é promíscua em associações simbióticas (HERNANDEZ-LUCAS et al., 1995). Mais recentemente quatro novas espécies foram descritas: *Rhizobium tropici* (MARTÍNEZ-ROMERO et al., 1991), *Rhizobium etli* bv. *phaseoli* (SEGOVIA et al., 1993), *Rhizobium gallicum* (bv. *gallicum* e bv. *phaseoli*) e *Rhizobium giardinii* (bv. *giardinii* e bv. *phaseoli*) (AMARGER et al., 1997).

A maior diversidade de cultivares contribui para o aumento da eficiência da FBN no feijão. O sucesso da infecção das raízes pelas bactérias e posterior nodulação é atribuído a características intrínsecas à planta e ao rizóbio (HUNGRIA et al., 1997a). Portanto, obter maior número de genótipos dá opções de combinações simbióticas entre hospedeiro e rizóbio mais eficientes e ainda auxilia no melhoramento genético.

A princípio, o insucesso obtido com a inoculação de procariotos fixadores de N nesta cultura foi explicado pela instabilidade genética das estirpes de rizóbio simbioses do feijão, causados pelo frequente rearranjo do DNA, que ainda se acentua em altas temperaturas acima de 35 °C (DÖBEREINER, 1990).

Altas temperaturas são comuns nos solos tropicais, e estas tanto podem interferir na persistência dos rizóbios no próprio inoculante, quanto também comprometer a sobrevivência das células de rizóbios introduzidos pela inoculação das sementes, limitando tanto a nodulação quanto a FBN.

As estirpes de *Rhizobium tropici* atualmente utilizadas no inoculante comercial para feijão apresentam maior resistência a altas temperaturas, do que as de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* (ARAÚJO et al., 1993; GOULART; BALDANI, 1993). Observa-se então que mesmo com temperaturas elevadas a simbiose *Rhizobium*-feijoeiro pode não ser comprometida. Porém, Oliveira et al. (1998), comparando a resistência de rizóbios introduzidos (*Rhizobium tropici*) pela inoculação e nativos à condições de altas temperaturas do solo, verificaram que os introduzidos apresentaram-se mais efetivos em temperatura de 25 °C enquanto que a 35 °C a população nativa foi superior, demonstrando que a dominância entre estirpes de *Rhizobium* é diferenciada pela temperatura.

A espécie *Rhizobium tropici* também se sobressai a *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* em condições de solos ácidos. Hungria et al. (1997b) relatam que em condições ácidas (pH 4,8) 98% da população rizobiana é constituída de *R. tropici*, destacando porém, que ainda não se pode comprovar se esta tolerância favorece apenas à sua sobrevivência, lhe dando vantagem numérica, ou se realmente eleva sua ocupação nos nódulos.

O N também exerce grande influência na nodulação do feijoeiro. Em excesso o N mineral pode causar redução da eficiência simbiótica, pois a planta busca economizar fotoassimilados com a absorção de N via solo, e também devido à diminuição de disponibilidade de oxigênio na respiração nodular. Porém observa-se que aplicado em pequena quantidade, permite aumento no crescimento dos nódulos e maior fixação de N, sendo que baixos teores de nitrato no solo podem ser limitantes à atividade simbiótica (FRANCO; DÖBEREINER, 1968). Tsai et al. (1993) observaram que a nodulação e a FBN no feijoeiro são favorecidas pelo aumento dos teores de P, K e S no solo, e que quando o feijoeiro recebe balanço adequado de nutrientes não há inibição, mas sim efeito sinérgico da adubação nitrogenada.

Alguns micronutrientes são essenciais para a FBN (PARKER; HARRIS, 1977), sendo Co, Fe e Mo os mais expressivos. O Co por fazer parte da estrutura da vitamina B12 (cobalamina), necessária à síntese de leg-hemoglobina (HAVLIN, 2005; SOMASEGARAN; HOBEN, 1994). O Fe e o Mo por constituírem a enzima nitrogenase. O molibdênio faz parte ainda da nitrato redutase, que catalisa a redução de  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$  (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Por ser componente básico da nitrogenase o Mo é o micronutriente mais diretamente relacionado com a FBN pela simbiose rizóbio-fabáceas havendo diversos resultados positivos na nodulação, crescimento e produção do feijoeiro aplicação deste elemento tanto nas sementes (ANDRADE et al., 1998; CARVALHO, 2002; KUSDRA, 2002) quanto via foliar (AMANE et al., 1999; FULLIN, 1999; PESSOA et al., 2001; SILVA et al., 2003a; VALADÃO et al., 2009). Segundo Campo e Lantmann (1998) o feijoeiro supera a soja na exigência por Mo.

Tendo em vista que o pH influencia a disponibilidade de Mo, são desenvolvidos estudos também considerando níveis de acidez no solo. Franco e Day (1980), avaliando aplicações de Mo na presença ou na ausência de calagem em feijão, constataram que sem calagem (pH 5,0) as plantas fixam pouco  $\text{N}_2$  e não respondem às aplicações de Mo, e que elevando o pH para 5,3 é suficiente para obter resposta significativa às aplicações de Mo, aumentando, por conseguinte, a fixação do  $\text{N}_2$  e o crescimento das plantas. Por outro lado, Jacob-Neto e Franco (1989) demonstram que mesmo na ausência de calagem (pH 4,9) são obtidos efeitos positivos com o Mo.

O nível de Mo no solo e sua disponibilidade para as plantas são de suma importância, porém não se pode desconsiderar o teor deste nutriente nas sementes do feijoeiro, que segundo Carvalho (2002), é fator determinante para a produção da cultura, principalmente em solos deficientes.

As características da planta e do rizóbio também interferem na simbiose. Com relação à planta, o ciclo da cultura e o tempo de resposta à nodulação são fatores importantes. No feijoeiro a planta só dá sinais de que está sendo beneficiada pela FBN 15 a 20 dias após a germinação, e como esta é uma cultura de ciclo curto, respostas mais evidentes são encontradas em cultivares de ciclo mais longo (MERCANTE et al., 1992). Portanto, a seleção de combinações simbióticas (cultivares de feijoeiro e estirpes de rizóbio) que permitam obter nodulação mais precoce e senescência nodular mais tardia pode ampliar o período efetivo de contribuição da FBN na nutrição nitrogenada das plantas.

Outra característica importante do feijoeiro é a distinção dos picos de fixação do N e de assimilação deste. O primeiro ocorre durante o período vegetativo até a fase de floração, o segundo é maior no período de formação de vagens e enchimento de grãos (FRANCO et al., 1979). Deste modo a inoculação seria uma estratégia interessante para o suprimento de N no período vegetativo enquanto a adubação nitrogenada poderia contribuir durante a fase reprodutiva da cultura.

O feijoeiro é uma planta que apresenta promiscuidade nodular, ou seja, é capaz de formar nódulos com diferentes níveis de eficiência promovidos por várias espécies e estirpes de *Rhizobium* (MARTINEZ-ROMERO, 2003). Este fato tem influência positiva do ponto de vista do melhoramento genético, mas negativa considerando a eficiência da FBN, pois o feijoeiro é facilmente nodulado por rizóbios nativos ineficientes, mesmo quando passa por inoculação, uma vez que os procariotos presentes no solo são mais adaptados às condições edáficas em que se encontram, e assim se sobressaem aos rizóbios inoculados (HUNGRIA et al., 1997b).

As estirpes introduzidas pela inoculação das sementes, além de serem selecionadas pela eficiência na FBN, deveriam também apresentar competitividade nodular suficiente para superar os rizóbios nativos em relação à ocupação de sítios de infecção nodular. Quando o inoculante é preparado a partir de estirpes nativas o sucesso da inoculação pode ser elevado (MRABET et al., 2005).

Segundo Carvalho (2002) e Hungria et al. (1997b) grande parte dos problemas relacionados a FBN no feijoeiro podem estar atrelados a domesticação e seleção de determinadas cultivares, que visaram características desejáveis apenas no aspecto comercial, negligenciando caracteres de nodulação, o que pode ter alterado o equilíbrio simbiótico entre o rizóbio e a planta.

O desafio das pesquisas neste aspecto é então melhorar o feijoeiro quanto aos mecanismos de FBN, bem como selecionar estirpes de *Rhizobium*, que além de eficientes em fixar N<sub>2</sub> sejam também competitivas com as populações nativas. Neste aspecto a espécie *Rhizobium tropici* se mostra promissora para a FBN no feijoeiro, pois resiste melhor a estresses como altas temperaturas e acidez do solo, este grupo apresenta algumas estirpes altamente competitivas (MOSTASSO et al., 2002; STRALIOTTO et al., 1991).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos (1 e 2), ambos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e esquema fatorial 2x5x2, que corresponde respectivamente a duas fontes e cinco doses de molibdênio e presença e ausência de inoculante rizobiano, totalizando 20 tratamentos combinados, com quatro repetições. A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação, no setor de Agricultura III do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) *Campus* Colorado do Oeste, distante aproximadamente 800 km da capital do Estado, Porto Velho, delimitado pelas coordenadas geográficas 60° 29' 59" e 60° 28' 03" de longitude Oeste e 13° 07' 57" e 13° 06' 02" de latitude Sul.

Como planta teste utilizou-se o feijoeiro comum das cultivares IPR Colibri (Experimento 1) e IPR 139 (Experimento 2). Ambas pertencem ao grupo carioca, possuem porte ereto, flor de cor branca e tegumento das sementes bege claro com listras marrom escuras (IAPAR, 2012a). A IPR Colibri apresenta hábito de crescimento tipo I, ciclo de 67 dias, potencial produtivo de 3.971 kg.ha<sup>-1</sup>, alta tolerância ao calor durante o florescimento, resistência ao mosaico comum e teor médio de proteína nos grãos de 22,68% (IAPAR, 2012b). A cultivar IPR 139 possui hábito de crescimento tipo II, ciclo de 89 dias, potencial produtivo de 3.500 kg.ha<sup>-1</sup>, tolerância moderada a altas temperaturas ocorridas durante a fase produtiva, resistência a oídio, ferrugem e mosaico comum e moderada resistência ao crestamento bacteriano, antracnose e mancha angular e teor médio de proteína nos grãos de 23,00% (IAPAR, 2012a).

As unidades experimentais consistiram em vasos plásticos de 1,8 L, confeccionados a partir de garrafas PET (Politereftalato de etileno), contendo como substrato aproximadamente 2 kg de solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico (EMBRAPA, 2009), que eventualmente é cultivado com feijão.

Os experimentos diferenciaram-se apenas em relação a cultivar e período experimental, sendo este de 42 dias para IPR Colibri e 52 dias para IPR 139 contados a partir da semeadura em 30 de agosto de 2011. Após coletado, o solo foi tamizado em peneira de malha 5 mm. Com base em análise química foi efetuada a calagem e, considerando a condição de trabalho em vasos, 30 dias após, elevou-se o nível de fertilidade do substrato mediante adubação fosfatada com 200 mg de P, na forma de superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e potássica com 100 mg de K, na forma de cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O) (MALAVOLTA, 1980). Na instalação dos experimentos o solo apresentou os seguintes atributos químicos: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 6,1; matéria orgânica = 48,4 g.dm<sup>-3</sup>; P = 41,5 mg.dm<sup>-3</sup>; K = 183 mg.dm<sup>-3</sup>; Ca = 6,7 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Mg = 2,2 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>;

Al = 0,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; H = 1,3 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; soma de bases = 9,4 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; capacidade de troca de cátions = 10,7 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; saturação por bases = 87,7%; saturação por Ca = 62,7%; saturação por Mg = 20,2%; saturação por K = 4,5%; saturação por H = 12,3%; relação Ca/Mg = 3,1; relação Ca/K = 14,1; relação Mg/K = 4,5.

Foram determinados também atributos físicos e biológicos do solo. Pela caracterização granulométrica obtiveram-se as seguintes frações: 736 g.kg<sup>-1</sup> de areia, 67 g.kg<sup>-1</sup> de silte e 197 g.kg<sup>-1</sup> de argila. Com a análise biológica dimensionou-se as populações de rizóbios nativos, estimadas pelo método de infecção em plantas, cultivadas em vaso com solução nutritiva por período de crescimento de 20 dias, com três repetições por amostra e seis diluições (10<sup>-3</sup> a 10<sup>-8</sup>), obtendo-se 5,38 x 10<sup>4</sup> células viáveis de rizóbio.g<sup>-1</sup> de solo (ANDRADE; HAMAKAWA, 1994).

Realizou-se também a análise química das sementes. Para IPR Colibri, obteve-se N = 3,21%; P = 0,33%; K = 1,38%; Ca = 0,12%, Mg = 0,18%; S = 0,20%; Fe = 86,8 ppm; Mn = 16,1 ppm; Cu = 9,5 ppm; Zn = 25,4 ppm; Na = 10,0 ppm; B = 13,2 ppm; Al = 31,4 ppm; Co = 0,40 ppm e; Mo < 0,10 ppm. Para IPR 139 obteve-se N = 3,18%; P = 0,39%; K = 1,42%; Ca = 0,15%, Mg = 0,19%; S = 0,18%; Fe = 123,0 ppm; Mn = 17,0 ppm; Cu = 12,2 ppm; Zn = 29,4 ppm; Na = 10,0 ppm; B = 11,4 ppm; Al = 89,6 ppm; Co = 0,30 ppm e; Mo < 0,10 ppm.

O inoculante rizobiano consistiu de produto comercial contendo *Rhizobium tropici* SEMIA 4088 (CPAC H-12) veiculado em turfa esterilizada. O número mais provável (NMP) de células viáveis do produto foi estimado pelo método de diluição seriada e contagem de colônias em placas com meio ágar manitol extrato de levedura, obtendo-se 1,10 x 10<sup>9</sup> células viáveis de rizóbio.g<sup>-1</sup> de inoculante.

As fontes de Mo foram o molibdato de amônio [(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O], com 54% de Mo e molibdato de sódio (Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O), com 39% de Mo. As doses consistiram em 0,0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 g de Mo por quilograma de semente.

O tratamento das sementes foi realizado no período da tarde, visando evitar temperatura alta. Primeiramente aplicou-se 6 ml.kg<sup>-1</sup> de solução açucarada a 10%, a fim de para garantir maior adesão dos produtos e, em seguida, as fontes e doses de Mo e, nos tratamentos inoculados, 10 g de inoculante turfoso.kg<sup>-1</sup> de sementes. Após a secagem das sementes efetuou-se a sua semeadura em profundidade padrão de 2,5 cm. Aos dez dias após a semeadura, entre os estádios fenológicos V2 e V3, efetuou-se o desbaste mantendo-se apenas a planta a mais vigorosa por vaso.

As irrigações foram realizadas mantendo a umidade do solo a 75% da capacidade de campo, sendo esta determinada pelo método direto em vaso (PASSOS, 2004). As condições ambientais de umidade relativa do ar e temperatura e do solo (8,5 cm

de profundidade) foram monitoradas durante o período experimental.

As variáveis determinadas foram: massas secas da parte aérea (MSPA); da raiz (MSR); total (MST); dos nódulos (MSN); média unitária de nódulos (MSMUN); número total de nódulos (NTN) e; nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA).

Para a avaliação das variáveis foi coletada inicialmente a parte aérea das plantas, cortando-as rente ao solo, quando as mesmas atingiram o estágio R6 (floração). Posteriormente foram retiradas as raízes com os nódulos e, após a limpeza, foram armazenadas em recipientes com álcool 70% até a contagem e estratificação dos nódulos por tamanho. Feito isso, foi realizada a secagem em estufa a 65 °C, até massa constante da parte aérea, raízes e nódulos, obtendo-se a MSPA, MSR e MSN, e a partir do somatório destas a MST. A partir do material seco determinou-se o NPA por digestão úmida e destilação pelo método Kjeldahl (TEDESCO, 1995) e de acordo com a MSPA foi calculado o NTPA. O NTN foi obtido a partir da retirada e contagem dos nódulos visualmente perceptíveis. Em seguida os nódulos foram passados em peneiras granulométricas de diâmetros de abertura de malhas diferenciados, obtendo-se as variáveis indicadoras de tamanho de nódulos, que consistiram em número de nódulos grandes (NNG), de tamanho superior a 4,00 mm; número de nódulos médios (NNM), entre 3,35 e 2,00 mm; número de nódulos pequenos (NNP) entre 2,00 e 1,00 mm e, número de nódulos muito pequenos (NNMP), de tamanho inferior a 1,00 mm. A MSMUN foi obtida pela razão MSN/NTN.

A análise estatística iniciou-se com a verificação de dados discrepantes (outliers) pelo teste de Grubbs (1969), de normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk (1965) e de homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett (1937) (APÊNDICES A e B). Para as variáveis que não apresentaram homogeneidade das variâncias e/ou normalidade dos erros efetuou-se a transformação dos dados. Para aquelas cujos dados atenderam os pressupostos da análise de variância, realizou-se o teste F para verificar os efeitos isolados (independentes) e/ou combinados (interação) do inoculante rizobiano (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088) e do Mo (fontes e doses). Para as variáveis cujos dados mesmo após transformados não atenderam a normalidade dos erros e/ou a homogeneidade das variâncias utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (1952) considerando como tratamentos as 20 possíveis combinações entre os três fatores. Para a avaliação das doses de Mo foi realizada a análise de regressão, considerando a equação de maior grau significativo até segundo grau. Procedeu-se também a avaliação por contrastes ortogonais do efeito da ausência ( $0 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e presença ( $1, 2, 3 \text{ e } 4 \text{ g.kg}^{-1}$ ) de Mo independente de suas fontes, a análise de correlação linear entre as variáveis e a comparação pelo teste t (STUDENT, 1908) entre as cultivares.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O inoculante rizobiano (ausência e presença de *Rhizobium tropici* SEMIA 4088) e as fontes (molibdato de sódio e molibdato de amônio) e doses de molibdênio (0, 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> semente) causaram efeitos isolado ou combinado na maioria das variáveis de ambos os experimentos. Observou-se também que as cultivares foram influenciadas de forma distinta, tornando clara a especificidade da FBN em feijoeiro.

### 4.1 EXPERIMENTO 1

As fontes de Mo não interferiram ( $p > 0,05$ ) na MSR, MST e NTN. Entretanto, o molibdato de amônio foi estatisticamente superior ( $p < 0,05$ ) ao molibdato de sódio para MSPA (Tabela 1). Nas variáveis MSMUN e NTPA, onde se verificou interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre fontes e doses de Mo, (Gráficos 1 e 2) o molibdato de amônio também proporcionou maior incremento nas doses de 2 e 3 g.kg<sup>-1</sup> de sementes. Porém no NPA, com a dose de 3 g.kg<sup>-1</sup> de sementes o molibdato de sódio se obteve maior percentual de N (Gráfico 3) apresentando este, também, melhor desempenho nos tratamentos inoculados com *Rhizobium tropici* (Tabela 2). A MSN foi influenciada ( $p < 0,05$ ) pela interação tríplice dos fatores, tendo o molibdato de amônio superado o de sódio na dose de 2 g.kg<sup>-1</sup> de sementes e ausência de inoculante rizobiano (Tabela 3).

Tabela 1 – Massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), total (MST) e número total de nódulos (NTN) do feijoeiro IPR Colibri, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fontes de molibdênio	MSPA g	MSR G	MST g	NTN unidade
Molibdato de sódio	3,50b	0,86a	4,37a	65,6a
Molibdato de amônio	3,67a	0,91a	4,55a	83,7a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Análises de variância nos APÊNDICES C (MSPA), D (MSR), F (MST) e G (NTN).

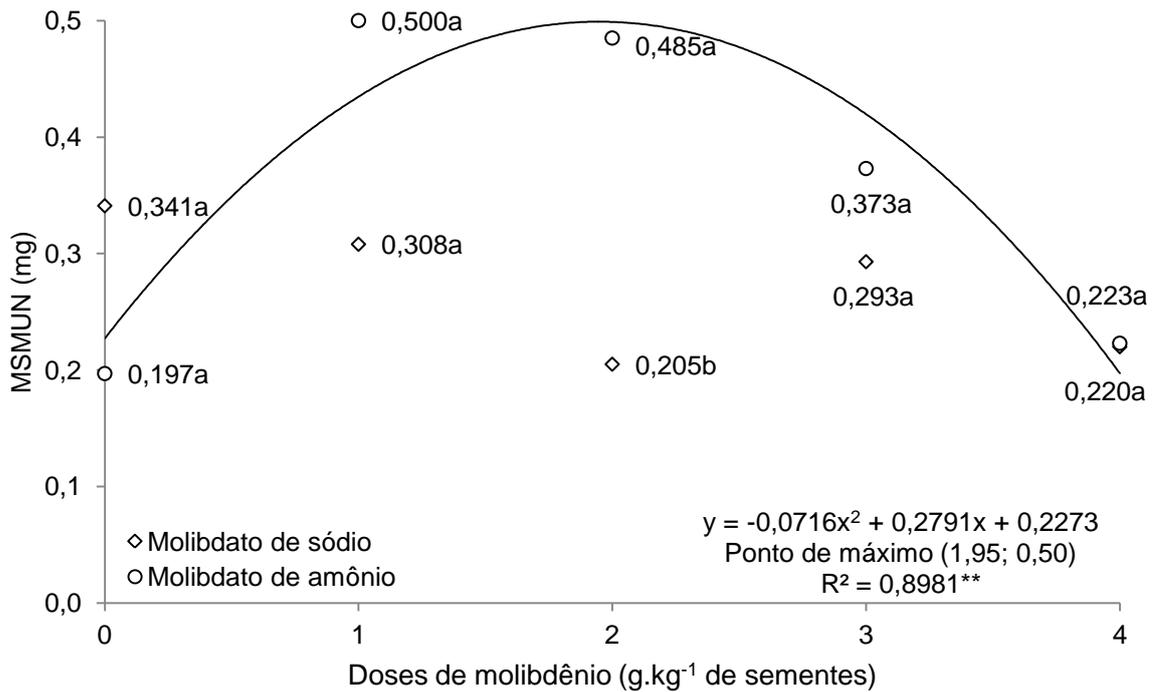


Gráfico 1 – Massa seca média unitária dos nódulos (MSMJN) do feijoeiro IPR Colibri em função interação entre fontes e doses de molibdênio observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE H).

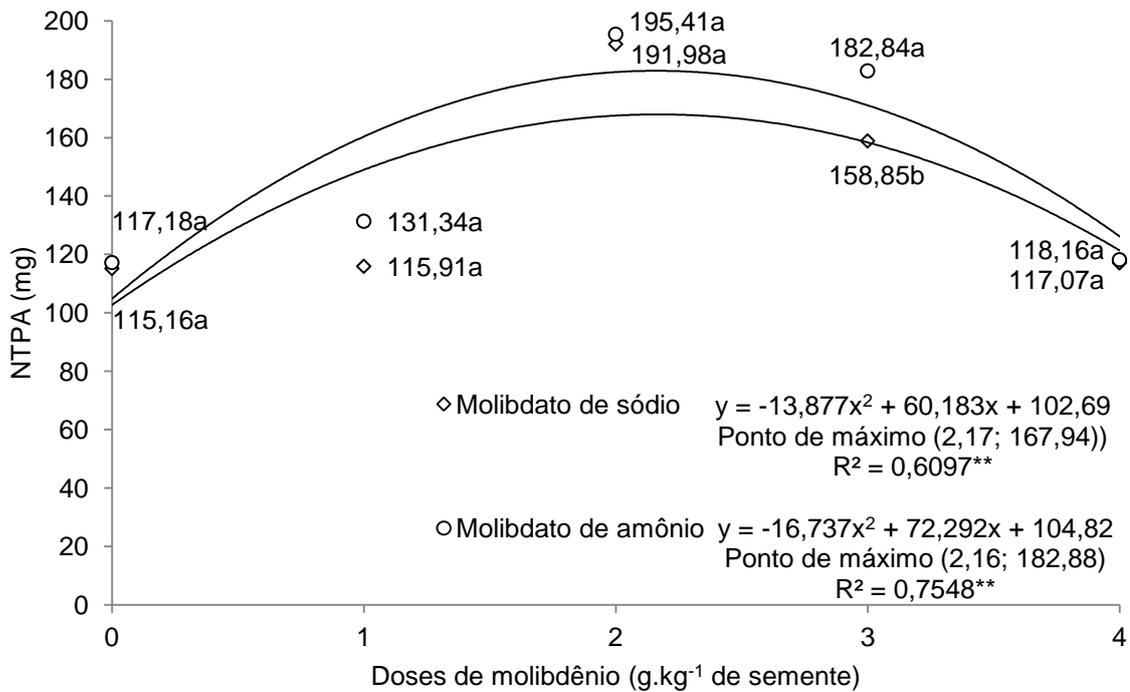


Gráfico 2 – Nitrogênio total da parte aérea (NTPA) do feijoeiro IPR Colibri em função interação entre fontes e doses de molibdênio observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE J).

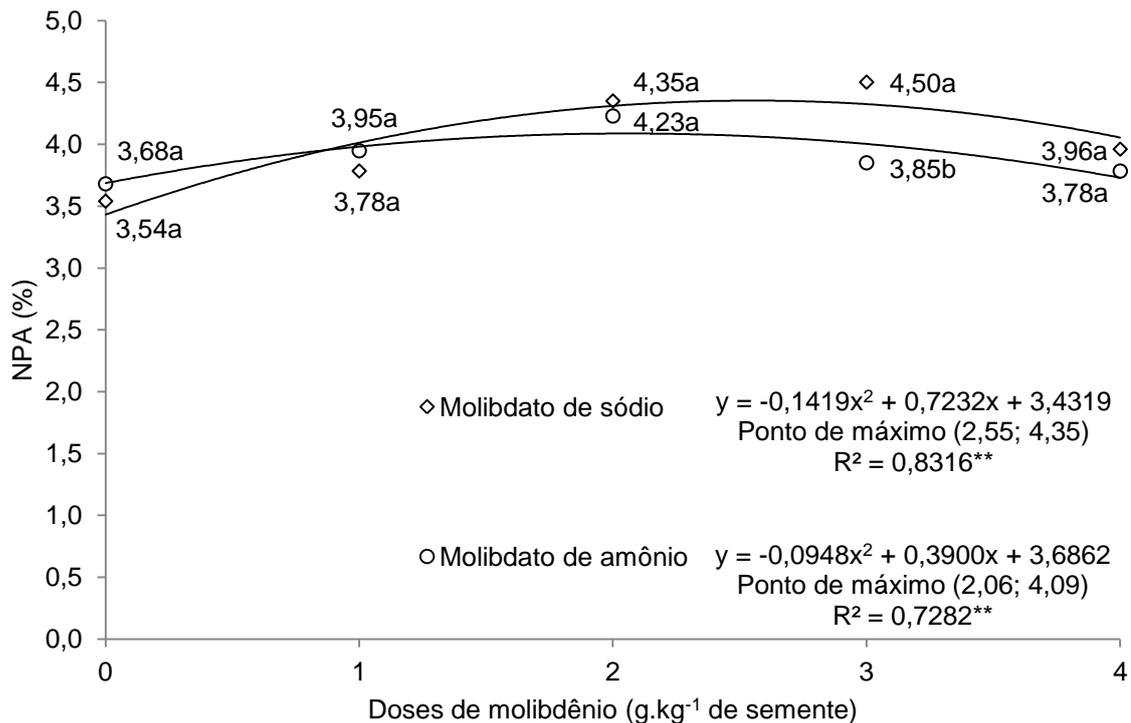


Gráfico 3 – Nitrogênio da parte aérea (NPA) do feijoeiro IPR Colibri em função interação entre fontes e doses de molibdênio observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (Análise de variância no APÊNDICE I).

Tabela 2 – Nitrogênio da parte aérea (NPA) do feijoeiro IPR Colibri, em percentual (%), em função da interação entre fontes de molibdênio e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fontes de molibdênio	Inoculante rizobiano	
	Ausência <sup>1</sup>	Presença <sup>2</sup>
Molibdato de sódio	3,99Aa	3,99Aa
Molibdato de amônio	3,94Aa	3,84Ab

<sup>1</sup> Somente rizóbios nativos; <sup>2</sup> Rizóbios nativos + introduzido (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088). Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância no APÊNDICE I.

O molibdato de amônio foi superior ( $p < 0,05$ ) ao de sódio em variáveis indicadoras de crescimento de plantas (MSPA) (Tabela 1), de nodulação (MSMUN e MSN) (Gráfico 1 e Tabela 3) e de FBN (NTPA) (Gráfico 2). Esta situação pode indicar o efeito positivo não apenas do Mo, mas também, do N presente no molibdato de amônio. Portanto o uso do molibdato de amônio, além de disponibilizar o Mo, pode ser alternativa viável para fornecer pequena quantidade de N para as plantas no início de

seu desenvolvimento de forma a favorecer seu crescimento até que possam ser supridas pelo N derivado da FBN.

Em alguns trabalhos com uso de inoculantes rizobianos (ARAÚJO; CARVALHO, 2006; BRITO et al., 2011; TSAI et al., 1993) recomenda-se a aplicação de pequenas quantidades de N, chamadas de “doses de arranque”, na forma de adubações por ocasião da semeadura. Porém, estas doses devem ser baixas o suficiente para não prejudicar a nodulação e, conseqüentemente, a eficiência da FBN uma vez que o N, quando disponível no solo em quantidade igual ou superior à exigida pelo feijoeiro, prejudica o estabelecimento da simbiose (ARAÚJO et al., 2007; HUNGRIA et al., 1997b).

Silva et al. (1993) observaram aumento de produtividade do feijoeiro sem interferência na nodulação, com aplicação de 10 kg de N.ha<sup>-1</sup>. Pelegrin et al. (2009) obtiveram receita líquida similar à aplicação de 160 kg de N.ha<sup>-1</sup>, com a adubação de apenas 20 kg de N.ha<sup>-1</sup> acrescida de inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* CIAT 899 (SEMIA 4077). Por outro lado, Silva et al. (2009) observaram que qualquer dose de N aplicada, até 120 kg.ha<sup>-1</sup>, reduz de forma linear a nodulação do feijoeiro. Portanto, há divergências sobre a possibilidade desta pequena dose inicial de N na semeadura prejudicar ou não a nodulação e, conseqüentemente, a FBN.

Segundo Moreira e Siqueira (2006) o efeito residual de N de culturas anteriores seria suficiente como dose de arranque, sendo capaz de suprir as plantas com esse elemento até que se iniciem os benefícios da FBN sem, no entanto, causar prejuízo à nodulação. Certamente o N contido no molibdato de amônio, associado com o disponível nas sementes e o residual do solo, poderiam também suprir as necessidades deste nutriente no crescimento inicial das plantas beneficiando ainda o processo de nodulação e manutenção da simbiose com os rizóbios.

A aplicação de Mo nas sementes, independente de sua fonte, incrementou os teores de MSPA, MST, NPA e NTPA (Tabela 4), sendo a melhor dose para MSPA de 2,10 g.kg<sup>-1</sup> de sementes e para MST, de 2,09 g.kg<sup>-1</sup> de sementes (Gráficos 4 e 6). No caso da MSR, apesar da análise de regressão evidenciar valor máximo de 0,96 g com 2,33 g de Mo.kg<sup>-1</sup> de sementes (Gráfico 5) a aplicação de Mo não foi capaz de aumentá-la significativamente (Tabela 4).

Para NPA e NTPA não houve efeito isolado de doses, mas sim de interações. Para NPA verificou-se interação significativa entre fontes e doses de Mo, sendo que o molibdato de sódio superou o de amônio com 3,0 g.kg<sup>-1</sup> de sementes, obtendo

máximo nível de NPA (4,35%) na dose de 2,55 g.kg<sup>-1</sup> de sementes (Gráfico 3). Comportamento inverso ocorreu no NTPA onde com molibdato de amônio se obteve melhor desempenho (182,88 mg) com 2,16 g.kg<sup>-1</sup> de sementes (Gráfico 2). Portanto, a melhor dose de Mo variou de 1,95 a 2,55 g.kg<sup>-1</sup> de sementes.

Tabela 3 – Massa seca dos nódulos (MSN) do feijoeiro IPR Colibri, em miligramas (mg) em função da interação entre molibdênio (fontes e doses) e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Molibdênio		Inoculante rizobiano		Média
Doses <sup>1</sup>	Fontes <sup>2</sup>	Ausência <sup>3</sup>	Presença <sup>4</sup>	
0	MS	34,95Aa	9,60Ba	22,28
	MA	18,15Aa	13,15Aa	16,48
Média		26,55	10,78	19,79
1	MS	14,54Aa	20,80Aa	16,63
	MA	32,73Aa	32,55Aa	32,67
Média		23,63	26,68	24,65
2	MS	9,70Ab	21,75Aa	13,72
	MA	73,23Aa	4,15Ba	45,60
Média		36,93	12,95	28,21
3	MS	20,30Aa	25,15Aa	21,92
	MA	22,17Aa	34,23Aa	29,06
Média		21,10	31,20	25,76
4	MS	20,23Aa	11,28Aa	15,75
	MA	16,05Aa	19,40Aa	17,49
Média		18,14	14,76	16,56
Média geral		25,07	19,03	22,56

<sup>1</sup> Em g.kg<sup>-1</sup> de semente; <sup>2</sup> MS: Molibdato de sódio; MA: Molibdato de amônio.

<sup>3</sup> Somente rizóbios nativos; <sup>4</sup> Rizóbios nativos + introduzido (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088).

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para uma mesma dose de molibdênio, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância no APÊNDICE E.

Com a análise dos contrastes ortogonais (Tabela 4) observa-se que a presença do Mo favoreceu as variáveis indicadoras do crescimento de plantas (MSPA e MST) e de acúmulo relativo (NPA) e absoluto (NTPA) de N na parte aérea, mas não

alterou as indicadores de nodulação (NTN, MSN e MSMUN). Este resultado indica potencial de maior produtividade de grãos cujo efeito é mais dependente e diretamente relacionado ao crescimento das plantas e ao acúmulo de N na parte aérea do que a nodulação. Valadão et al. (2009) constataram maior número de grãos por vagem com adubação molíbdica foliar. Albuquerque et al. (2012), além de maior número de grãos por vagem observaram maior massa de 100 grãos e produtividade com o uso de molibdênio via semente.

Tabela 4 – Comparação por contrastes ortogonais do efeito do molibdênio, independente das fontes utilizadas, sobre as massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), do feijoeiro IPR Colibri, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Variáveis	Molibdênio	
	Ausência <sup>1</sup>	Presença <sup>2</sup>
MSPA (g)	3,22b	3,69a
MSR (g)	0,82a	0,89a
MSN (mg)	19,79a	23,21a
MST (g)	4,08b	4,56a
NTN (unidade)	82,46a	72,52a
MSMUN (mg)	0,28a	0,32a
NPA (%)	3,60b	4,04a
NTPA (mg)	116,03b	150,77a

<sup>1</sup> Dose de 0 g.kg<sup>-1</sup> de sementes (isolada); <sup>2</sup> Doses de 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> de sementes (combinadas). Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Análises de variância nos APÊNDICES K (MSPA), L (MSR), M (MSN), N (MST), O (NTN), P (MSMUN), Q (NPA) e R (NTPA).

A presença de Mo frequentemente traz resultados satisfatórios de produtividade, crescimento de planta, nodulação e acúmulo de N na parte aérea (ALBUQUERQUE et al., 2012; ANDRADE et al., 1998; NASCIMENTO et al., 2009; PESSOA et al., 2001; SILVA et al., 2003a). Contudo faltam recomendações das melhores fontes e, principalmente, doses. Albino e Campo (2001) constataram que, visando à melhoria da FBN para a cultura da soja, é mais adequado utilizar o

molibdato de amônio do que o de sódio. Silva et al. (2003a) testando aplicação foliar de fontes e doses de Mo em feijoeiro, não encontraram diferença estatística entre as duas fontes citadas e verificaram aumento linear do número de grãos até a dose de 54 g.ha<sup>-1</sup>. Leite et al. (2009) pesquisando a nodulação e produtividade de grãos de caupi, observaram que na presença de inoculante rizobiano a dose máxima de Mo deve ser de 60 g.ha<sup>-1</sup>.

A aplicação do inoculante rizobiano não alterou significativamente nenhuma das variáveis indicadoras do crescimento de plantas (MSPA, MSR e MST) e de nodulação (MSMUN e NTN) (Tabela 5). Esta situação evidencia que estirpes presentes no solo, e por consequência mais adaptadas às condições ambientais, podem contribuir satisfatoriamente para a FBN e crescimento das plantas. Moraes et al. (2010) concluíram que o cultivo de feijoeiro em solos com população nativa de rizóbio eficiente, possibilita a suplementação ou até mesmo a não utilização de nitrogênio em cobertura na cultura, sem perdas de produtividade.

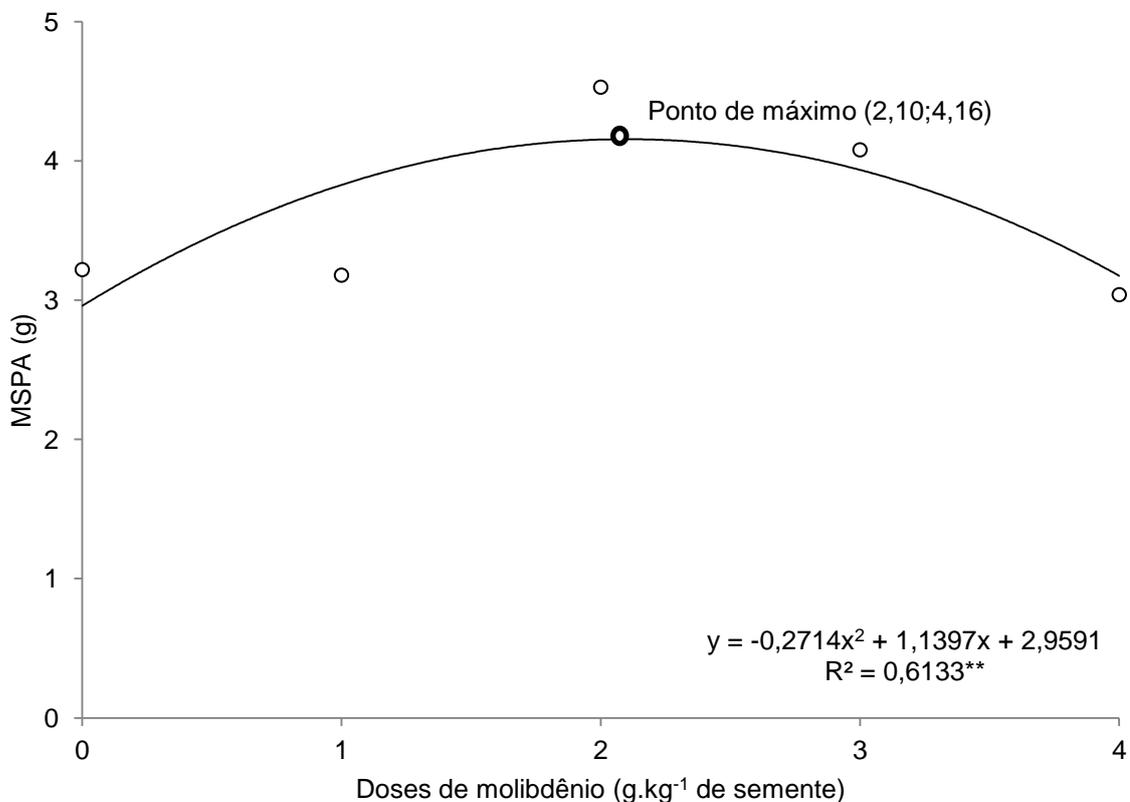


Gráfico 4 – Massa seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE C).

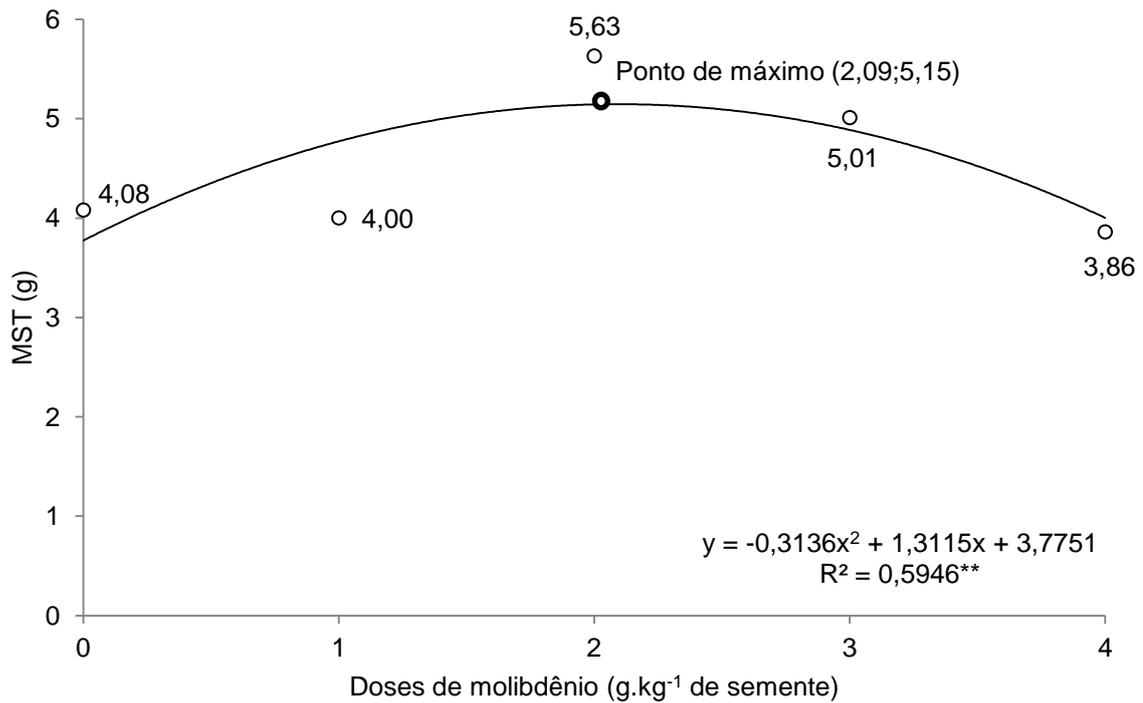


Gráfico 5 – Massa seca total (MST) do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE F).

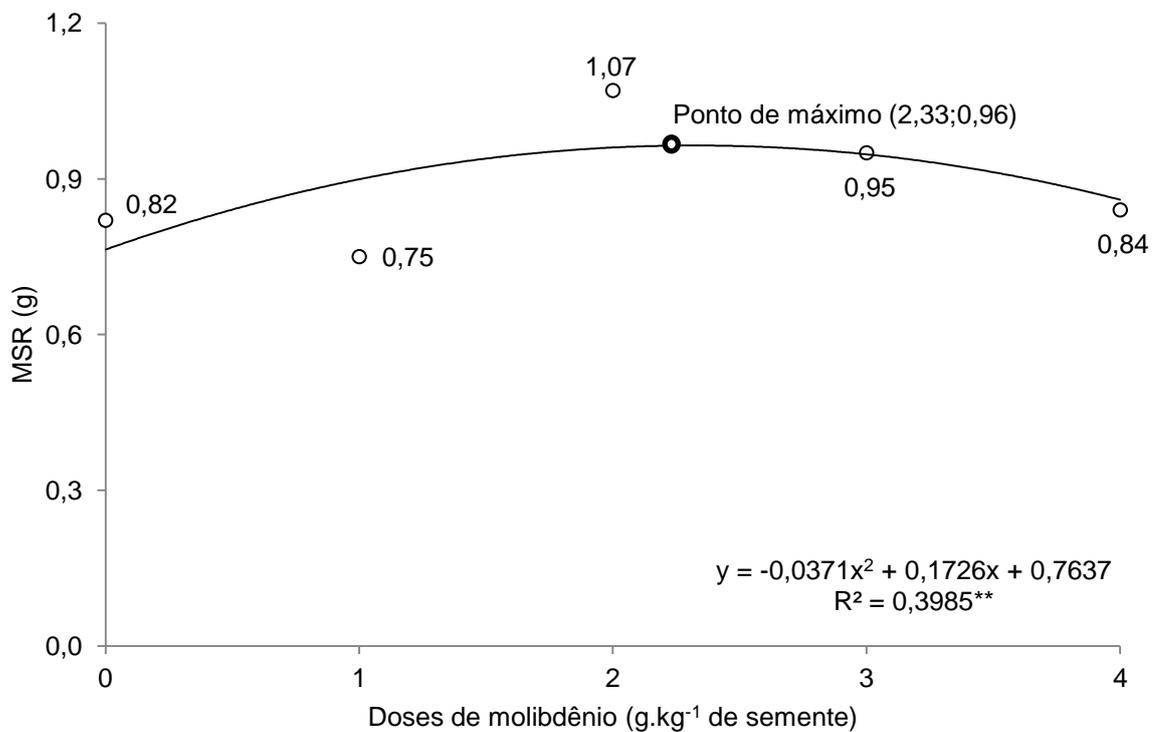


Gráfico 6 – Massa seca da raiz (MSR) do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE D).

Tabela 5 – Massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN) e número total de nódulos (NTN) do feijoeiro IPR Colibri, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Inoculante rizobiano	MSPA g	MSR g	MST g	MSMUN mg	NTN unidade
Ausência <sup>1</sup>	3,53a	0,88a	4,39a	0,29a	75,4a
Presença <sup>2</sup>	3,65a	0,88a	4,55a	0,33a	75,4a

<sup>1</sup> Somente rizóbios nativos; <sup>2</sup> Rizóbios nativos + introduzido (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088). Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Análises de variância nos APÊNDICES C (MSPA), D (MSR), F (MST), G (NTN) e H (MSMUN).

O desempenho insatisfatório do *Rhizobium tropici* pode ter ocorrido em virtude deste se sobressair em condições de solos ácidos. Hungria et al. (1997b) relatam que em pH de 4,8 cerca de 98% da população rizobiana é constituída de *Rhizobium tropici* e quando eleva-se o pH para 5,5 este percentual cai para aproximadamente 80%. Streit et al. (1992) constataram resultando semelhante, sendo que a ocupação dos nódulos por *R. tropici* passou de 41%, em pH de 6,4, para 76%, em pH de 5,2. Estes autores observaram ainda que a competitividade de *R. etili* e *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* é menos influenciada pelas variações de pH.

O pH de 6,1 do solo utilizado no experimento pode ter prejudicado a sobrevivência do *R. tropici* sendo assim mais recomendado não inoculá-lo nestas condições e sim tentar favorecer o desempenho simbiótico dos rizóbios nativos. Por outro lado outros fatores relacionados à planta, ao ambiente, ao solo, aos rizóbios nativos e introduzidos ou à interação entre um ou mais destes podem ter contribuído para reduzir a possibilidade de efeitos mais promissores do *R. tropici* uma vez que a inoculação deste nas sementes de feijão já resultou em incrementos na produtividade da cv. Pérola, em condições de pH de 5,9 (PELEGRIN et al., 2009) e de 6,3 (GUARESCHI et al., 2009) e da cultivar IAC Carioca em pH de 5,2 (ROMANINI JÚNIOR et al., 2007).

Outro fator importante a ser observado foram as altas temperaturas do ar e do solo ocorridas durante o período experimental, chegando até 34,5 °C e 43,6 °C, respectivamente (Gráfico 7). Este fato é ainda agravado por estas condições terem ocorrido durante os primeiros estádios vegetativos, período no qual ocorre o estabelecimento da simbiose (HUNGRIA; THOMAS, 1987).

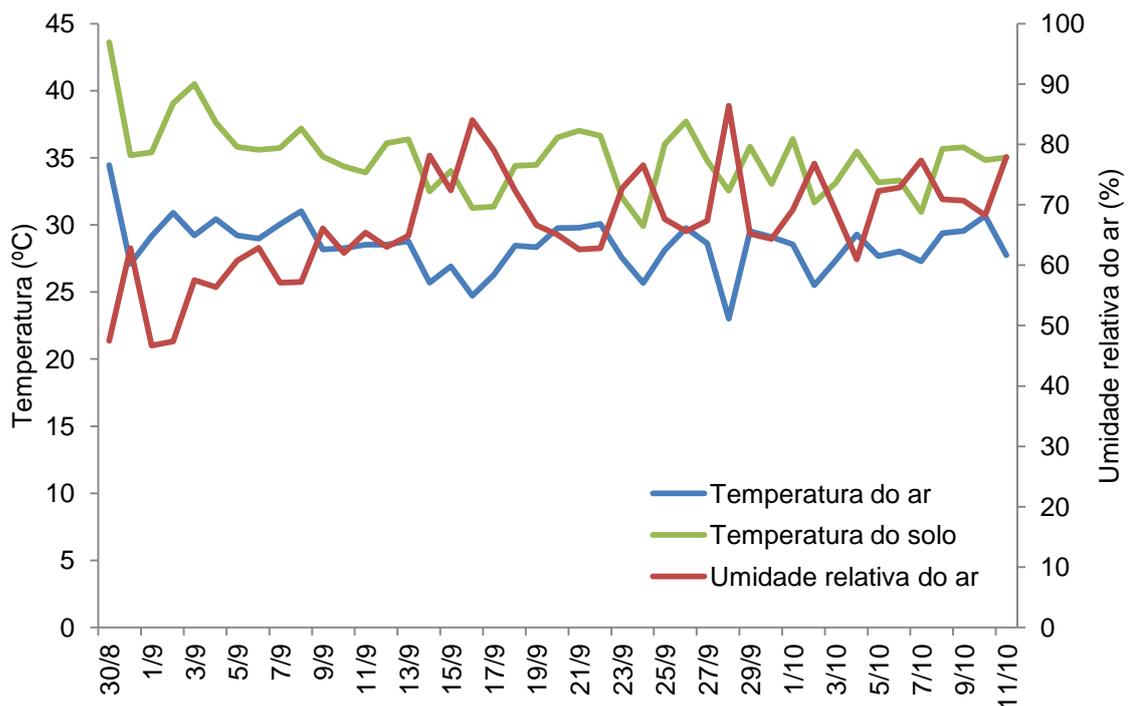


Gráfico 7 – Variações de temperatura (ar e solo) e umidade relativa do ar observadas em casa de vegetação, durante a realização do experimento com feijoeiro IPR Colibri em Colorado do Oeste, RO, 2011.

É importante ressaltar que apesar das altas temperaturas, as plantas não passaram por restrição hídrica, pois o solo foi mantido a 75% da capacidade de campo e, deste modo, foram possibilitadas condições de umidade favoráveis para que tanto as populações rizobianas nativas quanto a introduzida fossem capazes de promover nodulação radicular.

Uma situação que pode ter contribuído para dificultar a nodulação por parte do *Rhizobium tropici* introduzido pela inoculação das sementes foi a presença de mais de 50.000 células viáveis de rizóbios nativos por grama de solo. A competitividade nodular entre rizóbios nativos e introduzidos associada à promiscuidade nodular do feijoeiro são fatores de grande impacto na eficiência da nodulação e do processo de fixação do N pela simbiose das bactérias com a planta. Segundo George et al. (1992) a planta inibe nodulação posterior com a presença de bactérias no interior do nódulo não necessariamente eficientes.

Além do efeito isolado, o inoculante rizobiano apresentou ainda interação significativa com as fontes de Mo para NPA (Tabela 2), com as doses de Mo para NPA e NTPA (Gráficos 8 e 9) e tríplice interação para MSN (Tabela 3). Embora não tenha sido verificada diferença significativa entre as fontes de Mo na ausência do

inoculante rizobiano na sua presença o molibdato de sódio foi superior ao de amônio (Tabela 2). Este fato demonstra que, apesar do molibdato de amônio promover aumento da MSPA, quando se utiliza inoculante, em termos relativos (%) ele diminui o teor de N na parte aérea. Contudo, é interessante observar que como a presença do inoculante não diferiu ( $p > 0,05$ ) de sua ausência, torna-se evidente a importância de favorecer o desempenho simbiótico das populações nativas de rizóbio no solo, situação que pode ser obtida mediante aplicação de Mo na forma de molibdato de amônio.

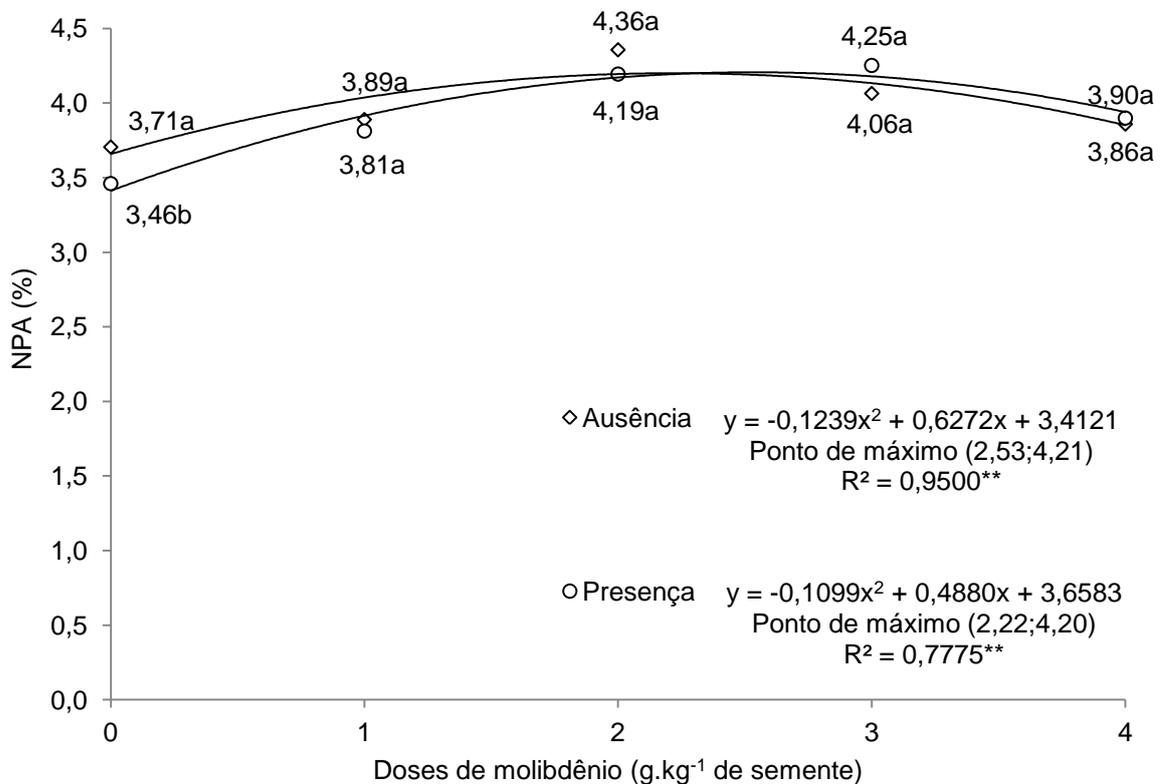


Gráfico 8 – Nitrogênio da parte aérea (NPA) em função da interação entre doses de molibdênio e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE I).

O inoculante rizobiano apresentou efeito significativo no acúmulo de NPA apenas na ausência de Mo, na qual o rizóbio inoculado reduziu esta variável (Gráfico 8) demonstrando que quando não se aplica Mo não é necessário realizar a inoculação. Quando se observa o NTPA, constata-se que novamente a ausência de inoculante rizobiano se revela estatisticamente superior à presença, sendo que a melhor dose de Mo, independente da fonte utilizada, foi de 2,24 g.kg<sup>-1</sup> de sementes, alcançando acúmulo de 176,54 mg de N na parte aérea (Gráfico 9).

A MSN foi influenciada pela tríplice interação entre os fatores analisados, sendo a dose de 2 g.kg<sup>-1</sup> de sementes a que mais se destacou e nesta, o molibdato de amônio, que também apresentou resultados relevantes para as demais variáveis, foi superior ao molibdato de sódio na ausência de inoculante rizobiano (Tabela 3).

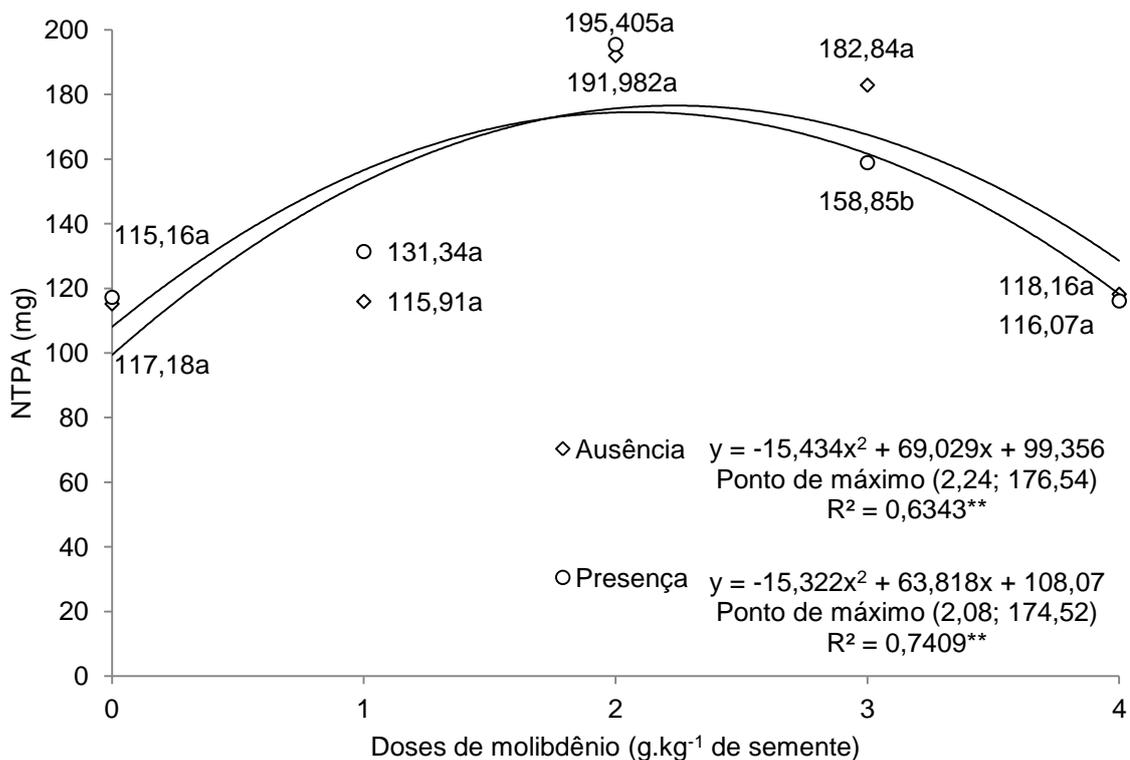


Gráfico 9 – Nitrogênio total da parte aérea (NTPA) do feijoeiro IPR Colibri, em função da interação entre doses de molibdênio e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE J).

O NTN, em experimentos com feijoeiro, além de possuir coeficientes de variação relativamente altos, de até 75,9% (PELEGRIN et al., 2009), possui grande variabilidade de valores médios que vão desde 4 (ROMANINI JÚNIOR et al., 2007) a até 477 nódulos.planta<sup>-1</sup> (MORAES et al., 2010). Portanto, é uma variável útil apenas para comparar tratamentos dentro de um mesmo experimento, principalmente, quando se trabalha com presença e ausência de inoculação. Neste trabalho não se constatou diferença estatística no NTN para nenhum fator, isolado ou combinado (Tabelas 1 e 5).

Visando avaliar mais detalhadamente a nodulação foi realizada a estratificação dos nódulos por tamanho (Tabela 6), avaliação esta, presente em poucos trabalhos

(CAMPANHARO, 2006; KUSDRA, 2002), mas interessante para se observar a distribuição absoluta (número) e relativa (%) dos nódulos por classes de tamanho entre os tratamentos. Verificou-se que com doses intermediárias (1, 2 e 3 g.kg<sup>-1</sup> de sementes) de Mo na forma de molibdato de amônio obteve-se maior percentual de NNM, seja na ausência ou presença de inoculante rizobiano. Com o uso de molibdato de sódio este comportamento se repetiu apenas na presença do inoculante. A ocorrência de NNG foi quase que insignificante, sendo constatada apenas com o uso de 1 e 2 g.kg<sup>-1</sup> de sementes de molibdato de amônio na ausência de inoculante rizobiano. Verificou-se, portanto, predomínio de NNP e NNMP.

Neste aspecto é importante destacar que a eficiência da simbiose na fixação do N depende mais do tamanho e massa nodular do que do número de nódulos. Desta forma, quando predominam nódulos grandes há tendência de ter-se maior massa nodular e, conseqüentemente, quantidade mais expressiva de N fixado. Por outro lado, grande número de nódulos é somente desejável em termos de melhoria do desempenho simbiótico na fixação do N quando estes se destacam por seu tamanho e massa, pois como a manutenção dos nódulos depende de fotoassimilados da planta, quando estes são pequenos podem representar dreno sem retorno adequado de N fixado.

Na Tabela 7 constam os coeficientes de correlação entre todas as variáveis. A MSMUN obteve correlação positiva com o NNM e negativa com o NNMP, resultado este explicado pelo fato da MSMUN ter sido obtida pela razão entre a MSN e NTN. Logo a ocorrência de nódulos maiores e, por conseqüência de maior massa, elevam a massa unitária. Houve também correlação positiva entre o NNM e NNP, demonstrando que há proporcionalidade entre estes tamanhos. O NTN correlacionou-se positivamente com o NNP e NNMP, evidenciando que o NTN é composto em sua maioria por nódulos pequenos e muito pequenos, o que explica a ausência de correlação entre o tamanho dos nódulos com as demais variáveis, pois os nódulos médios e grandes que ocorreram não foram suficientes para alterar a MSN e contribuir para o acúmulo de N na parte aérea. Observa-se que MSN, NTN e MSMUN não se correlacionaram com as variáveis MSPA, MSR, MST, NPA e NTPA. Entretanto há indicativos (VARGAS et al., 1994) de que a massa dos nódulos tem relação direta com a quantidade de N da parte aérea e, por conseqüência com a biomassa da planta. O NTPA e NPA apresentaram correlação altamente significativa com as variáveis indicadoras de crescimento de plantas (MSPA e MSR).

Tabela 6 – Estratificação do número total de nódulos do feijoeiro IPR Colibri, em função de tamanhos considerados “muito pequeno” (NNMP), pequeno (NNP), médio (NNM) e grande (NNG), observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Molibdênio		Inoculante rizobiano <sup>3</sup>	NTN		NNMP		NNP		NNM		NNG	
Fonte <sup>1</sup>	Dose <sup>2</sup>		un	%	un	%	un	%	un	%	un	%
MS	0	A	68	100	31	45	34	49	4	6	0	0
MS	1	A	43	100	18	42	23	53	2	5	0	0
MS	2	A	58	100	32	55	25	43	1	2	0	0
MS	3	A	84	100	40	48	41	49	3	4	0	0
MS	4	A	69	100	30	43	37	54	2	3	0	0
MS	0	P	80	100	56	70	24	30	0	0	0	0
MS	1	P	62	100	24	39	36	58	2	3	0	0
MS	2	P	71	100	25	35	39	55	7	10	0	0
MS	3	P	49	100	23	46	21	42	6	12	0	0
MS	4	P	67	100	29	43	38	57	0	0	0	0
MA	0	A	111	100	38	42	52	57	1	1	0	0
MA	1	A	67	100	18	27	42	63	6	9	1	1
MA	2	A	121	100	38	32	65	54	16	13	1	1
MA	3	A	55	100	17	31	33	60	5	9	0	0
MA	4	A	95	100	51	54	44	46	0	0	0	0
MA	0	P	74	100	36	48	39	52	0	0	0	0
MA	1	P	74	100	17	23	43	57	15	20	0	0
MA	2	P	48	100	21	43	26	53	2	4	0	0
MA	3	P	97	100	37	38	55	56	6	6	0	0
MA	4	P	86	100	45	52	40	47	1	1	0	0

<sup>1</sup> MS: molibdato de sódio; MA: molibdato de amônio.

<sup>2</sup> Em g.kg<sup>-1</sup> de sementes.

<sup>3</sup> A: ausência (somente rizóbios nativos); P: presença (rizóbios nativos + *Rhizobium tropici* SEMIA 4088).

Considerando os resultados anteriormente apresentados e discutidos, constata-se que a melhor combinação para o feijoeiro IPR Colibri em solos com altas populações de rizóbios nativos ( $5,38 \times 10^4$  células viáveis.g<sup>-1</sup>) seria a aplicação de molibdato de amônio em doses de 2 a 2,5 g.kg<sup>-1</sup> de sementes sem a necessidade de inoculante rizobiano uma vez que este não foi capaz de melhorar a maioria das variáveis.

Tabela 7 – Correlação linear simples entre as variáveis avaliadas em experimento realizado com feijoeiro IPR Colibri em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Variáveis <sup>1</sup>	MSR	MSN	MST	NTN	MSMUN	NPA	NTPA	NNM	NNP	NNMP
MSPA	0,59**	-0,29 <sup>ns</sup>	0,57**	0,07 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	0,44*	0,55**	0,04 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
MSR		-0,26 <sup>ns</sup>	0,88**	0,20 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,61**	0,82**	0,36 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>
MSN			-0,27 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
MST				-0,01 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,68**	0,96**	0,42 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>
NTN					0,01 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,88**	0,64**
MSMUN						0,21 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,74**	0,28 <sup>ns</sup>	-0,49*
NPA							0,85**	0,20 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>
NTPA								0,35 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>
NNM									0,54*	-0,21 <sup>ns</sup>
NNP										0,29 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup> MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; MSN: massa seca de nódulos; NTN: número total de nódulos; MSMUN: massa seca média unitária de nódulos; NPA: nitrogênio da parte aérea; NTPA: nitrogênio total da parte aérea; NNM: número de nódulos médios; NNP: número de nódulos pequenos; NNMP: número de nódulos muito pequenos.

Os resultados deste experimento são de suma importância, principalmente no que se refere ao molibdato de amônio, pois a necessidade da “dose de arranque” de N no feijoeiro se deve ao fato de que as plântulas desta espécie passam por um período de estresse por N devido à falta de sincronia que ocorre entre o término das reservas dos cotilédones e o início dos processos fisiológicos vitais, como fotossíntese e FBN (HUNGRIA et al., 1997b). Este período crítico ocorre entre 15 e 20 dias após a emergência das plântulas (COOKSON et al., 1980; HUNGRIA et al., 1991) e o contato via sementes com o molibdato de amônio pode suprir a necessidade por N neste período sem prejudicar o processo de nodulação.

## 4.2 EXPERIMENTO 2

As fontes de Mo (molibdato de sódio e de amônio) isoladamente não influenciaram ( $p > 0,05$ ) as variáveis MSPA, MST, MSMUN e NPA (Tabela 8). Esta situação indica que o N presente no molibdato de amônio não foi suficiente em servir como a dose de arranque recomendada por alguns autores (ARAÚJO; CARVALHO, 2006; BRITO et al., 2011; PELEGRIN et al., 2009; SILVA et al., 1993; TSAI et al., 1993).

Tabela 8 – Massas secas da parte aérea (MSPA), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN) e nitrogênio da parte aérea (NPA) do feijoeiro IPR139, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fontes de molibdênio	MSPA g	MST g	MSMUN mg	NPA %
Molibdato de sódio	3,68a	4,38a	0,23a	3,99a
Molibdato de amônio	3,58a	4,32a	0,29a	3,96a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Análises de variância nos APÊNDICES S (MSPA), U (MST), W (MSMUN) e X (NPA).

Avaliando o efeito isolado da presença ou ausência do inoculante rizobiano, constata-se que este fator não influenciou ( $p > 0,05$ ) o NTN, mas sim ( $p < 0,05$ ) a MSMUN e o NPA provocando, porém, comportamento inverso nas mesmas, pois na sua ausência verificou-se aumento da MSMUN e redução do NPA (Tabela 9). Tem sido verificada (CAMPANHARO, 2006; VARGAS et al., 1994) relação direta da massa nodular com a quantidade de N da parte aérea. Esta situação é explicada pelo fato do NPA ser expresso em valores percentuais e, portanto, o valor absoluto de N (NTPA) depende do teor de MSPA.

Tabela 9 – Número total de nódulos (NTN), massa seca média unitária de nódulos (MSMUN) e nitrogênio da parte aérea (NPA) do feijoeiro IPR 139, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Inoculante rizobiano	NTN unidade	MSMUN mg	NPA %
Ausência <sup>1</sup>	59,61a	0,34a	3,85b
Presença <sup>2</sup>	58,57a	0,19b	4,10a

<sup>1</sup> Somente rizóbios nativos; <sup>2</sup> Rizóbios nativos + introduzido (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088). Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Análises de variância nos APÊNDICES V (NTN), W (MSMUN) e X (NPA).

A presença do Mo foi estatisticamente superior à ausência apenas para as variáveis MSPA e NTPA (Tabela 10), ambas correlacionadas (Tabela 11). Apesar de não ter sido verificado efeito significativo da presença do Mo no NPA (Tabela 10),

esta variável apresentou efeito isolado de doses com ponto de máximo de 4,26% de NPA na dose de  $2,17 \text{ g.kg}^{-1}$  de sementes (Gráfico 10).

Tabela 10 – Comparação por contrastes ortogonais do efeito do molibdênio, independente das fontes utilizadas, sobre as massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), do feijoeiro IPR 139, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Variáveis	Molibdênio	
	Ausência <sup>1</sup>	Presença <sup>2</sup>
MSPA (g)	3,28b	3,72a
MSR (g)	0,63a	0,69a
MST (g)	3,90a	4,46a
NTN (unidade)	48,00a	63,96a
MSMUN (mg)	0,19a	0,28a
NPA (%)	3,54a	4,03a
NTPA (mg)	115,46b	149,43a

<sup>1</sup> Dose de  $0 \text{ g.kg}^{-1}$  de sementes (isolada); <sup>2</sup> Doses de 1, 2, 3 e  $4 \text{ g.kg}^{-1}$  de sementes (combinadas). Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Análises de variância nos APÊNDICES Z (MSPA), AA (MSR), AB (MST), AC (NTN), AD (MSMUN), AE (NPA) e AF (NTPA).

As variáveis MSPA e MST foram influenciadas ( $p < 0,05$ ) pela interação entre doses de Mo e presença e ausência de inoculante rizobiano (Gráficos 11 e 12). A MSPA alcançou o ponto de máximo de 3,82 g na dose de  $2,12 \text{ g.kg}^{-1}$  de semente, na presença do inoculante e na dose de  $3,00 \text{ g.kg}^{-1}$  de semente, com rendimento de 3,91 g, na ausência (Gráfico 11). Para MST não se verificou comportamento quadrático que explicasse os resultados para a presença de inoculante rizobiano estimando-se, porém, na sua ausência, valor máximo de 4,79 g com a dose de  $2,66 \text{ g.kg}^{-1}$  de semente. A ausência do inoculante rizobiano foi superior a presença na dose de  $3 \text{ g.kg}^{-1}$  de semente, atingindo MST de 5,01 g (Gráfico 12).

O NTN variou em função da interação entre fontes e doses de Mo (Gráfico 13). Na dose de  $2 \text{ g.kg}^{-1}$  de sementes não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre as fontes, sendo este, porém, aumentado ( $p < 0,05$ ) com a aplicação de  $3 \text{ g.kg}^{-1}$  de sementes de molibdato de amônio. Não se obteve, porém, modelo linear ou quadrático que explicasse o comportamento de variação de ambas as fontes de Mo.

Tabela 11 – Correlação linear simples entre as variáveis avaliadas em experimento realizado com feijoeiro IPR 139 em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Variáveis <sup>1</sup>	MSR	MSN	MST	NTN	MSMUN	NPA	NTPA	NNM	NNP	NNMP
MSPA	0,70**	0,35 <sup>ns</sup>	0,99**	0,12 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,83**	0,43 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>
MSR		0,39 <sup>ns</sup>	0,77**	0,09 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,69**	0,57**	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>
MSN			0,40 <sup>ns</sup>	0,61**	0,79**	0,06 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,86**	0,42 <sup>ns</sup>	-0,62**
MST				0,13 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,85**	0,49*	0,15 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>
NTN					0,15 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,46*	0,10 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>
MSMUN						0,09 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,76**	0,36 <sup>ns</sup>	-0,54 <sup>ns</sup>
NPA							0,82**	0,15 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
NTPA								0,34 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>
NNM									0,21 <sup>ns</sup>	-0,46*
NNP										-0,96**

<sup>1</sup> MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; MSN: massa seca de nódulos; NTN: número total de nódulos; MSMUN: massa seca média unitária de nódulos; NPA: nitrogênio da parte aérea; NTPA: nitrogênio total da parte aérea; NNM: número de nódulos médios; NNP: número de nódulos pequenos; NNMP: número de nódulos muito pequenos.

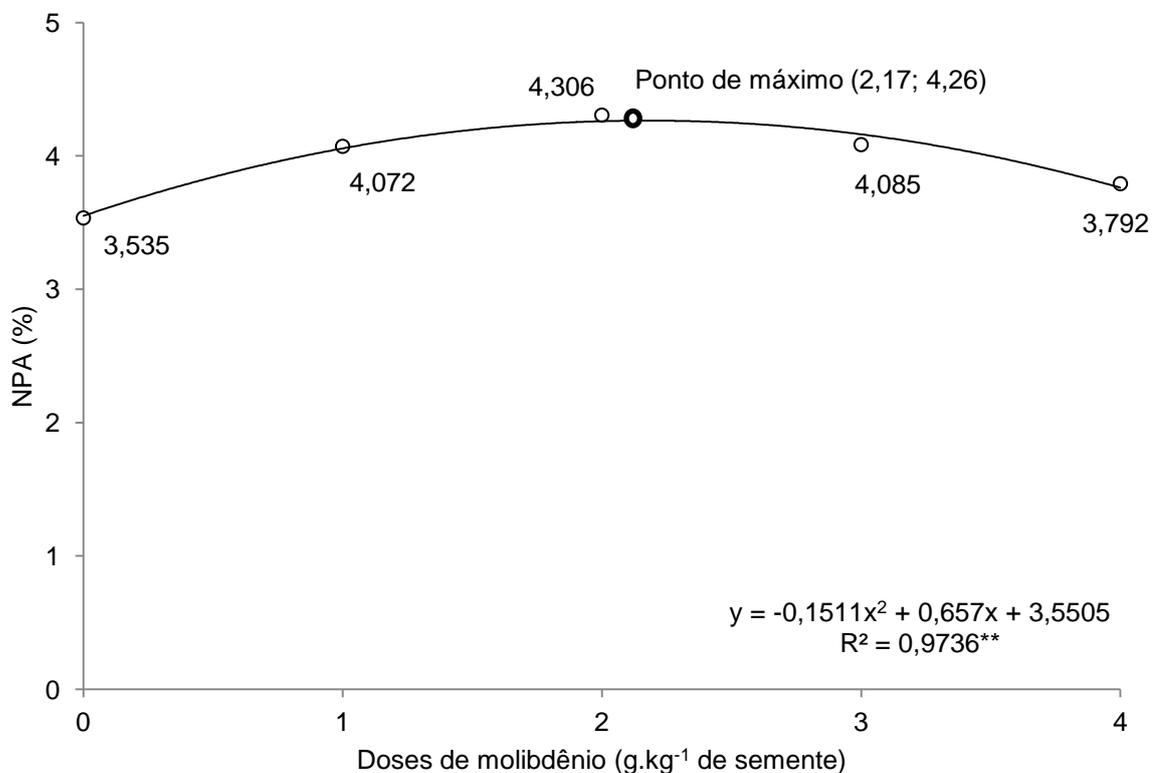


Gráfico 10 – Nitrogênio da parte aérea (NPA) do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE X).

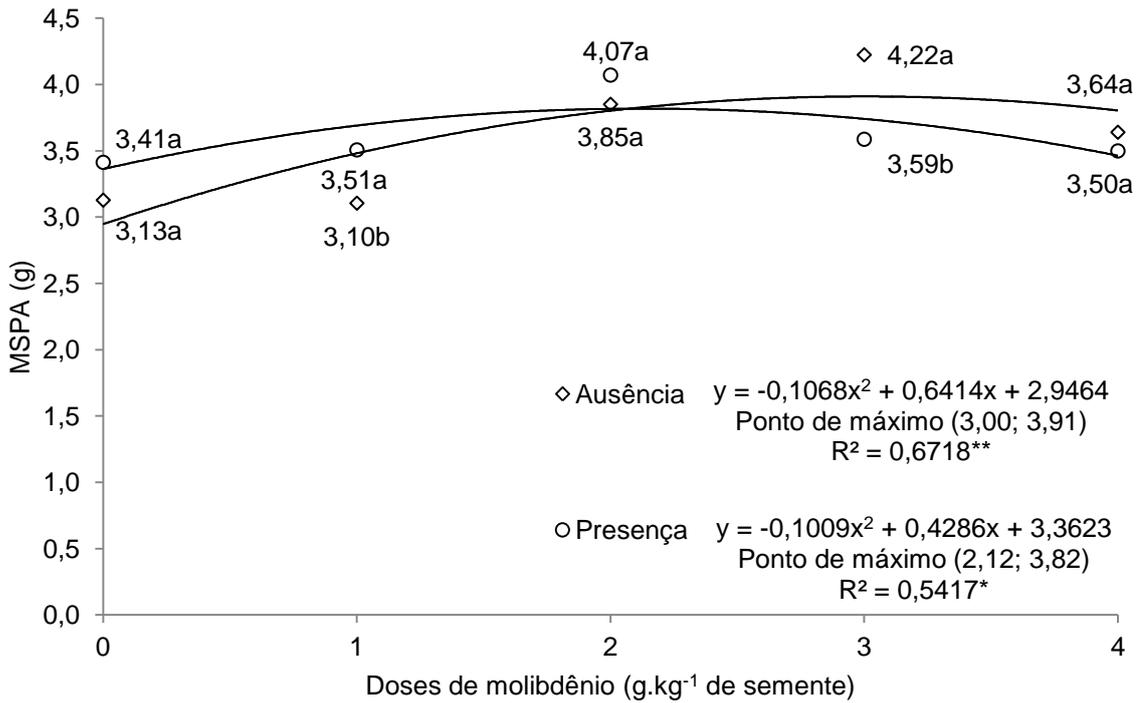


Gráfico 11 – Massa seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro IPR 139, em função da interação entre doses de molibdênio e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE S).

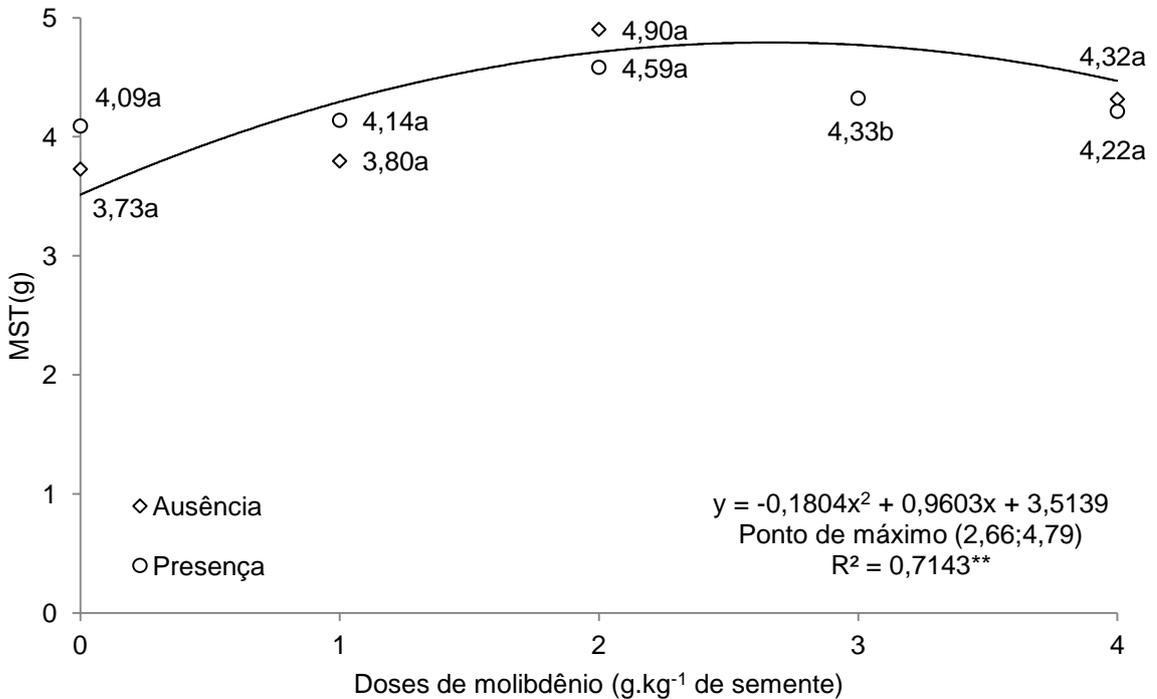


Gráfico 12 – Massa seca total (MST) do feijoeiro IPR 139, em função da interação entre doses de molibdênio e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE U).

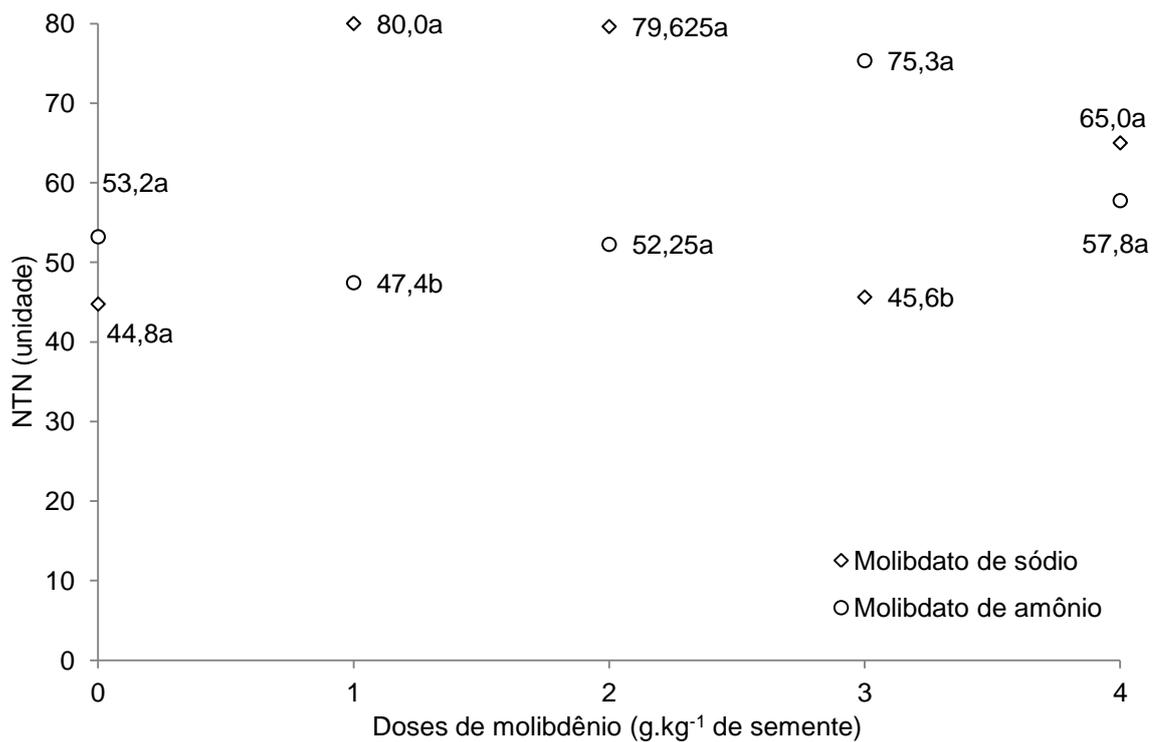


Gráfico 13 – Número total de nódulos (NTN) do feijoeiro IPR 139, em função interação entre fontes e doses de molibdênio observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011 (análise de variância no APÊNDICE V).

A MSR foi influenciada ( $p < 0,05$ ) pela interação tripla entre os fatores avaliados (Tabela 12). Considerando que as melhores doses de Mo variaram entre 2,12 e 2,66 g.kg<sup>-1</sup> de sementes para NPA, MSPA e MST (Gráficos 10, 11 e 12), torna-se mais adequado discutir apenas as doses de 2 e 3 g.kg<sup>-1</sup> de sementes. Com isso, ao avaliar a MSR constata-se que com a aplicação de 2 g.kg<sup>-1</sup> de sementes de molibdato de amônio as populações nativas de rizóbio são favorecidas. Na dose de 3 g.kg<sup>-1</sup> de sementes, não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre a ausência e presença de inoculante rizobiano em nenhuma das fontes. Contudo quando não se utiliza o inoculante o molibdato de sódio proporciona maior incremento que o de amônio (Tabela 12).

Para MSN, os tratamentos combinados de molibdato de sódio, dose de 2 g.kg<sup>-1</sup> de sementes e presença do inoculante rizobiano e de molibdato de amônio, dose de 2 g.kg<sup>-1</sup> de sementes e ausência do inoculante rizobiano foram superiores ( $p < 0,01$ ) aos demais (Tabela 13). Estes resultados demonstram novamente o efeito expressivo da dose de 2 g.kg<sup>-1</sup>, uma vez que as fontes de Mo e a presença e ausência do inoculante rizobiano variaram nas melhores combinações. Outro aspecto interessante evidenciado é o efeito da combinação do molibdato de amônio com a ausência do

inoculante rizobiano, o que indica que esta fonte pode favorecer os rizóbios nativos, fato este também observado nas variáveis MSR (Tabela 12) e NTN (Gráfico 13).

Tabela 12 – Massa seca da raiz (MSR) do feijoeiro IPR 139, em gramas (g) em função da interação entre molibdênio (fontes e doses) e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Molibdênio		Inoculante rizobiano		Média
Doses <sup>1</sup>	Fontes <sup>2</sup>	Ausência <sup>3</sup>	Presença <sup>4</sup>	
0	MS	0,59Aa	0,68Aa	0,64
	MA	0,59Aa	0,64Aa	0,61
Média		0,59	0,67	0,63
1	MS	0,64Aa	0,62Aa	0,63
	MA	0,60Aa	0,62Aa	0,61
Média		0,62	0,62	0,62
2	MS	0,68Aa	0,71Aa	0,69
	MA	0,86Aa	0,72Ba	0,79
Média		0,77	0,72	0,74
3	MS	0,82Aa	0,65Aa	0,74
	MA	0,69Ab	0,72Aa	0,71
Média		0,76	0,69	0,72
4	MS	0,61Aa	0,73Aa	0,65
	MA	0,71Aa	0,65Aa	0,68
Média		0,67	0,67	0,67
Média geral		0,69	0,68	0,68

<sup>1</sup> Em g.kg<sup>-1</sup> de semente; <sup>2</sup> MS: Molibdato de sódio; MA: Molibdato de amônio.

<sup>3</sup> Somente rizóbios nativos; <sup>4</sup> Rizóbios nativos + *Rhizobium tropici* SEMIA 4088.

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, para uma mesma dose de molibdênio, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância no APÊNDICE T.

O NTPA foi influenciado ( $p < 0,05$ ) pela tríplice interação entre os fatores analisados (Tabela 14). Avaliando novamente as doses de 2 e 3 g.kg<sup>-1</sup> de sementes, observa-se que só há diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as fontes e o inoculante rizobiano na dose de 3 g.kg<sup>-1</sup> de sementes, estimando-se obter maior teor de NTPA (187,66 mg) com molibdato de sódio e ausência do inoculante rizobiano.

Para discutir os dados obtidos com a cultivar IPR 139 deve-se levar em consideração a complexidade de um esquema fatorial com três fatores, pois quanto maior a interação entre eles (dupla ou tripla) menor é o número de repetições, e por outro lado, o efeito isolado de um fator possibilita maior repetibilidade. Portanto, avaliando os resultados das variáveis apresentadas de forma geral e considerando principalmente os efeitos isolados e as duplas interações, percebe-se que: as melhores doses de Mo estiveram entre 2,12 e 2,66 g.kg<sup>-1</sup> de sementes; as fontes não diferiram significativamente entre si, e; a presença do inoculante rizobiano não proporcionou incrementos significativos nas principais variáveis indicadoras de crescimento (MSPA, MST e MSR) (Gráficos 11 e 12; Tabela 12). Além disso, o efeito combinado do *Rhizobium tropici* do inoculante com as populações de rizóbios nativos mostrou desempenho inferior à presença de apenas estas para a MSMUN (Tabela 9).

O efeito marcante das doses de Mo é explicado pelo fato deste elemento ser constituinte de duas enzimas relacionadas ao metabolismo do N, a nitrogenase, responsável pela conversão do nitrogênio atmosférico em amônia, e a nitrato redutase, que atua na assimilação do N, essencialmente na redução do nitrato a nitrito (ARAÚJO et al., 1999). Pessoa et al. (2001) observaram para o feijoeiro, ponto máximo de atividade da nitrogenase com a aplicação de 108 g de Mo.ha<sup>-1</sup> e da nitrato redutase com 90 g de Mo.ha<sup>-1</sup>. Para a cultura da soja, Toledo et al. (2010) constataram que com doses de Mo iguais ou superiores a 30 g.ha<sup>-1</sup> (até 60 g.ha<sup>-1</sup>), via foliar, obtêm-se maior atividade da enzima nitrato redutase e, por outro lado, maior número e massa de nódulos são obtidos com a aplicação deste micronutriente via semente.

Outro fator que também contribuiu para os resultados positivos do uso do Mo foi o seu baixo teor na semente, inferior a 0,10 mg.kg<sup>-1</sup> de sementes, abaixo do nível crítico<sup>1</sup> de 1,75 mg.kg<sup>-1</sup> de sementes, apontado por Jacob-Neto e Franco (1986). A suplementação deste micronutriente frequentemente traz resultados benéficos para variáveis relacionadas a FBN e ao crescimento e produtividade das plantas (AMANE et al., 1999; ANDRADE et al., 2001; SILVA et al., 2003a; SILVA et al., 2012).

As poucas diferenças verificadas entre as fontes de molibdênio sugerem que a cultivar IPR 139 não responde às doses de “arranque” de N citadas na literatura (ARAÚJO; CARVALHO, 2006; BRITO et al., 2011; TSAI et al., 1993). Silva et al. (2003a) não obtiveram diferença entre molibdato de sódio e de amônio, aplicados via foliar, avaliando variáveis indicadoras de produtividade de duas cultivares de feijoeiro (Carioca e Carioca MG).

---

<sup>1</sup> 0,35 µg de Mo.semente<sup>-1</sup>, conversão realizada a partir da massa média unitária da semente de 0,2 g.

Tabela 13 – Massa seca dos nódulos (MSN) do feijoeiro IPR 139, em miligramas (mg), em função da interação entre molibdênio (fontes e doses) e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Molibdênio		Inoculante rizobiano <sup>3</sup>	Soma de ranks	Médias
Fontes <sup>1</sup>	Doses <sup>2</sup>			
MS	0	A	63,00	8,80ij
MS	1	A	109,00	2,45efg
MS	2	A	159,50	30,10bc
MS	3	A	175,50	27,10b
MS	4	A	104,00	11,47efg
MS	0	P	30,00	5,70j
MS	1	P	70,50	8,43hij
MS	2	P	213,50	30,60a
MS	3	P	79,50	7,70ghij
MS	4	P	47,50	8,30j
MA	0	A	62,50	7,40ij
MA	1	A	150,00	30,17bcd
MA	2	A	231,00	35,88a
MA	3	A	144,50	23,90cd
MA	4	A	125,00	2,40def
MA	0	P	74,00	15,65ghij
MA	1	P	90,00	7,70ghi
MA	2	P	54,50	5,90j
MA	3	P	97,00	9,87fgh
MA	4	P	130,50	12,80cde

<sup>1</sup> MS: Molibdato de sódio; MA: Molibdato de amônio. <sup>2</sup> Em g.kg<sup>-1</sup> de semente.

<sup>3</sup> A: Ausência (Somente rizóbios nativos); P: Presença (Rizóbios nativos + *Rhizobium tropici* SEMIA 4088). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 1% de probabilidade.

Os efeitos de inoculantes rizobianos no feijoeiro são variáveis e divergentes. Considerando a espécie *Rhizobium tropici*, encontram-se resultados promissores (GUARESCHI et al., 2009; PELEGRIN et al., 2009; ROMANINI JÚNIOR et al., 2007; SILVA et al., 2009; VALADÃO et al., 2009) e também a não interferência das estirpes

inoculadas (AMANE et al., 1999; ANDRADE et al., 2001; VIEIRA et al., 2000). Oliveira e Sbaderloto (2011) ao avaliarem o efeito de *Rhizobium tropici* em seis cultivares de feijão com observaram desempenho satisfatório da espécie inoculada apenas em uma cultivar (Eldorado). É importante destacar que quando se introduz rizóbios selecionados via inoculantes rizobianos não se exclui a possibilidade dos naturalmente presentes no solo (nativos) promoverem nodulação, exceto se a inoculação for efetuada em condições artificiais (solo esterilizado). Portanto, as estirpes de rizóbio do inoculante devem ser, além de eficientes na fixação do nitrogênio, também suficientemente competitivas, para que deste modo sejam capazes de superar as nativas garantindo maior nodulação que estas.

A maior capacidade competitiva das estirpes nativas em relação às introduzidas é explicada por diversos fatores, tais como, abundância numérica (TRIPLETT; SADOWSKY, 1992), maior mobilidade no solo, capacidade quimiotática em direção aos exsudatos da planta, presença de determinados polissacarídeos da superfície celular, produção de toxinas e velocidade de infecção das raízes (HUNGRIA et al., 1997b). Como o feijoeiro inibe a nodulação posterior apenas com a presença da bactéria no interior do nódulo, sem necessariamente que esta seja eficiente (GEORGE et al., 1992), é necessário além de variáveis relacionadas ao crescimento da planta e nodulação, avaliar as relacionadas ao N da planta.

Em valores percentuais de N (NPA) a presença do inoculante rizobiano se mostrou mais eficiente do que a ausência (Tabela 9). Entretanto, quando se considera o valor absoluto (NTPA) as estirpes nativas obtiveram melhor desempenho com a condição de aplicação de 3 g de Mo.kg<sup>-1</sup> de sementes (Tabela 14). Estes resultados demonstram que com a aplicação de Mo é possível melhorar o desempenho simbiótico das populações de rizóbios nativos do solo e, desta forma, aumentar a eficiência da FBN. Portanto, é mais interessante investir em estirpes nativas, mesmo que a inoculada tenha apresentado melhor resultado para NPA, pelo fato destas serem mais adaptadas às condições ambientais a que estão expostas. Streit et al. (1992) constataram que a espécie *Rhizobium tropici* é menos competitiva que *R. etili* e *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, e mais influenciada por fatores abióticos.

Hungria e Franco (1993) consideram temperaturas abaixo de 28 °C e acima de 33 °C como para limites críticos para o feijoeiro nodulado. Hungria et al. (1985) observaram reduções significativas na FBN com temperaturas superiores a 31 °C e

ainda, correlação negativa e altamente significativa ( $p < 0,01$ ) entre a temperatura da rizosfera do feijoeiro nodulado e o N acumulado na parte aérea. Neste experimento as temperaturas do solo atingiram valores mais altos do que os considerados críticos pela literatura, chegando até 43,6 °C, logo nos primeiros dias após a semeadura (Gráfico 14). Este fato reforça a importância de favorecer as estirpes nativas de rizóbio, pois mesmo em condições de altas temperaturas promoveram incremento no NTPA, com aplicação de 3 g de molibdato de sódio por quilograma de sementes.

Tabela 14 – Nitrogênio total da parte aérea (NTPA) do feijoeiro IPR 139, em miligramas (mg), em função da interação entre molibdênio (fontes e doses) e inoculante rizobiano observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Molibdênio		Inoculante rizobiano		Média
Doses <sup>1</sup>	Fontes <sup>2</sup>	Ausência <sup>3</sup>	Presença <sup>4</sup>	
0	MS	110,19Aa	123,98Aa	117,08
	MA	114,68Aa	110,11Aa	112,85
Média		112,11	119,36	115,46
1	MS	115,13Ba	153,21Aa	137,98
	MA	123,66Aa	143,52Aa	135,01
Média		120,25	147,67	136,25
2	MS	164,63Aa	177,56Aa	172,02
	MA	157,42Aa	172,89Aa	165,15
Média		160,51	175,23	168,36
3	MS	187,66Aa	143,48Ba	165,57
	MA	137,07Ab	158,70Aa	151,49
Média		170,80	151,09	159,54
4	MS	129,04Aa	142,01Aa	134,22
	MA	138,58Aa	134,01Aa	136,29
Média		134,49	136,67	135,50
Média geral		139,87	148,01	144,12

<sup>1</sup> Em g.kg<sup>-1</sup> de semente; <sup>2</sup> MS: Molibdato de sódio; MA: Molibdato de amônio.

<sup>3</sup> Somente rizóbios nativos; <sup>4</sup> Rizóbios nativos + *Rhizobium tropici* SEMIA 4088.

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para uma mesma dose de molibdênio, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância no APÊNDICE Y.

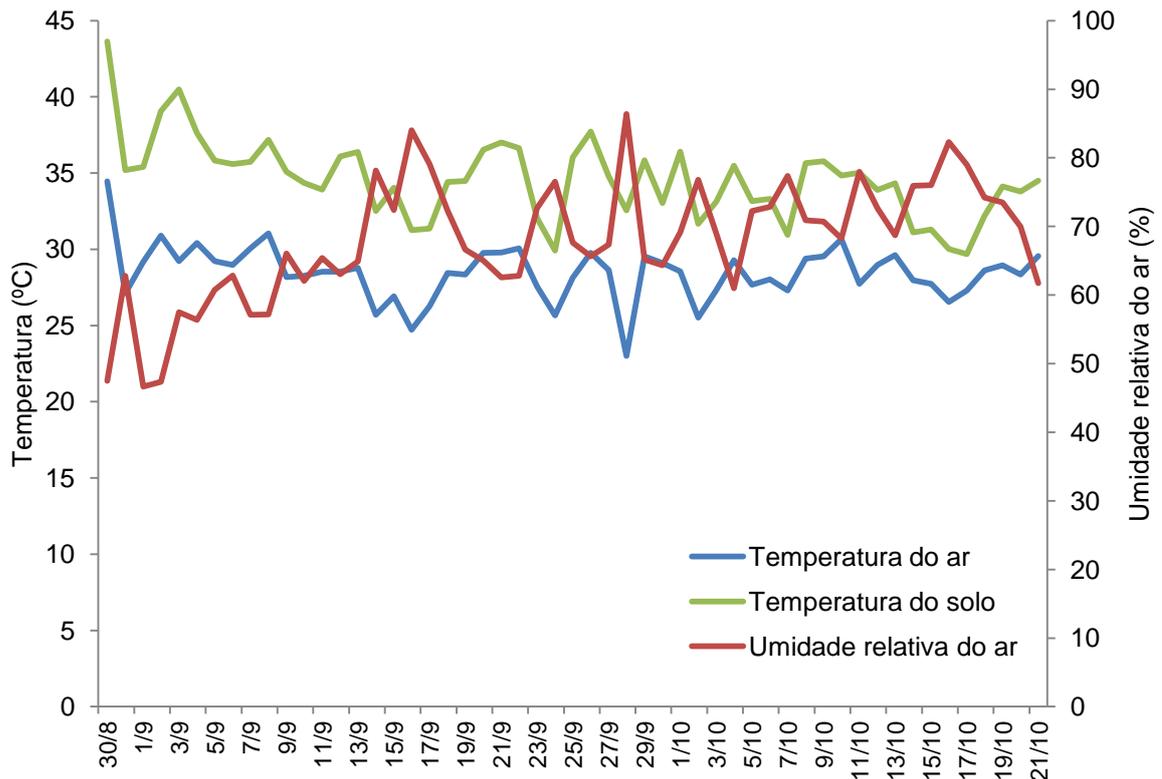


Gráfico 14 – Variações de temperatura (ar e solo) e umidade relativa do ar observadas em casa de vegetação, durante a realização do experimento com feijoeiro IPR 139 em Colorado do Oeste, RO, 2011.

A condição de pH de 6,1 também desfavoreceu a estirpe inoculada, pois o *Rhizobium tropici* se sobressai em solos ácidos com pH em torno de 5,0. Como o pH ideal para a cultura do feijoeiro está ao redor de 5,5 a 6,7 (HUNGRIA et al., 1997b) e a deficiência de Ca, Mg, P e Mo interferem negativamente na FBN (MIGUEL; MOREIRA, 2001; MUNS; FRANCO, 1992), a prática da calagem se faz necessária, pois além de elevar o pH, fornece Ca e Mg e auxilia na disponibilização de P e Mo (LOPES et al., 2004). Deste modo o *R. tropici* pode ser frequentemente desfavorecido quando se melhora as condições para a planta.

A partir desta discussão remete-se novamente às fontes de Mo, pois apesar de não terem diferido estatisticamente considerando seus efeitos isolados para MSPA, MST, MSMUN e NPA (Tabela 8), o molibdato de amônio favoreceu as estirpes nativas de rizóbio, considerando a MSR, MSN e NTN (Tabelas 12 e 13 e Gráfico 13) e como com a estirpe inoculada obteve-se rendimento inferior ( $p < 0,05$ ) de MSPA (Gráfico 10), MST (Gráfico 11), MSR (Tabela 12) e NTPA (Tabela 14), é recomendável buscar favorecer o desempenho simbiótico das estirpes nativas com a aplicação de doses de 2 a 3 g. Mo kg<sup>-1</sup> de sementes na forma de molibdato de amônio.

Como mencionado no experimento 1 o NTN possui grande variabilidade de resultados, tanto entre diferentes trabalhos (mesmo com cultivar similar) quanto em cada um isoladamente (alto coeficiente de variação da variável). Deste modo, para melhor explorá-lo foi realizada sua estratificação em função de tamanhos (Tabela 15). Os nódulos considerados pequenos e muito pequenos foram predominantes, porém com diferença para o molibdato de sódio, pois na presença de inoculante rizobiano (considerando valores médios entre as doses) ocorreu maior percentual de NNMP (63%) do que NNP (35%), e o contrário, na ausência, 80% de NNP e 18% de NNMP, constatando então que as estirpes nativas promoveram nódulos maiores do que quando combinadas com a introduzida. Para o molibdato de amônio a distribuição foi mais homogênea.

Observando as doses de Mo para as duas fontes não se constatam diferenças expressivas. São raros trabalhos com este nível de detalhamento. Campanharo (2006) realizou trabalho semelhante, porém não classificou os nódulos por tamanho, mas aferiu a área dos mesmos, além da massa e número total. Avaliando estas variáveis em estádios fenológicos distintos obteve correlações diferentes. Aos 21 dias após a semeadura, verificou correlação significativa e positiva entre a massa seca dos nódulos e o N acumulado na parte aérea, porém aos 42 dias encontrou correlação significativa e negativa entre o número de nódulos e crescimento da raiz, e ausência de correlação entre a massa seca e tamanho de nódulos com o N da parte aérea. Este resultado é semelhante ao obtido no presente experimento, que foi avaliado aos 52 dias após a semeadura.

O aumento do NNM contribuiu para o incremento de MSR, MST, NTN e MSMUN, porém não influenciou o NPA e NTPA (Tabela 11). Estas correlações corroboram em partes com Pereira et al. (1993) e Hansen et al. (1993), pois estes autores afirmam que quanto maior o número e massa dos nódulos maior é o acúmulo de biomassa vegetal e N na parte aérea. Esta situação foi verificada apenas para as variáveis indicadoras de massa (MST e MSR). Por outro lado o NNMP influenciou negativamente a MSN, NNM e NNP. Portanto, a elevada frequência de NNMP e a quantidade insuficiente de NNM e NNG para aumentar significativamente a MSN, fizeram com que esta não obtivesse correlação significativa com as variáveis relacionadas à biomassa da planta e ao N da parte aérea, mas apenas com as indicadoras de nodulação (MSMUN e NTN) (Tabela 11).

Tabela 15 – Estratificação do número total de nódulos do feijoeiro IPR 139, em função de tamanhos considerados “muito pequeno” (NNMP), pequeno (NNP), médio (NNM) e grande (NNG), observada em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Molibdênio		Inoculante rizobiano <sup>3</sup>	NTN		NNMP		NNP		NNM		NNG	
Fonte <sup>1</sup>	Dose <sup>2</sup>		un	%	un	%	un	%	un	%	un	%
MS	0	A	38	100	7	24	29	76	0	0	0	0
MS	1	A	103	100	14	17	84	81	2	2	0	0
MS	2	A	63	100	18	14	51	80	3	5	0	0
MS	3	A	49	100	20	14	41	83	1	3	0	0
MS	4	A	70	100	24	19	57	81	0	0	0	0
MS	0	P	51	100	15	36	33	63	1	1	0	0
MS	1	P	65	100	30	31	45	69	0	0	0	0
MS	2	P	97	100	9	25	67	69	6	6	1	0
MS	3	P	42	100	9	35	28	65	0	0	0	0
MS	4	P	57	100	9	52	28	48	0	0	0	0
MA	0	A	37	100	28	24	28	76	0	0	0	0
MA	1	A	60	100	16	14	50	82	2	3	0	0
MA	2	A	68	100	23	13	53	78	6	9	0	0
MA	3	A	94	100	10	24	86	73	3	3	0	0
MA	4	A	50	100	9	32	34	67	1	1	0	0
MA	0	P	78	100	11	29	53	68	2	3	1	0
MA	1	P	38	100	14	26	28	74	0	0	0	0
MA	2	P	37	100	7	25	28	75	0	0	0	0
MA	3	P	66	100	14	16	55	84	0	0	0	0
MA	4	P	66	100	18	21	52	79	0	0	0	0

<sup>1</sup> MS: molibdato de sódio; MA: molibdato de amônio.

<sup>2</sup> Em g.kg<sup>-1</sup> de sementes.

<sup>3</sup> A: ausência (apenas rizóbios nativos); P: presença (rizóbios nativos + *Rhizobium tropici* SEMIA 4088).

Fica, portanto, evidenciado que para aumentar a eficiência da FBN do feijoeiro deve-se buscar tratamentos que favoreçam a maior ocorrência de nódulos considerados no mínimo médios (entre 2,00 e 3,35 mm), e menor frequência de NNP e NNMP. Com a estratificação dos nódulos por tamanho da IPR 139 verificou-se que a melhor combinação para que isso ocorra é a aplicação de 2 g de Mo.kg<sup>-1</sup> de sementes, na forma de molibdato de amônio na ausência de inoculante rizobiano (Tabela 15).

#### 4.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS EXPERIMENTOS 1 E 2

Os experimentos 1 e 2 foram conduzidos em um mesmo solo, submetidos à condições ambientais (temperatura e umidade relativa do ar) comuns por pelo menos 42 dias, irrigados de forma similar e avaliadas as mesmas variáveis. Portanto diferenciaram-se apenas em relação à planta teste que, mesmo sendo da mesma espécie, possuem características particulares de cada cultivar. Como mesmo considerando as semelhanças entre os experimentos, obtiveram-se resultados distintos, fica demonstrado haver alta especificidade da FBN em feijoeiro considerando suas várias cultivares.

Esta evidência vem sendo relatada desde os primeiros estudos no Brasil (DOBEREINER; RUSCHEL, 1961) até os mais recentes (ALBUQUERQUE et al., 2012). Isto ocorre porque a eficiência da nodulação e FBN é influenciada por diversos fatores destacando-se as características das bactérias (rizóbios), tanto nativas do solo quanto introduzidas por inoculantes rizobianos, o desempenho da combinação simbiótica (cultivar de feijoeiro/estirpe de rizóbio) e a disponibilidade adequada de molibdênio na semente e no solo (BALA et al., 2003), por este ser componente básico de enzimas diretamente envolvidas com o metabolismo do nitrogênio obtido do ar (nitrogenase) ou do solo (redutase do nitrato) (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O comportamento diferenciado entre as mesmas variáveis das duas cultivares pode ser observado pela comparação do efeito do molibdênio por contrastes ortogonais. Para IPR Colibri a presença do Mo proporcionou maior incremento de MSPA, MST, NPA e NTPA, enquanto que para IPR 139 elevou apenas MSPA e NTPA (Tabelas 4 e 10). Este fato se explica devido ao maior número de interações significativas ocorridas no experimento 2, evidenciando que o efeito isolado do Mo não foi observado para a maioria das variáveis. A ausência do efeito do molibdênio foi comum para ambas as cultivares nas variáveis indicadoras de nodulação (NTN e MSMUN), o que evidencia que a presença do molibdênio, por si só, está mais relacionada à assimilação do N do que à FBN, e que, no entanto, as interações duplas (fontes e doses; fontes e inoculante rizobiano e; doses e inoculante rizobiano) e triplas (fontes, doses e inoculante rizobiano) é que podem ser responsáveis pelo aumento da FBN.

Com relação ao feijoeiro, buscaram-se combinações entre cultivares e estirpes de rizóbio, capazes de nodular e fixar  $N_2$  de forma precoce, e as principais variáveis

indicadoras deste sucesso são a massa e o N total acumulado nas plantas (HUNGRIA et al., 1997b). A IPR Colibri obteve MSR estatisticamente maior que a IPR 139 e para as demais variáveis (MSPA, MSN, NTN, MSMUN, NPA e NTPA) não foi verificada diferença estatística entre as cultivares (Tabela 16). Considerando que a IPR Colibri é uma cultivar de ciclo curto e apresentou desempenho semelhante ao da IPR 139, que é de ciclo longo, observa-se que esta pode ser uma cultivar promissora para a FBN em feijoeiro.

Tabela 16 – Massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, obtidos em experimentos realizados em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Variáveis	t calculado	t tabelado	H <sub>0</sub> <sup>1</sup>	IPR Colibri	IPR 139
MSPA (g)	0,057	2,040	NR <sup>2</sup>	3,61a	3,60a
MSR (g)	6,554	2,040	R <sup>3</sup>	0,89a	0,68b
MSN (mg)	1,183	2,040	NR	22,70a	16,62a
MST (g)	1,251	2,040	NR	4,55a	4,30a
NTN (unidade)	1,945	2,040	NR	74,00a	61,00a
MSMUN (mg)	1,168	2,040	NR	0,32a	0,27a
NPA (%)	0,104	2,040	NR	3,96a	3,95a
NTPA (mg)	0,524	2,040	NR	145,35a	140,46a

<sup>1</sup> H<sub>0</sub>:  $\mu_A = \mu_B$ ; <sup>2</sup> Não se rejeita. <sup>3</sup> Rejeita-se;

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade. Teste F no APÊNDICE AG.

Avaliando o efeito das fontes entre as cultivares, não se encontram diferenças expressivas (Tabela 17), demonstrando que IPR Colibri e IPR 139 respondem de forma similar às fontes testadas. Para MSR o feijoeiro IPR Colibri foi superior ( $p < 0,05$ ) ao IPR 139 nas duas fontes, o que evidencia maior potencial de crescimento de raiz por parte da IPR Colibri, do que efeito das fontes testadas. Este fato é confirmado analisando a presença e ausência do inoculante rizobiano, onde a IPR Colibri também obteve maior ( $p < 0,05$ ) MSR em ambos (Tabela 19). O mesmo ocorreu com as diferentes doses de Mo, pois a cultivar IPR Colibri obteve maior MSR em todas as doses (Tabela 18). O NTN foi superior ( $p < 0,05$ ) na IPR Colibri com o uso

de molibdato de amônio, e não obteve diferença estatística entre as cultivares com a aplicação de molibdato de sódio.

Tabela 17 – Efeito das fontes de molibdênio para a massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, obtidos em experimentos realizados em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Cultivares	MSPA (g)		MSR (g)		MSN (mg)	
	MS <sup>1</sup>	MA <sup>2</sup>	MS	MA	MS	MA
IPR Colibri	3,53a	3,68a	0,88a	0,90a	18,83a	26,38a
IPR 139	3,63a	3,56a	0,67b	0,68b	18,12a	17,32a
Cultivares	MST (g)		NTN (unidade)		MSMUN (mg)	
	MS	MA	MS	MA	MS	MA
IPR Colibri	4,48a	4,48a	64,92a	82,82a	0,29a	0,35a
IPR 139	4,33a	4,27a	63,57a	59,28b	0,24a	0,30a
Cultivares	NPA (%)		NTPA (mg)			
	MS	MA	MS	MA		
IPR Colibri	4,06a	3,96a	147,33a	144,85a		
IPR 139	3,98a	3,92a	143,31a	137,61a		

<sup>1</sup> Molibdato de sódio; <sup>2</sup> Molibdato de amônio

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade. Teste F no APÊNDICE AH.

Resultados mais expressivos são observados comparando as doses de molibdênio entre as duas cultivares. O feijoeiro IPR Colibri obteve maior ( $p < 0,05$ ) MSPA, MST e NTPA do que a cultivar IPR 139 com a aplicação de 2 g de  $\text{Mo.kg}^{-1}$  de sementes. Estes resultados corroboram com a análise de contrastes ortogonais que demonstrou efeito ( $p < 0,05$ ) da presença do molibdênio para MSPA, MST e NTPA (Tabela 4) na IPR Colibri, enquanto que para IPR 139 não se constatou efeito ( $p > 0,05$ ) para MST. Além disso, confirmam a dose de 2 g de  $\text{Mo.kg}^{-1}$  de sementes como sendo a mais promissora. Esta situação demonstra, mais uma vez, o feijoeiro IPR Colibri como de maior potencial para aumentar a FBN, principalmente com o uso de molibdênio, pois como citado, as principais variáveis indicadoras de sucesso da FBN são a massa e o N acumulado nas plantas (HUNGRIA et al., 1997b).

Tabela 18 – Efeito das doses de molibdênio (molibdato de sódio e molibdato de amônio) para as massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST) e média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, obtidos em experimentos realizados em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Doses <sup>1</sup>	MSPA (g)		MSR (g)		MSN (mg)	
	IPR Colibri	IPR 139	IPR Colibri	IPR 139	IPR Colibri	IPR 139
0	3,09a	3,27a	0,82a	0,63b	18,69a	10,12a
1	3,31a	3,32a	0,75a	0,62b	25,15a	22,28a
2	4,56a	3,96b	1,08a	0,74b	27,21a	25,90a
3	4,03a	3,89a	0,96a	0,72b	25,46a	19,04a
4	3,04a	3,54a	0,85a	0,67b	16,74a	11,24a
Doses	MST (g)		NTN (unidade)		MSMUN (mg)	
	IPR Colibri	IPR 139	IPR Colibri	IPR 139	IPR Colibri	IPR 139
0	4,06a	3,91a	83,17a	51,04a	0,27a	0,19a
1	4,05a	3,98a	61,42a	66,60a	0,40a	0,30a
2	5,67a	4,74b	74,17a	65,94a	0,36a	0,38a
3	5,07a	4,64a	71,27a	62,82a	0,35a	0,23a
4	3,88a	4,24a	79,31a	60,71a	0,22a	0,24a
Doses	NPA (%)		NTPA (mg)			
	IPR Colibri	IPR 139	IPR Colibri	IPR 139		
0	3,59a	3,50a	115,08a	115,68a		
1	3,84a	4,02a	124,58a	134,91a		
2	4,28a	4,30a	194,57a	165,77b		
3	4,22a	4,06a	175,17a	151,57a		
4	3,87a	3,84a	117,35a	134,36a		

<sup>1</sup> g de Mo.kg<sup>-1</sup> de sementes

Médias seguidas de mesma letra nas linhas dentro de uma mesma variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade. Teste F no APÊNDICE AI.

As cultivares apresentaram desempenho similar também comparando o efeito do inoculante rizobiano, com exceção da MSMUN, onde o feijoeiro IPR Colibri obteve maior ( $p < 0,05$ ) teor com a presença de inoculação.

Embora as cultivares avaliadas tenham se diferenciado em relação aos resultados de algumas variáveis em aspectos gerais pode-se dizer que tiveram

desempenho similar, pois para a maioria das variáveis, a melhor fonte de Mo foi o molibdato de amônio, a dose mais promissora ficou entre de 2 e 3 g de Mo.kg<sup>-1</sup> de sementes e a ausência de inoculante rizobiano se sobressaiu a presença.

Tabela 19 – Efeito da presença e ausência do inoculante rizobiano para a massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, obtidos em experimentos realizados em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Cultivares	MSPA (g)		MSR (g)		MSN (mg)	
	A <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	A	P	A	P
IPR Colibri	3,52a	3,70a	0,89a	0,89a	26,20a	19,21a
IPR 139	3,62a	3,57a	0,68b	0,67b	24,06a	11,38a
Cultivares	MST (g)		NTN (unidade)		MSMUN (mg)	
	A	P	A	P	A	P
IPR Colibri	4,45a	4,64a	76,94a	70,79a	0,34a	0,30a
IPR 139	4,43a	4,27a	63,21a	59,63a	0,34a	0,19b
Cultivares	NPA (%)		NTPA (mg)			
	A	P	A	P		
IPR Colibri	3,97a	3,95a	141,64a	149,06a		
IPR 139	3,83a	4,06a	135,07a	145,85a		

<sup>1</sup> Ausência de inoculante rizobiano (apenas rizóbios nativos);

<sup>2</sup> Presença de inoculante rizobiano (rizóbios nativos + *Rhizobium tropici* SEMIA 4088).

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade. Teste F no APÊNDICE AJ.

Experimentos com o fornecimento de Mo para leguminosas como soja e feijão geralmente resultam em efeitos benéficos (ANDRADE et al., 2001; AMANE et al., 1999; SILVA et al., 2003a; SILVA et al., 2012; TOLEDO et al., 2010). Contudo, ainda há grande discussão sobre a melhor forma de aplicação. Jacob-Neto e Rosseto (1998) descrevem alguns inconvenientes do fornecimento de Mo via sementes, tais como, adsorção à matéria orgânica e aos óxidos de ferro e de alumínio, perda do poder germinativo e mortalidade de *Rhizobium*. Porém, Toledo et al. (2010) constataram que, em soja, maior número e massa de nódulos são obtidos com a aplicação deste micronutriente diretamente na semente. Porém com a adubação foliar de Mo, é frequente o aumento do crescimento de plantas, produtividade e eficiência da FBN

(ALBUQUERQUE et al., 2012; ASCOLI et al., 2008; FERNANDES et al., 2005; SILVA et al., 2012; VIEIRA et al., 2011).

Além dessas formas de aplicação, estuda-se a obtenção de sementes ricas em Mo a partir de plantas que receberam a adubação foliar (FERRO et al., 2012; KUBOTA et al., 2008). Jacob-Neto e Franco (1986) apontam  $1,75 \text{ mg.kg}^{-1}$  de sementes, como nível crítico de Mo para o feijoeiro. Ferreira et al. (2003) observaram que teores até  $2,675 \text{ mg.kg}^{-1}$  de sementes não alteram a produtividade, evidenciando a necessidade da adubação molíbdica. Kubota et al. (2008) avaliaram os efeitos do enriquecimento do teor de Mo nas sementes de duas cultivares de feijoeiro, considerando os níveis de  $1,53$  e  $9,89 \text{ mg.kg}^{-1}$  de sementes, como baixo e alto no feijoeiro Manteigão e de  $1,35$  e  $14,1 \text{ mg.kg}^{-1}$  de sementes na cv. Carioca. Além disso, constataram que as sementes das duas cultivares de feijoeiro enriquecidas com Mo estimularam a atividade da nitrogenase e aumentaram a acumulação de biomassa e de N do feijoeiro. Neste contexto, foram avaliadas também combinações entre sementes com altos teores de Mo e adubação foliar, onde foi constatado que o fornecimento via foliar anula os efeitos dos teores nas sementes (FERREIRA et al., 2003; VIEIRA et al., 2011).

Com esta análise poder-se-ia concluir que existem alternativas mais interessantes para fornecer Mo ao feijoeiro do que a aplicação via sementes. Contudo deve-se considerar o período de carência de N no feijoeiro, que ocorre entre 15 e 20 dias após a emergência das plântulas (COOKSON et al., 1980; HUNGRIA et al., 1991). Este estresse ocorre devido à falta de sincronia entre o término das reservas dos cotilédones e o início dos processos de fotossíntese e FBN (HUNGRIA et al., 1997b). Com isso a adubação foliar torna-se inadequada, pois geralmente é realizada de 20 a 25 dias após a emergência (FERNANDES et al., 2005; SILVA et al., 2012; VIEIRA et al., 2011) e, portanto o Mo aplicado não atuaria na fixação e assimilação do N no período de déficit da plântula, e como fertilização com N mineral prejudica a FBN (ALBUQUERQUE et al., 2012; GUARESCHI et al., 2009; SILVA et al., 2009) este método não é o mais eficiente.

Deste modo restam o enriquecimento e o contato direto das fontes de Mo com as sementes. Como neste trabalho foram encontrados incrementos das variáveis analisadas com doses relativamente altas de Mo (de 2 a  $3 \text{ g.kg}^{-1}$  de sementes) nas duas cultivares de feijoeiro, é provável que via enriquecimento de sementes não seja possível fornecer estes teores. Considerando ainda que o molibdato de amônio favoreceu as populações rizobianas nativas do solo o fornecimento desta fonte de Mo via sementes demonstra-se recomendável.

## 5 CONCLUSÕES

O molibdato de amônio proporciona aumento do crescimento de plantas, massa nodular e nitrogênio acumulado na parte aérea do feijoeiro IPR Colibri.

As fontes molibdato de sódio e molibdato de amônio não diferem para variáveis indicadoras de crescimento de plantas e nitrogênio acumulado na parte aérea, porém o molibdato de amônio favorece o incremento de massa dos nódulos formados por rizóbios nativos no feijoeiro IPR 139.

É recomendável a aplicação de molibdênio em ambas as cultivares (IPR Colibri e IPR 139) com doses entre 2 e 3 g.kg<sup>-1</sup> de sementes.

A inoculação das sementes de feijão IPR Colibri e IPR 139 com *Rhizobium tropici* SEMIA 4088 em solos com pH em torno de 6,0 e altas populações de rizóbios nativos não é capaz de melhorar os indicadores de nodulação e fixação biológica de nitrogênio destas cultivares.

A cultivar IPR Colibri, mesmo sendo de ciclo curto, apresenta desempenho similar à IPR 139.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concomitante aos estudos de fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro deve haver também difusão dos resultados positivos para elevar a credibilidade deste processo entre os produtores, e isto se faz por meio de valores econômicos, como no caso da soja que inoculada economiza bilhões de dólares a nível mundial em adubos nitrogenados (CANTARELLA, 2007). O fato da cultura da soja inoculada ser autossuficiente em nitrogênio e com isso reduzir seu custo de produção apresenta consequência direta no comércio de inoculantes rizobianos. Segundo Moreira (2008) 99% dos inoculantes produzidos no Brasil são destinados à soja, restando apenas 1% para as demais 108 espécies de leguminosas, nas quais se inclui o feijão.

Os resultados deste trabalho demonstram que o feijoeiro tem potencial para aumentar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio. Contudo, como as interferências neste processo são diversas, envolvendo fatores relacionados à planta, a bactéria e ao ambiente edáfico, em apenas uma pesquisa é impossível esgotar as possibilidades e concluir categoricamente por um tratamento específico para o feijoeiro. Porém fica confirmado o efeito da presença do molibdênio, já evidenciado por outros autores (ALBUQUERQUE et al., 2012; KUSDRA, 2002), com o acréscimo da sugestão de doses de 2 a 3 g.kg<sup>-1</sup> de sementes de molibdato de amônio.

Com relação ao molibdênio é interessante levar os resultados destes experimentos a campo, aplicar estes tratamentos em outras cultivares e ainda testar tecnologias de aplicação (via sementes, foliar e enriquecimento de sementes).

Além do enriquecimento do teor de Mo nas sementes encontram-se estudos (SALUM et al., 2008; SILVA et al., 2003b) de incremento de fósforo sendo que, resultados relevantes têm sido encontrados sob a aplicação de pequenas quantidades (0 e 30 mg.kg<sup>-1</sup>) de P no solo (ARAÚJO et al., 2002). Araújo et al. (2002) e Teixeira et al. (1999) obtiveram, com o uso de sementes enriquecidas com P, aumento do crescimento da parte aérea, massa nodular e acúmulo de N em plantas de feijoeiro no estágio vegetativo. Como a restrição de P afeta a FBN (ARAÚJO; TEIXEIRA, 2000; TSAI, 1993) e em solos ácidos a disponibilidade deste elemento é reduzida, seria interessante realizar novas pesquisas combinando o uso de Mo em sementes enriquecidas com P obtidas de plantas que receberam adubação foliar.

A ausência de resposta da estirpe inoculada para a maioria das variáveis

sugere pesquisas com diferentes condições ambientais, tais como, níveis de acidez, fertilidade e temperatura do solo.

A cultivar IPR Colibri merece maior atenção em pesquisas futuras relacionadas à FBN, por possuir ciclo curto e ter apresentado resultados semelhantes (crescimento, nodulação e acúmulo de N nas plantas) aos da IPR 139.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A. de; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. dos. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.
- 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, DF, v. 36, n. 3, p. 527-534, mar. 2001.
- ALBUQUERQUE, H. C. de; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; AMORIM, I. de J. F.; KONDO, M. K. Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiros comuns submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 214-221, abr./jun. 2012.
- AMANE, M. I. V.; VIEIRA, C.; NOVAIS, R. F.; ARAÚJO, G. A. A. 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. 3, p. 643-650, maio/jun. 1999.
- AMARGER, N.; MACHERET, V.; LAGUERRE, G. *Rhizobium gallicum* sp. nov. and *Rhizobium giardinii* sp. nov. from *Phaseolus vulgaris* nodules. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Ames, v. 47, n. 4, p. 996-1006, October 1997.
- ANDRADE, D. de S.; HAMAKAWA, P. J. Estimativa do número de células rizóbio no solo e inoculantes por infecção em plantas. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília, DF: Embrapa-CNPAP, CNPF, 1994. p. 63-94.
- ANDRADE, M. J. B. de; ALVARENGA, P. E.; SILVA, R. da; CARVALHO, J. G. de; JUNQUEIRA, A. D. de A. 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.
- ANDRADE, M. J. B. de; ALVARENGA, P. E.; CARVALHO, J. G. de; SILVA, R. da; NAVES, R. de L. 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, jan./fev. 1998.
- AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Ed.) **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 517 p.
- ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Ontogenetic variations on absorption and utilization of phosphorus in common bean cultivars under biological nitrogen fixation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 225, n. 1-2, p. 1-10, Oct. 2000.

ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; LIMA, E. R. Efeitos do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 183-189, jan./fev. 2002.

ARAÚJO, A. S. F. de; CARVALHO, E. M. de S. **Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas**. Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2006. p. 1-4. (Comunicado Técnico, 1).

ARAÚJO, F. F. de; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, J. E. 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, out./dez. 2007.

ARAÚJO, F. F. de; RUBENS, V. M.; HUNGRIA, M. Início da nodulação em sete cultivares de feijoeiro inoculadas com duas estirpes de *Rhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 6, p. 435-443, jun. 1996.

ARAÚJO, J. L. S.; STRADIOTTO, R.; FRANCO, A. A. Seleção de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) para fixação biológica de nitrogênio em condições de temperaturas elevadas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., Londrina, 1993. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p.136.

ARAÚJO, P. R. A.; ARAÚJO, G. A. A.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A. A. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão cv. Meia Noite. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Resumos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 735-736.

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 233-248.

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, abr./jun. 2008.

BALA, A.; MURPHY, P. J.; OSUNDE, A. O.; GILER, K. E. Nodulation of tree legumes and the ecology of their native rhizobial populations in tropical soils. **Applied of Soil Ecology**, Amsterdam, v. 22, n. 3, p. 211-223, mar. 2003.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. **Aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa – CNPAF, 2001. 8 p. (Circular Técnica, 49).

BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. da. Adubação e calagem para o feijoeiro em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n.7, p. 1317-1324, jul. 2000.

BARBOSA, G. F.; ARF, O.; NASCIMENTO, M. S. do; BUZETTI, S. FREDDI, O. da S. Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 117-123, jan./mar. 2010.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v. 160A, p. 268-282, 1937.

BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; SILVEIRA, C. B. da; TOALDO, D. Efeito de diferentes concentrações salinas na redução do tempo de cocção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 39-44, jul./set. 2008.

BONATO, C. **Produção de feijão e sorgo safrinha em área de sequeiro na região do PAD-DF**. Planaltina, DF: UPIS, 2008. 21 p. (Boletim Técnico).

BRITO, M. de M. P; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. da. 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, jan./mar. 2011.

CAMPANHARO, M. **Acidez do solo na fixação biológica do nitrogênio em feijão**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

CAMPO, R. J.; LANTMANN, A. F. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 8, p. 1245-1253, ago. 1998.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CARVALHO, E. A. de. **Avaliação agrônômica da disponibilização de nitrogênio à cultura de feijão sob sistema de semeadura direta**. 2002. 63 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CIAT. **Annual report 1977**. Cali, Colômbia, 1978.

COLETTA FILHO, H. D. **Avaliação da fixação biológica do N<sub>2</sub> em genótipos de feijoeiro**. 1993. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

COOKSON, C.; HUGUES, H.; COOMBS, J. Effects of combined nitrogen on anapleurotic carbon assimilation and bleeding sap composition in *Phaseolus vulgaris* L. **Planta**, Berlin, v. 148, n. 4, p. 338-345, [Jul.] 1980.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University, 1981.

CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, E. D.; ANDREOTTI, M.; NAKAGAWA, J.; LEMOS, L. B.; MARUBAYASHI, O. M. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, n. 1, p. 108-115, jan./mar. 2003.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos essenciais e benéficos às plantas superiores. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

DÖBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 4, n. 8, p. 144-152, [ago.] 1990.

DÖBEREINER, J. RUSCHEL, A. P. **Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Rio de Janeiro: Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola, 1961. 16 p. (Comunicado Técnico, 10).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2009. 412 p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e amp. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMBRAPA. **Origem e história do feijão**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/feijao/historia.htm>>. Acesso em: 14 jul. 2010a.

EMBRAPA. **Cultivo do feijão comum em Rondônia**. Disponível em: <<http://sistemas.deproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijaoComumRO/clima.htm>>. Acesso em: 29 jun. 2010b.

EMBRAPA. **Inoculação de sementes de leguminosas**. Disponível em: <<http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/ct/ct12/03prerarosememte.html#3.4>>. Acesso em: 11 jun. 2010c.

EMBRAPA. **Produtores de feijão de Rondônia contam com novas cultivares**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2012/marco/1a-semana/produtores-de-feijao-de-rondonia-contam-com-novas-cultivares/>>. Acesso em: 31 maio 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 3. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Response of lowland rice and common bean grown in relation to soil fertility levels on a varzea soil. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 45, n. 8, p. 13-20, [Aug.] 1996.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. In: POTAFÓS. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.102, p.1-9, jun. 2003.

FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P. de; DUTRA, L. G. **Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1996. 40 p. (Documentos, 65).

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos. Adubação fosfatada para feijoeiro em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 124-127, fev. 1998.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. Piracicaba: Livrocere, 2007. 386 p.

FANCELLI, A. L.; TSUMANUMA, G. M. Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute - Brasil, 2007. 722 p.

FERNANDES, F. A.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. da S.; ROMANINI JUNIOR, A.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F. Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 7-14, jan./mar. 2005.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en La planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. V. (Ed.). **Frijol: investigación y producción**. CIAT/PNUD, 1985. p. 61-71.

FERREIRA, A. C. de B.; ARAÚJO, G. A. de A.; CARDOSO, A. A.; FONTES, P. C. R.; VIEIRA, C. Diagnose do estado nutricional molíbdico do feijoeiro em razão do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 4, p. 397-401, out./dez. 2003.

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

FERREIRA, M. G.; PELOSO, M. J. D.; FARIA, L. C. de. **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa - CNPAF, 2002. 48 p. (Documentos, 135).

FERRO, C. G. VIEIRA, R. F.; SALGADO, L. T.; CARNEIRO, J. E. de S.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; TEIXEIRA, H. **Adubação do feijão com altas doses de molibdênio visando à colheita de sementes ricas desse micronutriente**: efeitos de épocas de aplicação e parcelamento. Disponível em: <[www.epamig.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc](http://www.epamig.br/index.php?option=com_docman&task=doc)>. Acesso em: 16 abr. 2012.

FRANCO, A. A.; DAY, J. M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. **Turrialba**, Costa Rica, v. 30, n. 1, p. 99-105, 1980.

FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. Interferência do cálcio e nitrogênio na fixação simbiótica do nitrogênio por duas variedades de *Phaseolus vulgaris* L.: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 3, n. 1, p. 223-227. jan./fev. 1968.

FRANCO, A. A.; PEREIRA, J. C.; NEYRA, C. A. Seasonal patterns of nitrate reductase and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 63, n. 3, p. 421-424, mar. 1979.

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

FULLIN, E. A.; ZANGRANDE, M. B.; LANI, J. A.; MENDONÇA, L. F. de; DESSAUNE FILHO, N. Nitrogênio e molibdênio na adubação do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 7, p. 1145-1149, jul. 1999.

GEORGE, M. L. C.; ROBERT, F. M.; BOHLOOL, B. B. Genetic analysis of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* mutants defective in nodulation and nodulation suppression. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 58, n. 3, p. 188-210, mar. 1992.

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., Londrina, 1993. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p.133.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **Technometrics**, Princeton, v. 11, n.1, p. 1-21, Feb. 1969.

GUARESCHI, R.F.; PERIN, A.; ROCHA, A. C. Inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijoeiro comum em solo de Cerrado. **Revista de Ciência da Vida**, Rio de Janeiro, v. 29, n.1, p. 42-48, jan./jun., 2009.

HANSEN, A. P.; YONEYAMA, T.; KOUCHI, H.; MARTIN, P. Respiration and nitrogen fixation of hydroponically cultured *Phaseolus vulgaris* L. cv. OAC Rico and a supernodulating mutant. **Planta**, Berlin, v. 189, n. 4, p. 538-545, Apr. 1993.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; BEATON, J. D.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7. ed. New Jersey: Pearson, 2005. 515 p.

HERNANDEZ-LUCAS, I.; SEGOVIA, L.; MARTÍNEZ-ROMERO, E.; PUEPPKE, S. G. Phylogenetic relationships and host range of *Rhizobium* spp. that nodulates *Phaseolus vulgaris* L. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 61, n. 7, p. 2775-2779, Jul. 1995.

HUNGRIA, M., ANDRADE, D. S., COLOZZI-FILHO, A., BALOTA, E. L., Interação entre microrganismos do solo, feijoeiro e milho em monocultura e consórcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 8, p. 807-818, ago. 1997a.

HUNGRIA, M.; BARRADAS, C. A.; WALLSGROVE, R. M. Nitrogen Fixation, Assimilation and Transport During the Initial Growth Stage of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 7, p. 839-844, Jul. 1991.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO, C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI, R. N. R.; MENDES, I. C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N<sub>2</sub> fixation and of N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, n. 4, p. 927-939, jul./ago. 2006.

HUNGRIA, M.; FRANCO, A. A. Effects of right temperature on nodulation and nitrogen fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 149, [n. 1-2], p. 95-102, Sept. 1993.

HUNGRIA, M.; THOMAS, R. J.; DÖBEREINER, J. Efeito do sombreamento na fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 10, p. 1143-1156, out. 1985.

HUNGRIA, M.; THOMAS, R. J. Effects of cotyledons and nitrate on nitrogen assimilation of *Phaseolus vulgaris* L. **MIRCEN Journal**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 411-419, [Jul.] 1987.

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**, Netherlands, v. 65, n. 2-3, p.151-164, mar. 2000.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ANDRADE, D. S.; CAMPO, R. J.; CHUEIRE, L. M. O.; FERREIRA, M. C.; MENDES, I. C. Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas de grãos. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 597-620.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAÚJO, R. S. Fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997b. p. 187-258.

IAPAR. **Feijão**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=71>>. Acesso em: 23 mar. 2012a.

IAPAR. **Cultivar de feijão IPR Colibri**. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/iprcolibri.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/iprcolibri.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2012b.

IBGE. **Levantamento sistemático de produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>. Acesso em: 26 mar. 2012.

INFANTE, N.; MADRIZ, P; GONZALEZ, T. Fases de desarrollo y componentes del rendimiento de tres cultivares defrijol mungo (*Vigna radiata* (L) Wilczek) en Maracay, estado Aragua, Venezuela. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Caracas, v. 20, n. 4, p. 417-429, [Oct.] 2003.

JACOB-NETO, J.; FRANCO, A. A. **Adubação do molibdênio em feijoeiro**. Seropédica, UAPNBS, 1986. 4 p. (Comunicado Técnico, 1).

JACOB-NETO, J.; FRANCO, A. A. Determinação do nível crítico de Mo nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Turrialba**, Costa Rica, 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**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 171-183, jan./dez. 1998.

JORDAN, D. C. *Rhizobiaceae* Conn 1938. In: KRIEG, N. R.; HOLT, J. G. (Ed.). **Bergey's manual of systematic bacteriology**. Baltimore/London: Williams & Wilkins, 1984. p. 235-244.

KUBOTA, F. Y.; ANDRADE NETO, A. C. de; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Crescimento e acumulação de nitrogênio de plantas de feijoeiro originadas de sementes com alto teor de molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n.4, p. 1635-1641, ago. 2008.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 47, n. 260, p. 583-621, Dec. 1952.

KUSDRA, J. F. **Nodulação do feijoeiro e fixação biológica do nitrogênio em resposta à microbiolização das sementes e à aplicação de micronutrientes**. 2002. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução Carlos Henrique B. A. Prado. São Carlos, SP: Rima, 2004. 531 p.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. de; COSTA, S. N.; RIBEIRO, A. M. B. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 492-497, out-dez, 2009.

LIMA, A.; PIRES, D. **Feijão português**. Disponível em: <<http://apb20062007.blogspot.com/>>. Acesso em: 14 jul. 2010.

LIMA, E. V.; ARAGÃO, C. A.; MORAIS, O. M.; TANAKA, R.; GRASSI FILHO, H. 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.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, R. **Guia de fertilidade do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 501 p. (Versão multimídia).

LOVATO, P. E.; PEREIRA, J. C.; VIDOR, C. Flutuação populacional de estirpes de *Rhizobium phaseoli* em solos com e sem calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 9-12, jan./fev. 1985.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Livrocere, 2006. 638 p.

MARCONDES, J. A. P.; CAIRES, E. F. Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 687-694, out./dez 2005.

MARIN, V. A.; BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K. R. dos S.; BALDANI, J. I. **Fixação biológica de nitrogênio**: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical. Disponível em: <<http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/download/doc091.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2012.

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

MARTINEZ-ROMERO, E. Diversity of *Rhizobium-Phaseolus vulgaris* symbiosis: overview and perspectives. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 252, n.1, p. 11-23, May. 2003.

MERCANTE, F. M.; STRALIOTTO, R.; DUQUE, F. F.; FRANCO, A. A. **Inoculação do feijoeiro comum com rizóbio**. Seropédica: Embrapa – CNPBS. 1992. 8 p. (Comunicado Técnico, 10).

MIGUEL, D. L.; MOREIRA, F. M. S. Influência do pH do meio de cultivo e da turfa no comportamento de estirpes de *Bradyrhizobium*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n. 4, jul./ago. p.873-883, 2001.

MNASRI, B.; AOUANI, E. M.; MHAMDI, R. Nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under water deficiency. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 39, n. 7, p. 1744-1750, Mar. 2007.

MORAES, W. B.; MARTINS FILHO, S.; GARCIA, G. de O.; SIMONE DE PAIVA CAETANO, S. de P.; MORAES, W. B.; COSMI, F. C. Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. **Idesia**, Chile, v. 28, n. 1, p. 61-68, jan./abr. 2010.

MORAES, L. M. de F. **Translocação de Co e Mo aplicados em diferentes épocas na cultura da soja**. 2006. 43 f. Dissertação (Mestrado em Solos) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

MOREIRA, F. M. S. Bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam Leguminosae. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.) **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. p. 621-680.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Fixação biológica de nitrogênio atmosférico. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA. 2006. p. 449 - 542.

MOSTASSO, L.; MOSTASSO, F. L.; DIAS, B. G.; VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris*) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Netherlands, v. 73, n. 2-3, p. 121-132, Jan. 2002.

MRABET, M.; MHANDI, R.; TAJINI, F.; TIWARI, R.; TRABELSI, M.; AOUBANI, M. E. Competitiveness and symbiotic effectiveness of a *R. gallicum* strain isolated from root nodules of *Phaseolus vulgaris*. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 22, n. 2, p. 209-216, Feb. 2005.

MUNNS, D. N.; FRANCO, A. A. Soil constraints to legume production. In: GRAHAM, P. H.; HARRIS, S. C. (Ed.). **Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture**. Cali: CIAT, 1982. p. 133-152.

NASCIMENTO, M. S. do; ARF, O.; BARBOSA, G. F.; BUZETTI, S.; NASCIMENTOS, R. S. do; CASTRO, R. M. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto. II – Características agrônômicas e produtividade. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.5, p.351-358, set./out. 2009.

OLIVEIRA, C. A.; VASCONCELOS, C. A.; MARRIEL, I. E.; PEREIRA FILHO, A.; SÁ, N. M. H. Efeito da temperatura sobre a fixação de N<sub>2</sub> do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., Caxambu, 1998. **Resumos...** Caxambu: Universidade Federal de Lavras, 1998. p. 181.

OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONR, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996, p. 169-221.

OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; CARVALHO, J. R. Avaliação de cultivares de feijão quanto a eficiência no uso de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 39-45, jan. 1987.

OLIVEIRA, R. S. de; SBARDELOTTO, J. M. Nodulação em diferentes variedades de feijão inoculadas com *Rhizobium tropici*. **Cultivando o saber**, Cascavel, v.4, n.2, p.46-52, 2011.

PARKER, M. B.; HARRIS, H. B. Yield and leaf nitrogen of nodulating and non-nodulating soybeans as affected by nitrogen and molybdenum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 4, p. 551-554, Jul./Aug. 1977.

PASSOS, J. A. L. **Avaliação da transferência de metais pesados no sistema solo-planta e o seu desenvolvimento**: estudo de caso do lodo da CETREL. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambientais no Processo Produtivo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

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

PEREIRA, P. A. A. Fixação biológica de nitrogênio do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, p. 41-46, 1982.

PEREIRA, P. A. A.; MIRANDA, B. D.; ATTEWELL, J. R.; KMIĘCIK, K. A.; BLISS, F. A. Selection for increased nodule number in common vean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, Hague, v. 148, n. 2, p. 203-209, Sept. 1993.

PERINA, E. F. **Avaliação da qualidade tecnológica de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cultivado em diferentes ambientes**. 2008. 147 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, 2008.

PESANHA, G. G.; ALMEIDA, D. L.; DUQUE, F. F.; SOUZA FILHO, B. F.; FRANCO, A. A. Seleção de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) com alta capacidade de nodulação e tolerantes a solos ácidos. **Turrialba**, Costa Rica, v. 44, n.1, p. 31-38, jan./mar. 1994.

PESSOA, A. C. S.; RIBEIRO, A. C.; CHAGAS, J. M.; CASSINI, S. T. A. 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, n.1, p. 217-224, jan./fev. 2001.

POSTGATE, J. **Fixação de nitrogênio**. Tradução Antônio Lamberti; Rogério Lacaz Ruiz. São Paulo: EPU/EDUSP, 1989. (Temas de biologia, 32).

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. da S.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S.; FERNANDES, F. A. 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, oct./dez. 2007.

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 353-390.

RUSCHEL, A. P.; ROCHA, A. C. M.; PENTEADO, A. F. Efeito do boro e do molibdênio aplicados a diferentes revestimentos de semente de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 5, n. 3, p. 49-52, mar. 1970.

SALUM, J. D.; ZUCARELI, C.; GAZOLA, E.; NAKAGAWA, J. Características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p.140-149, jan./mar. 2008.

SEGOVIA, L.; YOUNG, J. P. W.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Reclassification of American *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* type I strains as *Rhizobium etli* sp. nov. Inter. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Spencers Wood, v. 43, n. 2, p. 374-377, Apr. 1993.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; NEPOMUCENO, A. L.; OLIVEIRA, M. C. N. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre produtividade e teores de proteína da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n.1, p. 41-45, jan./mar. 1997.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Oxford, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, Dec. 1965.

SILVA, E. de B.; SANTOS, S. R.; FONSECA, F. G.; TANURE, L. P. P.; FREITAS, J. P. X. de. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro irrigado cultivado no norte de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 64-71, mar. 2012.

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

SILVA, M. V. da; ANDRADE, M. J. B. de; MORAES, A. R. de; ALVES, V. G. Fontes e doses de molibdênio via foliar em duas cultivares de feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 126-133, jan./fev. 2003a.

SILVA, P. M. D.; TSAI, S. M.; BONETTI, R. Response to inoculation and N fertilization for increased yield and biological nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, [n. 1-2], p. 123-130, Jan. 1993.

SILVA, R. J. S.; VAHL, L. C.; PESKE, S. T. Rendimento de grãos no feijoeiro em função dos teores de fósforo nas sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 247-250, jul./set. 2003b.

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

SOMASEGARAN, P.; HOBEN, H. J. **Handbook for Rhizobia**: methods in Legume-*Rhizobium* Technology. New York: Springer-Verlag, 1994. 450 p.

STRALIOTTO, R. **A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro**. Disponível em: <[http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbni\\_inocula\\_feijoeiro.html](http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbni_inocula_feijoeiro.html)>. Acesso em: 11 jul. 2010.

STRALIOTTO, R.; YUNDA, A. L.; FRANCO, A. A.; BALDANI, J. I. Estirpes do grupo II de rizóbios tolerantes a altas temperaturas e competitivas para a inoculação do feijoeiro. In: FEIRA NACIONAL DE BIOTECNOLOGIA, 2., 1991, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Biotecnologia, 1991. p. 17.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. **Fixação biológica do nitrogênio**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/fbnitrogenio.htm>>. Acesso em: 11 jul. 2010.

STREIT, W.; KOSCH, K.; WERNER, D. Nodulation competitiveness of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* and *Rhizobium tropici* strains measured by glucuronidase (gus) gene fusions. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 14, n. 2, p. 140-144, 1992.

STUDENT. The probable error of mean. **Biometrika**, Oxford, v. 6, n.1, p. 1-25, Mar. 1908.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Tradução Eliane Romanato Santarém, Leandro Vieira Astarita, Lúcia Rebello Dillenburg, Luís Mauro Gonçalves Rosa, Paulo Luís de Oliveira. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TAYLOR, R. W.; WILLIAMS, M. L.; SISTANI, K. R. N<sub>2</sub> fixation by soybean-*Bradyrhizobium* combination under acidity, low P and high Al stresses. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 131, [n. 1-2], p. 293-300, Apr. 1991.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de solos/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; ARAÚJO, A. P.; FRANCO, A. A. Effect of seed phosphorus concentration on nodulation and growth of three common bean cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 22, n. 10, p. 1599-1611, Oct. 1999.

TEIXEIRA, R. M. **Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento**. 2006. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

THEODORO, G. de F.; MARINGONI, A. C. Efeito de doses de potássio na severidade da murcha-de-curtobacterium em cultivares de feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 2, p. 139-146, abr./jun. 2006.

TIMMERS, A. C. J.; AURIAC, M. C.; TRUCHET, G. Refined analysis of early symbiotic steps of the *Rhizobium-Medicago* interaction in relationship with microtubular cytoskeleton rearrangements. **Development**, Cambridge, v. 126, p. 3617-3628, Aug. 1999.

TOLEDO, M. Z.; GARCIA, R. A.; PEREIRA, M. R. R.; BOARO, C. S. F.; LIMA, G. P. P. Nodulação e atividade da nitrato redutase em função da aplicação de molibdênio em soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 858-864, nov./dec. 2010.

TRIPLETT, E. W.; SADOWSKY, M. J. Genetics of competition for nodulation of legumes. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v. 46, n. 1, p. 399-428, Oct. 1992.

TSAI, S. M. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 152, n. 1, p. 131-38, Jan. 1993.

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

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R.; MENDES, I. C.; PERES, J. R. R. **Fixação biológica de nitrogênio em solos de Cerrados**. Brasília, DF: Embrapa – CPAC/SPI, 1994. 83 p.

VARGAS, R.; RAMIREZ, C. Respuesta de la soya y El maní a *Rhizobium* y a la fertilización con N, P y Mo en um típico pellustert de cañas, guanacaste. **Agronomía Costarricense**, San José, v. 13, n. 2, p. 175-182, dic. 1989.

VIDOR, C.; MENDES, N. G.; SOUZA, C. B. N.; **Práticas de manejo adequadas à lavoura do feijão, trigo e soja**. Porto Alegre: Fecotrigo, 1989. p. 18-22. (Boletim, 101).

VIEIRA, R. F.; FERREIRA, A. C. de B.; PRADO, A. L. do. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro: conteúdo do nutriente na semente e desempenho das plantas originadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 163-169, abr./jun. 2011.

VIEIRA, S. M.; RONZELLI JÚNIOR, P.; DAROS, E.; KOEHLER, H. S.; PREVEDELLO, B. M. S. Nitrogênio, molibdênio e inoculante para a cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, v.1, n. 1-2, p. 63-66, out. 2000.

WANDER, A. E. Perspectivas de mercado interno e externo para o feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia, **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 892-895.

WANDER, A. E. Produção e consumo de feijão no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 2, fev. 2007.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute - Brasil, 2007. 722 p.

YOKOYAMA, L. P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, T. Aspectos socioeconômicos da cultura. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 2-4.

ZINATO, J. A. P.; VIEIRA, N. M. B.; ALVES JUNIOR, J.; CARVALHO, A. J. de; ANDRADE, M. J. B. de; CARVALHO, J. G. de. **Adubação foliar com cobalto na cobertura do feijoeiro não inoculado**. Disponível em: < <http://www.cnpaf.embrapa.br/conafe/pdf/conafe2005-0180.pdf> >. Acesso em: 18 jun. 2010.

ZUCARELI, C.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J. CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 9-15, jan./mar. 2006.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A – Pressupostos da análise de variância das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), do feijoeiro IPR Colibri, pelos testes de Bartlett (homogeneidade de variâncias) e de Shapiro Wilk (normalidade dos erros)

Variáveis	Bartlett		Shapiro Wilk	
	$\chi^2$	Hipótese	W	Hipótese
MSPA	26,610	NR	0,989	NR
MSR	14,718	NR	0,972	NR
MSN	42,307	R	0,958	NR
MSN transformado	23,702	NR	0,980	NR
MSTA	32,970	NR	0,971	NR
NTN	19,836	NR	0,951	R
NTN transformado	22,149	NR	0,981	NR
MSMUN	26,262	NR	0,985	NR
NPA	28,215	NR	0,969	NR
NTPA	41,145	R	0,969	NR
NTPA transformado	2,677	NR	0,983	NR

NR: não rejeita

R: rejeita

APÊNDICE B – Pressupostos da análise de variância das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), do feijoeiro IPR 139, pelos testes de Bartlett (homogeneidade de variâncias) e de Shapiro Wilk (normalidade dos erros)

Variáveis	Bartlett		Shapiro Wilk	
	$\chi^2$	Hipótese	W	Hipótese
MSPA	34,748	R	0,973	NR
MSPA transformado	1,580	NR	0,973	NR
MSR	40,936	R	0,959	NR
MSR transformado	28,817	NR	0,961	NR
MSN	62,797	R	0,932	R
MSN transformado	2,136	NR	0,964	NR
MSTA	0,301	NR	0,974	NR
NTN	35,183	R	0,971	NR
NTN transformado	25,689	NR	0,973	NR
MSMUN	98,073	R	0,659	R
MSMUN transformado	28,817	NR	0,984	NR
NPA	24,283	NR	0,972	NR
NTPA	21,632	NR	0,985	NR

NR: não rejeita

R: rejeita

APÊNDICE C – Análise de variância da massa seca da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,438	0,438	5,14*
B	4	21,700	5,425	63,59**
C	1	0,291	0,291	3,41 <sup>ns</sup>
AxB	4	0,226	0,056	0,66 <sup>ns</sup>
AxC	1	0,009	0,009	0,10 <sup>ns</sup>
BxC	4	0,577	0,144	1,69 <sup>ns</sup>
AxBxC	4	0,491	0,123	1,44 <sup>ns</sup>
Erro	46	3,925	0,085	-
Total	65	27,656	-	-

Coeficiente de variação = 8,15%

APÊNDICE D – Análise de variância da massa seca da raiz do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,046	0,046	2,518 <sup>ns</sup>
B	4	0,769	0,192	10,554**
C	1	0,000 <sup>1</sup>	0,000 <sup>1</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
AxB	4	0,030	0,007	0,405 <sup>ns</sup>
AxC	1	0,005	0,005	0,249 <sup>ns</sup>
BxC	4	0,009	0,002	0,128 <sup>ns</sup>
AxBxC	4	0,092	0,023	1,259 <sup>ns</sup>
Erro	46	0,838	0,018	-
Total	65	1,788	-	-

Coeficiente de variação = 15,30%

A: Fonte de molibdênio (molibdato de sódio e molibdato de amônio)

B: Dose de molibdênio (0, 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> de semente)

C: Inoculante rizobiano (ausência e presença)

<sup>1</sup> Menor que 0,001

APÊNDICE E – Análise de variância da massa seca de nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	14,653	14,653	4,499*
B	4	5,555	1,389	0,426 <sup>ns</sup>
C	1	3,253	3,253	0,999 <sup>ns</sup>
AxB	4	15,859	3,965	1,217 <sup>ns</sup>
AxC	1	0,552	0,552	0,170 <sup>ns</sup>
BxC	4	23,118	5,780	1,775 <sup>ns</sup>
AxBxC	4	44,122	11,030	3,387*
Erro	45	146,556	3,257	-
Total	64	253,669	-	-

Coefficiente de variação = 41,78%

Obs.: Dados transformados a partir da equação  $x_t = \sqrt{x}$

APÊNDICE F – Análise de variância da massa seca total do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,469	0,469	2,869 <sup>ns</sup>
B	4	29,265	7,316	44,724**
C	1	0,413	0,413	2,522 <sup>ns</sup>
AxB	4	0,210	0,052	0,321 <sup>ns</sup>
AxC	1	0,008	0,008	0,052 <sup>ns</sup>
BxC	4	0,740	0,185	1,131 <sup>ns</sup>
AxBxC	4	0,457	0,114	0,699 <sup>ns</sup>
Erro	43	7,034	0,164	-
Total	62	38,596	-	-

Coefficiente de variação = 9,08%

A: Fonte de molibdênio (molibdato de sódio e molibdato de amônio)

B: Dose de molibdênio (0, 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> de semente)

C: Inoculante rizobiano (ausência e presença)

APÊNDICE G – Análise de variância do número total de nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	19,757	19,757	3,329 <sup>ns</sup>
B	4	24,223	6,056	1,021 <sup>ns</sup>
C	1	1,780	1,780	0,300 <sup>ns</sup>
AxB	4	1,811	0,453	0,076 <sup>ns</sup>
AxC	1	2,596	2,596	0,437 <sup>ns</sup>
BxC	4	14,054	3,513	0,592 <sup>ns</sup>
AxBxC	4	40,336	10,084	1,699 <sup>ns</sup>
Erro	46	272,962	5,934	-
Total	65	377,519	-	-

Coeficiente de variação = 29,45%

Obs.: Dados transformados a partir da equação  $x_t = \sqrt{x}$

APÊNDICE H – Análise de variância da massa seca média unitária de nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,099	0,099	2,759 <sup>ns</sup>
B	4	0,248	0,062	1,729 <sup>ns</sup>
C	1	0,025	0,025	0,704 <sup>ns</sup>
AxB	4	0,377	0,094	2,627*
AxC	1	0,000 <sup>1</sup>	0,000 <sup>1</sup>	0,020 <sup>ns</sup>
BxC	4	0,255	0,064	1,777 <sup>ns</sup>
AxBxC	4	0,362	0,091	2,526 <sup>ns</sup>
Erro	46	1,649	0,036	-
Total	65	3,016	-	-

Coeficiente de variação = 60,69%

A: Fonte de molibdênio (molibdato de sódio e molibdato de amônio)

B: Dose de molibdênio (0, 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> de semente)

C: Inoculante rizobiano (ausência e presença)

<sup>1</sup> Menor que 0,001

APÊNDICE I – Análise de variância do nitrogênio da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,154	0,154	5,270*
B	4	3,920	0,980	33,471**
C	1	0,037	0,037	1,275 <sup>ns</sup>
AxB	4	1,377	0,344	11,765**
AxC	1	0,196	0,196	6,700*
BxC	4	0,718	0,179	6,129**
AxBxC	4	0,241	0,060	2,060 <sup>ns</sup>
Erro	47	1,376	0,029	-
Total	66	2,021	-	-

Coeficiente de variação = 4,34%

APÊNDICE J – Análise de variância do nitrogênio total da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,035	0,035	0,135 <sup>ns</sup>
B	4	90,924	22,731	87,071**
C	1	0,418	0,418	1,600 <sup>ns</sup>
AxB	4	3,637	0,909	3,483*
AxC	1	0,329	0,329	1,259 <sup>ns</sup>
BxC	4	4,191	1,048	4,013**
AxBxC	4	1,191	0,298	1,140 <sup>ns</sup>
Erro	47	11,487	0,261	-
Total	66	112,211	-	-

Coeficiente de variação = 5,25%

A: Fonte de molibdênio (molibdato de sódio e molibdato de amônio)

B: Dose de molibdênio (0, 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> de semente)

C: Inoculante rizobiano (ausência e presença)

Obs.: Dados transformados a partir da equação  $x_t = \sqrt{x} - \log x$

APÊNDICE K – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca total da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	2,383	2,383	27,937**
Erro	46	3,925	0,085	

APÊNDICE L – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca da raiz do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	0,033	0,033	1,821 <sup>ns</sup>
Erro	46	0,838	0,018	

APÊNDICE M – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca dos nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	0,260	0,260	0,080 <sup>ns</sup>
Erro	45	146,556	3,257	

APÊNDICE N – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca total da planta de feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	1,652	1,652	10,096**
Erro	43	7,034	0,164	

APÊNDICE O – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o número total de nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	7,171	7,171	1,208 <sup>ns</sup>
Erro	46	272,962	5,934	

APÊNDICE P – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca média unitária dos nódulos do feijoeiro IPR Colibri, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	0,010	0,010	0,276 <sup>ns</sup>
Erro	46	1,649	0,036	

APÊNDICE Q – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o nitrogênio da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	1,500	1,500	51,126 <sup>**</sup>
Erro	47	1,376	0,029	

APÊNDICE R – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o nitrogênio total da parte aérea do feijoeiro IPR Colibri, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	19,471	19,471	74,586 <sup>**</sup>
Erro	44	11,487	0,261	

APÊNDICE S – Análise de variância da Massa da parte aérea seca do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,024	0,024	1,854 <sup>ns</sup>
B	4	0,789	0,197	15,424 <sup>**</sup>
C	1	0,015	0,015	1,193 <sup>ns</sup>
AxB	4	0,119	0,030	2,328 <sup>ns</sup>
AxC	1	0,273	0,027	2,132 <sup>ns</sup>
BxC	4	0,315	0,079	6,161 <sup>**</sup>
AxBxC	4	0,096	0,024	1,874 <sup>ns</sup>
Erro	48	0,614	0,013	-
Total	67	2,000	-	-

Coefficiente de variação = 10,63%

Obs.: Dados transformados a partir da equação  $x_t = \sqrt{x} * \log x$

APÊNDICE T – Análise de variância da massa seca da raiz do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,000	0,000	0,632 <sup>ns</sup>
B	4	0,021	0,005	5,695 <sup>**</sup>
C	1	0,000	0,000	0,298 <sup>ns</sup>
AxB	4	0,006	0,002	1,628 <sup>ns</sup>
AxC	1	0,000	0,000	0,348 <sup>ns</sup>
BxC	4	0,006	0,002	1,598 <sup>ns</sup>
AxBxC	4	0,010	0,003	2,730 <sup>*</sup>
Erro	48	0,045	0,000	-
Total	67	-	-	-

Coefficiente de variação = 4,05%

A: Fonte de molibdênio (molibdato de sódio e molibdato de amônio)

B: Dose de molibdênio (0, 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> de semente)

C: Inoculante rizobiano (ausência e presença)

Obs.: Dados transformados a partir da equação  $x_t = \frac{\text{sen } x}{\sqrt{x}}$

APÊNDICE U – Análise de variância da massa seca total do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,061	0,061	0,475 <sup>ns</sup>
B	4	7,820	1,955	15,188 <sup>**</sup>
C	1	0,263	0,263	2,045 <sup>ns</sup>
AxB	4	0,860	0,215	1,671 <sup>ns</sup>
AxC	1	0,141	0,141	1,094 <sup>ns</sup>
BxC	4	2,682	0,671	5,209 <sup>**</sup>
AxBxC	4	1,226	0,307	2,382 <sup>ns</sup>
Erro	48	6,179	0,129	-
Total	67	19,234	-	-

Coeficiente de variação = 8,24%

APÊNDICE V – Análise de variância do número total de nódulos do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	362,485	362,485	0,526 <sup>ns</sup>
B	4	2.680,614	670,153	0,972 <sup>ns</sup>
C	1	25,746	25,746	0,037 <sup>ns</sup>
AxB	4	9.032,210	2.258,053	3,276 <sup>*</sup>
AxC	1	352,499	352,499	0,511 <sup>ns</sup>
BxC	4	4.812,063	1.203,016	1,745 <sup>ns</sup>
AxBxC	4	5.741,098	1.435,275	2,082 <sup>ns</sup>
Erro	48	33.098,917	689,373	-
Total	67	56.096,632	-	-

Coeficiente de variação = 44,45%

A: Fonte de molibdênio (molibdato de sódio e molibdato de amônio)

B: Dose de molibdênio (0, 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> de semente)

C: Inoculante rizobiano (ausência e presença)

Obs.: Dados transformados a partir da equação  $x_t = \sqrt{x}$

APÊNDICE W – Análise de variância da massa seca média unitária de nódulos do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,038	0,038	2,779 <sup>ns</sup>
B	4	0,134	0,034	2,441 <sup>ns</sup>
C	1	0,154	0,154	11,251 <sup>**</sup>
AxB	4	0,095	0,024	1,726 <sup>ns</sup>
AxC	1	0,026	0,026	1,876 <sup>ns</sup>
BxC	4	0,115	0,029	2,085 <sup>ns</sup>
AxBxC	4	0,053	0,013	0,977 <sup>ns</sup>
Erro	42	0,577	0,014	-
Total	61	1,192	-	-

Coeficiente de variação = 19,21%

Obs.: Dados transformados a partir da equação  $x_t = \sqrt[3]{x}$

APÊNDICE X – Análise de variância do nitrogênio da parte aérea do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	0,007	0,007	0,093 <sup>ns</sup>
B	4	5,023	1,256	15,798 <sup>**</sup>
C	1	0,865	0,865	10,886 <sup>**</sup>
AxB	4	0,486	0,122	1,529 <sup>ns</sup>
AxC	1	0,019	0,019	0,239 <sup>ns</sup>
BxC	4	0,703	1,176	2,211 <sup>ns</sup>
AxBxC	4	0,585	0,146	1,840 <sup>ns</sup>
Erro	49	3,895	0,079	-
Total	68	11,583	-	-

Coeficiente de variação = 7,09%

A: Fonte de molibdênio (molibdato de sódio e molibdato de amônio)

B: Dose de molibdênio (0, 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> de semente)

C: Inoculante rizobiano (ausência e presença)

APÊNDICE Y – Análise de variância do nitrogênio total da parte aérea, do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	1	295,550	295,550	0,937 <sup>ns</sup>
B	4	2.472,723	6.181,808	19,606**
C	1	593,012	593,012	1,881 <sup>ns</sup>
AxB	4	500,097	125,024	0,397 <sup>ns</sup>
AxC	1	189,976	189,976	0,603 <sup>ns</sup>
BxC	4	3.405,870	851,468	2,700*
AxBxC	4	4.131,317	1.032,829	3,276*
Erro	47	14.819,237	315,303	-
Total	66	48.662,289	-	-

Coeficiente de variação = 12,32%

A: Fonte de molibdênio (molibdato de sódio e molibdato de amônio)

B: Dose de molibdênio (0, 1, 2, 3 e 4 g.kg<sup>-1</sup> de semente)

C: Inoculante rizobiano (ausência e presença)

APÊNDICE Z – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca total da parte aérea do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	0,055	0,055	4,260**
Erro	48	0,614	0,013	

APÊNDICE AA – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca da raiz do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	0,001	0,001	0,990 <sup>ns</sup>
Erro	48	0,045	0,001	

APÊNDICE AB – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca total da planta de feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	0,064	0,064	0,496 <sup>ns</sup>
Erro	48	6,179	0,129	

APÊNDICE AC – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o número total de nódulos do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	0,802	0,802	0,259 <sup>ns</sup>
Erro	48	148,383	3,091	

APÊNDICE AD – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para a massa seca média unitária dos nódulos do feijoeiro IPR 139, obtida em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	0,055	0,055	4,000 <sup>ns</sup>
Erro	42	0,577	0,014	

APÊNDICE AE – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o nitrogênio da parte aérea do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	0,046	0,046	0,580 <sup>ns</sup>
Erro	49	3,895	0,079	

APÊNDICE AF – Análise de variância do contraste ortogonal entre presença e ausência de molibdênio para o nitrogênio total da parte aérea do feijoeiro IPR 139, obtido em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

FV	GL	SQ	QM	F
Contraste	1	5.494,801	5.494,801	17,427**
Erro	47	14.819,237	315,303	

APÊNDICE AG – Teste F para a homogeneidade das variâncias das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Variáveis <sup>1</sup>	F calculado	F tabelado <sup>2</sup>	Variâncias
MSPA	2,889	2,168	≠
MSR	3,135	2,168	≠
MSN	1,185	2,168	=
MST	2,875	2,168	≠
NTN	1,057	2,168	=
MSMUN	1,043	2,168	=
NPA	1,001	2,168	=
NTPA	3,146	2,168	≠

<sup>1</sup> MSPA: Massa da parte aérea seca (g); MSR: massa seca da raiz (g); MSN: massa seca de nódulos (mg); NTN: número total de nódulos (unidade); MSMUN: massa seca média unitária de nódulos (mg); NPA: nitrogênio da parte aérea (%); NTPA: nitrogênio total da parte aérea (mg); NNM: número de nódulos médios (unidade); NNP: número de nódulos pequenos (unidade); NNMP: número de nódulos muito pequenos (unidade).

<sup>2</sup> Nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE AH – Teste F para a homogeneidade das variâncias das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, em função das fontes de molibdênio, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Variáveis <sup>1</sup>	Fontes <sup>2</sup>	F calculado	F tabelado <sup>3</sup>	Variâncias
MSPA	MS	2,155	3,179	=
MSR	MS	4,728	3,179	≠
MSN	MS	0,425	0,315	=
MST	MS	2,294	3,179	=
NTN	MS	0,343	0,315	=
MSMUN	MS	1,503	3,179	=
NPA	MS	1,234	3,179	=
NTPA	MS	2,293	3,179	=
MSPA	MA	4,753	3,179	≠
MSR	MA	1,544	3,179	=
MSN	MA	1,315	3,179	=
MST	MA	3,568	3,179	≠
NTN	MA	1,510	3,179	=
MSMUN	MA	0,675	0,315	=
NPA	MA	0,445	0,315	=
NTPA	MA	1,797	3,179	=

<sup>1</sup> MSPA: Massa da parte aérea seca (g); MSR: massa seca da raiz (g); MSN: massa seca de nódulos (mg); NTN: número total de nódulos (unidade); MSMUN: massa seca média unitária de nódulos (mg); NPA: nitrogênio da parte aérea (%); NTPA: nitrogênio total da parte aérea (mg); NNM: número de nódulos médios (unidade); NNP: número de nódulos pequenos (unidade); NNMP: número de nódulos muito pequenos (unidade).

<sup>2</sup> MS: Molibdato de sódio; MA: Molibdato de amônio.

<sup>3</sup> Nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE AI – Teste F para a homogeneidade das variâncias das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, em função das doses de molibdênio, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Doses <sup>1</sup>	MSPA (g)			MSR (g)		
	F calculado	F tabelado <sup>2</sup>	Variâncias	F calculado	F tabelado	Variâncias
0	0,192	0,108	=	0,742	0,108	=
1	1,080	9,277	=	14,176	9,277	≠
2	0,631	0,108	=	0,829	0,108	=
3	0,950	0,108	=	0,201	0,108	=
4	0,476	0,108	=	1,921	9,277	=

Doses	MSN (mg)			MST (g)		
	F calculado	F tabelado	Variâncias	F calculado	F tabelado	Variâncias
0	6,283	9,277	=	0,202	0,108	=
1	0,289	0,108	=	1,316	9,277	=
2	6,031	9,277	=	0,713	0,108	=
3	0,238	0,108	=	0,433	0,108	=
4	3,973	9,277	=	0,542	0,108	=

Doses	NTN (unidade)			MSMUN (mg)		
	F calculado	F tabelado	Variâncias	F calculado	F tabelado	Variâncias
0	0,990	0,108	=	98,084	9,277	≠
1	0,241	0,108	=	0,250	0,108	=
2	1,744	9,277	=	1,224	9,277	=
3	0,986	0,108	=	1,014	9,277	=
4	2,278	9,277	=	0,237	0,108	=

Doses	NPA (%)			NTPA (mg)		
	F calculado	F tabelado	Variâncias	F calculado	F tabelado	Variâncias
0	0,723	0,108	=	0,605	0,108	=
1	0,480	0,108	=	0,243	0,108	=
2	0,124	0,108	=	0,312	0,108	=
3	5,538	9,277	=	4,642	9,277	=
4	0,248	0,108	=	0,102	0,108	≠

<sup>1</sup> Em g.kg<sup>-1</sup> de sementes.

<sup>2</sup> Nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE AJ – Teste F para a homogeneidade das variâncias das massas secas da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), dos nódulos (MSN), total (MST), média unitária dos nódulos (MSMUN), número total de nódulos (NTN), nitrogênio da parte aérea, total (NTPA) e relativo (NPA), dos feijoeiros IPR Colibri e IPR 139, em função do inoculante rizobiano, obtidos em experimento realizado em esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado, em Colorado do Oeste, RO, 2011

Variáveis	Inoculante rizobiano <sup>1</sup>	F calculado	F tabelado <sup>2</sup>	Variâncias
MSPA	A	1,157	3,179	=
MSR	A	1,856	3,179	=
MSN	A	2,209	3,179	=
MST	A	1,299	3,179	=
NTN	A	1,315	0,315	=
MSMUN	A	1,229	3,179	=
NPA	A	1,326	3,179	=
NTPA	A	2,034	3,179	=
MSPA	P	16,327	3,179	≠
MSR	P	9,235	3,179	≠
MSN	P	1,774	3,179	=
MST	P	14,548	3,179	≠
NTN	P	0,669	0,315	=
MSMUN	P	2,636	3,179	=
NPA	P	1,060	3,179	=
NTPA	P	5,024	3,179	≠

<sup>1</sup> MSPA: Massa da parte aérea seca (g); MSR: massa seca da raiz (g); MSN: massa seca de nódulos (mg); NTN: número total de nódulos (unidade); MSMUN: massa seca média unitária de nódulos (mg); NPA: nitrogênio da parte aérea (%); NTPA: nitrogênio total da parte aérea (mg); NNM: número de nódulos médios (unidade); NNP: número de nódulos pequenos (unidade); NNMP: número de nódulos muito pequenos (unidade).

<sup>2</sup> A: Ausência; P: presença

<sup>3</sup> Nível de 5% de probabilidade